

**Die Fachsprache der Chemie  
in Theorie, Praxis und  
Didaktik**

**Theory, Practice and Didactics  
of the Language for the  
Specific Purposes of Chemistry**

von / by

**Heinz Lechleiter, M.A. (Ludwig-Maximilians-Universität  
München)**

Inauguraldissertation zur Erlangung  
des Doktor-Grades an der Dublin  
City University

A Thesis submitted to Dublin City  
University in candidacy for the degree  
of PhD.

**Betreuung: Dr. Dorothy Kenny**

**Supervisor: Dr Dorothy Kenny**

**School of Applied Language and Intercultural Studies**

**Dublin City University**

**July / Juli 2002**

## Danksagung

Von den Vielen, denen ich danken will, seien nur drei namentlich erwähnt. Das sind meine Doktorschwester Dorothy Kenny, die mir Mut und Selbstvertrauen gegeben hat, als ich sie am meisten gebraucht habe, meine Freundin und Kollegin Eva Hund (Berlin), die mit mir in nächtelangen Gesprächen so manchen Knoten entwirrt hat und Uta Friedrich, die es – mit Humor und Tücke - verstanden hat, die Unbilden eines gewissen Textverarbeitungsprogramms zu überwinden.

Ich danke meinen Kollegen und Kolleginnen in der *Dublin City University*, von denen mich sehr viele mit Rat und Tat unterstützt haben.

Ich danke meinen Studenten und Studentinnen, die mich immer wieder mit ihrer Fähigkeit und Willigkeit, sich auf Neues einzulassen, überraschen. Mein ganz besonderer Dank gilt der Studentin, die mir gestattet hat, ihr Skript und ihre Annotationen zu verwenden.

Ich danke meinen Freunden und Freundinnen in Dublin und anderswo, die mich mit Musik, Literatur und anderen Zuneigungen durch schwierige Zeiten begleitet haben.

Diese Arbeit ist Miriam, Anna und Sophie gewidmet, die – jede auf ihre Art – mein Leben unendlich bereichern. Danke!

## Statement

I hereby certify that this material, which I now submit for assessment on the programme of study leading to the award of PhD is entirely my own work and has not been taken from the work of others save and to the extent that such work has been cited and acknowledged within the text of my work.

Signed: \_\_\_\_\_ I.D. No.: 98971263

Date: \_\_\_\_\_

## *Inhaltsverzeichnis*

Einleitung .....	xii
Zur Einstimmung .....	xvii
Bemerkung zur Sprache dieser Arbeit .....	xx
Teil 1     Theoretische Grundlagen .....	1
1.1       Wissenschaftstheoretische Grundpositionen.....	2
1.1.1     Realismus und Relativismus .....	2
1.1.1.1   Realismus .....	2
1.1.1.2   Relativismus.....	4
1.1.2     Didaktik: zwischen Realismus und Relativismus .....	6
1.1.2.1   Lehrbarkeit als Kriterium für Fachsprachlichkeit.....	7
1.2       Das sprachliche Zeichen .....	9
1.2.1     Zeichen als Symbol.....	13
1.2.2     Zeichen als Signal .....	14
1.2.3     Zeichen als Symptom.....	16
1.2.4     Ästhetik .....	17
1.2.5     Die Untrennbarkeit der Zeichenfunktionen .....	18
1.3       Fachsprachen.....	19
1.3.1     Die Notwendigkeit der Fachsprachen .....	21
1.3.2     Die Vielschichtigkeit der Fachsprachen .....	23
1.3.2.1   theoretisch – praktisch .....	25
1.3.2.2   förmlich – salopp .....	25
1.3.2.3   systematisch – didaktisch.....	27
1.3.3     Didaktische Texte .....	27
1.3.4     Binnenwissenschaftliche Differenzierungen.....	30
1.3.4.1   Geisteswissenschaftliches und naturwissenschaftliches Schreiben .....	30
1.3.4.2   Allgemeine und spezielle Wissenschaftssprache .....	31
1.3.5     Fachwortschatz.....	36
1.4       Fachsprache Chemie .....	39
1.4.1     Deutsch.....	42

1.4.1.1	Theoriesprache .....	43
1.4.1.2	Nomenklatur.....	44
1.4.1.3	Terminologie .....	47
1.4.1.4	Andere Merkmale der chemischen Fachsprache.....	49
1.4.1.5	Didaktik der Fachsprache.....	54
1.4.1.6	Englisch als Hintergrund.....	56
1.4.1.7	Zusammenfassung von Ebel .....	57
1.4.1.8	Die Zweisprachigkeit der deutschen Fachsprache der Chemie .....	58
1.4.2	Englisch.....	62
1.4.2.1	Nomenklatur, Termini, Halbtermini .....	63
1.4.2.2	Terminologische Wortbildung .....	66
1.4.2.3	Quantitative Merkmale der englischen Fachsprache der Chemie.....	66
1.4.2.4	Syntax, Grammatik, Morphologie, Stil .....	67
1.4.2.5	Makrolinguistische Untersuchungen.....	70
1.4.2.6	Andere Merkmale der chemischen Fachsprache (englisch).....	71
1.4.3	Vergleich der Fachsprache Chemie deutsch-englisch.....	72
1.5	Die kreative Seite der chemischen Fachsprache .....	76
1.5.1	Ausdrucksweisen der Naturwissenschaft: Formel und Sprache .....	79
1.5.1.1	Historische Anmerkungen.....	79
1.5.1.2	Beispiel: Das Gleichheitszeichen.....	83
1.5.1.3	Chemische Formel und sprachlicher Kontext.....	89
1.5.1.4	Kurzer Exkurs zur Einheit von Sprache und Welt.....	91
1.5.1.5	Formel und Sprache: ein Beispiel .....	92
1.5.2	Kultur und Sprache .....	95
1.5.2.1	Mathematik und Kultur.....	95
1.5.2.2	Kulturelle Unterschiede: Übersetzerperspektive .....	102
1.6	Lehrsprache der Chemie .....	107
1.6.1	Einbettung in die Chemie.....	107
1.6.2	Zur Fachsprache der Lehre .....	111
1.6.2.1	Lehrsprache in der Textsortenanalyse.....	111
1.6.2.2	Lehrsprache als Nicht-Entität.....	113

1.6.2.3	Lehrsprache als fachinterne Kommunikation .....	115
1.6.2.4	Lehrsprache als fachexterne Kommunikation.....	118
1.6.2.5	Lehrsprache als komplexes Teilgebiet der Chemiesprache .....	119
1.6.2.6	Zusammenfassung: Lehrtext der Chemie .....	127
1.6.2.7	Lehrsprache und Verständlichkeit .....	128
1.7	Modell und Metapher.....	134
1.7.1	Das naturwissenschaftliche Modell .....	134
1.7.1.1	Modell bei Keller .....	134
1.7.1.2	Metaphorisches Modell in der Chemie .....	137
1.7.2	Metapher .....	141
1.7.2.1	Kognitionspsychologische Sicht.....	141
1.7.2.2	Linguistische Sicht (Goatly) .....	151
1.7.2.3	Metaphernbeschreibung nach Goatly.....	152
1.7.2.4	Analogische Metaphern = metaphorische Modelle?.....	165
1.7.2.5	Asymmetrische Metapher .....	166
1.8	Metapher und Modell in fachsprachlicher Hinsicht.....	168
Teil 2	Praktische Analysen.....	172
	Einleitung.....	173
2.1	Grundlagentext.....	174
2.1.1	Auswahl des Lehrwerks.....	174
2.1.2	Variation innerhalb des Grundlagentextes .....	176
2.1.3	Drei Textteile (und Musterprotokoll).....	180
2.1.3.1	Textteil Einleitung .....	180
2.1.3.2	Textteil Theoretische Einführung.....	183
2.1.3.3	Textteil Versuchsdurchführung .....	190
2.1.3.4	Textteil Musterbericht .....	195
2.1.4	Skript.....	196
2.1.5	Auswahl der Begriffe .....	199
2.2	Grundbegriff: Stoff .....	204
2.2.1	Drei Stoffbegriffe .....	205
2.2.1.1	Stoff als metasprachlicher Begriff (Janich) .....	207

2.2.1.2	Der Stoff-Begriff bei Soentgen (phänomenologische Definition).....	209
2.2.1.3	Stoff-Begriff bei Vollmer (ausdifferenzierte Definition).....	212
2.2.2	Definition als pädagogische Hilfskonstruktion.....	213
2.2.2.1	Definition und Elaboration.....	215
2.2.2.2	Präzision und Exaktheit in der Begriffsbildung.....	218
2.2.2.3	Kulturell-sprachliche Bedeutungen von Stoff und Substanz.....	219
2.2.2.4	Adjektive in der Fachsprache der Chemie.....	224
2.2.3	Zusammenfassung.....	229
2.3	Grundbegriff: Atom (Molekül und Ion) - Teilchenvorstellungen in der Chemie.....	230
2.3.1	Etymologie der Begriffe.....	231
2.3.2	Teilchenvorstellung.....	232
2.3.2.1	Teilchenvorstellung bei Kullmann.....	233
2.3.2.2	Modell und Sprache.....	234
2.3.2.3	Teilchenvorstellung und metaphorische Modelle.....	235
2.3.2.4	Tempus und Modus im Modellgebrauch.....	238
2.3.3	Die metaphorische Ebene der Chemiesprache.....	242
2.3.3.1	Personifizierung/Anthropomorphisierung in didaktischen Texten.....	242
2.3.3.2	Auffinden der metaphorischen Ebene (Blitz-Habitualisierung).....	244
2.3.4	Beispiel für Verhalten der Teichen kontrastiv deutsch – englisch.....	249
2.4	Grundbegriff: Reaktion.....	260
2.4.1	Etymologie.....	261
2.4.2	Paraphrasen und Synonyme.....	262
2.4.2.1	Kulturelle Inhalte.....	265
2.4.2.2	Fallstudie zum Thema Reaktion bzw. (chem.) Umsetzung.....	267
2.4.2.3	Deixis und Verb.....	274
2.4.3	Der Zusammenklang von Reaktionsgleichung und Fließtext.....	285
2.4.3.1	Metasprachliche Ebene.....	287
2.4.3.2	Komplementarität von Formel und Sprache.....	291
2.4.3.3	Sprachliche Ausdrucksweisen im Zusammenhang mit Reaktion.....	304
2.4.4	Zusammenfassung.....	311

2.5	Grundbegriff: Labor .....	312
2.5.1	Universitätskript .....	313
2.5.1.1	Einführung in den Text .....	313
2.5.1.2	Wichtigkeit von Verben in der Fachsprache .....	315
2.5.1.3	Zusammenhang zwischen Form und Inhalt .....	317
2.5.1.4	Progression in den Anmerkungen .....	319
2.5.1.5	Übersetzungen .....	320
2.5.1.6	Überblick über typische Problemfelder .....	325
	Zusammenfassende Bemerkungen zu den Übersichten .....	332
2.5.2	Manipulation von Flüssigkeiten .....	341
2.5.3	Zusammenfassung .....	347
Teil 3	Didaktische Anwendungen .....	349
3.1	Über die Notwendigkeit des fachsprachlichen Fremdsprachenunterrichts ..	351
3.1.1	Gibt es eine gültige Abgrenzung zwischen Fachsprache und Gemeinsprache? .....	352
3.1.2	Existiert ein Bedarf für fachsprachlichen Fremdsprachenunterricht? .....	355
3.1.3	Besteht ein Bedürfnis nach fachsprachlichem Fremdsprachenunterricht? ..	358
3.1.4	Hat der fachsprachlicher Fremdsprachenunterricht eine Feigenblatt- funktion? .....	360
3.1.5	Kann der fachsprachliche Fremdsprachenunterricht als Vorentlastung für Arbeit, Studium und Leben im Zielsprachenland dienen? .....	361
3.2	Rahmenbedingungen .....	364
3.2.1	Zielgruppen .....	364
3.2.2	Institutionelle Vorgaben .....	365
3.2.2.1	Schulausbildung .....	365
3.2.2.2	Hochschule .....	366
3.2.2.3	Lehrperson: Experte der Sprache oder des Faches? .....	367
3.2.2.4	Fachsprachenunterricht: für Anfänger oder Fortgeschrittene? .....	368
3.3	Vorentscheidungen .....	369
3.3.1	Orientierung an der Fachdidaktik .....	369
3.3.2	Sprachliche Orientierung (vs. sachliche Orientierung) .....	370



3.3.3	Autonomes Lernen .....	371
3.3.4	Übertragbare Fertigkeiten und Fähigkeiten .....	371
3.3.5	Auseinandersetzung mit wissenschaftlichen Denkweisen und Repräsentationsformen.....	372
3.4	Wissen, Kompetenz und Zeichen.....	373
3.4.1	Sachkompetenz .....	375
3.4.1.1	Pragmatisches Umgangswissen .....	376
3.4.1.2	Systematisches Wissen .....	378
3.4.1.3	Verstehendes Wissen .....	381
3.4.1.4	Mimetisch-symbolisches Wissen.....	386
3.4.1.5	Exaktes, physiognomisches Wissen.....	393
3.4.2	Sozialkompetenz .....	395
3.4.2.1	Moralbewusstsein.....	395
3.4.2.2	Empathie .....	396
3.4.2.3	Kooperationsfähigkeit.....	401
3.4.3	Ich-Kompetenz.....	402
3.4.3.1	Diskussionsfähigkeit .....	402
3.4.3.2	Selbständigkeit.....	406
3.4.3.3	Reflexionsfähigkeit .....	407
4.	Zusammenfassung und Ausblick .....	410
	Bibliographie .....	416
	Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen .....	432
	Anhang 1 - Module - <i>German for Science and Technology</i>	
	Anhang 2 - Skript Universität Leipzig	
	Anhang 3 - Studentische Übersetzungen	

## *Summary of Thesis in English*

The thesis explores the Language for Specific Purposes (LSP) of Chemistry from a theoretical, practical and empirical, and from a didactic angle.

In the theoretical part, the philosophical, semiotic and linguistic background is developed for the analyses and applications of the second and third part of the thesis. The positions of scientific realism and relativism are explored and used to establish a platform for the purposes of the thesis which incorporates elements of both and is centered on the concept of teachability. In a second step it is demonstrated, with the help of Georg Bühler's sign and communication model, that, contrary to some schools of thought, LSPs consist of more than just the referential level. In a third step general characteristics of LSPs are explored with particular attention to the position of the language of instruction (textbooks, laboratory manuals and lecture notes) in the body of LSPs. Manuals and lecture notes in particular have hitherto been grossly underresearched and the thesis makes a first attempt to close the research gap in that respect. As an important result of the attention given to these text types it is established that, due to the position of instructive works between the general public and experts in the field, the general language of science merits close examination. In a detailed fourth step recent research into the LSP of Chemistry in both German and English is reviewed and adapted to the purposes of this thesis, mainly in respect to language differences (the remarkable bilinguality of the German LSP of Chemistry), cultural content of terminology, and the function of verbs and metaphors.

The second part consists of practical and empirical analyses of the language of the LSP for the teaching of chemistry based on the findings of the theoretical part. The practical and empirical section of the thesis is centered around four basic concepts of chemistry, i.e. substance, atom, reaction, laboratory, which cover a broad spectrum of chemistry related activity and language. One reference text (Hanns Fischer, *Praktikum in allgemeiner Chemie*, a widely used, well regarded and typical

laboratory manual) is used throughout this part, and supplemented with detailed reference to other didactic works of chemistry as well as case studies into the use of the LSP of Chemistry by learners of German, in particular learner translations and learner annotations in German language lecture notes as a 'window' to the learning process.

In the third, didactic, part of the thesis the practical application for the findings of part one and two are considered. Firstly, the question of the usefulness of LSP instruction in second language acquisition at tertiary level is discussed and defended against a view that there is neither the need nor the want for such instruction. After establishing what the framework and conditions of the teaching and learning of Chemistry related German are, didactic suggestions are made in relation to three competencies which are reflective of Bühler's main categories in his sign and communication model, namely subject knowledge or knowledge competency, social knowledge or social competency and, thirdly, knowledge of self or Ego-competency, which together have a major bearing on the aims, in terms of skills and transferable skills as laid out in the Science and Technology modules that were developed in Dublin City University.

## Einleitung

Die vorliegende Arbeit zur Theorie, Praxis und fremdsprachlichen Didaktik der Fachsprache der Chemie geht auf meine unterrichtspraktische Tätigkeit auf dem Gebiet Deutsch als Fremdsprache in fachsprachlich ausgerichteten Kursen der *Dublin City University* zurück. In der täglichen Praxis des Unterrichts wurde mir zunehmend deutlich, dass neben den vielen Aspekten, die in der Fachsprachenforschung und in der Erforschung der fremdsprachlichen Fachsprachenvermittlung wohl dokumentiert sind, andere, wie Eva Hund es formuliert, in einen toten Winkel der Fachsprachenbetrachtung geraten sind. Dies betrifft sowohl den philosophischen Hintergrund, als auch semiotische und linguistische Fragen. Der erste, theoretische Teil der Arbeit dient dazu, diese Fragestellungen, soweit dies im Rahmen einer Arbeit wie der vorliegenden möglich und nötig ist, aufzuspannen und auf pragmatische Weise, also wiederum im Rahmen der Möglichkeiten und Notwendigkeiten, zu lösen. Im zweiten Teil der Arbeit werden vier Grundbegriffe der Chemie als Anhaltspunkte verwendet, um anhand von Texten, die im vorgegebenen Rahmen für die fremdsprachliche Ausbildung von Chemikern von größter Relevanz sind, sprachliche, textuelle, diskursive und kulturelle Strukturen in deutschsprachigen Chemietexten offen zu legen, die für Studierende mit der Ausgangssprache Englisch Unerwartetes, Überraschendes, Schwieriges, gerade deshalb aber auch Herausforderndes, Aufregendes, Neues bergen. Dies ist der Ausgangspunkt für den dritten Teil der Arbeit, in dem der Versuch unternommen wird, die Tiefenschichtungen eines an der Entwicklung der Gesamtpersönlichkeit der Studierenden orientierten und interessierten Unterrichts in der Fremdsprache zu zeigen, wo es nicht nur um den Erwerb eines möglichst funktionalen und utilitären Fachsprachenwissens geht, sondern darum, die durch die Fremdsprachlichkeit eröffneten Möglichkeiten der Distanzierung und Perspektivierung zu nutzen. Im Folgenden werden die Inhalte der drei Teile ein wenig genauer erläutert.

Der erste Teil der Arbeit nimmt sich des philosophischen, semiotischen und linguistischen Hintergrunds für die Beschäftigung mit der Chemie in ihrer Erscheinungsform als zu erlernende fremdsprachliche Fachsprache an. Zunächst werden die Positionen des wissenschaftlichen Realismus und Relativismus betrachtet. Dies ist insofern wichtig, als hier der Grund für das Verhältnis von Sprache und Welt oder, anders ausgedrückt, für das Verhältnis von Inhalt und Sprache gelegt wird, oder, in einer weiteren Ausformung, für das Verhältnis zwischen dem Denken und der Wirklichkeit. Die Intensität, mit der etwa in der (muttersprachlichen) Chemiedidaktik die Debatte darum geführt wird, wann, wie und unter welchen Umständen die Modellvorstellung in den Unterricht eingeführt werden soll, vermittelt einen Geschmack von der Bedeutsamkeit diesen Themenfeldes. Für diese Arbeit wird die Spannung zwischen Realismus und Relativismus insofern aufgelöst, als Elemente von beiden verwendet und dem Konzept der Lehrbarkeit untergeordnet werden. In einem zweiten Schritt wird in diesem Teil der Arbeit mit Hilfe des Bühlerschen Zeichenmodells (und einer Erweiterung durch Roman Jakobson) demonstriert, dass, im Gegensatz zu häufig wiederholten Vorstellungen von der Fachsprache als ausschließlich in Sachzusammenhängen verharrender Ausdrucksweise, was der Bühlerschen Referenzfunktion des Zeichens entspräche, auch das Verhältnis zwischen Sender und Zeichen (Ausdrucks- bzw. emotive Funktion) und zwischen Zeichen und Empfänger (appellative Funktion) nicht nur zwangsläufig in der Fachsprache verankert sind, sondern auch eine wichtige Rolle in ihr spielen. Diese Zusammenhänge haben sich u.a. auch deshalb im toten Winkel der Forschung verloren, weil die Forschungstätigkeit sich bisher vor allem auf die sogenannte Theoriesprache der Chemie ausgerichtet hat, während die Textsorten der Wissensvermittlung auf der tertiären Bildungsebene (Lehrbuch, Laborhandbuch, Vorlesungsskripten) weitgehend unerforscht geblieben sind. Dies wird in diesem Teil der Arbeit insbesondere anhand der Unsicherheit der Kategorisierung der Lehrtexte in gängigen fachsprachlichen Textsortenanalysen verdeutlicht. Ein weiteres Ergebnis der Beschäftigung mit Texten der Wissensvermittlung ist die Tatsache, dass die wissenschaftliche Allgemeinsprache (Terminologie in einem

weiteren Sinne, im Gegensatz zur chemischen Nomenklatur) ins Zentrum der Aufmerksamkeit rückt. Damit rücken auch in der Fachsprachenforschung, insbesondere auf dem Feld der Naturwissenschaften, ansonsten weniger beachtete Elemente (wie die Verben), Ausdrucksweisen (wie Metaphern), Sichtweisen (Zweisprachigkeit der deutschen Chemieterminologie) und Verhaltensweisen (im kulturellen Zusammenhang) in den Vordergrund. Der erste Teil der Arbeit schließt mit einem Vergleich der englischen und der deutschen Fachsprache der Chemie ab, welcher der Tatsache, dass sich der hier zu Grund gelegte Unterricht der deutschen Fachsprache der Chemie in einer homogen englischsprachigen Umgebung abspielt, Rechnung trägt.

Im zweiten Teil der Arbeit wird zunächst der Grundlagentext für die ihm ihm erfolgenden Analysen eingeführt. Es ist das zweibändige *Praktikum in Allgemeiner Chemie*, herausgegeben von Hanns Fischer, das für die Zwecke dieser Arbeit aus mehreren Gründen besonders gut geeignet scheint. Im weiteren Verlauf des zweiten Kapitels werden vier Grundbegriffe der Chemie besprochen, mit deren Hilfe weite Gebiete der Chemie erfasst werden können, ohne die Übersichtlichkeit zu verlieren. Bei der Besprechung dieser Begriffe werden anhand gelegentlicher Fallstudien aus studentischen Arbeiten die Schwierigkeiten verdeutlicht, mit denen sich nicht-muttersprachliche Leser von wissensvermittelnden Texten konfrontiert sehen. In diesen Fallstudien werden studentischen Annotationen (zu einem Universitätsskript) und studentische Übersetzungen als Fenster zum Fremdsprachenverständnis benutzt.<sup>1</sup> Der erste der Begriffe ist *Stoff* (in Verbindung damit die *Aggregatzustände*), an dem verdeutlicht wird, wie unterschiedlich auch grundlegendste Begriffe der Chemie definiert werden können. Dies mündet in eine Diskussion des Definitionsbegriffs in der fremdsprachlichen Fachsprachendidaktik ein, und erfasst auch kulturelle Aspekte, insofern hier die Zweisprachigkeit der deutschen Chemiesprache ein Synonymenpaar zur Verfügung stellt, das jedoch bei genauerem Hinsehen Zwischentöne ermöglicht, die im englischen Gegenstück nicht

---

<sup>1</sup> Die schöne Fenster-Metapher verdanke ich Dorothy Kenny.

verwirklicht werden können. Der zweite der Begriffe ist *Atom* (mit den verwandten Begriffen *Ion* und *Molekül*). Anhand dieser Begriffe werden die Teilchenvorstellungen der Chemie aufgerollt und zugleich die mit ihnen assoziierten Modelle. Hier wird an Beispielen aus der Praxis der Chemiesprache deutlich, wie sehr die Sprache, mit welcher der Modellcharakter der Teilchenvorstellungen vermittelt wird, mit metaphernhaften Ausdrucksweisen durchsetzt ist. Der nächste Begriff ist *Reaktion*, in dem vom objekthaften Stoff und Atom zum Prozesshaften übergeleitet wird. In diesem Abschnitt wird die beim Stoffbegriff schon angesprochene Zweisprachigkeit der deutschen Chemiesprache anhand des Begriffspaares *Reaktion - Umsetzung* nocheinmal aufgegriffen, diesmal aber mit den damit verbundenen Lernschwierigkeiten für Studierende verbunden. Im Zusammenhang mit dem Grundbegriff *Reaktion* wird die chemietypische Komplementarität von Formel und Text genauer betrachtet. Der vierte und letzte Grundbegriff im praktischen Teil der Arbeit ist der Begriff *Labor*, in dem eine deutliche Zweiteilung unterschiedliche Aspekte der Fachsprachenvermittlung unterstreicht. Einerseits wird in einer ausführlichen Fallstudie zu studentischen Annotationen in einem typischen deutschen Universitätskript gezeigt, auf welche Art eine solcher für das Studium essentieller Text (fremd)sprachlich erfasst wird. Hier wird anhand einer einfachen statistischen Übersicht deutlich, welche eine wichtige Rolle im Verständnis dieser Textsorte die Verben spielen. Dieser Punkt erfährt anhand einer Analyse zu den Verben, die im Zusammenhang mit der Manipulation von Flüssigkeiten (offensichtlich eine der häufigsten mit dem *Labor* assoziierten Tätigkeiten) verwendet werden, aus einer anderen Perspektive Bestärkung. Insgesamt zeigt sich im Verlauf des zweiten Teils der Arbeit ein Fortschreiten von der theoretisch ausgerichteten Chemie (über den allumfassenden Stoffbegriff) hin zum praktischen, handwerklichen Aspekt des Chemie-Treibens (im Labor).

Der dritte, didaktische Teil der Arbeit beginnt mit einer ausführlichen Begründung für die Zweckmäßigkeit aber auch bildungsmäßigen Sinnhaftigkeit eines fremdsprachlichen Fachsprachenunterrichts auf der tertiären Bildungsebene gegen eine Ansicht, dass für einen solchen Unterricht weder ein Bedarf noch ein Bedürfnis bestehe. Nach einer kurzen Einführung in die Rahmenbedingungen des fachsprachlichen Unterrichts im hier vorliegenden Zusammenhang wird die Brücke zum ersten Teil der Arbeit geschlagen, und es werden, anhand dreier Kompetenzen, die auf das Bühlersche Zeichenmodell zurückreflektieren, Vorschläge für den fachsprachlichen Fremdsprachenunterricht unterbreitet. Diese drei Kompetenzen sind namentlich die Fachkompetenz, die Sozialkompetenz und die Ich-Kompetenz. Ziel dieses dritten Teils ist es, die an der *Dublin City University* von Françoise Blin, Christine Appel und mir selbst entwickelten Module unter dem Titel *German (French/Spanish) for Science and Technology*, die für alle vier Studienjahre vorliegen, inhaltlich und fachlich zu unterfüttern.



## Zur Einstimmung

Zur Einstimmung greifen wir auf Georges-Arthur Goldschmidts inspirierende Einsichten in seinem Buch *Als Freud das Meer sah – Freud und die deutsche Sprache* zurück. Dort wird die Sprache in einer über das ganze Buch ausgedehnten und ja auch im Titel schon angesprochenen Metapher dem Meer gleichgesetzt.<sup>2</sup> Im folgenden Zitat führt Goldschmidt das Metaphorische zunächst als Vergleich aus:

Die Sprachen sind wie das Meer, weit und grenzenlos, alle Küsten sind verschieden, überall ist das Wasser anders und bleibt sich dabei doch immer gleich.

Die Sprache ist allen Menschen gemeinsam ("bleibt sich immer gleich"), die Sprachen jedoch, die Nationalsprachen – denn es geht in *Als Freud das Meer sah* um eine kontrastive Darstellung von Deutsch und Französisch – sind ganz unterschiedlich ("überall ist das Wasser anders"). Mit Sprache und Sprachen sind bei Goldschmidt immer die Umgangssprachen gemeint, gelegentlich werden die gegenseitige Beeinflussung von Literatur und Umgangssprache einbezogen. Durch, mit und in der Umgangs-Sprache drückt sich die Seele aus, daher interessiert an der Sprache, wie am Meer, die Tiefendimension, und kein Wunder sei es laut Goldschmidt, dass Tiefseeforschung und Psychoanalyse gleichzeitig, gegen Ende des neunzehnten Jahrhunderts, begonnen hätten.<sup>3</sup>

Zur gleichen Zeit entstanden aber auch die Fachsprachen in unserem heutigen Sinne. Auch sie sind anders und doch immer gleich, sie sind es aber auf eine andere Art, auf eine gegensätzliche Art. Wenn die Umgangs-Sprache das Meer ist, dann ist vielleicht die Fach-Sprache das Land, die Landmasse: topologisch reich gegliedert, mit zahlreichen Fixpunkten für den Reisenden (*landmarks*, wie das Englische sehr

---

<sup>2</sup> Georges-Arthur Goldschmidt, 1999, *Als Freud das Meer sah. Freud und die deutsche Sprache*, Zürich: Ammann Verlag & Co. (Originalfassung: 1988, *Quand Freud voit la mer - Freud et la langue allemande*, Paris: Chastel), 13

<sup>3</sup> dto. S. 16.

schön sagt), die der Orientierung dienen, in ihrer Vielzahl und Unterschiedlichkeit aber auch Verwirrung stiften. Wo sich das Meer dem Verhalten des Menschen anpasst ("Die geringste Berührung prägt sich der See wie der Seele des Menschen ein; sie gibt allem nach ..." Goldschmidt,15), setzt das Land dem menschlichen Griff Widerstand entgegen, mal weich wie lockerer Sand, mal hart wie Granit, unterschiedlich je danach, wo man sich auf dem Boden (der Tatsachen) befindet, auf welchem (Fach)Gebiet man sich aufhält, welchen (wissenschaftlichen) Standpunkt man einnimmt.

Berge und Täler stehen für die Naturwissenschaft, topologische Gegebenheiten des Landesinneren, die man auf der Suche nach der Wahrheit durchwandert. Man kann sich die Wissenschaft nicht im Fluge erobern. Ernst Zimmer meint in seinem Buch *Umsturz im Weltbild der Physik*, dass z. B. für Goethe, auch in seiner Rolle als Naturwissenschaftler

trotz aller wissenschaftlichen Methodik die eigentliche Triebfeder eine künstlerische Phantasie war, dass ... die Genialität eines ganz ursprünglichen Geistes mit einem Fluge schon etwas von der vollkommenen Wahrheit zu schauen meinte, während der Weg aus der Enge des Tales, in dem wir leben, zum Gipfel doch weit länger ist und gesucht werden muss durch unwirtliches Hochgebirgsland, in dem zwar keine Blumen mehr blühen, aber Schritt für Schritt neue ungekannte Gipfel der Wahrheit auftauchen.<sup>4</sup>

Die wirklichen Physiker müssen nach Zimmer "den mühsameren Weg der Fachforschung nachwandern", wenn sie erfahren wollen, "was der Mensch von der materiellen Welt in Erfahrung gebracht hat. Einfach ist der Weg nicht zu gehen, aber die Mühe wird belohnt."<sup>5</sup> Doch nicht nur die Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen begeben sich auf Wanderschaft, auch die Objekte ihrer

---

<sup>4</sup> Ernst Zimmer, 1964, *Umsturz im Weltbild der Physik*, München: Deutscher Taschenbuch Verlag, 21.

<sup>5</sup> dto.

Neugier wandern, und beschreiten Wege, obgleich sie doch genauso gut fliegen, schweben oder einfach sich bewegen oder sich begeben könnten:<sup>6</sup>

Im großen und ganzen werden die Moleküle den Weg beschreiten, der für sie am einfachsten ist. (VII)

und

Bei der Bildung von Lithiumfluorid wandert ein Elektron vom Lithium zum Fluor, danach trägt Lithium eine positive und Fluor eine negative Ladung.(6)

Nirgendwo wird die Erdverbundenheit von Wissenschaft und Forschung im Deutschen deutlicher als in der Etymologie. „Einer der wesentlichsten Unterschiede zwischen den beiden Sprachen [Deutsch und Englisch in diesem, unserem, Falle] ist hier mit Händen zu greifen“:<sup>7</sup> das Englische greift auf das vom Lateinischen abgeleiteten französische *recherche* zurück, wo deutsch Forschung sagt. Forschung und Furche beruhen auf dem gleichen altgermanischen Wort. Die Bedeutung der indogermanische Wurzel \*per[e]k- ist 'wühlen, aufreißen' und hat sich weiterentwickelt zu 'suchen, ausforschen, fragen, bitten'. „Heute“, so das Herkunftswörterbuch des Duden-Verlags, „gilt 'forschen', 'erforschen' besonders von wissenschaftlicher Arbeit“<sup>8</sup>, aber eben erst heute.

Kommt die Naturwissenschaft mit dem Meer in Berührung, so nur übergangsweise: "Wenn der Physiker hinausfährt über das weite Meer zu unbekanntem, neuem Land<sup>9</sup> „... dann ist er schließlich wieder da, wo er hingehört“; oder sie, falls es sich um einen Physiker weiblichen Geschlechts handeln sollte.

---

<sup>6</sup> Robert T. Morrison und Robert N. Boyd, 1986, *Lehrbuch der Organischen Chemie*. Dritte, völlig neu bearbeitete Auflage, Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft.

<sup>7</sup> Goldschmidt, 1999, 25.

<sup>8</sup> vgl. Duden Herkunftswörterbuch, s. v. *forschen* und *Furche*.

<sup>9</sup> Zimmer, 1964, 21.

## **Bemerkung zur Sprache dieser Arbeit**

Diese Arbeit wurde im Interesse der Multi-Kulturalität auch der Naturwissenschaften auf deutsch verfasst.

Auf politisch korrekten Sprachgebrauch, besonders in Hinsicht auf das Geschlecht, wurde weitgehend geachtet. An manchen Stellen wurde aus stilistischen Gründen auf die Verdoppelung der Formen nach Maskulinität und Femininität verzichtet. Da ich selbst männlichen Geschlechts bin, habe ich in solchen Fällen die maskulinen Formen gewählt. In allen Fällen sind jedoch immer beide Geschlechter gemeint.

Die Rechtschreibung ist, auch in den Zitaten, der neuen deutschen Rechtschreibung angepasst. Ich hoffe, dass ich damit niemandem zu nahe getreten bin.

# **Teil 1**

## **Theoretische Grundlagen**

# 1.1 Wissenschaftstheoretische Grundpositionen

Zwei extreme (und extrem vereinfachte) Grundpositionen dienen dem Treiben von Wissenschaft in all ihren Formen als philosophische Grundlage und zeitigen nicht unerhebliche Folgen für die Einschätzung der Rolle von Sprache in der Wissenschaft. Sie lassen sich – parallel zum Titel des Aufsatzes, auf den ich mich im folgenden in der Hauptsache berufe – so formulieren: Existiert die Ordnung der Dinge in der Welt oder im Geiste?

## 1.1.1 Realismus und Relativismus

Im Aufsatz von Reiner Hedrich (1994, 17), „Analogien in der Welt oder im Geiste?“<sup>10</sup> ist konzise zusammengefasst, was für diese Arbeit an epistemologischer, philosophischer, wissenschaftstheoretischer Grundlage nötig erscheint.

Die Frage nach der Interpretation und dem Status von *Analogien* lässt sich in letzter Konsequenz auf die Art und Weise zurückführen, in der wir unsere naturwissenschaftlichen Theorien und Modelle begreifen. *Sind diese Theorien und Modelle rein deskriptive Mittel zur Erfassung und Beschreibung einer objektiven Realität oder sind sie vielmehr konstruktive Produkte unseres Geistes?*

### 1.1.1.1 Realismus

Die Position des *Realismus* besagt, dass eine von den Beobachtenden unabhängige Realität (Realität-an-sich) existiert. Sie lässt sich in drei Untergruppen einteilen.

- a) Der ontologische Realismus: nach ihm ist die Wirklichkeit von unserer mentalen Wirklichkeit unabhängig und weist Struktur und Eigenschaften auf.
- b) Der epistemologische Realismus geht von der Erfahrbarkeitshypothese aus. Nach ihm ist die objektive Realität zumindest partiell erfahrbar.

---

<sup>10</sup> Reiner Hedrich, 1994, Analogien in der Welt oder im Geiste?, In *Praxis der Naturwissenschaften - Physik 5*, 16-23.

c) Der semantische Realismus: nach ihm ist die objektive Realität sprach- und konzeptunabhängig. Demnach hat die Sprache eine rein instrumentelle Funktion zur Beschreibung und Erfassung der Wirklichkeit. Sie ist deskriptiv und nicht konstitutiv. Der Bezug, die Referenz und der Wahrheitsgehalt sprachlicher Aussagen beruhen auf Relationen zwischen Sprache und objektiver Realität.

In knapper Form lassen sich die beiden Hauptargumente zugunsten des wissenschaftlichen Realismus folgendermaßen zusammenfassen: erstens kann der Erfolg der Beschreibung und Erklärung von Naturerscheinungen und die praktische Bewältigung von Problemen nur durch die Existenz einer objektiven Realität erklärt werden. Das sogenannte Koinzidenzargument besagt, zweitens, dass bestimmte theoretische Terme der Naturwissenschaften in ganz unterschiedlichen Bereichen, Modellen und Theoriekontexten auftreten, ohne Widersprüche zu erzeugen, wie sich etwa an numerischen Konstanten zeigt, welche folglich Naturkonstanten reflektieren müssen.

Gegen den wissenschaftlichen Realismus werden einige Argumente angeführt, die – wiederum in knappster Form – zusammengefasst werden. Zunächst das Argument der historischen Diskontinuitäten in der Erforschung der Welt: der realistischen Position zufolge wäre ein kontinuierlicher Fortschritt der Wissenschaft zu erwarten. Bekanntlich erfolgen die wissenschaftlichen Fortschritte aber in Sprüngen, als „Revolutionen“. Was man heute weiß, kann keineswegs als sicherer Ausgangspunkt für zukünftiges Wissen angenommen werden, was letztlich in den Alptraum des Realisten nach Putnam einmündet:<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Hilary Putnam, 1984, „What is realism?“, In: Leplin, 1984, [weitere Angaben fehlen im Aufsatz von Hedrich] zitiert nach Hedrich, 1994, 20.

What if all the theoretical entities postulated by one generation (molecules, genes, etc. as well as electrons) invariably 'don't exist' from the standpoint of later science? ... One reason this is a serious worry is that eventually the following meta-induction becomes compelling: just as no term used in the science of more than 50 (or whatever) years ago referred, so will turn out that no term used now (except maybe observation-terms if there are such) refers.

Lit

Zum zweiten sind Modelle der Naturbeschreibung grundsätzlich unterbestimmt. So kann es unter Umständen zwei oder mehr „gleichermaßen empirisch adäquate Theorien zur Beschreibung eines und des gleichen Realitätsbereichs geben, die logisch unvereinbar, d.h. inkommensurabel sind“.<sup>12</sup>

### 1.1.1.2 Relativismus

Diese und andere Argumente gegen den wissenschaftlichen Realismus werden von den Anhängern des Konzeptrelativismus (im weiteren kurz Relativismus genannt) vorgebracht. Der Relativismus besagt, dass unsere Realität durch unsere Sprache nicht beschrieben sondern konstituiert wird. Die realistische “Realität-an-sich” wird zur “Realität-für-uns”. Für die Relativisten werden Eigenschaften und Strukturen der Realität von den Beobachtern hergestellt. Es wird nicht angezweifelt, dass eine Wirklichkeit existiert, doch ihre Eigenschaften und Strukturen werden durch konzeptuelle Perspektiven konstituiert.

Im folgenden Abschnitt werden die beiden Positionen anhand kurzer Zitate von Fachleuten, die im Verlauf der weiteren Diskussion wieder zur Sprache kommen, konkretisiert. Sodann soll eine eigene (mittlere) philosophische Plattform etabliert werden.

---

<sup>12</sup> Hedrich, 1994, 20.



Der Relativismus in der für die Zweck dieser Arbeit relevanten Ausformung des semantischen Relativismus besagt, stark vereinfachend, dass das Fach beherrscht, wer der Sprache des Faches mächtig ist. Ganz in diesem Sinne lässt schon Charles Dickens seinen Helden Pip (Philip Pirrip) in *Great Expectations* nachdenken:<sup>13</sup>

... I leaned back in my wooden chair and looked at Biddy sewing away with her head on one side, I began to think her rather an extraordinary girl. For I recalled now, that she was equally accomplished in the terms of our trade, and the names of our different sorts of work, and our various tools. In short, whatever I knew, Biddy knew. Theoretically, she was already as good a blacksmith as I, or better.

Johnson fasst das, was er unter Realismus versteht und als „Objektivismus“ bezeichnet im Vorwort zu *The Body in the Mind* (1987, x) folgendermaßen zusammen:

To describe an objective reality of this sort, we need language that expresses concepts that can map onto the objects, properties, and relations in a literal, univocal, context-independent fashion. Reasoning to gain knowledge of our world is seen as requiring the joining of such concepts into propositions that describe aspects of reality. Reason is thus a purely formal capacity to connect up, and to draw inferences from, these literal concepts according to rules of logic. Words are arbitrary symbols which, though meaningless in themselves, get their meaning by virtue of their capacity to correspond directly to things in the world. And rational thought can be viewed as an algorithmic manipulation of such symbols.

All dies sind die Ansprüche der Wissenschaft. Aber diese Möglichkeit wird von Johnson grundsätzlich abgestritten. Seine Argumente sind, kurz zusammengefasst: es gebe keine objektive Kategorisierungsmöglichkeit, Konzepte seien immer erfahrungsabhängig und daher nicht universal, es existierten keine theorieunabhängigen Daten, sondern Wissen sei immer kontextabhängig, wertend sowie zweck- und interessen gebunden.

---

<sup>13</sup> Ch. Dickens: *Great Expectations*, Ware, Hertfordshire: Wordsworth Editions 1992, p. 98. (Zuerst erschienen als Serienroman in *All the Year Round* zwischen Dezember 1860 and Juni 1861. In Buchform zuerst publiziert im Oktober 1861.)

Die realistische Position hat im vorausgehenden Absatz Johnson für uns zusammengefasst. Als typisches Zitat für diese Position stehe der eröffnende Satz und das weltanschauliche Credo des Physikers Friedrich Cramer in seinem Büchlein mit dem Titel *Gratwanderungen* (1995, 7):<sup>14</sup>

Ordnungen strukturieren das Weltganze auf materieller, biologischer, anthropologischer und damit auch auf soziologischer, ökonomischer, sprachlicher oder ästhetischer Ebene.

Demnach ist die Ordnung in der Welt und nicht im Geist oder in der Sprache zu suchen. Wie wir später noch sehen werden, ist nach Cramer sogar die Schönheit „nicht nur eine Frage der Rezeption und der Konvention, sondern eine den Dingen der Welt inhärente Eigenschaft“.<sup>15</sup> Nach dieser Ansicht besteht die Aufgabe der Wissenschaft darin, die Ordnung zu finden, und nicht, sie zu erfinden.

### **1.1.2 Didaktik: zwischen Realismus und Relativismus**

Diese wissenschaftsphilosophische Debatte füllt Bibliotheken. Sie kann hier nicht weiter ausgeführt werden. Um zu einem praktischen Standpunkt zu gelangen, werde ich auf pragmatische Weise eine fachsprachlich-didaktische Zwischenposition beziehen. Beide Seiten der Diskussion haben teilweise recht: eine Fachsprache zu lernen bedeutet, das Fach zu lernen. Aber umgekehrt gilt auch, dass der Erwerb von Fachwissen zugleich bedeutet, dass die Fachsprache zu erwerben ist.

---

<sup>14</sup> Friedrich Cramer, 1995, *Gratwanderungen. Das Chaos der Künste und die Ordnung der Zeit*, Frankfurt a.M.: Bibliothek Suhrkamp.

<sup>15</sup> *dto.*, 60

Sprache und Wissen hängen so eng zusammen, dass das Erlernen des einen ohne die Erlernung des anderen nicht vorstellbar ist. Halliday (mit Martin, 1993, 84) drückt dies folgendermaßen aus:<sup>16</sup>

I have tried to show that they [characteristics of scientific discourse] are not arbitrary — that they evolved to meet the needs of scientific method, and of scientific argument and theory. They suit the expert; and by the same token they cause difficulty to the novice. In that respect, *learning science is the same thing as learning the language of science*. Students have to master these difficulties; but in doing so they are also mastering scientific concepts and principles.

Der Gegensatz zwischen der mit eher sprachfeindlichen Gefühlen verbundenen Haltung des Realismus und der relativistischen Sicht wird auf diese Art ein wenig verringert.

### 1.1.2.1 Lehrbarkeit als Kriterium für Fachsprachlichkeit

Ein weiteres Argument, in dem die Stolpersteine der gegenseitigen Abhängigkeit von Welt und Sprache umgangen werden, findet sich, nochmals aus philosophischer Sicht, in Eike von Savignys Auslotung der Fachsprache im Vergleich zur Umgangssprache.

Er verweist auf die Unterscheidung zwischen echten und unechten Klassifikationen.<sup>17</sup> Man kann Zufallsklassifikationen erstellen (indem man z. B. eine Schreibtischlampe, Briefwaage, Zimmerlampe und einen Fenstergriff in eine Gruppe *Alpha* einordnet). Diese Klassifikation ist nicht lehrbar, da sie nicht zulässt, dass ihr andere Dinge sinnvoll zugeordnet werden. Eine echte Klassifikation zeichnet sich dadurch aus, dass man durch den Hinweis auf mehrere Objekte einer

---

<sup>16</sup> Halliday/Martin, im Kapitel „Some grammatical problems in scientific English“.

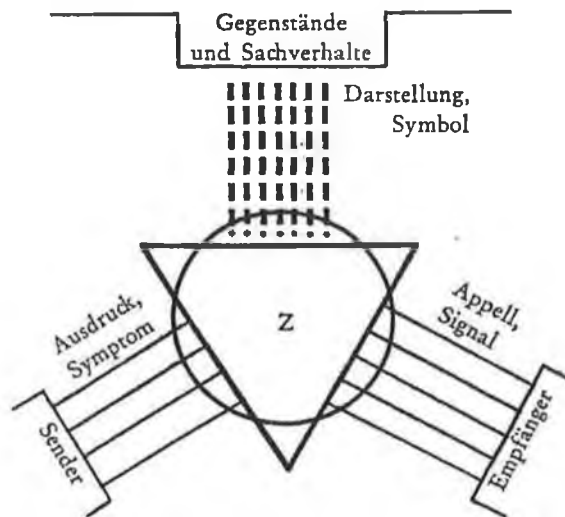
<sup>17</sup> Eike von Savigny, 1981, „Inwiefern ist die Umgangssprache grundlegend für die Fachsprache?“, In: Walther von Hahn, *Fachsprachen*, Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 320-349; die Unterscheidung zwischen echten und unechten Klassifikationen wurde eingeführt von R. Bambrough, 1961, „Universals and family resemblances“, In: *Proceedings of the Aristotelian Society* 61, 207-222.

Klasse (z. B. mehrere Stühle, die zur Abstraktion ‚Stuhl‘ führen) in der Zuordnung weiterer Objekte nicht mehr frei ist.

Für Klassifikationen dieser Art ist also nicht der Bezug (auf Sprache bzw. Welt) das Entscheidende, sondern die Konsequenz, die Lehrbarkeit. Mit diesem Überbegriff der Lehrbarkeit lässt sich m. E. ganz gut leben. Aus der Lehrbarkeit ergibt sich umgekehrt der Rückschluss auf eine falsche Anwendung eines Wortes. Benutzt man ein Wort im falschen Sinne (z. B. *Junggeselle* für einen verheirateten Mann), so wird die Benutzung dieses Worts nicht als sprachwidrig, sondern als inhaltlicher, sachlicher Irrtum zurückgewiesen und korrigiert.

Wir können also aus unserer weiteren Betrachtung die Frage der Priorität von Welt oder Sprache ausschließen und unsere Entscheidungen aufgrund von sprachlicher bzw. sachlicher Richtigkeit (wo immer wir auch die Überzeugungen her haben), und aufgrund der Lehrbarkeit von Begriffen treffen.

## 1.2 Das sprachliche Zeichen



**Abb. 1 Bühler Zeichenmodell (nach H. Pelz, 1982, 47)**

Karl Bühlers Zeichenmodell, das sich vom seinem Organon-Modell der Sprache nicht trennen lässt, soll den großen Brocken „Sprache und Welt“ aus einer anderen Perspektive beleuchten. Bei der Einführung des Modells folge ich einem Aufsatz mit dem Titel „Karl Bühler“ von Thomas A. Seboek in einem Sammelband zu Klassikern der modernen Semiotik.<sup>18</sup>

Seboek stellt ‘allgemein- und wohl-bekannte’ Charakteristiken des Zeichenmodells (und Organon-Modells) auf die folgende Art vor:

Es ist allgemein bekannt, dass nach Bühlers Meinung die Darstellungsfunktion der Sprache sich von semiotischen Prozessen bei sprachlosen Lebewesen unterscheidet und dass er, ausgehend von dem Sprechakt, die kennzeichnenden Merkmale der Sprache als eine kombinierte Realisierung von *Kundgabe*, oder der expressiven Funktion, die das Zeichen mit der Nachrichtenquelle verbindet, von *Appell*, oder der appellativen Funktion, die das Zeichen mit dem Nachrichtenziel verbindet,

---

<sup>18</sup> Thomas A. Seboek, 1981, „Karl Bühler“, In: Martin Krampen u.a. (Hg.), *Die Welt als Zeichen. Klassiker der modernen Semiotik*, Berlin: Severin und Siedler, 205-232.

und von der *Darstellung*, oder Darstellungsfunktion, definiert, die das Zeichen mit seinem Kontext verbindet (oder, um es zu wiederholen, die das Zeigfeld und das Symbolfeld kombiniert). (217)

Es ist ebenfalls wohlbekannt, dass Bühlers daraus folgende Klassifikation der Zeichenfunktionen zur Unterscheidung des Symptoms, in Hinblick auf den Sender, dessen innere Einsicht es an der Oberfläche ausdrückt, des Signals, das eine Orientierung für das innere und äußere Verhalten des Empfängers begründet, und des Symbols führt, das von den kontextuellen Bedingungen abhängig ist. (219/20)

Das sprachliche Zeichen kann (und muss) die drei Funktionen gleichzeitig erfüllen, allerdings wird in jeder Nachricht einer der Faktoren überwiegen, „während die beiden anderen in Abhängigkeit von dem Gesamtzusammenhang des zielgerichteten Sprechaktes (*la parole*) hierarchisch untergeordnet sind.“ (218)

Der Sprechakt selbst ist „ebenfalls dreigeteilt, insofern er aus dem Handelnden, dem Handlungsfeld und den Bedürfnissen und Möglichkeiten des Handelnden besteht.“ (218) Bei alledem muss zwischen Bedeutung und Objektbezug unterschieden werden. Ein Ausdruck kann sich bei gleicher Bedeutung auf verschiedene Objekte beziehen und umgekehrt. Ausdrücke mit verschiedenen Bedeutungen können sich auf ein identisches Objekt beziehen („der erste Präsident der Vereinigten Staaten“ und „George Washington“).

Die Divergenzen zwischen „Bedeutung“ und „Bedeutungsintention“ (die Frage der Homonymie) werden in der folgenden, von mir (nach Bühler, *Sprachtheorie*) ergänzten Übersicht dargestellt.

	I. subjektbezogen	II. subjektentbunden
	Sprechhandlung (parole) konkrete sprachliche Mitteilung	Sprachwerk (ergon) Produkt des Senders
	Sprechakt (energeion) phonetische Struktur	Sprachgebilde (langue) linguistische Struktur

**Tabelle 1: subjektbezogene und subjektentbundene Sprechakte**

Zur Ausdrucksfunktion, besser zum Ausdrucksverhalten, historisch auf der Psychodiagnostik einerseits und der Rhetorik andererseits basierend, sei nach Seboek die „tragende Behauptung“ in Bühlers Werk

auf den Nachweis gerichtet, dass die Geschichte derartiger Verhaltensaspekte, die motivationale Zustände manifestieren – wie zum Beispiel Aufmerksamkeit und Konzentration, Aktivitätszustände wie Erregung und Erschöpfung, oder quasipersonlichen Eigenschaften, das heißt mit anderen Worten, funktional ziemlich unterschiedliche Angelegenheiten –, nichtsdestoweniger ein mehr oder minder »sachgerechtes System« konstituieren. (220)

Zum Abschluss seien noch zwei weitere Hinweise aus Seboeks Aufsatz herausgegriffen. Zum einen weist er nach, dass Prozesse, die wie Analogisierung aussehen nicht unbedingt Analogisierung sein müssen:

In seiner Schrift „Die Uhren der Lebewesen“ beschäftigt Bühler sich

mit dem Problem biologischer Uhren und „kognitiver Landkarten“, von denen Bühler immer angenommen hatte, dass seine Mitmenschen wie die Tiere (...) sie in gleicher Weise erfahren. Wie sein Schüler Konrad Lorenz nachgewiesen hat, beruht diese Annahme keineswegs auf einer „Analogisierung“. (226)

Es handle sich im Gegenteil um „eine echte apriorische Bedingung von Denken und Erfahrung“. Damit wird etwas vorweggenommen, was später unter dem Begriff konzeptuelle Metapher bei Johnson und Lakoff wieder erscheint.

Zum zweiten merkt Seboek mehrfach an, wie einflussreich Bühlers Werk ist, wie sehr er jedoch in der neueren Forschung als einer der Gründer der modernen Sprachpsychologie vernachlässigt wird.<sup>19</sup> Dem kann ich nur vollen Herzens zustimmen.

Das sprachliche Zeichen in seiner Funktion als Symbol steht normalerweise im Zentrum der Aufmerksamkeit, wenn die Fachsprache betrachtet wird, denn in der Fachsprache geht es um die *Darstellung* von *Objekten* und *Sachverhalten*. Wenn man aber mit Seboek formuliert, das Zeichen in seiner Symptomfunktion drücke die innere Einsicht des Senders an der Oberfläche aus, so trifft dies auf fachsprachliche Text mindestens genauso zu, wie die symbolische, d. h. darstellende Funktion. Und auch, dass das sprachliche Zeichen in seiner Signalfunktion im Fachtext eine Orientierung für das innere und äußere Verhalten des Empfängers darstellt, wird glasklar spätestens dort, wo es um Laboranweisungen geht, die sich ja direkt an die Empfänger richten und deren Verhalten steuern.

Sehen wir uns nun die Funktionen des Zeichens im fachsprachlichen Gebrauch im einzelnen an. Den drei Bühlerschen habe ich eine vierte, die ästhetische Funktion hinzugefügt, um die (neben anderen) Roman Jakobson das Bühlersche Modell erweitert hat.

---

<sup>19</sup> Z. B. auf Seite 223: „... andererseits ist es beklagenswert, dass sich ein Großteil der Forscher auf diesem Gebiet, ob sie sich nun in amerikanischen oder europäischen Instituten abmühen, nur in einem sehr geringen Maße bewusst ist, auf Bühlers breiten Schultern zu stehen.“



## 1.2.1 Zeichen als Symbol

In der Darstellung geht es um Sachverhalte in der Welt einer spezifischen Disziplin, so wie wir sie sehen. Dazu gehören die Objekte und Prozesse der jeweiligen Teilwissenschaft, „die Verfahrensweisen, die logische Ordnung und Einteilung, die methodische Bewältigung, die Verarbeitung des Materials usw.“ dieser Disziplin.<sup>20</sup> Auf genau diese Punkte werden wir nochmals unter dem Stichwort *Terminologie* zurückkommen.

Wie in der obigen Zusammenfassung von Bühler gezeigt, enthält die – nun schränken wir uns ein, und sagen: *Gemeinsprache*<sup>21</sup> – die Möglichkeit der Homonymie und Synonymie, welche aber, wie immer wieder betont wird, im Interesse der Präzision und Klarheit beide aus der Fachsprache soweit wie möglich ausgeschlossen werden sollen. Wie die Fachsprache das zu erreichen versucht, zeigt eine Übersicht über einige Unterschiede zwischen der Gemein- und der Fachsprache nach Theodor Ickler:<sup>22</sup>

<b>Gemeinsprache</b>	<b>Fachsprache</b>
Typensemantik	Merkmalssemantik
Konnotat	Denotat
Schnelligkeit	Genauigkeit
Assoziation	Syllogismus
typische Kerne (kernscharf)	definierte Begriffe (randscharf)

**Tabelle 2: Fachsprache und Gemeinsprache**

---

<sup>20</sup> Wilfried Seibicke, 1959, „Fachsprache und Gemeinsprache“, In: *Muttersprache* 1, 40-66.

<sup>21</sup> *Gemeinsprache, Umgangssprache, Alltagssprache* werden im weiteren Verlauf weitgehend synonym gebraucht.

<sup>22</sup> Theodor Ickler, 1983, „Semantik der Fachsprachen“, In: Kelz, 1983.

Aus dieser Übersicht wird die wichtige Stellung der Definition offensichtlich, denn sie verleiht einem Begriff nicht nur die nötige Genauigkeit, sondern sie bestimmt auch die wichtigsten Merkmale und ermöglicht eine Reduktion der Assoziationen, aus welchen sich konnotative Bedeutungen bilden. Nicht zuletzt *sind* Definitionen selbst Syllogismen. Aus diesen Gründen muss die Stellung der Definition in der Fachsprache etwas genauer betrachtet werden. Doch Vorsicht ist angebracht, denn die Definition auf sich alleine gestellt kann gar nichts leisten, sie muss immer in einem Situations- und Gebrauchskontext stehen, bevor sie ihre Aufgabe erfüllen kann.

## 1.2.2 Zeichen als Signal

Ein sicheres Merkmal für die Bestimmung einer Sprachform als Fachsprache ist die schwere Verständlichkeit fachsprachlicher Aussagen für Laien. Die Fachsprachenforschung hat sich in den letzten Jahren darauf geeinigt, dass man Fachsprache wohl am zweckmäßigsten als die in der Gemeinschaft der Experten und Expertinnen benutzte Sprache definiert. Somit ist definitionsgemäß die Empfängerseite in die Fachsprachendefinition eingeschlossen.

Die Empfänger wirken – gerade in der Fachsprache – an der Konstitution der Bedeutung durch Anwendung ihres Vorwissens mit. Nur dieses Vorwissen erlaubt es ihnen, ihre Einstellungen zu einem Sachverhalt oder ihr Verhalten in fachbezogenen Situationen zu ändern, oder auch nicht. Denn die Sprache des jeweiligen Fachs kann auch (von den Empfängern) als inadäquat zurückgewiesen werden. Dabei sind die potentiellen Zurückweisungsgründe recht vielfältig: sowohl die Verständlichkeit (a), als auch die stilistische Ebene (b), als auch die durch die Sprache oktroyierte Weltsicht (c) kommen als Kriterien in Frage, wie in den folgenden kurzen Erläuterungen ein wenig genauer aufgeführt wird:

a) Halliday meint, dass oft unnötige Verständlichkeitsbarrieren errichtet werden.<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> Halliday, 70.

Hence the language in which they [Naturwissenschaften wie Biologie und Physik] are constructed is bound to be difficult to follow. At the same time, it is often made more difficult than need be; the forms of scientific discourse can take over, imposing their own martial law, so that writers get locked into patterns of writing that are unnecessarily complicated ...

b) Hier sind die Anmerkungen von Kretzenbacher und Thurmair (1992) von höchstem Interesse, die zeigen, dass *peer-reviews*<sup>24</sup> nicht nur sachliche, sondern häufig auch sprachliche Kritik ansetzen. Zwei typische Beispiele:<sup>25</sup>

Die Diktion ist etwas hölzern und macht die Lektüre wenig attraktiv.

In fast jedem Satz ist eine stilistische Straffung notwendig und möglich.

c) Halliday spricht von den sogenannten grammatischen Metaphern in der Fachsprache, die ideologische Sichtweisen transportieren, welche zurückgewiesen werden können.<sup>26</sup>

Now we find that almost everything has been turned into a noun. We have to reconstruct our mental image of the world so that it becomes a world made of things, rather than the world of happening — events with things taking part in them — that we were accustomed to. Some of the problem may even be ideological: the student may want to resist this view of reality that he feels is being imposed on him by the language of science. It is worth noting, in this connection, that the scientists themselves are now becoming dissatisfied with the language they use in their writings.

---

<sup>24</sup> In diesem Fall 800 *Peer reviews* für die Zeitschrift *Angewandte Chemie*.

<sup>25</sup> Heinz Kretzenbacher und Maria Thurmair, 1992, Textvergleich als Grundlage zur Beschreibung einer wissenschaftlichen Textsorte: Das Peer Review, In: Klaus-Dieter Baumann und Hartwig Kalverkämper (Hg.), *Kontrastive Fachsprachenforschung*, Tübingen: Narr (Forum für Fachsprachenforschung Bd. 20), 135-146, 140.

<sup>26</sup> Halliday, 82; auch diese Idee ist nicht so neu, wie sie scheint. Ähnliche Beobachtung wurden schon von Weisgerber in den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts unter der schönen Bezeichnung 'Akkusativierung der Welt' angestellt.

### 1.2.3 Zeichen als Symptom

Das sprachliche Zeichen als (Gefühls-)Ausdruck scheint von der fachsprachlichen Variante der Sprachbenutzung am weitesten entfernt zu sein. Ist es nicht gerade das *Ich*, welches systematisch aus der Fachsprache ausgeschlossen wird? Wenn jedes Sprachzeichen alle drei der Bühlerschen Hauptfunktionen erfüllen kann, so scheint sich doch das Zeichen als Symptom für die Fachleute am wenigsten hervorzutun.

Nun hat aber Seboek, Bühler zusammenfassend und interpretierend gesagt, dass das Zeichen als Symptom die innere Einsicht des Sprechers an der Oberfläche ausdrückt. Und wenn wir von *Einsichten* sprechen, so können wir sehen, wie gleichgewichtig auch die symptomatische Funktion des fachsprachlichen Zeichens erscheint.

Doch selbst Gefühle spielen eine Rolle in der Formulierung von Fachtexten. Erstens, weil sie qua Definition aus dem sprachlichen Zeichen nicht wegzudenken sind, zweitens ist unbestritten, dass Kognition und Emotion zwei ineinander verwobene und untrennbar verbundene Aspekte des Menschseins darstellen: „sogar Denkleistungen höchsten Ranges, wie z. B. die Hypothesenbildung, werden von Gefühlsvorgängen und entsprechenden somatischen Veränderungen (...) begleitet.“<sup>27</sup> Diese Gefühlsvorgänge liegen nicht nur Denk- sondern auch Schreibleistungen zugrunde, wie der Chemiker Roald Hoffmann sehr schön zeigt.<sup>28</sup>

---

27 Mihály Péter, 1984, „Das Problem des sprachlichen Gefühlsausdrucks in besonderem Hinblick auf das Bühlersche Organon-Modell“, In Achim Eschbach (Hg.), *Bühler-Studien*, Band 1, Frankfurt a.M.: suhrkamp, 239-260, 241/42.

28 Roald Hoffmann, 1988, „Under the surface of the chemical article“, *Angewandte Chemie. International Edition English* 27, 1593-1602, 1599.

A nice, even-toned, scientific article may hide strong emotional undercurrents, rhetorical maneuvering, and claims of power. One has already been mentioned — the desire to convince, to scream ‘I’m right, all of you are wrong’, clashing with the established rules of civility supposedly governing scholarly behavior.

## 1.2.4 Ästhetik

Mit Hoffmanns „rhetorischen Manövern“ sind wir bei der ästhetischen, poetischen Seite des sprachlichen Zeichens angelangt. Roman Jakobson hat die drei Bühlerschen Funktionen des Sprachzeichens um drei andere erweitert, nämlich die metasprachliche, phatische und poetische. Alle drei sind für den fachsprachlichen Bereich relevant, vorläufig soll jedoch nur letztere herausgegriffen werden.

Man könnte nochmals ein wenig umformulieren und sagen, dass die ästhetische, poetische Funktion der Sprache sich im Sprachstil äußert. Wenn nun die Fachsprache ausschließlich von inhaltlichen Erwägungen geprägt wäre, so gäbe es keinen stilistischen Spielraum, kein rhetorisches Manövrieren. Diesen Punkt greift auch Hoffmann auf, unser fachmännischer Zeuge, und widerspricht ihm:<sup>29</sup>

Every manual of scientific writing I’ve seen exhorts you to use an impersonal, agentless, superrational style. Please give us the facts, gentlemen, and just the facts! Still style rears its head. (...) It is in the nature of creative human beings to have a style. Why should I write my theory the way *Bill Goddard*, a theorist I admire, does, anymore than you expect *Karlheinz Stockhausen* and *Pierre Boulez* to write piano pieces that sound alike?

Wie oben schon geschildert, sieht Friedrich Cramer die Schönheit als objektiv gegebene Entität an. Hoffmann vergleicht die Schaffung künstlicher Moleküle mit den kreativen Leistungen eines Künstlers, die Betrachtung eines komplexen Moleküls mit der Betrachtung eines Kunstwerks, so dass man geradezu von einer Rezeptionsästhetik der Chemie sprechen könnte.

---

29 dto.

Diese kunstverwandte Seite der Chemie zeigt sich auch in der Monographie von Fritz Vögtle: *Reizvolle Moleküle der Organischen Chemie*, wo „reizvoll“ im Sinne von ästhetisch ansprechend gemeint ist. Es wäre gut vorstellbar, dass sich an den Auswahlkriterien für eine Ansammlung reizvoller chemischer „Objekte“ Kritiker finden, und damit würde man in Fragestellungen des ästhetischen Geschmacks eintauchen, ein für die Diskussion chemiebezogener Phänomene ungewohnter, dennoch real vorhandener Aspekt dieses naturwissenschaftlichen Gebietes.

Ganz auf dieser Linie ist auch das naturwissenschaftliche Streben nach „eleganten“ Erklärungen zu sehen. Von zwei wissenschaftlichen Problemlösungen wird, unter der Voraussetzung, dass das wissenschaftliche Erklärungspotential für ein Phänomen in beiden Fällen gleich hoch ist, immer die „elegantere“, d. h. auch ästhetisch ansprechendere vorgezogen. Dies bezieht sich sowohl auch die mathematisch-formalisierte als auch die sprachliche Ausdrucksform.

### **1.2.5 Die Untrennbarkeit der Zeichenfunktionen**

Eingangs dieses Abschnitts wurde bereits darauf hingewiesen, dass die unterschiedlichen Funktionen des sprachlichen Zeichens nicht voneinander zu trennen sind. Dieser Punkt soll hier nochmals unterstrichen werden: zum sprachlichen Zeichen, auch dem der Fachsprache, gehören neben der *darstellenden* auch die *expressive* und die *appellative* Funktion. Dies wird in der Diskussion um die Fachsprachen oft nicht genügend gewürdigt und fließt deshalb in die über die Sekundärliteratur zur Fachsprache gefütterten (fremdsprachlich-)fachsprachlichen Ansätze nicht, oder nicht in genügendem Ausmaß ein.

## 1.3 Fachsprachen

Zum Anfang dieses Abschnitt soll nachgefragt werden, ob denn die Fachsprachen überhaupt gebraucht werden. Immerhin sagt der Sprachphilosoph Eike von Savigny doch in seiner Liste von Festlegungen zum Verhältnis von Gemein- und Fachsprache als allererstes: Jeder Satz aus  $F$  (der Fachsprache) ist ausdrückbar in  $U$  (der Umgangssprache).<sup>30</sup>

Nach allem Voraufgegangenen könnte man zur Ansicht gelangen, die Umgangs- und die Fachsprache seien nur in gewissen Graden unterschiedlich, so dass sich eine getrennte Behandlung beider eigentlich nicht lohnt. Die wissenschaftliche Art die Welt zu sehen ist aber doch von der Weltansicht des gesunden Menschenverstands so unterschiedlich, dass eine Aufteilung angebracht scheint. Sie stellen alternative Erklärungen zur Verfügung, wie Halliday und Martin betonen:<sup>31</sup>

The common sense view depends on careful observation with the naked eye. Science augments this with observatories, radio telescopes, space ships, studies of meteorites (...) and other types of information gathered in various ways and accordingly produces a different picture. Rather than saying that science is right and common sense wrong (...), it is more important to understand common sense and science as different pictures of reality, based on different organising criteria. The function of science then is to construct an alternative interpretation of our world to that provided by common sense. In our culture, this is its job.

Halliday und Martin machen die wichtige Unterscheidung, dass 'richtig' und 'falsch' nicht die angemessenen Kriterien für die unterschiedliche Weltsicht der Wissenschaftler und der Nichtwissenschaftler sind, sondern alternative Arten, die Welt zu betrachten. Dabei trauen die Wissenschaftlerinnen den eigenen Augen weniger als diejenigen, die sich des gesunden Menschenverstandes bedienen. Sie benutzen Werkzeuge, wie in dem Zitat angeführt.

---

<sup>30</sup> Savigny, 1981, 348.

<sup>31</sup> Halliday und Martin, *Writing Science*, 169.

Als eine weitere Form von Werkzeug mag die Sprache betrachtet werden, welche sie benutzen.<sup>32</sup> Sie muss genauer sein, sie muss Kleineres oder Größeres als das dem unbewehrten Auge Zugängliche auszudrücken wissen, sie muss genauere Unterscheidungen treffen und feinere Linien ziehen. Sie muss Neues und Unzugängliches ausdrücken, sie muss Wissen von Vermutung, Beschreibung von Analyse, Analyse von Interpretation trennen können. So könnte man vielleicht von verschiedenen Tiefenschichtungen der Sprache sprechen, und davon, dass jedes Individuum andere Schichten im Sinn hat, wenn Sprache benutzt wird. Das Fachwissen macht dabei Schichten zugänglich, die den laienhaften Sprachbenutzern unzugänglich bleiben, wie an dem nachfolgenden semantischen Beispiel in Hermann Pauls *Prinzipien der Sprachgeschichte* (1909!)<sup>33</sup> deutlich wird:

Da nun die Vorstellungskreise der einzelnen Individuen in der gleichen Sprachgenossenschaft stark untereinander abweichen und auch der Vorstellungskreis der Einzelnen immerfort Veränderungen unterliegt, so müssen sich notwendigerweise in den an den Wortschatz angehefteten Vorstellungen eine Menge von individuellen Besonderheiten finden, die bei der gewöhnlichen Bestimmung der Bedeutung des Wortes *Pferd* insofern für alle Individuen gleich, als sie es alle auf den nämlichen Gegenstand beziehen; aber es ist doch nicht zu leugnen, dass ein Reiter, ein Kutscher, ein Zoologe, jeder in seiner Art, einen reicheren Vorstellungsinhalt damit verbinden als jeder beliebige andere, der nichts Besonderes mit Pferden zu schaffen hat.

Die historische Dimension der Wortbedeutung wird in der Fortsetzung des Paul-Zitats ausgebaut, der zeigt, wie die (eine) allgemeingültige Definition z.B. des Wortes *Vater* gerade all die Vorstellungen, die ein Kind mit diesem Wort verbindet, nicht enthält. Anhand des Wortes *Schiff* demonstriert Paul etwas, das Kuhn in

---

<sup>32</sup> Das hier Beschriebene ist parallel zu sehen mit den Bemerkungen von Ickler, wie in Tabelle 2 festgehalten.

<sup>33</sup> Paul, Hermann (1909) *Prinzipien der Sprachgeschichte*, Halle a.S.: Max Niemeyer, 103/104, das seinerseits auf Gottlob Frege zurückzugehen scheint, bei dem sich eine verblüffend ähnliche Passage findet.



seiner Arbeit zu den wissenschaftlichen Revolutionen mit dem Wort *Atom* und in seinem Aufsatz zur Metapher in der Naturwissenschaft mit den Planeten in ganz ähnlicher Weise bespricht.<sup>34</sup> Zuerst die Schiffs-Passage<sup>35</sup> von Paul:

So kann z.B. eine Bezeichnung für Schiff entstanden sein zu einer Zeit, wo es nur erst die allerprimitivste Art von Schiffen gab, und dann geblieben sein, auch nachdem man bis zu den größten und kompliziertesten Fahrzeugen fortgeschritten war. Wir setzen in einem solchen Falle keinen Bedeutungswandel an, aber doch ist es keine Frage, dass die an das Wort Schiff angeknüpften Vorstellungen andere geworden sind.

Kuhn (1993, 417) sagt über die astronomischen Entitäten Erde, Mond, Mars und Venus, dass diese sich als Bezeichnungen über lange Zeiträume gehalten haben, obgleich sich ihre Bedeutung durch die Umwälzung vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild drastisch geändert hätten. Vor Kopernikus gehörte der Mond zu den Planeten, die Erde aber nicht, nach Kopernikus ist es genau umgekehrt.

### **1.3.1 Die Notwendigkeit der Fachsprachen**

Savigny sagt auch, dass die Fachsprachen insofern auf den Umgangssprachen beruhen, „als es möglich sein muss, dem Nicht-Spezialisten die Ergebnisse des Spezialisten klarzumachen“.<sup>36</sup> Wenn dem so ist, und wenn die Fachsprache in die Umgangssprache übersetzt werden kann, warum sollte dann die Fachsprache als Sonderform überhaupt existieren? Warum drückt man sich als Experte oder Expertin nicht gleich so aus, dass einen alle verstehen können?

---

<sup>34</sup> dto., 104/105.

<sup>35</sup> Excuse the pun, please!

<sup>36</sup> dto., 321.

Das Wort *übersetzen* im vorigen Abschnitt kann bei der Beantwortung dieser Fragen helfen: wie man aus zwischensprachlichen Übersetzungen weiß, ist eine Übertragung von der einen in die andere Sprache zwar möglich, doch geht bei der Übersetzung immer etwas vom Original verloren, und zwangsläufig fließt etwas im Original nicht vorhandenes durch die Zielsprache in den übersetzten Text ein. Halliday führt vor, was durch die gemeinsprachliche Präsentation naturwissenschaftlicher Ergebnisse verloren ginge.<sup>37</sup>

It would not be possible to represent scientific knowledge entirely in commonsense wordings; technical terms are not simply fancy equivalents for ordinary words, and the conceptual structures and reasoning processes of physics and biology are highly complex and often far removed, by many levels of abstraction, from everyday experience. Hence the language in which they are constructed is bound to be difficult to follow.

Ich glaube, damit ist der Zusammenhang zwischen wissenschaftlichem Wissen und dem Ausdruck, der ihm sprachlich verliehen wird, zutreffend und kurz ausgedrückt. Wichtig scheint mir zu sein, dass die Entfernung von der Alltagssprache über mehrere Abstraktionsstufen betont wird. Nehmen wir Notiz davon, dass Halliday hier explizit von *technical terms*, *conceptual structures* und *reasoning processes* spricht, die sich alle von Alltagsgebrauch unterscheiden.

Die Fachsprachen sind historisch aus der Gemeinsprache hervorgegangen. Doch so, wie sich die verschiedenen Sprachen der Welt aus den selben Wurzeln entwickelt haben, haben sich auch die Fachsprachen zu eigenständigen, neuen Sprachen entwickelt, die – wie Halliday sagt – schwer verständlich, aber aller Erfahrung nach erlernbar und erlernenswert sind. Die historische Auseinanderentwicklung von Gemein- und Fachsprache wird von Savigny so dargelegt:<sup>38</sup>

---

<sup>37</sup> Halliday, *Writing Science*, 169. Das Zitat fällt etwas ausführlicher aus als im gegenwärtigen Zusammenhang nötig. Aber wir werden in Kürze auf die anderen angesprochenen Aspekte zurückkommen.

<sup>38</sup> Savigny, 1981, 344.

Wenn also die Umgangssprache zeitlich früher da ist als eine bestimmte Fachsprache und wenn außerdem in dieser neu entwickelten Fachsprache über Sachverhalte gesprochen wird, über welche auch vorher schon umgangssprachlich gesprochen worden ist, dann genügt die Umgangssprache zur Verständigung über die Sachverhalte erst von dem Zeitpunkt an nicht mehr, wo die Fachdisziplin (...) über die betroffenen Sachverhalte in schneller Folge viele neue Entdeckungen macht, welche den bisher für wahr gehaltenen Annahmen über die Sachverhalte widersprechen. Wer zur Verständigung über sie dennoch weiterhin an der Umgangssprache festhalten will, muss Überzeugungen in Kauf nehmen, welche die Fachdisziplin als falsch erkannt hat; und wer die Erkenntnisse der Fachdisziplin akzeptieren will, ist gezwungen, die Umgangssprache aufzugeben und die Fachsprache als neue Sprache zu erlernen.

Akzeptiert man aus den angegebenen Gründen heraus die Notwendigkeit der Fachsprachen, so kommt es als nächstes darauf an, die Erscheinungsformen und Eigenschaften der Fachsprache(n) zu analysieren.

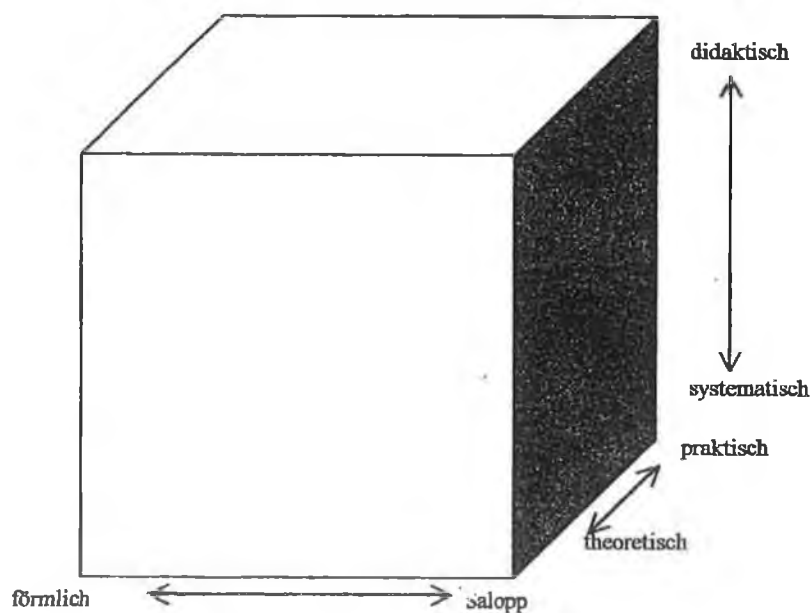
### **1.3.2 Die Vielschichtigkeit der Fachsprachen**

Von *der* Fachsprache ist schon lange keine Rede mehr. Wenn die Sprache des Faches die Fachsprache ist, so ergibt sich allein aus der Tatsache, dass viele verschiedene Fächer existieren, die Existenz dementsprechend vieler dazugehöriger Sprachen. Wenn die in Gemeinschaften von Fachleuten gesprochene Sprache als Fachsprache definiert wird, so ergibt sich eine weitere Vielfalt von Fachsprachen, je nach Art des den jeweiligen Gruppen zuzuschreibenden Expertentums. Kombiniert man die beiden aus diesen Kriterien hervorgegangenen Fachsprachenbegriffe, so erhält man eine so hohe Anzahl von verschiedenen Fachsprachen, dass Sisyphusarbeit für die Analysten all dieser Sprachformen wie ein milde untertriebenes Wort erscheint. Man muss die verschiedenen Erscheinungsformen der Fachsprache also klassifizieren, um sie für die Analyse in handsame Gruppen und Kategorien zusammenzufassen.

Für die Unterscheidung der unterschiedlichen Auftretensformen von Fachsprache nehmen wir Theodor Ickler<sup>39</sup> zu Hilfe, der die Fachlichkeit der Sprache anhand von drei Achsen aufgliedert, die eigentlich der Unterscheidung von fachsprachlichen Textsorten dienlich sein soll. Ickler selbst stellt für seine drei Dimensionen keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Dieser Einschränkungen gewahr, ergibt sich aus „Icklers Würfel“ dennoch in unserem Kontext und für unsere Zwecke eine ausreichend differenzierte Aufschlüsselung des Fachsprachenbegriffs.

Die Fachsprache spannt sich auf zwischen folgenden Achsen:

theoretisch	vs.	praktisch
förmlich	vs.	salopp
systematisch	vs.	didaktisch



**Abb. 2 Fachsprachenvariation nach Ickler**

---

<sup>39</sup> Theodor Ickler, 1997, *Die Disziplinierung der Sprache. Fachsprachen in unserer Zeit*, Gunter Narr: Tübingen.

### 1.3.2.1 theoretisch – praktisch

Bei dieser Unterscheidung geht es darum, die Spannweite von der Grundlagenforschung in einem wissenschaftlichen Bereich bis zur Anwendung der Forschungsergebnisse in der Werkstatt, der Fabrik oder dem Labor zu erfassen. Ein Konzept, dem fachintern die gleichen Vorstellungen unterliegen kann dabei unterschiedlichen Ausdruck finden. Denn die Eindeutigkeit von Bezeichnungen hängt nach Ickler nicht (nur) von expliziten Definitionen ab, da die „empraktische Einbettung“ der Praktikersprache ebenso vereindeutigend wirke. Als Beispiel führt er an:

Während in der theoretischen Sprache der Metallurgie von *Widerstandspunktschweißen* die Rede ist, sagt der Praktiker kürzer, aber ebenso eindeutig: *Verpunkten*.

### 1.3.2.2 förmlich – salopp

Förmlichkeit, so Ickler, sei nicht mit Fachlichkeit gleichzusetzen. Gerade in der Unterscheidung zwischen mündlichen und schriftlichen Kommunikationsformen wird ein Gefälle zwischen Saloppheit und Förmlichkeit des Ausdrucks deutlich, das aber für jeweiligen Fachlichkeitsanspruch der Äußerungen keinen Unterschied macht.<sup>40</sup> Wie anhand z. B. des Labor-Jargons klar wird, kann die Art des Ausdrucks nicht mit der Fachlichkeit gleichgesetzt werden. Es existieren zwischen solchen polaren Begriffen viele Zwischenstufen. Im Übergangsbereich zwischen der Mündlichkeit und der Schriftlichkeit sind Vorlesungsskripten anzusetzen, die im praktischen Teil dieser Arbeit näher betrachtet werden. Die Unterscheidung zwischen förmlichem und saloppem Sprachgebrauch wirkt sich semantisch-

---

<sup>40</sup> Beispiele sind auch im Übergang zwischen Mündlichkeit und Schriftlichkeit zu finden. Siehe dazu die Ausführungen zu den Universitätsskripten. Zur Mündlichkeit in der Fachkommunikation: Klaus Munsberg, 1993, „Mündliche Fachkommunikation in der Chemie. Analyseverfahren für empirisches Datenmaterial“, In: Hartmut Schröder (Hg.): *Fachtextpragmatik* (Forum für Fachsprachen-Forschung Bd. 19), Tübingen: Gunter Narr, 359-394.

lexikalisch, grammatikalisch, idiomatisch und insgesamt auf allen Sprachebenen aus.

Im Zusammenhang mit dem fachsprachlichen Einsatz von Abkürzungen und der – für diese Arbeit nicht allzu brisanten – Frage, ob sie Wortstatus haben, oder auch nicht, illustriert Seibicke (1959, 49) das, was Ickler als ‘saloppen’ Gebrauch bezeichnen würde. Der folgende Abschnitt zeigt (anhand der Bezeichnung für eine Lokomotive *V 200*) in relativ lebendiger Form, wie der häufige fachliche Umgang mit Dingen und Wörtern sich auswirken kann:<sup>41</sup>

Solche isoliert verwendeten Bezeichnungen von Untergruppen — Attribute im weitesten Sinne des Wortes — können übrigens sehr leicht zu Eigennamen werden, wenn ständiger Umgang mit den Dingen sie in unseren Augen gewissermaßen „lebendig“ werden lässt. (...) *Die V 200* ist für sie [die Experten] der Name für ein Wesen, dessen Eigenschaften „vermenschlicht“, „beseelt“ werden.

Die Verwendung des femininen Artikels zeige, dass hinter der Buchstaben- und Zahlengruppe wirkliche Wörter in lexikalischen Sinne (in diesem Fall „Lokomotive“ oder „Maschine“) stehen. *V 200* ist aber kein Eigenname, sondern wie in der Gemeinsprache, wenn jemand auf dem Postamt nicht sagt, „Ich hätte gern eine Briefmarke zu fünfzig Cent“, sondern „Ich möchte eine Fünfiger“ ein Nomen appellativum. Dieser Verwechslung werden wir noch häufiger begegnen. Doch dies ist nicht der Punkt, auf den ich hier hinauswollte. Viel wichtiger ist die Schlussfolgerung von Seibicke. Über die Verwendung von Abkürzungen als wortartige Bezeichnungen sagt er:

... ihr Zeichencharakter ist damit offenbar und wir können sie daher aus der Betrachtung des Fachwortschatzes ausklammern. (49/50)

---

<sup>41</sup> Seibickes Bemerkungen nehmen an dieser Stelle vorweg, was wir später im Zusammenhang mit Karlheinz Jakob als ‚Animismus‘ kennenlernen werden (vgl. Abschnitt 1.8).

Wir müssen auch nicht genau wissen, was Seibicke mit *Zeichencharakter* meint, um über seine Schlussfolgerung zu staunen. Was er im Grunde genommen sagt, ist dies: je fachsprachlicher solche Bezeichnungen verwendet werden, desto dringlicher müssen sie aus der Fachsprachenanalyse ausgeschlossen werden!

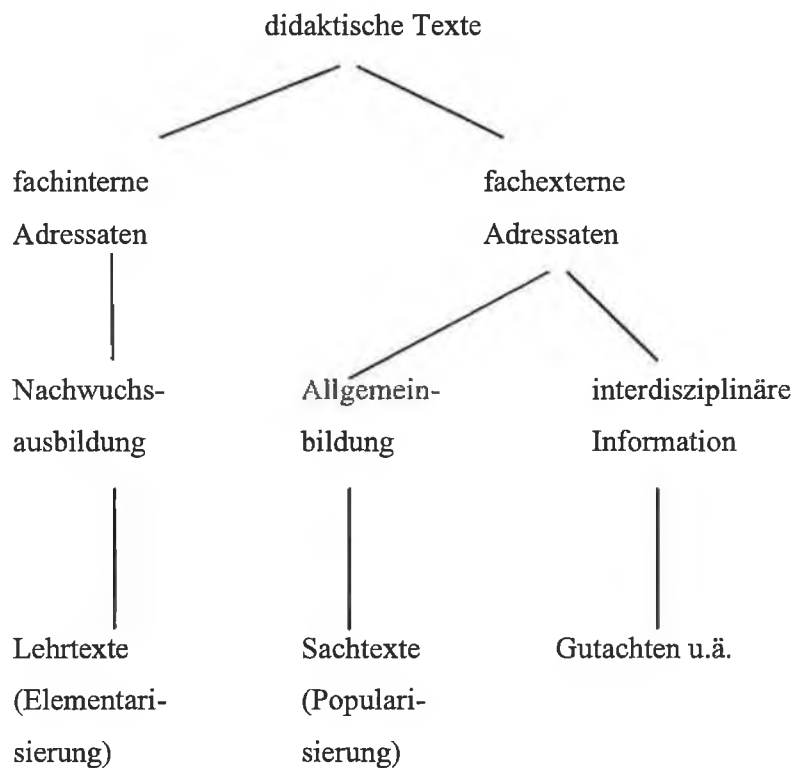
### **1.3.2.3 systematisch – didaktisch**

Hier geht es darum, wem – und demzufolge wie – fachliches Material präsentiert wird. Bei systematischer Darstellung (von Expertinnen für Experten, oder umgekehrt) kommt es auf die Entwicklung einer konsistenten Argumentationslogik an. Haben die Autoren eine praktische Anwendung im Auge, so folgen sie einer bestimmten Handlungslogik. Normalerweise folgen systematische Darstellungen textsortentypischen Vorgaben (aber nicht sklavisch!), die sich auch kulturspezifisch unterscheiden können.

Die didaktische Gegenseite zur systematischen Darstellung soll etwas ausführlicher betrachtet werden, da wir hier von Texten handeln, die sich im Zentrum unserer Aufmerksamkeit befinden.

### **1.3.3 Didaktische Texte**

Didaktische Texte unterscheiden sich von systematischen durch eine Informationsanordnung, die eine an der Leserschaft orientierte Progression ergibt, während systematische Texte sich anhand sachlicher Gesichtspunkte entfalten. Die innere Aufteilung der didaktischen Texte sieht nach Ickler folgendermaßen aus:



**Abb. 3 Didaktische Texte nach Ickler**

Nach dieser Darstellung sind zwei Hauptgruppen zu unterscheiden, nämlich die elementarisierenden und die popularisierenden Texte. Lehrtexte ermöglichen einen progressiven Einstieg in das Fach und die Fachsprache und sind auf eine längerdauernde und intensive Beschäftigung angelegt. Fachliche Begriffe werden entwickelt und durch unterschiedliche Aktivitäten vertieft und verfeinert. Aus der Umgangssprache werden die Partizipanten einer Fachausbildung an das Fach heran- und in das Fach eingeführt. Man könnte verdeutlichend sagen, dass den Lernenden die Weltansicht des gesunden Menschenverstandes und die Umgangssprache ausgetrieben, und eine wissenschaftliche Perspektive und Sprechweise vermittelt werden soll. Popularisierende Sachtexte hingegen werfen für ein allgemeines, interessiertes Publikum Schlaglichter auf fachliche Dinge, indem sie fachliche Konzepte soweit möglich in der Gemeinsprache erklären.



Studierende werden offensichtlich über Lehrtexte in ihr Fach eingeführt. Doch gehört zu jeder Ausbildung ebenso die Beschäftigung mit systematischen Texten. Die fachliche Ausbildung meiner Studierenden der Chemie und Physik kulminiert in einer Sichtung der Fachliteratur (*literature survey*) zu einem relativ engen naturwissenschaftlichen Thema im zweiten Semester des letzten Studienjahres. Mit dieser Arbeit zeigen die Graduierenden, dass sie die Feinheiten des Faches und die damit zusammenhängende Sprache durchdringen, dass sie sich als Fachleute ausweisen, und sich gegen 'popularisierenden Unfug' abgrenzen können:<sup>42</sup>

Von Musikern, Schauspielern, Sängern bis zu den Geologen, Physikern, Mathematikern, Philosophen wird oft als nicht ganz voll angesehen, was nicht in der Fachsprache, ja im "Jargon" des Metiers gesprochen und geschrieben ist. Diese Haltung hat einen legalen Teilgrund in allerhand popularisierendem Unfug, der stets, von weniger Berufenen verübt, die Arbeit der Fachleute begleitet - aber es steckt in ihr auch ein Quantum Snobismus, aus menschlicher Schwäche, Eitelkeit geboren: das Streben, durch Verhalten in Sprache und Schrift nach außen abzugrenzen, zu zeigen, dass man zu jenem „geadelten" Kreise der „Insider" gehört, zu dem man mit viel oder weniger Mühe den Zugang erlangt hat: Fachsprache als Ausweis.

Dessauer führt zurecht eine Reihe von Berufsgruppen an, die alle die jeweilige Ausprägung ihrer Fachsprachen als Ausweis für Gruppenzugehörigkeit ansehen. Sie reichen von Sängern und Schauspielern bis zu den Philosophen. Man sollte die Handwerker mit ihren sehr ausgeprägten Fachsprachen nicht vergessen. Im folgenden wollen wir aber, da es uns um die Ausbildung von Naturwissenschaftlern im Universitätsbereich geht, die wissenschaftliche Fachsprache in den Mittelpunkt stellen.

---

<sup>42</sup> Dessauer, Friedrich (1958): *Naturwissenschaftliches Erkennen. Beiträge zur Naturphilosophie*, Frankfurt a.M., Verlag Josef Knecht, 64.

## 1.3.4 Binnenwissenschaftliche Differenzierungen

Innerhalb der wissenschaftlichen Fachsprachen muss zwischen geisteswissenschaftlichem und akademischem Schreiben auf der einen Seite und naturwissenschaftlichem Schreiben auf der anderen Seite unterschieden werden.

### 1.3.4.1 Geisteswissenschaftliches und naturwissenschaftliches Schreiben

Die Geisteswissenschaften und die Naturwissenschaften werden oft als unterschiedliche Kulturen bezeichnet.<sup>43</sup> In ihrem Artikel zur Popularisierung von Wissenschaft (in diesem Kontext im Zusammenhang mit Leit- und Identifikationsfiguren aus der Wissenschaft) fassen Laurén und Nordmann den Unterschied zwischen diesen Kulturen folgendermaßen zusammen:<sup>44</sup>

In the natural sciences the object of study cannot be approached by laymen if it is not presented in an accessible way, although based on scientific knowledge. Partly the opposition between the two cultures can be simplified as a contrast of abstract and concrete. Only in the concrete sphere may the scientist be regarded a popular hero; cf. the polar researchers (Amundsen), the medical scientists (Salk), the explorers (Livingstone), physicists (Galileo Galilei) etc. Overcoming abstract obstacles usually does not create heroes – unless perhaps in the religious sphere of life (Luther, St. Bernhard).

Nun könnte man aber mit Fug und Recht behaupten, dass Denker wie Newton und Einstein doch wohl eher abstrakte Barrieren überwunden haben, dass ihnen der Heldenstatus aber trotzdem nicht erspart geblieben ist.

---

<sup>43</sup> C.P. Snow, 1959, *The two cultures and the scientific evolution*, interessant wäre hier auch der Vergleich zu Wolf Lepenies.

<sup>44</sup> Christer Laurén und Marianne Nordmann, 1995, „Scientific technocrats and popularization“, In: Gerhard Budin (Hg.), *Multilingualism in specialist communication* Vol.2, Wien: International Network for Terminology, 823-831, 826.

Man spricht gelegentlich – bei gleicher Grenzziehung – auch von den sogenannten *harten* im Vergleich zu den *weichen* Wissenschaften. Dabei scheint es so zu sein, dass die *harten* Wissenschaften neben der soeben benannten Konkretheit zudem die Quantifizierbarkeit und die (erfolgreichere) Terminologisierung auf ihrer Seite haben, wie die Verfasserin und der Verfasser des Artikels an späterer Stelle ausführen.<sup>45</sup>

It is (...) generally known that within the field of terminology experts often talk about soft and hard sciences and regret that their methods, developed for the hard sciences, can often not be used for the soft ones. Also, on a surface level there are characteristics of the natural sciences which are also imposed on the popularisation of the humanities, e.g. tables, diagrams and figures based on numerical data.

Das Streben der Naturwissenschaften geht ja gerade dahin, die Zusammenhänge in eine quantifizierbare (mathematische) Form zu bringen. Dabei darf man nicht übersehen, dass von der Konkretheit der Erfahrungswelt gerade im mathematischen Ausdruck in hohem Maße abstrahiert wird.

#### 1.3.4.2 Allgemeine und spezielle Wissenschaftssprache

In einer amerikanischen Stilfibel für naturwissenschaftliche Autoren und Autorinnen wird zwischen *academic writing* und *scientific writing* unterschieden.<sup>46</sup> Dies scheint zunächst mit der Unterscheidung zwischen Geisteswissenschaft und Naturwissenschaft starke Ähnlichkeiten aufzuweisen. Doch haben wir es hier, im Gegensatz zu einem Oppositonsverhältnis mit einem Inklusionsverhältnis zu tun. Das akademische Schreiben enthält das naturwissenschaftliche Schreiben als eine seiner Untergruppen, jedoch nicht umgekehrt. Deshalb sollten die Begriffe *academic* und *scientific* so umformuliert werden, dass sich das Inklusionsverhältnis zeigen lässt. Eine praktische Lösung scheint in den Bezeichnungen *allgemeine*

---

<sup>45</sup> dto., 829.

<sup>46</sup> Antoinette Miele Wilkinson, 1991, *The scientists' handbook for writing papers and dissertations*, Englewood Cliffs NJ: Prentice Hall.

*Wissenschaftssprache* bzw. *spezielle Wissenschaftssprache* zu liegen.<sup>47</sup> Ich würde zunächst davon ausgehen, dass sich die beiden Formen stets miteinander vermischen, je nach Textsorte in einem anderem Verhältnis. Den Beweis für meine Vermutung liefert Weise, der sagt, er beziehe seinen Textkorpus aus Textsorten, die mit „harter“ Wissenschaft assoziiert sind, dessen Aufsatz aber dennoch eine Vielzahl von Beispielen mit starker allgemeinwissenschaftlicher Sprechhaltung enthält.<sup>48</sup>

In einer Tabelle, die hier auszugsweise wiedergegeben wird, und in der Wilkinsons *academic writing* durch *allgemeine Wissenschaftssprache* und ihr *scientific writing* durch *spezielle Wissenschaftssprache* ersetzt wurde, stellt sie die beiden Schreibweisen als Gegenpole dar. Die Beispiele reichen von der gesamten Haltung dem Schreiben gegenüber, vom Zweck und Verhältnis der Autoren und Autorinnen zum Fachinhalt bis zu semantischen und syntaktisch-morphologischen Einzelercheinungen (wie der Synonymie und dem Passiv).<sup>49</sup>

---

<sup>47</sup> Die Bezeichnung *allgemeine Wissenschaftssprache* ist eine von mehreren möglichen Bezeichnungen für das gleiche Phänomen, z. B. werden auch vorgeschlagen *alltägliche Wissenschaftssprache* oder *wissenschaftliche Alltagssprache*. Mir scheint *Wissenschaftssprache* mit den Attributen *allgemein* bzw. *speziell* am angemessensten auszudrücken, was hier gemeint ist, nämlich dass es sich in beiden Fällen um wissenschaftliche Ausdrucksweise (und zwar im Sinne von *academic* und auch *scientific*) handelt, die jedoch auf andere Sachverhalte appliziert werden.

<sup>48</sup> s. Abschnitt 1.4. Fachsprache der Chemie

<sup>49</sup> Wilkinson, 1991, 83.

<b>Merkmal</b>	<b>allgemeine Wissenschaftssprache</b>	<b>spezielle Wissenschaftssprache</b>
Zweck	Ausdruck, Exposition	Kommunikation
Allgemeine Haltung	oft allgemein, selten hochspezifisch und detailreich	hochspezifisch, konkret, detailreich; selten allgemein; für theoretische Erläuterungen abstrakt
Leserschaft	Allgemeinheit; eingeschränkt, jedoch nicht spezialisiert	naturwissenschaftliche Peers (Kollegen, Kolleginnen)
Rhetorischer Ansatz	Autor sehr wichtig; Zweck, Fachinhalt, Leserschaft weniger wichtig	Autor unwichtig; Fachinhalt, Leserschaft, Zweck sehr wichtig
Variation, Synonymie	zur Ausdrucksverstärkung wichtig	Vermeidung zur Steigerung von Klarheit, Genauigkeit, Präzision
Passiv	unerwünscht; als schwache, indirekte Sprechweise gesehen	erwünscht; zur Fokussierung auf den Sachverhalt als Diskursthema

**Tabelle 3: Wissenschaftssprache nach Wilkinson**

Vielleicht stellen sich an dieser Stelle Zweifel ein, ob die rechte Spalte nicht doch wohl eher der Naturwissenschaft zuzurechnen sei, da sie alles enthält, was die Naturwissenschaftssprache auszuzeichnen scheint, zumal unter dem Merkmal 'Leserschaft' die naturwissenschaftlichen *peers* noch einmal ausdrücklich erwähnt werden. Dann wäre aber doch die linke, allgemeinwissenschaftliche Spalte der Geisteswissenschaft vorbehalten. Und für die wäre es eine ziemliche Beleidigung, spräche man ihr – in der Reihenfolge der Merkmale – den Kommunikationswillen, die Spezifik, die Inhaltsbezogenheit, Klarheit, Genauigkeit und Präzision und zu guter Letzt auch noch die Fähigkeit oder den Willen zur Fokussierung ab. Nein, auch die Geisteswissenschaft ist klar, präzise usw. Der Unterschied im Schreiben liegt also nicht zwischen den beiden Kulturen. Aber wo liegt er dann?

Erinnern wir uns noch einmal daran, dass wir weiter oben bestimmt haben, dass es sich im Verhältnis zwischen allgemeiner und spezieller Wissenschaftssprache um

ein Inklusionsverhältnis handelt. Könnte es sein, dass beide Formen der Wissenschaftssprache in beiden Kulturen vorkommen?

Wir finden eine Übersicht, die der von Wilkinson sehr ähnlich sieht in einem anderen Kontext, nämlich dort, wo Ralf Tatje von morphosyntaktischen und textuellen Charakteristika der Fachsprache der Mineralogie handelt.<sup>50</sup> Bevor die erwähnte Übersicht präsentiert wird, müssen einige Begriffe geklärt werden. Tatje stimmt mit Rosemarie Gläser überein, dass für alle naturwissenschaftlichen Veröffentlichungen in Fachzeitschriften ein mehr oder weniger einheitliches Format existiert.<sup>51</sup>

- Introduction: Forschungssituation/Problemstellung (establishing the field/ previous research) - Neuansatz (present research)
- Materials and Methods (Darlegung des Gegenstandes und der Methode)
- Experimental (Beschreibung des Untersuchungsverlaufs)
- Results (Beschreibung der Untersuchungsergebnisse)
- Summary/Conclusions (Zusammenfassung und Schlussfolgerungen)
- Acknowledgments (Dankabstattung) (fakultativ)
- Literaturverzeichnis

Für mineralogische Zeitschriftentitel sieht das nach Tatje folgendermaßen aus:

Auf Titel (und eventuell Untertitel) und Autorennennung folgt eine Zusammenfassung, sowie Stichwörter und die Anschrift der Verfasser oder Verfasserinnen. Danach folgt der Hauptteil mit den folgenden Teilen:

- A. Allgemeine Information
- B. Dokumentation
- C. Makroskopische Beschreibung
- D. Physikalische Eigenschaften

---

<sup>50</sup> Rolf Tatje, 1995, „Morphosyntaktische und textuelle Charakteristika der Fachsprache der Mineralogie“, In: Gerhard Budin (Hg.), *Multilingualism in specialist communication* Vol.1, Wien: International Network for Terminology, 319-341.

<sup>51</sup> Rosemarie Gläser, 1990, *Fachtextsorten im Englischen*, Tübingen: Gunter Narr, 68f.

E. Optische Eigenschaften

F. Röntgenographische Kristallstrukturanalyse

G. Chemische Analyse

H. Diskussion

Zuletzt folgen Danksagungen und Literaturangaben.

Nun kann Tatjes Übersicht präsentiert (und noch einmal an die von Antoinette Wilkinson erinnert) werden.

Teiltexthe A, B und H	Teiltexthe C bis G
Informationsdichte: mittel bis hoch	Informationsdichte: sehr hoch
<i>Fachlexik</i> : mittlerer bis hoher Anteil	<i>Fachlexik</i> : sehr hoher Anteil
<i>Verb</i> : variabler Tempusgebrauch, variable Lexik	<i>Verb</i> : Präsens bevorzugt, wenige Verben bevorzugt, besonders <i>être/sein</i>
<i>Syntax</i> : längere Sätze und Satzgefüge, koordinierende und subordinierende Konstruktionen, häufiger Konjunktionalsätze, wenig Formeln und Symbole	<i>Syntax</i> : überwiegend kürzere Sätze und einfache Satzgefüge, eher koordinierend, wenig Konjunktionalsätze, häufig Formeln und Symbole
Metaphorik: eher häufig	Metaphorik: eher selten
Formulierung: variabel, frei	Formulierung: teils standardisiert, stereotypisiert

**Tabelle 4: Charakteristika einzelner Textteile nach Rolf Tatje**

Die Parallelen zwischen Wilkinson und Tatje liegen auf der Hand, wenn auch die Einteilung der fachsprachlichen Eigenschaften unter unterschiedlichen Überschriften erfolgt. Nur die wichtigsten Übereinstimmungen seien aufgeführt.

Die Textteile *Allgemeine Information* (A), *Dokumentation* (B) und *Diskussion* (H) sind in der Formulierung freier, variabler und synonymenreicher als die stärker formalisierten, sogar standardisierten Teile *Makroskopische Beschreibung*, *Physikalische*, *Optische Eigenschaften* und *Chemische und Röntgenographische Kristallstruktur-Analyse*. Im Verbereich steht den Textteilen A, B, und H eine höhere Formenvielfalt zu, insofern die Beschränkung auf spezifische Genera,

---

<sup>51</sup> Rosemarie Gläser, 1990, *Fachtextsorten im Englischen*, Tübingen: Gunter Narr, 68f.

Tempora und Modi wegfällt. Bei den anderen, den beschreibenden Textteilen (C bis G) zeigt sich die hohe Informationsdichte u.a. durch spezifische Ausdrucksweise, was mit einem hohen Anteil an fachspezifischer Lexik einhergeht usw.

Aus dieser Aufstellung geht hervor, dass sich in *einer* äußerst typischen Fachtextsorte sowohl Merkmale der allgemeinen als auch der speziellen Wissenschaftssprache finden. Demnach stellen die beiden Sprechweisen keine sich gegenseitig ausschließenden Möglichkeiten der Realisierung von Fachsprache dar, sondern ineinandergreifende, sich ergänzende Erscheinungsformen der Wissenschaftssprache.

Eva Hund stellt ihre kurze Diskussion um den Begriff *allgemeine Wissenschaftssprache*<sup>52</sup> in den Kontext des fachlichen Wortschatzes. Auf diesem Gebiet findet sich ein weiterer Hinweis auf das soeben erwähnte Ineinandergreifen und Sich-Ergänzen von unterschiedlichen fachsprachlichen Facetten.

### 1.3.5 Fachwortschatz

Noch einmal halten wir uns an Theodor Ickler.<sup>53</sup> Er entwickelt die von Seibicke<sup>54</sup> vorgeschlagene Einteilung des in den Fachsprachen verwendeten Wortschatzes weiter, verfeinert die Kategorisierungen und zeigt in einem einfachen Schaubild sehr anschaulich, wie Fach- und Alltagswortschatz, allgemeine und spezielle Wissenschaftssprache ineinander greifen und sich miteinander verweben.

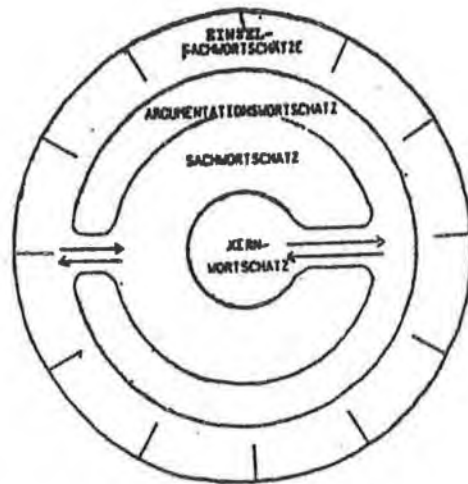
---

<sup>52</sup> Wobei sie sich, im Gegensatz zu mir, aber ebenfalls aus guten Gründen, für den Begriff *wissenschaftliche Alltagssprache* entscheidet.

<sup>53</sup> Theodor Ickler, 1997, *Die Disziplinierung der Sprache: Fachsprache in unserer Zeit*, Tübingen: Narr (Forum für Fachsprachen-Forschung Bd. 33).

<sup>54</sup> Wilfried Seibicke, 1975, „Zur Lexik der Fachsprachen und ihrer Vermittlung in der Lehre des Deutschen als Fremdsprache“, In: Alois Wierlacher u.a. (Hg.), *Jahrbuch Deutsch als Fremdsprache*, 66-79, hier bes. S. 70.





**Abb. 4 Fachwortschatz nach Ickler**

Während Seibicke eine Einteilung in drei Hauptgruppen vornimmt, nämlich Allgemeinwortschatz, fachbezogener Wortschatz und facheigener Wortschatz, sieht Ickler zwei Hauptgruppen (Orientierungswortschatz und Inhaltswortschatz), die sich wiederum in je zwei Untergruppen aufspalten. Der Orientierungswortschatz enthält den sogenannten Kernwortschatz, der sich aus Funktionswörtern und Wörtern „mit elementarer Ordnungsfunktion“ zusammensetzt sowie den Argumentationswortschatz; diese beiden decken das ab, was hier als das Vokabular der allgemeinen Wissenschaft bezeichnet wird. Der Inhaltswortschatz besteht einerseits aus dem Sachwortschatz, das ist der – nach Abzug des Kernwortschatzes „restliche Bestand des Allgemeinwortschatzes“ und den Einzelfachwortschatzen der unterschiedlichen Fachdisziplinen. Letztere fallen unter *spezielle Wissenschaftssprache* nach dem hier entwickelten Begriff von wissenschaftlicher Fachsprache.

Während die Einzelfachwortschatze offenbar die Nomenklaturen der jeweiligen Fächer abdecken, erscheint mir der Status des sogenannten Sachwortschatzes ungeklärt zu bleiben. Es scheint sich beim Sachwortschatz um die Wörter und

Ausdrücke zu handeln, die beispielsweise auf dem Feld der Naturwissenschaften allen Einzeldisziplinen zur Verfügung stehen, und insofern als fachsprachlich gelten können, jedoch nicht spezifisch genug sind, um den Ansprüchen einzeldisziplinärer Genauigkeit zu genügen. Das als Sachwortschatz bezeichnete fällt also vielleicht in die Kategorie der Terminologie. Nomenklatur und Terminologie werden von Seibicke wie folgt unterschieden:<sup>55</sup>

Die Nomenklatur bezieht sich auf objektiv Vorfindliches. Sie ist zunächst eine reine Bestandsaufnahme, gewissermaßen Nummerierung und Etikettierung der materiellen Grundlagen, auf dem die Ordnung und Untersuchung eines Faches aufbaut. (56)

Die Terminologie umfasst darüber hinaus auch noch sämtliche anderen Fachbegriffe für die Verfahrensweisen, die logische Ordnung und Einteilung, die methodische Bewältigung, die Verarbeitung des Materials usw. (56)

Bei der Betrachtung der englischsprachigen und deutschsprachigen chemischen Fachsprache wird diese Unterscheidung nochmals aufgegriffen und genauer angesehen (vgl. Abschnitt 1.4.).

---

<sup>55</sup> Wilfried Seibicke, 1959, "Fachsprache und Gemeinsprache", In: *Muttersprache* 1, 40-66.

## 1.4 Fachsprache Chemie

Mit dem, was bisher zur Fachsprache gesagt wurde, ist nur ein geringer Teil der möglichen Differenzierungen alles Fachsprachlichen angesprochen. Das Feld ist zu weit für genaue Aussagen. Daher wird es nun auf die Fachsprache der Chemie eingeschränkt, wobei allerdings die Gelegenheit zu allgemeineren Bemerkungen immer wieder einmal ausgenutzt wird.

Die Fachsprache der Chemie vermittelt Bedeutungsinhalte von Generation zu Generation, durch stürmische Entwicklungsphasen hindurch und von Land zu Land – d. h. auch wenn die Kommunikation in einer Fremdsprache stattfindet. Der Erfolg der Wissensvermittlung wird täglich tausendfach erprobt durch experimentelle Anwendungen. Die Chemie ist ein reichhaltiges Fach, mit einer breiten Spannweite von Theorie zu Praxis, von mikroskopischen Labormaßstäben zu massenhafter industrieller Produktion. Es lohnt sich also zu fragen, woher dieser Erfolg rührt.

In einem ersten Annäherungsversuch kann zunächst wohl getrost behauptet werden, dass die reibungslose Verständigung innerhalb der Chemie zum einen darauf beruht, dass sich die Teilnehmer am Kommunikationsprozess verstehen *wollen*, zum anderen aber, dass sie *nicht* von einem besonders hohen sprachlichen Bewusstsein herrührt, das sich etwa in einer präzisen und genauen Ausdrucksweise äußert. Ganz im Gegenteil: Wie Roald Hoffmann (1988, 1598) unter Berufung auf Carl Friedrich von Weizsäcker beobachtet, werden beispielsweise naturwissenschaftliche Vorlesungen, im Gegensatz zu denen in den Humanwissenschaften, spontan und ohne Rückgriff auf ein Skript gehalten, sie sind voller ungenauer Aussagen und unvollständiger Sätze. Die Präzision in technisch-naturwissenschaftlichen Texten wird als Fiktion zurückgewiesen (Schmitt, 1994). Eine Theorie- und Abstraktionsdefizit in ihrer Wissenschaft habe nach Wunsch und

Ulrich<sup>56</sup> (1996, 13) „die Chemiker nahe an der wortreich-diffusen Alltagssprache verharren lassen (was nicht heißt, dass chemische Texte für Laien leicht lesbar seien)“. Wunsch und Ulrich gehen noch weiter und treffen folgendes Urteil über die Fachsprache der Chemie als Ganzes (1996, 17):

Die Fachsprache der Chemie ist, so wie die Literatur und der Laborjargon sie handhaben, nicht leistungsfähig genug, um die chemische Realität effizient und vollständig abzubilden.

Dass sie dennoch verstanden werden beruht darauf, dass man sich auf einen gemeinsamen Schatz von Vorwissen und einen gemeinsamen Code beruft und verlässt, so dass die Vervollständigung von Sätzen oft gar nicht notwendig ist, weil sie schon verstanden sind, bevor sie zu Ende gesprochen werden. Offenbar herrscht also trotz der Defizite großes Vertrauen in die chemische Fachkommunikation, die sich aber nicht unbedingt in Vertrauen zur *Sprache* der Chemie umsetzt. Hierzu gibt es unter den Chemikern (und insgesamt Naturwissenschaftlern) unterschiedliche Haltungen, die ich hier grob in drei Gruppen einteile.

Die erste und größte Gruppe wird von den sprachlich Naiven gestellt. Hier zeigt sich eine Unbekümmertheit im Umgang mit allem Sprachlichen, die vom Primat des Sachlichen ausgeht. Die Wörter stehen für die Dinge, sprachliche Genauigkeit muss nicht eigens angestrebt werden, sondern ergibt sich aus dieser als unproblematisch gesehene 1:1-Entsprechung. Eventuell auftauchende Probleme können durch Kontext und Ergänzung einfach beseitigt werden. Beispiele hierfür findet man in Handbüchern, Vorlesungsskripten (für die sprachliche Ungenauigkeiten und Fehler geradezu textsortentypische Merkmale sind), auch im Vorlesungsstil, wie soeben geschildert.

---

<sup>56</sup> Gerold Wunsch und Nina Ulrich, 1996, „Unbewußte Regeln der Problembeschreibung in der Chemie“, In: Peter Janich und Nikolaos Psarros (Hg.), 1996, *Die Sprache der Chemie. Erlenmeyer-Kolloquium zur Philosophie der Chemie*, Würzburg: Königshausen und Neumann, 13-23.

Die zweite Gruppe präsentiert sich als das genaue Gegenteil der ersten. Sie zeichnet sich durch äußerstes Misstrauen gegenüber der Leistungsfähigkeit der normalen Sprache aus, und versucht diese soweit irgend möglich zu vermeiden. Sie weicht insbesondere auf die Formelsprache der Mathematik aus, die als das primäre Instrument der Konservierung und Tradierung von naturwissenschaftlichem Wissen angesehen wird. Diese Gruppe wird von Hoffmann und Laszlo (1991, 9) als die der Sprachpuritaner gesehen, wie der folgende Absatz zeigt:

The puritans among us (...) push for our minds to handle abstractions only, as in mathematics. Thus, they tend to measure our understanding of the physical world by its secession from everyday experience. While we have a great deal of respect for such an inclination, a constant temptation to most scientists one would think, we are not such purists ourselves.

Damit fallen Hoffmann und Laszlo selbst in eine dritte Gruppe von Chemikern (Naturwissenschaftlern), die einen höchst bewussten Sprachgebrauch pflegen, die Vielschichtigkeit der Probleme und Möglichkeiten im Zusammenspiel zwischen Fachwissen und Sprache deutlich sehen. Oft sind dies hochkarätige Wissenschaftler, die an der Weiterentwicklung ihres Faches wesentlich mitgewirkt haben, wie zum Beispiel der hier mehrmals zitierte Roald Hoffmann, ausgezeichnet mit dem Nobelpreis für Chemie im Jahre 1981, der sich immer wieder mit linguistischen und semantischen Gebräuchen seiner Zunft beschäftigt<sup>57</sup>, wie sein hochangesehener Kollege Pierre Laszlo, zu dessen Hobbys die Übersetzung von Petrarca's Gedichten ins Französische und das Schreiben literaturkritischer Essays zählt (Hoffmann und Laszlo, 1991, 2). Wie wir sehen werden, ist einer der Hauptgründe für die Ablehnung der sprachpuristischen Haltung dieser beiden Autoren bei der Didaktik zu finden.

Unabhängig vom jeweiligen Bewusstseinsgrad der Benutzer kann sicher als allgemeine Erwartung an die Fachsprache der Chemie gelten, dass sie sich durch Genauigkeit, Eindeutigkeit und Schmucklosigkeit auszeichnet. Da die didaktische

---

<sup>57</sup> Nobelpreis zusammen mit Kenichi Fukui

Anwendung, auf die dieser theoretische Teil letztlich hinzielt, zumindest partiell kontrastiv abläuft, werden neueste Forschungsergebnisse zur deutschen bzw. englischen Fachsprache der Chemie zusammenfassend dargestellt. Aus diesen Darstellungen kann man ersehen, mit welcher unterschiedlichen Methoden die Fachsprachenforschung arbeitet und wo die Stärken und Schwächen der jeweiligen Methoden liegen.

Wir legen dem folgenden Abschnitt zwei Kapitel aus dem *Handbuch der Fachsprachen* zugrunde, in dem auf vielen hundert Seiten ein sehr differenziertes Bild der fachsprachlichen Landschaft entworfen wird. Roelke (1999, 191) bezeichnet das Handbuch als mit „das umfangreichste Werk zur internationalen und germanistischen Fachsprachenforschung“, das „den Forschungsstand um die Mitte der 90er Jahre umfassend widerspiegelt.“ In diesem Werk finden sich zwei Aufsätze zur deutschen und zur englischen Fachsprache der Chemie, auf die im Folgenden näher eingegangen wird.

### 1.4.1 Deutsch

Hans F. Ebel stellt die „neuere Fachsprache der Chemie unter besonderer Berücksichtigung der Organischen Chemie“ vor.<sup>58</sup> Er will in seinem Beitrag zeigen, wie Chemiker „denken, sich ausdrücken und mitteilen“. Es gehe „um ein Stück *chemischer Kommunikation*“ (1235). Die Systematik des Aufbaus von Ebel's Aufsatz ist schwer zu durchblicken. Deshalb werden die für die vorliegenden Zwecke interessierenden Punkte in einer veränderten Anordnung präsentiert. In seinen Ausführungen beschränkt Ebel sich auf das, was er „Theoriesprache“ nennt und innerhalb dieser fast ausschließlich auf die Nomenklatur. Zum ersten dieser beiden Punkten sagt Ebel selbst (1237):

---

<sup>58</sup> Hans F. Ebel, 1998, „Die neuere Fachsprache der Chemie unter besonderer Berücksichtigung der Organischen Chemie“, In: Hoffmann, Kalverkämper, Wiegand: *Handbuch der Fachsprachen*, 1235-1259.

Der vorliegende Artikel gilt in erster Linie der „Theoriesprache“ der Chemie.

### 1.4.1.1 Theoriesprache

Was mit „Theoriesprache“ gemeint ist, bleibt in den Ausführungen Ebels recht vage; er schränkt sich einerseits auf die von Heinz Ischreyt gegen Gemeinsprache, Verkäufersprache und Werkstattsprache abgegrenzte Fachsprache ein (vgl. Tabelle 8, Vertikale Gliederung der Fachsprache nach Roelke), und innerhalb dieser Fachsprache auf die „Theoriesprache“, die sich von anderen Sprachformen wie Laborjargon, Laborsprache, fachliche Umgangssprache absetze.<sup>59</sup>

Zum zweiten Punkt erklärt Ebel, dass er sich in seinem Beitrag weitgehend auf die Nomenklatur der Chemie beschränke.

Chemiker verstehen unter Nomenklatur das System der Namengebung für *Substanzen*. Die übrige Fachsprache ist eine Domäne der *Terminologie*. Dieser Beitrag gilt bevorzugt dem nomenklatorischen Teil der chemischen Fachsprache. (1236)

In Ebels Aufsatz wird ein Gegensatz zwischen Nomenklatur und Terminologie aufgebaut der, etwas überspitzt formuliert, den Eindruck erzeugt, dass die Nomenklatur Überlegung, Ordnung und Systematik verspricht, wo die Terminologie Willkür, Unordnung und mangelnde Systematik verkörpert.

---

<sup>59</sup> Doch spricht er an anderer Stelle auch von *Fachvorträgen* („ein Fachvortrag, der nicht bildunterstützt wäre, [ist] kaum vorstellbar“, S. 1237), von der Verständigung im Labor („Seit langem können sich Chemiker über neueste Forschungsergebnisse aus ihren Labor nur mit einem Blatt Papier in der Hand ... sinnvoll unterhalten: Dort wird überwiegend *gezeichnet*, nicht *geschrieben*“, dto.; Hervorhebung im Original), von „Publikationen und Fachvorträgen“ (dto.) und, am Rande, von der Didaktik (dazu später noch mehr).

### 1.4.1.2 Nomenklatur

Ebel gibt einen relativ ausführlichen Abriss der historischen Entwicklung hin zur heutigen chemischen Nomenklatur, der an späterer Stelle kurz angesprochen wird (s. „englischer Hintergrund“). Zur Sache selbst sagt Ebel, Nomenklatur sei „eine Art ‘Sprachregelung’ ... deren sich manche Wissenschaftszweige zur sprachlichen Beschreibung u. Gliederung ihrer spezif. Gegenstände bedienen“ (1238), und Ziel der chemischen Nomenklatur ist es, chemische Substanzen eindeutig nach ihrer Struktur und ihren Eigenschaften zu benennen. Es geht ausschließlich um Substanzen. Zur Qualifikation als Substanz müssen drei Bedingungen erfüllt werden, die als Kriterien für die Aufnahme für Handbücher wie den „Beilstein“ (für die Organische Chemie), den „Gmelin“ (für die Anorganische Chemie) gelten.<sup>60</sup> Sie muss als reine Substanz existieren können, sie muss „eine gesicherte Struktur haben, und sie muss durch einige Eigenschaften und den Weg ihrer Herstellung belegt sein“ (1236). Handbücher wie die erwähnten brauchen ein *Bennennungssystem* und eine darauf aufbauende *Systematik*. Dieses Benennungssystem ist die chemische Nomenklatur.

Die chemische Nomenklatur wird von der *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) mit Sitz in Oxford, Großbritannien geregelt. Die Systematik der Nomenklatur bringt mit sich, dass neu synthetisierten oder gefundenen Verbindungen ein Name beigelegt werden kann, aus dem sich die Struktur der Verbindung ableiten lässt, was aber nicht bedeutet, dass jeweils nur *ein* Name möglich ist.

---

<sup>60</sup> *Beilsteins Handbuch der Organischen Chemie*, jetzt *Beilstein Handbook of Organic Chemistry* (nach Friedrich Conrad Beilstein, 1838-1906) und *Gmelins Handbuch der Anorganischen Chemie*, jetzt *Gmelin's Handbook of Inorganic Chemistry*, beide Berlin, Heidelberg und New York: Springer (nach Leopold Gmelin, 1788-1853). Am Wandel des Titels lässt sich auch der geschichtliche Wechsel vom Deutschen als Leitsprache hin zum Englischen ablesen.



Auch wenn im Wort *Nomenklatur* die lateinische Form für 'Name' enthalten ist, für chemische Substanzen scheint das Wort im Kontext der chemischen Fachsprache unangebracht. Der linguistische Terminus 'Name' bedeutet, dass eine Person oder Sache durch einen Lautkomplex identifiziert wird.

Davon kann bei den meisten chemischen Substanznamen keine Rede sein. Für den Linguisten treffen für sie eher Begriffe zu wie *Allgemeinname*, *Gattungsname* oder *Appellativ* (*Nomen appellativum*). Diese Termini beziehen sich auf sprachliche Ausdrücke, die nicht nur *benennen*, sondern auch *unterscheiden*, um „Prädikate“ im Sinne der formalen (Sprach)Logik ...“ (1238)

Aber: die alphanumerischen *Notationen* – dies ein von Ebel vorgeschlagener Kompromissbegriff – teilen mit Namen die Eigenschaft, dass ein eindeutiger Namen–Denotat–Zusammenhang gegeben ist, und sie teilen mit echten Namen das Charakteristikum der Unübersetzbarkeit.

Ebel konstatiert, dass es „zwei Nomenklaturen in der Chemie zur Benennung chemischer Substanzen“ gibt (1242), nämlich die systematische und die Trivial-Nomenklatur. Die Trivialnomenklatur hat sich als alternatives Benennungssystem herausgebildet, da die systematischen Namen oft im praktischen Verwendungsbereich zu unhandlich sind. Trivialnamen basieren oft auf dem Vorkommen archetypischer Stoffe in der Natur (*Vanillin* etc.), auf der Gestalt der Moleküle (*Propellan*) oder gemeinsamen Eigenschaften (*Alkaloide*) oder Wirkungen (*Vitamine*), sowie Namensgebungen durch Entdecker, die ihrerseits auf unterschiedlichen Einfällen beruhen. Trivialnamen haben keinen erkenntnistheoretischen Wert, ihr größter Vorteil ist die *Kürze*.

Die halbsystematische Nomenklatur basiert auf Trivialnamen, benutzt aber systematische Wortbildungsmittel. Als Strategien für die Benennung von chemischen Substanzen nennt Ebel:

- Buchstaben für komplexe Namen (*Vitamin A* etc.)
- Akronyme und Abkürzungen (*Glu* für *Glutaminsäure*, *THF* für *Tetrahydrofuran*, *DDT*, *FCKW* usw.), besonders in der Labor- und Werkstattsprache mit Übergängen zur Gemeinsprache
- Platzhalterverweise (mit Verweis auf Strukturformel, Reaktionsschema, Bild)
- Registriernummer (*registry number*)

Die Verwendung der *registry number* erinnert auch an die der *International Standard Book Number* (ISBN) im Buchhandel: Sie ist schneller und zuverlässiger als die Angabe des Buchtitels. (1257)

- Spektrum (Kernresonanz- oder Massenspektrum) als „Fingerabdruck“.

Das Spektrum besteht aus einer Folge von *Linien*, engl. *Peaks*, die zusammen einen „Fingerabdruck“ des betreffenden Moleküls abgeben. (1257)

- Warenzeichen (Handelsbezeichnungen) (*Aspirin* als Verkaufsform von *Acetylsalicylsäure* u.v.a.m.)

Mit den Platzhalterverweisen werden Elemente auf der *Textebene* angesprochen, die in dem ansonsten auf die rein lexikalische Ebene fixierten Aufsatz rar sind, aber doch nicht ganz fehlen. Darauf kommen wir im Abschnitt *Andere Merkmale der Chemiesprache* zurück.

Neben der systematischen und der halbsystematischen Nomenklatur existiert noch eine dritte, nämlich die provisorisch-institutionsinterne (1237):

Daneben haben Arbeitskreise an Hochschulinstituten und Forschungseinrichtungen ihre eigenen „Nomenklaturen“, z.T. mit Ersatzfunktion bis zur endgültigen Strukturaufklärung und Namengebung.

### 1.4.1.3 Terminologie

Ebel zitiert den „Römpp“ zum Stichwort „Nomenklatur“.<sup>61</sup>

Die chem. Wissenschaft kann sich glücklich schätzen, dass sich ihre charakterist. Gegenstände und Sachverhalte oft durch recht einfache Definitionen erschließen und in Klassifikationen ordnen lassen, auch wenn die definitior. Abgrenzung nichtmaterieller Begriffe (...) noch in den Anfängen steckt.“

Zu den nichtmateriellen Begriffen zählen Prozesse wie „Cycloaddition, Umlagerung, Reaktionsordnung und -kinetik etc.“ (1238), die laut Definition von Ebel nicht zur Nomenklatur zählen, da sich diese auf die Benennung von *Substanzen* beschränkt. Die definitiorische Abgrenzung der nichtmateriellen Begriffe, in anderen Worten, der Terminologie, ist demnach noch nicht voll entwickelt. Chemische Wörterbücher sind der Terminologie gewidmet. Sie behandeln eine Restkategorie („die übrige Fachsprache“), der eine gewisse Willkür anhaftet. Chemische Wörterbücher behandeln laut Ebel „nur ein willkürlich ausgewähltes *Vokabular* der chemischen Fachsprache unter weitgehender Ausklammerung der systematischen *Nomenklatur*“.<sup>62</sup> Dies wird von Wenske (1992, Vorwort) selbst bestätigt, der im Vorwort zu seinem Wörterbuch der Chemie sagt, dass schon allein wegen der hohen Anzahl der Verbindungen die Nomenklatur nicht vollständig in ein Wörterbuch aufgenommen werden kann, und dass wegen der rapiden Entwicklungen von neuen Verfahren, Geräten, Vorschriften usw. ein Wörterbuch insofern unvollständig bleiben muss, als es notgedrungen der Zeit hinterherhinkt:

Jedes Wörterbuch ist unvollständig, auch dieses Wörterbuch der Chemie und chemischen Technik, weil eine Fachsprache – wie jede lebende Sprache – ständig weitere Benennungen für neue Verfahren, Vorschriften,

---

<sup>61</sup> *Römpps Chemie-Lexikon*, hrsg. von Otto-Albrecht Neumüller, 6 Bde. 8. Aufl., 1996, Stuttgart: Thieme Verlag.

<sup>62</sup> Als Beispiel wird das „umfangreichste“ angeführt: Gerhard Wenske, 1993, *Wörterbuch Chemie / Dictionary of Chemistry. Deutsch-Englisch / English-German*, 2 Bde., Weinheim: VHC-Verlag.

Geräte, Sachgebiete usw. entwickelt und zur Zeit allein über 8 Millionen chemische Verbindungen bekannt sind.

Zur Terminologie gehören neben sprachlichen Ausdrücken der oben schon erwähnten Prozesse auch Bezeichnungen für Handlungen, Vorgänge, Verfahren, Geräte, Apparate, Zahlen, Gesetze, Phänomene, abstrakte Begriffe und Vorstellungen.

Bezeichnungen ... für Handlungen und Vorgänge im Labor oder in der Technik (z. B. *Elektrophorese*); für Verfahren, Geräte und Apparate (z. B. *Dialysator*); Zahlen, Gesetze, Phänomenen; abstrakte Begriffe und Konzepte etwa aus der Theoretischen Chemie (z. B. *Orbital*, *Hybridisierung*); Vorstellungen der Reaktionsmechanistik (z. B. *Übergangszustand*) oder Spektroskopie (z. B. *Fluoreszenz*) usw. Manche dieser Begriffe – wie *Absorption*, *Absorbanz*, *Absorptanz* – bedürfen sorgfältiger Festlegungen und Abgrenzungen auch im Normenwerk des DIN, und kaum einer davon ist mit ein oder zwei Sätzen zu erklären. Die weitere Diskussion um Begriffe, Namen und Benennungen interessiert an dieser Stelle nicht.

Die meisten Wörter der chemischen Terminologie sind Substantive, doch leiten sich davon auch Adjektive und Verben ab (oder umgekehrt): *Isomerie* – *isomer* – *isomerisieren*; *Nucleophilie*, *Nucleophil* – *nucleophil*; *destillieren* – *destillierbar*, *destillativ* – *Destillation*, *Destillationsapparat* (labor- und kneipensprachl. *Destille*), *Destillat* (lat. *stillā* = Tropfen); *Elektrophorese* – *elektrophoretisch*; *Chlor* – *chlorieren* usw. Eine Systematik dazu ist allenfalls im Ansatz zu erkennen.<sup>63</sup>

Im zweiten dieser Absätze wird die Behauptung aufgestellt, dass die Terminologie sich im Grunde genommen auf Substantive und deren adjektivische und verbale Ableitungen beschränke. Diese Behauptung wird von einigen Beispielen begleitet, jedoch ansonsten nicht weiter bewiesen. Über Ebels Aufsatz verstreut finden sich andere Aussagen, die zur Terminologie im Ebelschen Sinne gehören, und die zu

---

<sup>63</sup> Dazu verweist Ebel auf Munsberg, 1994.

dieser Behauptung in Widerspruch stehen, wie aus dem folgenden Abschnitt deutlich werden wird.

#### 1.4.1.4 Andere Merkmale der chemischen Fachsprache

Als Merkmale der chemischen Fachsprache in Fachzeitschriften führt Ebel an (1246):

- äußerste Prägnanz und Kürze
- unpersönlicher, passivischer Stil
- Verwendung von Akronymen

Ein anderes Merkmal, das in dieser kurzen Aufzählung fehlt, ist die *Schönheit*.

Selbst bei der Benennung von Verbindungen, die zur Nomenklatur zählt, spielen ästhetische Erwägungen eine Rolle. Wegen dieser Erwägungen bestehen neben den z. T. sehr langen systematischen Bezeichnungen auch die sogenannten *Euonyme* (1246/47).

Gelegentlich (...) werden Bezeichnungen wie „Dodecahydran“ zu *Euonymen*, d. h. Namen, die den Gegenstand – oft in einem *metaphorischen* Sinne – oder auch die Person oder den Ort „schön“ beschreiben. Viele von ihnen finden als Namen für „Stammverbindungen“ – *parent compounds* – auch Eingang in die systematische Nomenklatur, die dadurch eher sprech- und schreibbar wird.

Die äußerste Prägnanz und Kürze führt allerdings nicht nur, wie anderswo behauptet, zu einer Sprache, die sich durch Substantivierung und Ableitung von Verben und Adjektiven aus Substantiven auszeichnet, sondern insbesondere dann, wenn es um die „Erläuterung von Strukturen“ geht, zu einem anthropomorphisierenden Stil, in dem Verb und Adjektiv sehr eigenständige Rollen spielen. So heißt es (1244):

Chemische Nomenklatur ist ... die Sprache gewordene Bestätigung der Atomhypothese. Dass Chemiker in dem Zusammenhang – z. B. zur Erläuterung von Strukturen – anthropomorphe Wendungen mitverwenden, wie ein Atom „verbindet sich“ mit einem anderen, es ist „vierwertig“, es

ist „befähigt zu“ ist nur natürlich: Eine von der Umgangssprache völlig abgetrennte Synthesesprache sollte ja nicht entwickelt werden. (1244)

Auch in anderen Zusammenhängen wird die Uneigentlichkeit manchen chemischen Sprachgebrauchs graphisch hervorgehoben (1244/1248).

Wenn ein Atom mit einem anderen eine chemische *Bindung* eingeht, sich „verbindet“ verliert es seine ursprüngliche Identität

und in der Erläuterung des Begriffs *Ion*

abgeleitet von der Eigenschaft elektrisch geladener Teilchen, bei Anlegen einer Spannung zu den Elektroden zu „wandern“.

Man nennt Verbindungen, die sich lediglich in der Verknüpfung ihrer atomaren Bestandteile unterscheiden, *Isomere* (...) da sich die beiden Strukturen darin unterscheiden, wo das vierte C-Atom „steht“.

An anderer Stelle werden ähnliche Ausdrucksweisen (*Atom versucht, richtet sich aus*) ohne besondere Hervorhebung verwendet (1250).

Ein spezifisches Merkmal ist darin [in der Strukturformel] die *Zickzack*-Form der C<sub>4</sub>-Kette. C-Atome mit vier Einfachbindungen versuchen *immer* - wie schon im Falle des Methans - ihre Bindungen in die Tetraederrichtungen auszurichten.

Hier werden - markiert oder unmarkiert - metaphorische Ausdrucksweisen ins Zentrum der Aufmerksamkeit gerückt, die auch im nominalen Bereich des öfteren zur Debatte stehen. Einige Beispiele von nur einer Seite aus Ebels Aufsatz sollen dies demonstrieren (1253):

Die C-Atome, von denen die „Brücken“ ausgehen, wurden hier zum besseren Verständnis durch größere Kreise gekennzeichnet, sie heißen metaphorisch „Brückenkopf“-Atome.

Einige nomenklatorische Gesetzmäßigkeiten dazu lassen sich am besten an den Kohlenwasserstoffen erläutern, die sich vom „Stammkörper“ *Benzol*,  $C_6H_6$  ... ableiten.

Man gibt ihre Stellung am Sechsring an, indem man sich die C-Atome des „Benzolkerns“ nummeriert denkt und die Positionen der Substituenten nennt.

Im Zusammenhang mit der Organischen Chemie geht Ebel auf eine weitere Form von 'Euonymie', gepaart mit 'Kürze' ein. Es handelt sich um Verkürzungen oder Raffungen, die sich unter anderem dadurch auszeichnen, dass sie chemische Sachverhalte mit Alltagssprachlichen Mitteln ausdrücken und ihre Präzision einem bei Fachleuten ablaufenden „Umwandlungsprogramm“ verdanken, das „verkürzte“ und „verschlüsselte“ Inhalte aufdeckt. Dieses Umwandlungsprogramm ist bei Laien nicht gegeben, woraus sich „Missverständnisse“ entwickeln können. Gerade an scheinbar gemeinsprachlichen Elementen in der Fachsprache scheiden sich also experten- bzw. laienhafter Sprachgebrauch besonders deutlich. Hier lohnt sich eine längere Zitierung, da wir auf diese Zusammenhänge noch öfter zurückkommen werden (1247; im Original ist der zweite der zitierten Absätze durch kleineren Druck abgesetzt).

Verbindungen, die sich nur aus Atomen der Elemente Kohlenstoff und Wasserstoff zusammensetzen – sprachlich verkürzt sagt man dafür auch: die nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff „bestehen“ – heißen *Kohlenwasserstoffe*, KW.

Eine *Verkürzung* – sprachw. ein *Raffsatz* –, in gewissem Umfang auch ein *Bedeutungswandel* eines Wortes liegt deshalb vor, weil der Kohlenstoff und der Wasserstoff beim Eingehen der jeweiligen Verbindung ihre ursprüngliche Identität aufgeben: Wohl sind die *Atomkerne* noch dieselben, aber die *Elektronenhüllen* darum sind neu geordnet worden, und die *molekularen* Aggregate haben andere Eigenschaften als die ursprünglich *homoatomaren*. Speisesalz ist *Natriumchlorid*, aber es „enthält“ weder das mit Wasser entzündliche *Natrium* noch das giftige Gas *Chlor* in ihrem ursprünglichen Zustand etwa im Sinne des Enthaltenseins von Waren im Einkaufskorb. Unter Fachleuten entstehen aus solchen

Situationen kaum Verständigungsschwierigkeiten, da beim Hören oder Lesen solcher verkürzter oder verschlüsselter Botschaften bei ihnen ein „Umwandlungsprogramm“ mitläuft und für die richtigen Sinnbezüge sorgt. Vom Laien, der über ein solches Programm nicht verfügt, werden Raffungen, *semantische Verkürzungen* oder die *Bedeutungsumwandlungen*, die Wörter (wie *Konzentration, Reaktion, Schale, Wolke, absorbieren*) bei der Aufnahme von der Gemeinsprache in die Fachsprache häufig erfahren, oft falsch oder gar nicht verstanden.

An der Textstelle fällt auf, dass wiederum (außer den Nomina, die einer Bedeutungsumwandlung unterliegen, wie *Konzentration, Reaktion, Schale, Wolke*) die Verben wichtige Bestandteile der Raffungen darstellen (neben den vom Autor selbst hervorgehobenen *bestehen aus, enthalten, absorbieren* auch *aufgeben (einer Identität)*), hier sei auch an das oben erwähnte *verlieren der Identität* erinnert (Ebel, 1244). Hier kommt der Kontakt zwischen Fachexperten und Laien zur Sprache, der auch für die Fachdidaktik eine wichtige Rolle spielt. (Dazu mehr unter dem Stichwort ‘Didaktik’.)

Was Ebel hier sagt, unterstützt die Hypothese, dass fachliches und fachsprachliches Expertentum sich gerade dadurch auszeichnet, dass von den Experten die Fachsprache *wie die Gemeinsprache* benutzt wird, mit aller mangelnden Präzision, aller konnotativen Macht usw., aber eben durch den Gebrauchskontext und das vorausgesetzte Expertentum der Hörer von seinen potentiell unendlichen Ambivalenzen befreit.

Nicht nur bei der Einführung von Eponymen, der Erläuterung von Strukturen und bei der Benutzung von Riffsätzen, sondern auch bei der Benennung von Reaktionen kommt es zu Willkürakten. Die Benennung von Substanzen ist wohl geregelt, bei Benennung von Reaktionstypen besteht keine Norm. Häufig werden sie nach dem Erfinder benannt und werden so zu sogenannten ‘Namensreaktionen’. Hier gibt es allerdings „keine Institution, die darüber befände, wann eine Entdeckung etwa auf dem Gebiet der chemischen Synthese zur entsprechenden



fachsprachlichen Anerkennung führt(e): Darüber entscheidet der Gebrauch in der „scientific community“, manchmal die Willkür eines Autors.“ (1245)

Wie schon weiter oben erwähnt, wird der textuelle Bezug zwischen dem graphischen bzw. als Formel wiedergegebenen Ausdruck und dem sprachlichen Umfeld hergestellt, indem Formeln für die Zwecke einer bestimmten Publikation durchnummeriert werden und sich Autor oder Autorin auf die temporären Zahlenbezeichnungen berufen (1237).<sup>64</sup>

Auf die in einer Publikation vorgestellten Formeln kann sich der Autor aus dem Text heraus beziehen, indem er sie durchnumert und stellvertretend für die Namen der jeweiligen Verbindungen diese *Nummern* verwendet.

Durch diese Arten und Formen der Kommunikation und unterstützt von den neuen Medien (Fotographie, Computerbild, Computeranimation), ersetzt das *Bild* die *Schrift*, eine *Benennung* im Text ist oft unnötig, Benennungen von neuen Strukturen werden häufig schon von Computerprogrammen übernommen.<sup>65</sup>

Dennoch, insbesondere im Labor und im Unterricht, werden Substanznamen als Mittel zur raschen Verständigung im Sinne der oben bei den Eponymen erwähnten Schreib- und Sprechbarkeit gebraucht.

---

<sup>64</sup> Auf diesen Punkt kommt Ebel an anderer Stelle nochmals zurück. Auf Seite 1256 heißt es: „Chemiker schränken die Notwendigkeit, in Publikationen oder Fachvorträgen lange chemische Namen zu verwenden, nach Möglichkeit ein und verwenden statt der Namen Nummern oder andere *Platzhalter*, die nur für die bestimmte Arbeit gelten. Sie sprechen vom (z.B.) „Keton 17a“ und verweisen dazu auf eine Strukturformel oder ein Reaktionsschema, also ein Bild.“

<sup>65</sup> Als Beispiel wird das Beilsteininstitut benannt, wo ein Computerprogramm aus der Strukturformel einen Namen erzeugt.

### 1.4.1.5 Didaktik der Fachsprache

Ebel geht in seinem Beitrag von der „Theoriesprache“ aus, wobei die Kommunikation zwischen Laien und Experten relativ deutlich ausgeschlossen wird (durch Absetzung von Gemeinsprache, Verkäufersprache, Werkstattsprache, letztere allerdings in Form des Laborjargons - ist nicht das Labor die Werkstatt der Chemiker? - wieder eingeschlossen). Dennoch beschäftigt ihn der Kommunikationsvorgang zwischen Experten und Nicht-Experten an verschiedenen Stellen (zum Beispiel an mehreren Stellen, wo von der Aufnahme chemischer Fachausdrücke in den Duden und ihrer Explikation im Duden die Rede ist). Immer wieder macht sich Ebel Gedanken, wie bestimmte Ausdrucksweisen auf Nicht-Chemiker wirken (z.B. 1251):

Mehr will nicht gesagt sein, aber das Wort  $\chi\phi\chi\lambda\omicron\sigma$  [sic!, gemeint ist wahrscheinlich  $\chi\upsilon\chi\lambda\omicron\sigma$ ] mag die Nichtfachperson verwirren.

Von der Lehrsprache der Chemie ist nur in Seitenbemerkungen die Rede.

Zur Fachsprache der Chemie insgesamt und, als Nebengedanke, zur Didaktik der Fachsprache sagt Ebel:

Die Chemie hat ebensowenig wie irgendeine andere wissenschaftliche Disziplin eine eigene Sprache oder Syntax entwickelt, wohl aber ein eigenes *Vokabular* und darüber hinaus eigene *Schreibformen*: Die Beschreibung etwa einer Handlung oder die Mitteilung von Daten im *Experimentellen Teil* einer Originalpublikation in der Chemie (oder Immunologie usw.) ist für den Laien völlig unzugänglich, sie erscheint wie geheimschriftlich codiert.

(...) In den jeweiligen fachspezifischen *Sprachduktus* liest sich der naturwissenschaftliche Nachwuchs ein, um sich dann selbst seiner bedienen zu können. (1246)

„Der Nachwuchs liest sich ein“, damit ist die praktische Beschäftigung mit der Unterrichtung der Fachsprache für Ebel erledigt. Diese Haltung dürfte für die Mehrzahl der Chemiker typisch sein, wie weitere Belege von Hoffmann und Laszlo

zeigen. Zum einen sei es der Zwang zur Kommunikation und zum Unterrichten, der die Reduktion auf die abstrakte Sprache der Mathematik unmöglich mache (Hoffmann und Laszlo, 1991, 9). Zum zweiten ziehen sie weitgehende Parallelen zwischen Chemie und Sprache (von der Morphologie bis zur Syntax mit den jeweiligen chemischen Parallelen), auf die ich später zurückkommen werde, und kommen zum Schluss, dass die tägliche Konfrontation mit chemiebezogenen Seh- und Sprechweisen zum Erwerb des Wissens, einschließlich der Fachsprache führen.

...that the combined pressures of (1) the learning, early on, of chemical nomenclature, (2) incessant on-the-job confrontations with formulas through seminars, the reading of publications, the handling of molecular models, and (3) the demands of communication with other chemists have built this largely unconscious and stereotyped collective way of seeing. (11)

Man beachte hier das Wort „*seeing*“, wo man vielleicht „*speaking*“ erwartet hätte. Dies unterstreicht weiter die Hypothese, dass nicht nur der Fachsprachengebrauch wie Gemeinsprachengebrauch unter Bedingungen des Expertentums gesehen wird, sondern auch der Erwerb der Fachsprache im Grunde wie derjenige der Muttersprache.

An anderer Stelle bei Ebel geht es darum, dass internationale Abweichungen zwischen den Benennungen der unterschiedlichen Darstellungsformen bestehen, und dass es auch innerhalb der deutschen Sprachgemeinschaft noch Diskussionen zu ihrer Verwendung gibt. In diesem Zusammenhang wird der Schulunterricht erwähnt (1250):

Nach einem Entwurf der DIN 32 641 *Chemische Formeln* beim Deutschen Institut für Normung vom Oktober 1994 sollte eine Formel wie  $C_3H_8$ , die außer der Elementarzusammensetzung auch die Molekülgröße richtig wiedergibt, *Molekülformel* heißen (in Anlehnung an engl. *molecule formula*), doch ist wohl noch nicht entschieden, ob sich dieser Terminus im Schulunterricht kurzfristig durchsetzen lässt.

Demnach scheint für die erfolgreiche Einführung einer Normbezeichnung die Akzeptanz im Unterricht eine wichtige Voraussetzung darzustellen.

Im letzten Zitat wurde angesprochen, dass das Englische als Wortspender funktioniert. Es ist nun interessant zu sehen, wie sehr ein Artikel wie Ebels, der von der deutschen Fachsprache der Chemie handelt, das Englische in Betracht ziehen muss.

#### 1.4.1.6 Englisch als Hintergrund

Zur Rolle des Englischen in der Chemie ist zu sagen, dass es eine äußerst beherrschende Position einnimmt: „Die international dominierende Sprache der Chemie ist heute Englisch.“ (1236). Dies ist ein historisch relativ junges Phänomen und wirkt auf deutschsprachige Chemietreibende insofern intensiv ein, als das Englische von der Leitsprache Deutsch übernommen hat.

Relevant ist Englisch für die deutsche Fachsprache der Chemie aus mehreren Gründen. Zum einen stellt die Berufung auf englisches Fachvokabular ein Übersetzungsproblem dar. Zum anderen beeinflusst es die Art, wie auf deutsch geschrieben wird und führt zu Sprachveränderungen im Deutschen.

Heutzutage werden die wichtigen Handbücher der IUPAC auf Englisch veröffentlicht. Bei der Übersetzung der IUPAC-Handbücher „mussten Anpassungen zwischen deutschem und englischem Sprach- und Kulturraum vorgenommen werden“ (1239), wodurch sich zum Beispiel die deutsche Schreibweise „Äther“ in die vom Englischen abgeleitete Schreibweise „Ether“, „Oxyd“ in „Oxid“ verwandeln sollte, was sich jedoch wegen der relativ weiten Verbreitung dieser Begriffe in der Gemeinsprache nicht völlig durchsetzen hat lassen. Das gleiche gilt für die Namen der chemischen Elemente, die schon lange bekannt sind und daher landessprachliche Bezeichnungen haben, und wo die gemeinsprachliche Resistenz keinen Zugang zu einer internationalen Standardisierung zulässt (Beispiele: C *Carbon Kohlenstoff*, Hg *Mercury Quecksilber*). Aus dieser diachronen Resistenz heraus entwickeln sich Trivial-Nomenklaturen.

Beim Veröffentlichenden von Artikeln müssen sich, was die Nomenklatur angeht (und stillschweigend wohl auch andere beim Publizieren zu berücksichtigende Gesichtspunkte) auf deutsch Publizierende dem Englischen anpassen (1246):

Deutsche Chemiker stehen unter dem Druck der Angleichung an das Englische, damit sie - wenn überhaupt - im Ausland eine Chance haben, gelesen und mit ihren Publikationen richtig indexiert zu werden.

Die Anpassung geht so weit, dass sich in Ebels Aufsatz zur deutschen Fachsprache der Chemie Hinweise auf die englische Aussprache finden (1252):

Englische Chemiker sprechen das „Methyl“ wie ‘mi:Øail aus, amerikanische wie ‘meØil.

Durch unkritische Nachahmung des Englischen verändere sich auch der Gebrauch des Deutschen und werde dadurch „weder richtiger noch schöner“ (1258).<sup>66</sup>

#### 1.4.1.7 Zusammenfassung von Ebel

Ebel beschäftigt sich in erster Linie mit der Nomenklatur der Chemie. Er baut den Gegensatz zwischen der systematischen Nomenklatur und der willkürlichen Terminologie auf. Doch wie Thomas Kuhn und viele andere bemerkt haben, sind es gerade die Handlungen, Vorgänge, Verfahren des jeweiligen Fachgebiets, der Umgang mit Geräten und Apparaten, die Manipulation von Zahlen, die Kenntnis

---

<sup>66</sup> Als Fußnote im wörtlichen wie im übertragenen Sinne dazu Folgendes: Ebel, der für die Chemie die Übernahme englischer Ausdrucksweisen kritisch betrachtet, lässt sich im Zusammenhang mit Datenbanken für chemische Nomenklaturen so vernehmen (1235/36; meine Hervorhebungen, H.L.): „Beide werden auch als Datenbanken zunehmend im *Online-Betrieb* elektronisch genutzt, z.B. über STN (Scientific and Technical Information Network) und das Fachinformationszentrum Karlsruhe, Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Information mbH („FIZ Karlsruhe“) als *Host*. Das Beilstein-Institut betreibt auch ein *Inhouse-System* „*Crossfire*“ in *Client-Server*-Architektur, in dem man Daten zu (1995) etwa 7 Millionen Verbindungen, gewonnen aus der chemischen Primärliteratur seit 1779, recherchieren kann.“

von Gesetzen, das Wissen um Phänomene und nicht zuletzt die aus alledem abgeleiteten abstrakten Vorstellungen, welche den Fachmann und die Fachfrau ausmachen. Die Versprachlichung all dieser Bereiche gehört, nach Ebels eigenen Worten der Terminologie an, welche durch die „Raffungen“, „Verkürzungen“, „Verschlüsselungen– z. B. bei der sprachlichen Darstellung von chemischen Vorgängen, wie oben gezeigt – in einem schwer zu definierenden sprachlichen und soziologischen Zwischenfeld (vgl. Laien-Experten-Kommunikation) anzusiedeln ist, das aber, wie aus vielen Aussagen Ebels deutlich wird, auch für ihn eine deutliche Faszination ausübt.

#### **1.4.1.8 Die Zweisprachigkeit der deutschen Fachsprache der Chemie**

Fachsprachlichkeit ist nicht gleichzusetzen mit Fremdsprachlichkeit. Für die deutschen Fachsprachen wird irrtümlicherweise oft angenommen, dass sie stark von Fremdwörtern geprägt seien, und dass diese Fremdwörter das Haupthindernis für einfacheres Verstehen von fachlichen Texten sei.<sup>67</sup>

Ein ganz wesentlicher Zug der deutschen Fachsprache der Chemie, der für die Fremdsprachendidaktik von eminenter Bedeutung ist, wird bei Ebel übersehen.<sup>68</sup> Dies ist die weitgehende lexikalische Zweisprachigkeit der deutschen Chemiesprache. Diese Zweisprachigkeit bezieht sich auf chemische Nomenklatur und Terminologie mit Herkunft aus der Gelehrtensprache (also mit latino-graecischem Wortmaterial) einerseits und der Ableitung aus der (weitgehend deutschen) Handwerkersprache andererseits. Im Resultat bedeutet dies, dass in der chemischen Fachsprache für die Mehrzahl der Begriffe *zwei* Termini zur Verfügung stehen, nämlich einer mit Herkunft aus der Gelehrtensprache, einer mit Herkunft

---

<sup>67</sup> Vgl. hierzu Harald Weinrich, 1985, „Fachsprachen als fremde Sprachen“, In: *Wege der Sprachkultur*, Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 195-220.

<sup>68</sup> Mir ist auch kein anderes Werk bekannt, in dem diese bemerkenswerte Tatsache thematisiert wäre.

aus der Handwerkersprache. Schon aus diesem Grund trifft die Aussage Seibickes (1959, 73)<sup>69</sup>

Das Synonym ... ist der Todfeind der technischen Sprache  
sicherlich auf die deutsche Fachsprache der Chemie nicht zu.

Es soll eine kurze Liste von latino-graecischen bzw. deutschen Fachbegriffen folgen, wie sie dem Lehrbuch von Arni (1990) entnommen wurde. Die Zahlen beziehen sich auf die Seitenzahlen in Arni. Begriffe ohne Angabe von Seitenzahlen wurden zur Komplettierung der Liste von mir eingefügt.

latino-graecisch	deutsch
stabil	beständig
instabil	unbeständig (8)
Nukleon	Kernbaustein (10)
duktil	plastisch verformbar (14)
resistent	beständig (14)
inert	träge (20)
Koordinationszahl	Zuordnungszahl (22)
Kubus	Würfel(24)
aktivieren	anregen (28)
exotherm	wärmeabgebend (28)
Reaktion	chemische Umsetzung (29)
Modifikation	Abart (30)
kovalente Bindung	Atombindung, Elektronenpaarbindg.(32)
Metallurgie	Metallkunde (36)
Enthalpie	Wärme (unter konstantem Druck) (40)
Bildungsenthalpie	Bildungswärme (74)
Sublimation	Verflüchtigung (41), nur: fest-gasf., nicht: gasf.—fest
homogen	gleichartig (44)

<sup>69</sup> Wilfried Seibicke, 1959, „Fachsprache und Gemeinsprache“, *Muttersprache* 1, 70-84.

heterogen	ungleichartig (44)
evakuieren	auspumpen (45)
sedimentieren	absitzen lassen (46)
extrahieren	ausziehen (46)
statisches Gebilde	ruhendes Gebilde (48)
Assoziat	Zusammenlagerung (52)
Dissoziation	Zerfall (75)
solvatisieren	mit Lösungsmittel umgeben (54)
dispergieren	fein verteilen (54)
negative Elektrode, Kathode	Elektronenüberschuss (58)
positive Elektrode, Anode	Elektronenmangel (58)
Elektrolyse	Stoffzersetzung (mittels elektr. Strom) (59)
Oxidator	Oxidationsmittel (62), Elektronenfänger (63)
Reduktor	Reduktionsmittel (62), Elektronenspender (63)
Edukt	Ausgangsstoff (68)
Produkt	Endstoff (68)
Affinität	Reaktionsbereitschaft (78)
Protolyse	Protonenübergang (82)
semipermeabel	halbdurchlässig (90)
permeabel	durchlässig
konjugierte Säure /Base <i>auch</i> korrespondierende	zugeordnete Säure / Base (96)
thermisch labil	hitzeunbeständig (104)
thermisch stabil	hitzebeständig
reversibel	umkehrbar (106)
äquimolar	gleich-molar (108)
(Puffer-)Kapazität	Aufnahmevermögen (108)
Volumetrie	Volumenmessung (110)
Analyse	Strukturaufklärung (113)

**Tabelle 5:   Zweisprachigkeit der deutschen Chemiesprache**



Die Zweisprachigkeit der deutschen Chemiesprache bringt in unserem Kontext drei spezifische Probleme mit sich, die mit inhaltlichen, sprachlichen und kulturellen Dingen zu tun haben. Den ersten dieser Fälle greifen wir im Folgenden anhand der in der Tabelle enthaltenen Ausdrücke *Kathode* bzw. *Elektronenüberschuss* und ihrer Gegenstücke *Anode* bzw. *Elektronenmangel* sofort auf, die anderen beiden werden an späterer Stelle besprochen.

Die Begriffe *positive* bzw. *negative Elektrode* (*Anode*, *Kathode*), neben den Bezeichnungen *positiv*, oder *plus* (für den Pol) bzw. *negativ* (*minus*), sind nach den Worten des Physikers und Physikdidaktikers Friedrich Herrmann (1995, 342) selbst schon „ungeschickte Festlegungen“, die „Anlass zu falschen Schlüssen geben“. Diese Ungeschicktheit wird sprachlich und fachlich vertieft, wenn von *Elektronenüberschuss* bzw. *-mangel* gesprochen wird, wie anhand des Beispiels einer Wasserpumpe verdeutlicht wird:

Einer Batterie, die an nichts angeschlossen ist, entspricht dann eine Pumpe, die zwar läuft, und die auch mit Wasser gefüllt ist, deren Eingang und Ausgang aber zugeflanscht sind. So wie man bei der Batterie von Elektronenüberschuss und Wassermangel an den beiden Polen spricht, müsste man bei der Pumpe von Wasserüberschuss und Wassermangel an den beiden zugeflanschten Anschlüssen sprechen.

Somit vertieft die Verwendung der Wörter ‘Überschuss’ und ‘Mangel’ die Unstimmigkeiten und ist „meist unangebracht, oft aber auch falsch“.

Sprachliche Probleme im Kontrast deutsch - englisch entstehen für Englischsprechende, da auf Grund der stärker gelehrtensprachlichen Herkunft der englischen Fachsprache der Chemie eine Erwartungshaltung besteht, Termini latino-graecischer Herkunft auch in deutschen Fachtexten vorzufinden, die in der Regel keine Schwierigkeiten im Verständnis darstellen. Deshalb werden (deutsche) terminologische Synonyme als solche unter Umständen nicht erkannt. Ein

ausführliches Fallbeispiel zum Synonymenpaar *Reaktion - Umsetzung* wird in Teil 2 dieser Arbeit präsentiert.<sup>70</sup>

Eine weitere in dieser Zweisprachigkeit beruhende, kulturelle, Komplikation besteht darin, dass die Synonymität der jeweiligen Wörter keineswegs eine 1 : 1-Entsprechung bedeutet. Von ihrer Herkunft her spielen die Synonyme insbesondere in das Gebiet des sprachlichen Registers hinein, doch finden sich auch in der Bedeutung der jeweiligen Wörter Unterschiede, die kulturelle Ausformungen haben. Dies wird in Teil 2 dieser Arbeit mit dem Synonymenpaar *Substanz - Stoff* verdeutlicht.

### 1.4.2 Englisch

Einen weiter ausgreifenden und weniger auf die Lexik beschränkten Ansatz als sein Kollege Hans Ebel verwendet, ebenfalls im Handbuch der Fachsprachen, Günter Weise in seinem Artikel „Die englische Fachsprache der Chemie“.<sup>71</sup> Auch benutzt Weise im Gegensatz zu Ebel einen korpusanalytischen Ansatz zur Auslotung der englischsprachigen chemischen Fachsprache. Dabei definiert er Fachsprache mit Hoffmann<sup>72</sup> folgendermaßen:

Aus soziolinguistischer Sicht sind Fachsprachen Mittel und Resultat der fachbezogenen Kommunikation in einer Diskursgemeinschaft, deren Angehörige unterschiedliche fachliche und (fach)sprachliche Kompetenz haben. (1430)

---

<sup>70</sup> Ein Blick auf die Verständnisschwierigkeiten, wie sie durch die Annotationen einer englischsprachigen Studentin in einem deutschen Universtitätsskript angezeigt werden, unterstreicht dies. Vgl. Tabelle Nr. 38 (Beispiele: *ableiten - derive, s. befinden - to be located, anregen - stimulate* usw.).

<sup>71</sup> Günter Weise, 1997, „Die englische Fachsprache der Chemie“, In: Hoffmann, Kalverkämper, Ernst (Hg.), *Handbuch der Fachsprachen* Vol.1, 1429-1438.

<sup>72</sup> Lothar Hoffmann, 1987, *Kommunikationsmittel Fachsprache, eine Einführung* 3. durchges. Aufl., Berlin: Akademie-Verlag (Sammlung Akademie-Verlag; 44; Sprache).

Warum allerdings nicht die Gemeinsamkeiten sondern die – zweifellos natürlich auch bestehenden – Unterschiede in der Kompetenz betont werden, ist nicht unbedingt einzusehen. Eine Diskursgemeinschaft definiert sich ja gerade dadurch, dass sie einen in weiten Teilen gruppenintern geregelten Diskurs betreibt.

Zu den Hauptschwierigkeiten der korpuslinguistischen Arbeit gehört zunächst einmal die Erstellung des Korpus selbst:

Die bisherigen Untersuchungen zugrundeliegenden Textkorpora sind nach Umfang und Zielsetzung recht unterschiedlich und daher nur bedingt vergleichbar. (149)

Weises eigenes Korpus besteht aus 50 000 Wörtern, 2020 Sätzen, 50 Textproben „aus den Fachgebieten der sog. ‘Reinen Chemie’ (Allgemeine, Analytische, Synthetische und Theoretische Chemie)“ (1429). Die genauen Quellen sind nirgendwo verzeichnet.

Die Chemie hat eine ständige Erweiterung ihres Gegenstandsbereichs erlebt, und diese „Entwicklung ist mit einer großen sprachschöpferischen Leistung verbunden“. (1429) Die Neuschöpfungen zeigen sich zuerst in der Lexik. Zu beachten ist am folgenden Abschnitt, wie sehr sich Weise innerhalb der Lexik auf den Nominalbereich beschränkt.

#### **1.4.2.1 Nomenklatur, Termini, Halbtermini**

Auch bei Weise wird betont, dass sich alle Fachsprachen auf Gebiet der Lexik am auffälligsten von der Gemeinsprache unterscheiden. Die Zahl der Fachwörter in der Chemie sei durch die immense Vielzahl von Substanzbezeichnungen nicht mehr vollständig erfassbar.

Der Sonderwortschatz der EFC (Englische Fachsprache der Chemie) kann Weise zufolge in drei Gruppen untergliedert werden. Diese sind die systematische

Nomenklatur, die eigentliche Terminologie und die Halbtermini und Trivialnamen.  
Zuerst führt Weise an

Die systematische Nomenklatur, d. h. das rationelle Bezeichnungssystem für chemische Substanzen, z. B. *sulphur*, *ethanol*, *hydrochloric acid*;

Zur Nomenklatur wird weiter ausgeführt, hier bestehe ein starker „Trend zur internationalen Normung, was jedoch nicht ausschließt, dass einzelsprachliche Abweichungen und Sonderbildungen weiterbestehen“ (1430). Das Verb *weiterbestehen* lässt schon erkennen, dass solche Sonderformen aus historischen Urgründen stammen. Bei der Unterscheidung der Elemente in Metalle (angezeigt durch das Suffix *-um*) und Nichtmetalle (Suffix *-on*) zeigt sich am Beispiel *silicon* (deutsch Silizium), dass „eine unterschiedliche Zuordnung erfolgt ist“ (1430).

Bei anorganischen Verbindungen erwähnt der Autor, dass das Englische länger auf einer älteren Bezeichnungsweise als das Deutsche beharre, und teilweise rationeller sei. Ein Beispiel für das höhere Beharrungsvermögen ist, dass man im Englischen noch die alten Bezeichnungen *ferric oxide* und *ferrous oxide* für Eisen-(II)- bzw. Eisen -(III)-oxid findet. Zur größeren Rationalität des Englischen meint Weise (1430):

Zum Teil ist die englische Nomenklatur rationeller als die deutsche; die Suffixe *-ic* und *-ous* werden auch zur Unterscheidung von Säuren verschiedener Oxydationsstufen verwendet: *sulphuric acid* und *sulphurous acid* ...

Ein weiteres Beispiel: „Aromatische Verbindungen haben im Gegensatz zum Deutschen die Endung *-ene*: *benzene* (Benzol).“ (1430)

Auch bei Weise findet sich die deutliche Unterscheidung zwischen Nomenklatur und Terminologie. Er unterscheidet deshalb von der Nomenklatur

Die eigentliche Terminologie, in der durch Festsetzungsdefinitionen eindeutige Bezeichnungen erreicht werden, z. B. *monomer*, *catalyst*, *isomerism*;

Hierzu wird nicht viel mehr gesagt, als dass die Terminologie in der Chemie „weitgehend genormt“ sei (1431). Als Beispiel wird der Begriff *Katalysator* angeführt.

Ein Katalysator (*catalyst*) wird z.B. als eine chemische Substanz definiert, die die Geschwindigkeit (*rate*) einer chemischen Reaktion beschleunigt, indem sie die Aktivierungsenergie (*heat of activation*) herabsetzt, aber in der Regel nicht im Endprodukt (*final product*) erscheint.

Wenn ich Weise richtig interpretiere, werden neben dem Begriff *Katalysator* auch die anderen hervorgehobenen und übersetzten Begriffe zu den Termini gerechnet. Wie „weitgehend“ diese genormt sind, muss dahingestellt bleiben.<sup>73</sup> Das Augenmerk wird wiederum auf den Verbereich gelenkt, wo sich *beschleunigen*, *herabsetzen*, *erscheinen* finden, deren terminologischer Status unerwähnt und unerklärt bleibt.

Zuletzt gibt es nach Weise noch die

Halbtermini und Trivialnamen, die nicht durch Festsetzungsdefinitionen festgelegt, aber usuell häufig sind, z. B. *burner*, *stirrer*, *vessel*. (1430)

Dazu heißt es:

... es gibt auch Halbtermini, für die keine Festsetzungsdefinition besteht (z. B. *vessel*, *rod*, *container*) und Fachjargonismen, z. B. *broth* (Nährlösung), *catcracker* (katalytische Krackanlage), *bottoms* (Rückstand bei der Ö raffination), *still* (Destillierblase).

In beiden Sprachen existieren eine große Menge Trivialbezeichnungen, z. B. *caustic potash* (Ätzkali), *caustic soda* (Ätznatron), *magnesia* (Magnesia), *silica* (Kieselgur), die insbesondere in Labors häufig verwendet werden, auch in der Form von Abkürzungen für hochmolekulare organische Verbindungen (z. B. *DNA* bzw. *DNS*, *RNA* bzw. *RNS*, *ATP* für beide Sprachen).

---

<sup>73</sup> siehe dazu z.B. Hans. J. Schriefer, 1987, „Die Entwicklung einer didaktisch sinnvollen und fachwissenschaftlich korrekten Definition der Reaktionsgeschwindigkeit“, *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie* 36/5, 24-25, der nahe legt, dass die Reaktionsgeschwindigkeit für Lehre und Forschung unterschiedlich definiert wird.

### 1.4.2.2 Terminologische Wortbildung

Als terminologische Wortbildungsmittel werden Wortableitung und Wortzusammensetzung verwendet. Dabei stehen Determinativkomposita, in denen das Bestimmungswort das Grundwort näher kennzeichnet oder modifiziert in der Häufigkeit an erster Stelle. Das Bestimmungswort kann unter anderem die Materialbeschaffenheit, den Verwendungszweck, das Vorgangsziel, die Zugehörigkeit und ein Mittel oder Wirkungsprinzip bezeichnen.

Das Bestimmungswort kann auch ein Vergleichsbild enthalten bzw. der Veranschaulichung dienen: *ring compound*, *fish-tail burner*. Metaphorisch sind zudem die Bezeichnungen für bestimmte stereochemische Formeln zu deuten, z. B. *chair* (Sessel) oder *sawbuck* (Sägebock-) *conformation*.

### 1.4.2.3 Quantitative Merkmale der englischen Fachsprache der Chemie

Nach diesen eher qualitativen Merkmalen der Fachsprache der Chemie kommt Weise auf die quantitativen Ergebnisse seiner Korpusanalyse zu sprechen.<sup>74</sup> Insgesamt bleiben in der gesamten Analyse von Weise die Referenzpunkte für die quantitative Auswertung unausgesprochen oder sehr vage.<sup>75</sup> Zunächst wird in Worthäufigkeitsuntersuchungen die relative Frequenz der unterschiedlichen Wortarten etabliert. Das Ergebnis sieht so aus:

Funktionswörter:	45%
Autosemantika	
Substantive:	33%
Verben:	10%
Adjektive und Adverbien:	12%

---

<sup>74</sup> Dabei legt er allerdings nicht das von ihm vorgestellte Korpus zugrunde, sondern ältere Arbeiten aus den Jahren 1980 und 1982. Gerd Sieper, 1980, *Fachsprachliche Korpusanalyse und Wortschatzauswahl. Untersuchungen zur Lexik englischer Fachtexte der Chemie*, Frankfurt a. M. und Weises eigene Doktorarbeit von 1982.

<sup>75</sup> Zum Beispiel, S. 1432: „... eine niedrigere Frequenz als in anderen Kommunikationsbereichen ...“.

Weise betont die hohe Okkurrenz von allgemeinwissenschaftlichen Wörtern und von Fachtermini, die zwar die „mittleren und unteren Ränge“ besetzen; doch dem Kontext nach werden die oberen Ränge eben durch Funktionswörter, d. h. fachlich leere Wörter eingenommen.

Allgemeinwissenschaftliche Wörter und Fachtermini besetzen massiv die mittleren und unteren Ränge. Zugleich ist zu bedenken, dass die Vorkommenshäufigkeit sich umgekehrt zum Informationswert verhält und dass wesentliche Teile der Information durch den Einsatz anderer semiotischer Mittel (Formeln, Reaktionsgleichungen, Graphen u.a.m.) vermittelt werden. (1431)

Wieder und wieder wird die hohe Okkurrenz von Substantiven hervorgehoben. Doch sind mindestens die Hälfte dieser Substantive direkt von Verben abgeleitet, wie in Teil 2 dieser Arbeit zu sehen sein wird.

#### 1.4.2.4 Syntax, Grammatik, Morphologie, Stil

Bei Weise werden zwischen der Lexik auf der einen Seite und makrolinguistischen Merkmalen auf der anderen Seite unter der Überschrift „syntaktische Besonderheiten“ auch morphologische, stilistische und grammatikalische Besonderheiten des chemischen Englisch angesprochen.

Die **Syntax** unterscheidet sich nicht so sehr qualitativ, sondern hauptsächlich quantitativ (durch unterschiedliche Distribution) von der Gemeinsprache und anderen Fachsprachen. Die Zahlen für das hier untersuchte Korpus ergeben folgendes Bild:

Wörter pro Satz:	24.8
Aussagesätze:	98%
*einfache Sätze:	44%
nachgestellte Nebensätze:	57%
Nebensätze ersten Grades:	82%
Subjekt- plus Objektsätze:	24%

In diesen Zahlen spiegelt sich das für die meisten Fachsprachen typische Bild einer relativ einfachen Satzstruktur, die jedoch durch Adverbial- und Attributsätze inhaltlich reich aufgefüllt werden können.

„Attributsätze, die nicht direkt zur gedanklichen Gliederung der Äußerung beitragen, sondern Satzglieder näher charakterisieren oder Merkmale ergänzen, treten fast ebenso häufig auf wie Adverbialsätze, die am stärksten zur logischen Ordnung des Satzes beitragen.“ (1432)

Dass sogenannte 'einfache Sätze' durch attributive und adverbiale Fügungen oft reich angefüllt sind, hat Folgen für die Umverteilung von Gewichtungen zwischen Nominal- und Verbalphrasen.

In den untersuchten Texten ist das Überwiegen der Nominalphrasen über die Verbalphrasen offensichtlich. Angesichts des satzkonstituierenden Charakters des finiten Verbs gewinnt jedoch die Fügungspotenz der Verben besondere Bedeutung. (1432)<sup>76</sup>

Diese Sonderstellung des Verbs wurde schon mehrmals erwähnt und sie spielt für den praktischen Teil dieser Arbeit und die Didaktik eine wichtige Rolle, wird also in diesen beiden Teilen nochmals aufgegriffen und vertieft.

Syntax und Stil der EFC zeichnen sich, wie dies bei allen Fachsprachen der Fall ist, durch Restriktionen und Stärkung bestimmter sprachlicher Erscheinungen aus.

---

<sup>76</sup> Weise zitiert hier Herst Winter, 1980, „Verben mit fachspezifischer Bedeutung in der chemischen Fachsprache des Englischen“, In: *Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Jena* 29, 1980, 755-763.

ders.: 1987, „Zweiworttermini in der chemischen Fachsprache des Englischen“, In: *Berichte der Sektion Fremdsprachen der Universität Leipzig* 2, 73-82.

ders.: 1993, „Kommunikationsverfahren (KV) in den Textsorten chemische Synthese und chemische Analyse des Englischen“, In: *Linguistische, sprachpsychologische und methodische Grundlagen der Textproduktion*, Universität Jena, 1993, 47-55.

Trotz erheblicher Bemühungen ist es mir nicht gelungen, diese Quellen selbst einzusehen.



Solche Restriktionen und Stärkungen müssen immer relativ zu einem Vergleichspunkt gesehen werden, der bei Weise nur unzureichend festgelegt ist.

Restriktionen ergeben sich für die englische Fachsprache der Chemie bei: Tempus, Aspekt, Modus (das *Modalverb* ist jedoch äußerst wichtig, siehe unten). Es wird konstatiert eine „Konzentration auf vier Zeitformen, die annähernd 90% aller Vorkommen decken: das *plain present active* und *plain present passive* (zusammen über 68%) sowie das *plain past active* und *plain past passive* (zusammen etwa 20%).“ (1433)

Eine Stärkung ist festzustellen beim Passiv und bei den infiniten Verbformen.

Die Verwendung der Passivform reicht nach Weise über rein stilistische Erwägungen hinaus. (Im Gegenteil würde ich geradezu sagen, dass aus *stilistischen* Gründen immer wieder zur Vermeidung des Passivs aufgefordert wird):

Allgemein muss betont werden, dass das Passiv keine bloße stilistische Variante des Aktivs darstellt, die Transformation vom Aktiv ins Passiv vielmehr zu einer Veränderung der Mitteilungsperspektive führt. (1433)

Weise nennt zwei Bedingungen, unter denen die Passivform bevorzugt gewählt wird: erstens, wenn das Handlungsziel das Thema darstellt; zweitens, wenn der Handlungsträger unbestimmt oder entbehrlich ist.

Die Unbestimmtheit des Handlungsträgers, die Ungewissheit, ob überhaupt eine „Handlung“ vorliegen kann, wenn kein willentlich Handelnder auszumachen ist, scheint mir äußerst interessant zu sein. In solchen Fällen dürfte man auch nicht von einer „Transformation vom Aktiv ins Passiv“ sprechen, weil die Aktivform von vornherein nicht in Frage kommt. Die Konsequenz, im didaktischen Teil genauer zu behandeln, ist, dass die besonders für die Passivformen typischen Transformationsübungen (Aktiv zu Passiv und umgekehrt) nur mit größter Vorsicht eingesetzt werden dürfen.

Die infiniten Verbformen stellen ca. 32% aller Verbformen. Dabei gehört der größte Anteil den Partizipien (vor Infinitiv, Gerundium, Verbalsubstantiv).

Zwischen Prozess- und Eigenschaftsbedeutung vermittelnd, tragen die Partizipien zur Informationsverdichtung bei. (1434)

Infinitive können „unter Beibehaltung des verbalen Charakters ... syntaktische Positionen einnehmen, in denen normalerweise eine Nominalphase auftritt“ (1434).

Weise stellt eine Tendenz zur Deverbalisierung und zur Desemantisierung finiter Verben fest, z. B. *make use of a technique, perform a test.*<sup>77</sup>

Eine wichtige Rolle spielen die Modalverben. „Sie genügen den Anforderungen zum Ausdruck deontischer und epistemischer Modalität im Textkorpus.“ (1432)

Semantische Analysen zur EFC gibt es bisher erst relativ wenige und Weise formuliert ein Forschungsdesideratum, an dem zu arbeiten sich lohnte:

Allerdings muss zugestanden werden, dass semantische Analysen zur EFC bisher in der Minderzahl sind und dass Untersuchungen zum Zusammenwirken unterschiedlicher Sprachmittel zur Erreichung bestimmter kommunikativer Effekte erst relativ spät aufgenommen wurden. Es ist auch notwendig, das bisher benutzte formale Ordnungsprinzip zur Erkundung der Form-Funktion-Zusammenhänge durch ein funktional-semantisches Ordnungsprinzip zu ergänzen, um die Beziehungen zwischen Funktionen und Äußerungsformen komplexer erfassen zu können. Ansätze dazu bieten Arbeiten zu Sprachmittelkomplexen der Determiniertheit/Indeterminiertheit, Komparativität, Adversativität und Konzessivität.<sup>78</sup>

#### 1.4.2.5 Makrolinguistische Untersuchungen

Unter makrolinguistischen Untersuchungen werden hier Untersuchungen zu „Fachtexten in ihrer Ganzheit“ verstanden, wobei der Vorreiter Beneš in seiner

---

<sup>77</sup> Dazu zitiert er Rudolf Beier, 1980, *Englische Fachsprache*, Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: Kohlhammer, S. 67ff.)

<sup>78</sup> hier wieder Hinweise auf Weise, 1982, 91-141.

Funktionalstilistik die drei Bereiche Kommunikation, Fachlichkeitsgrad sowie Medium und Darstellungsart betrachtet.<sup>79</sup> Die Erweiterung der Fachtextstilistik zieht weitere Komponenten in die Beschreibung mit ein und mündet schließlich in die Beschreibung von unterschiedlichen Fachtextsorten, für die außersprachliche und innersprachliche Kriterien herangezogen werden. Zu den innersprachlichen Kriterien zählen etwa semantische, syntaktische und stilistische Merkmale, außersprachlich sind typischerweise pragmatische Merkmale wie zum Beispiel die Textfunktionen (deskriptiv, expositorisch, argumentativ, direktiv).<sup>80</sup> Fachtextsorten in der Chemie sind nach Weise „Lehr- und Handbücher, Monographien, wissenschaftliche Zeitschriftenaufsätze, Analyse- und Synthesevorschriften, Laborprotokolle, Konferenzberichte, Poster Sessions u. a. m.“ (1436).

Auf eine eingehendere Diskussion von Textsorten und -typen anhand der Einordnung der Lehrbücher der Chemie im Rahmen dieser Arbeit (Abschnitt 1.6.2) sei hiermit verwiesen. Die Aufmerksamkeit wird auf ein weiteres Desideratum gelenkt (Hervorhebung von mir, H. L.):

Insbesondere fehlen Untersuchungen zu produktbegleitenden Texten, Werbetexten und *Schulbuchtexten*.

#### **1.4.2.6 Andere Merkmale der chemischen Fachsprache (englisch)**

Wie weiter oben im Zusammenhang mit der Wortbildung erwähnt, kommt auch bei Weise der metaphorische Charakter der chemischen Fachsprache explizit zur Sprache. Es sei hier nochmals das oben schon angeführte Zitat wiederholt:

Das Bestimmungswort kann auch ein Vergleichsbild enthalten bzw. der Veranschaulichung dienen: *ring compound*, *fish-tail burner*. Metaphorisch

---

<sup>79</sup> Eduard Beneš, 1969, „Zur Typologie der Stilgattungen in der wissenschaftlichen Prosa“, In: *Deutsch als Fremdsprache* 6, 1969, 225-233.

<sup>80</sup> An dieser Stelle will ich den Streit, ob die Pragmatik als inner- oder außersprachlich zu gelten hat ignorieren.

sind zudem die Bezeichnungen für bestimmte stereochemische Formeln zu deuten, z. B. *chair* (Sessel) oder *sawbuck* (Sägebock-) *conformation*.

Implizit wird das noch viel deutlicher in praktisch *allen* Beispielen, die Weise für die chemische Fachsprache anführt, wo Anthropomorphisierung, idiomatisch-metaphorische Aussagen die Regel bilden, und nicht die Ausnahme. An dieser Stelle sollen nur vier Beispiele von Weise genügen.

Beispiele für Anthropomorphisierung

Weise Beispiel Nr. 1 (1432; meine Hervorhebungen, H.L.)

A polymer having elastomeric properties *takes on* a more crystalline (ordered) state when stretched, and then *tends to* contract, regaining randomness.

Weise Beispiel Nr. 6 (1433; meine Hervorhebungen, H.L.)

The atom *consists of* a dense nucleus containing protons and neutrons *surrounded by* electrons *occupying* certain positions or *following* certain paths of motion.

Beispiele für idiomatisch-metaphorische Sprechweisen

Weise Beispiel Nr. 2 (1432; meine Hervorhebung, H.L.)

Pasteur's views *received a severe blow* when it was discovered by Buchner that if yeast is macerated with sand and submitted to high pressure, a juice can be expressed from it which contains no living cells whatever.

Weise Beispiel Nr. 3 (1433; meine Hervorhebung, H.L.)

The problem is well-known to all chemists working *in the field*.

### 1.4.3 Vergleich der Fachsprache Chemie deutsch-englisch

Sowohl Weise als auch Ebel beschäftigen sich mit der Fachsprache der Chemie in Form der „Theoriesprache“ (bei Ebel) bzw. der „Reinen Chemie“ (bei Weise), wenngleich in beiden Fällen nicht ganz klar wird, was sie darunter genau verstehen.

Es scheint jedoch so, dass die bevorzugte Textquelle für beide Autoren der typische Zeitschriftenartikel ist.

In beiden Fällen wird ein Unterschied zwischen der Nomenklatur und der Terminologie gemacht. Bei Ebel schließt allerdings die Nomenklatur auch Trivialnamen mit ein (soweit sie systematisch gebildet sind), während die Trivialnamen bei Weise aus der Nomenklatur ausgeschlossen und in die Terminologie (Halbterminologie) eingeschlossen werden. Die Trivialnamen sind für diese Arbeit insofern von Interesse, als sie die weiter oben festgehaltene Bilingualität der deutschen chemischen Fachsprache ein weiteres Mal bestätigen und aus dem weiter gesteckten Terrain der Terminologie in den definatorisch engeren Bereich der Nomenklatur hinüberziehen. Gerade im Alltagshandwerk des Chemielabors werden die deutschsprachigen Bezeichnungen für zahlreiche Chemikalien, Verbindungen, Präparate noch sehr häufig verwendet. In Fischers *Praktikum* finden sich am Ende beider Bände Überblickstabellen zu verschiedenen Themen, wie etwa, im ersten Band „Konzentrationen oft benötigter Säuren und Basen“ (220, Beispiele: *Ameisensäure*, *Natronlauge*), „pH-Indikatoren“ (221, Beispiele: *Thymolblau*, *Bromkresolgrün*), „Anorganische Verbindungen“ (222-232, Beispiele: *Kaliumalaun*, *Tonerde*, *Eisenvitriol*), die alle zahlreiche – viel mehr als die hier angeführten – Beispiele für Trivialnamen enthalten.

Während die Festsetzungsdefinition für Weise aus einem Wort erst einen Terminus macht, stellt Ebel keine Postulate bezüglich der Merkmale auf, welche erfüllt sein müssen, damit man von einem Terminus sprechen kann. Die Frage der Definition spielt für uns eine wichtige Rolle, da es sowohl die Didaktik der Chemie als auch die Didaktik der fremdsprachlichen Fachsprache der Chemie immer wieder mit der wissenschaftlichen Begriffsbildung zu tun haben, die aufs Engste mit der Stellung der Definition verknüpft ist. Auf diese Zusammenhänge geht der Abschnitt um Definition, Begriffsbildung und Elaboration in der praktischen Anwendung auf den Begriff *Stoff* (2.2.) des Näheren ein.

Ebel äußert sich etwas genauer über die Ebenen der Chemie, die terminologischen Sprachgebrauch pflegen, insofern er dazu Handlungen, Vorgänge, Verfahren, Geräte, Apparate, Zahlen, Gesetze, Phänomene, Abstrakta und Vorstellungen rechnet. Dies wird im Rahmen dieser Arbeit relevant, insofern sich der Beispiels- und Ausgangstext des praktischen Teils, Hanns Fischers *Praktikum in Allgemeiner Chemie* exakt um diese Dinge dreht.

Während Ebel in Hinsicht auf lexikalische Merkmale eine genauere und zutreffendere Beschreibung der chemischen Fachsprache liefert, lässt er alle anderen Aspekte (linguistischer und makrolinguistischer Art) höchstensfalls implizit aufscheinen. In dieser Hinsicht vermittelt Weise mit seiner Analyse eines - allerdings sehr kleinen - Korpus einen wesentlich besseren Überblick. Viele der Charakteristika, die Weise für das Englische postuliert, können auf das Deutsche übertragen werden. Diese Aspekte werden insbesondere in Hinsicht auf die Lehrsprache der Chemie im Versuch einer Begriffsbestimmung, welche die referentielle, appellative und emotive Funktion der sprachlichen Zeichen berücksichtigt in Teil 1.6.2.3. zusammengefasst.

Beide Autoren erwähnen Beispiele für uneigentliche Ausdrucksweisen in der Fachsprache der Chemie explizit, doch in beiden Fällen eher im Vorbeigehen. Auf einer anderen, impliziten, Ebene werden metaphorische, analogische, idiomatische Ausdrucksweisen zum Thema gemacht, was anzeigt, dass Ansätze zu einem Problembewusstsein über diese Ausschnitte der Fachsprache vorhanden sind, die jedoch nicht weiter ausgeführt werden. Dies geschieht im theoretischen Teil dieser Arbeit in zwei Schritten, auf die der praktische und didaktische Teil dann zurückgreifen, nämlich einem, der sich mit der Rolle von Modell und Metapher in der Fachsprache auseinandersetzt (Abschnitt 1.7.) und einem, der sich mit den kreativen und kulturellen Aspekten der chemischen Fachsprache beschäftigt.

Dieser Aspekt wird bei den oben schon erwähnten Chemikern Roald Hoffmann und Pierre Laszlo unabhängig von der jeweiligen Landessprache entfaltet, und wir treten hiermit in die Diskussion dieses Aspektes ein.

## 1.5 Die kreative Seite der chemischen Fachsprache

Hoffmann und Laszlo behaupten entgegen den eher gängigen Meinungen wie bei Ebel und Weise, dass die Chemie (auch) eine äußerst kreative Disziplin mit starken ästhetischen und emotionalen Komponenten sei<sup>81</sup>, dass der chemische Fachartikel eine künstlerische Kreation sei („*The chemical article is an artistic creation.*“ Hoffmann, 1988, 1597), und dass die Abbildungen – wie die gesamte chemische Fachsprache – sich durch mangelnde Präzision, Mehrdeutigkeiten und unerwartete Bedeutungsschichtungen auszeichneten:

Chemical structures are then part of a chemical language. What is interesting about language (it doesn't matter whether it is German or English or ...) is that (1) despite its *impreciseness*, people communicate with it and (2) it, language, inevitably brings us complications, *ambiguities* and *richness* that we did not expect. (3; meine Hervorhebungen, H.L.)

Die Ungenauigkeit der Darstellungen erfordert die Mitarbeit von Lesern und Leserinnen von chemischen Fachzeitschriften, diese wiederum basiert auf Gemeinsamkeiten in der menschlichen Wahrnehmung, geteiltem Vorwissen und kulturell vermittelten Wissens- und Wahrnehmungsstrukturen.<sup>82</sup> Im Falle der Chemie komme dieses Wissen in erster Linie durch das wiederholte Betrachten von Darstellungen und durch das Manipulieren von physischen Modellen zustande.

Die geschichtliche Entfaltung der Medien, in denen die Darstellungen präsentiert werden, und die sich wandelnden technischen Möglichkeiten ihrer Gestaltung haben erst vor relativ kurzem (ca. 1925) die drucktechnischen Mittel für eine dreidimensionale Darstellung von Molekülen ermöglicht. Bis dahin, vermuten die

---

<sup>81</sup> vgl. auch Hoffmann, 1988, 1597

<sup>82</sup> Hier bezeichnen die Autoren Strukturen als angeboren, für die die experimentelle Anthropologie eindeutige Hinweise auf kulturelle Vermitteltheit gefunden hat.



Autoren, wurde die *Vorstellung* von Molekülen durch ihre *Darstellung* als zweidimensionale Einheiten geprägt.

Wenn man die Darstellungen unter sprachlichem Gesichtspunkt betrachtet, so teilen die einzelnen Darstellungen wichtige Eigenschaften mit Wörtern, insofern sie im Sinne von Comenius jeweils ein Ding mit einem Wort assoziieren, und zwar im vollen Wortsinne sowohl konnotativ als auch denotativ. Dies trifft insbesondere zu auf chemische Trivialnamen (wie z. B. „Scheidewasser“, „Grünspan“), und Begriffe, deren Definitionen sich seit ihrer Einführung grundlegend geändert haben (z. B. „Oxidation“, „Aromatizität“), die aber weiterhin benutzt werden, obwohl ihr ursprünglicher wissenschaftlicher Inhalt durch neuere Forschungsergebnisse obsolet geworden ist; die Entwicklung der Begriffsgeschichte schwingt bei jedem Gebrauch solcher Wörter mit. Weiter teilen die chemischen Darstellungen mit (abstrakten) Wörtern die Eigenschaft, für Nicht-Sichtbares, den menschlichen Sinnen nicht direkt Zugängliches stehen zu müssen. Deshalb wird zwangsläufig eine uneigentliche Sprachform benutzt (9; Hervorhebung im Original):

... we tend to represent to ourselves atoms *as if* they were normal objects in our everyday experience: with a size, with a certain hardness or softness, with measurable attractions to other atoms or to electrons, and so on.

Von dieser Unzulänglichkeit her rühren auch Versuche, die Wort- und Symbolsprache durch mathematisierte Formulierungen abzulösen und zu ersetzen. Diese Versuche sind, wie weiter oben schon erwähnt, nach Hoffmann und Laszlo zum Scheitern verurteilt, weil verbale und symbolische Darstellungen zur Vermittlung von Wissen und als Denkmittel unverzichtbar seien. Dabei erfüllen die symbolischen Darstellungen (im Gegensatz zu den arbiträren Wörtern) eine Doppelrolle: sie sind sowohl Symbole (also arbiträr) als auch Modelle (also ikonisch).

Die chemische Formel und chemische Benennungen tragen noch weitere Rollen in sich. Es lohnt sich, die entsprechende Stelle bei Hoffmann und Laszlo ausführlich zu zitieren:<sup>83</sup>

A chemical formula is at once a metaphor, a model (in the sense of a technical diagram), and a theoretical construct. A chemical formula is part pure imagination, part inference. It is an attempt to depict the real by manipulation of symbols, just as language enables us to talk about the world and about ourselves by combining arbitrary utterances. The simile cannot be pushed too strongly. In a deep philosophical sense, calling something an "acid" and calling something else "red" are identical mental operations. Likewise, referring to "ethanol" or "reserpine" is akin to talking about "Rockefeller Center" or about the "Eiffel Tower". (...) If "ethanol" is in a similar mental category as "Eiffel Tower", the chemical formula of ethanol stands to it not unlike a dictionary definition for "Eiffel Tower": a chemical formula is a concise paraphrase, in a half-symbolical, half-iconic language, of some of the attributes of an object, so that the object can be properly and unambiguously identified, that is, differentiated from like objects (Eiffel Tower as distinguished from the Madeleine or the Centre Pompidou; ethanol as distinct from ethane or from acetic acid). (11)

Chemische Formeln haben auch eine künstlerische Seite. Mit künstlerischer Darstellung teilen die chemischen Formeln laut Hoffmann und Laszlo die Eigenschaft, dass sie in einer komplexen Welt das Wesentliche an bestimmten Erscheinungen zeigen, dass sie außer informationellen auch emotionelle Werte transportieren, und dass sie damit wiederum für die didaktisch-pädagogische Seite der Wissenschaft wichtig werden: „One wants to teach, to evoke a response.“ (12). Die Darstellung des Wesentlichen bringt unumgänglich eine Reduktion des Informationsgehalts, eine Distanzierung von der Komplexität der Wirklichkeit mit sich:

---

<sup>83</sup> In der Passage findet sich die Verwechslung von Eigennamen („Eiffelturm“) mit Gattungsnamen, Appellativa („Ethanol“) von der weiter oben (Abschnitt 1.3.2.2 *die V 200* – eine Lokomotive) schon die Rede war.

The chemical structure is an artistic construct because it is a transformation of a model of reality (note the secondhand if not nth-hand relationship to the real) for the purpose of communication. (...) all that symbolic distancing of course enhances the metaphorical nature of the chemical discourse. Structures are not what they stand for; they stand for what they are not. (12/13)

Die Reduktion von Merkmalen, das Wechseln von Perspektiven je nach Zweck und Sinn einer Darstellung sind Merkmale, die sich auch z. B. in Karikaturen und Cartoon und in der Kunst sogenannter primitiver Kulturen wiederfindet, mit der sich die Chemie ein weiteres gemeinsames Merkmal teilt: Wer den wahren Namen eines Gegenstandes kennt, hat die Macht über diesen Gegenstand (14):

Knowing the "name" of a compound, which means its structure, gives the chemist tremendous power over the molecule.

Was bei Hoffmann und Laszlo zu den chemischen Strukturformeln gesagt wurde, soll im Folgenden mit einem Blick auf Formel und Sprache in der Lehrsprache der Chemie ergänzt und erweitert werden. Dabei werden unter anderem die kulturellen Hintergründe im Verhältnis von Mathematik, chemischer Formelsprache und sprachbasiertem Text erläutert.

## **1.5.1 Ausdrucksweisen der Naturwissenschaft: Formel und Sprache**

Die Formelsprache der Mathematik und der Chemie sollen als Beispiele für die gegenseitige Beeinflussung von Wissen, Sprache und Kultur stehen.

### **1.5.1.1 Historische Anmerkungen**

In der Wissenschaftsgeschichte ist der Aufbruch in die rationale, experimentell fundierte Erforschung der Welt begleitet von einem Misstrauen gegen die Sprache, das - in Umkehrung des Originals - kulminiert in Theodore H. Savorys Ausspruch

von der Sprache als dem „natürlichen Feind“ der Naturwissenschaften<sup>84</sup>. Das ultimative Ziel der Naturwissenschaften ist demnach die Mathematisierung der naturwissenschaftlichen Kommunikation, wie schon im Jahr 1667 aus der Formulierung von Thomas Spratt<sup>85</sup> (1958, 112/113) hervorgeht, damals aber noch als etwas Anzustrebendes. Die Sprache der Wissenschaften solle demnach so einfach und unverschnörkelt sein wie die Mathematik. Er spricht über die Ziele der *Royal Society* und sagt, ihre Mitglieder hätten sich entschlossen, der sprachlichen Extravaganz ein Ende zu setzen und

to reject all the amplifications, digressions, and swellings of style: to return back to the primitive purity, and shortness, when men deliver'd so many *things*, almost in an equal number of *words*. They have exacted from all their members, a close, naked, natural way of speaking; positive expressions; clear senses; a native easiness: bringing all things as near the Mathematical plainness, as they can: and preferring the language of Artizans, Countrymen, Merchants, before that, of Wits, or Scholars.<sup>86</sup>

Nach dem Übergang in die Gegenwart wird nicht mehr die mathematisierte Anwendung der Sprache angestrebt, sondern die Mathematisierung quasi unter

---

<sup>84</sup> „...there can be no doubt that science is in many ways the natural enemy of language“. Theodore Horace Savory, 1967, *The language of science* (rev. ed.), London: Deutsch (The Language Library), wie zitiert in Kretzenbacher, 1997, 132.

<sup>85</sup> Thomas Spratt, 1958 [1667], *History of the Royal Society*, herausgeg. von Jackson I. Cope und Harald Whitmore Jones, London. Nachdruck: St. Louis, Mo.: Washington University.

<sup>86</sup> Genau dies wird von Spratts Zeitgenossen Jonathan Swift in *Gulliver's Travels* auf die Schippe genommen, wo man Gulliver in Buch Drei, Kapitel Fünf auf der Insel Balnibarbi in der *Grand Academy of Langado*, genauer in der *School of Languages* antrifft, in welcher er Professoren vorfindet, die sich des Wohlergehens ihres Landes annehmen. Hier wird die Gleichsetzung von Dingen und den Namen dafür auf die Spitze getrieben: *An expedient ... was offered, that since words are only names for things, it would be more convenient for all men to carry about them such things as were necessary to express the particular business they are to discourse on.* (Swift, 1971, 183)

Ausschluss der Sprache, wie sich in Formulierungen wie der folgenden von Heinz Werner Preuß (1976, 7) zeigt:

Wir wollen hier die folgende Feststellung treffen: Wir haben die uns umgebende Natur umso besser verstanden, je mehr wir Erfahrungen (Experimente, „Zeigerstellungen“) mit Hilfe von möglichst wenigen Voraussetzungen mathematisch erfassen können. Das bedeutet dann, dass unser Verständnis der Zusammenhänge zunimmt, wenn möglichst immer mehr Erscheinungen mit immer weniger notwendigen Grundannahmen mit Hilfe der Mathematik beschrieben (geordnet), vorausgesagt und nachträglich in unserem schon vorliegenden Kalkül nachgewiesen werden.

Bei genauerem Hinsehen bemerkt man, sieht man sich Spratts Aussagen und den Kontext der Preußschen Meinungsäußerung genauer an, dass auch die Sprache eine gewichtige Rolle spielt. Zu Spratts Zeiten stand die Entwicklung der modernen Mathematik noch bevor, die im Großen und Ganzen eine jeweils *nachträglich* entwickelte Ausdrucksform für schon entdeckte Phänomene darstellte. Davon abgesehen wendet er sich nicht gegen den Ausdruck von Entdecktem durch die Sprache, sondern sein Zorn richtet sich gegen *Exzesse* der Sprachverkünstelung und das Zuschütten der Wahrheit unter einem Wortgeschwülst, wie es die Schöngelster und Scholastiker seiner Zeit produzierten. Er selbst aber sieht die Sprache der Artisanen, Händler, des Landvolks als beispielhaft an, alles Sprachformen, die sich zwar durch eine gewisse Schnörkellosigkeit auszeichnen, keineswegs aber frei von kulturell bedingten Ausdrucksmitteln, Rhetorik und Stilvariation sind. Ganz im Gegenteil: gerade die Handwerkersprache hat beispielsweise eine Vielfalt von Metaphern hervorgebracht, die heutzutage in der Form von Wortbildungen (‘Gänsefüßchen’), idiomatischen Ausdrücken (‘jemandem das Fell gerben’), Sprichwörtern (‘Schuster, bleib’ bei deinen Leisten’) die Sprachlandschaft nicht nur durchziehen, sondern geradezu dominieren. Es geht hier also um einen graduellen, und nicht um einen absoluten Unterschied, und nicht darum, ob Metaphern und andere Stilmittel in der Fachsprache der Naturwissenschaften zulässig sind, sondern, beim Beispiel der Metaphern verweilend, welche Arten von Metaphern noch - oder nicht mehr - zugelassen werden können. Es geht nicht um die Metapher als Mittel der spitzfindigen Rhetorik, sondern um die Metaphern, die den Wandel der Umweltbedingungen, hier in der Form der Technik zwangsläufig begleiten:

Die technische Metaphorik ist der Beitrag des einfachen, unkomplizierten und unwissenschaftlich denkenden Mannes zu den Wortneubildungen, die die Entwicklung forderte.<sup>87</sup>

Diese Erkenntnis, dass der einfache Mensch die Metapher als Ausdrucksmittel beansprucht, ist keineswegs neu, sondern sie wurde schon von Herder in seiner „Abhandlung über den Ursprung der Sprache“ verbreitet, wie von Jürgen Barkhoff (1997, 39) dargestellt:

In his famous, prize-winning *Abhandlung über den Ursprung der Sprache* (...) the young Herder emphasizes the predominance of metaphorical expressions in early and primitive languages and argues that this „Metapherngeist“ stems from an urge to express strong, undifferentiated emotions.

In der jüngeren Vergangenheit (aber doch auch schon vor 100 Jahren) findet sich eine ganze ähnliche Einstellung bei Hermann Paul (1909, 94/5), der in diesem Zusammenhang von der Metapher als etwas, das notwendig „aus der menschlichen Natur fließt, und das sich in der „volkstümlichen Umgangssprache“ geltend macht:

Die Metapher ist eines der wichtigsten Mittel zur Schöpfung von Benennungen für Vorstellungskomplexe, für die noch keine adäquaten Bezeichnungen existieren. ... Auch da, wo eine schon bestehende Benennung zur Verfügung steht, treibt oft ein innerer Drang zur Bevorzugung eines metaphorischen Ausdrucks. Die Metapher ist eben etwas, was mit Notwendigkeit aus der menschlichen Natur fließt und sich geltend macht nicht bloß in der Dichtersprache, sondern vor allem auch in der volkstümlichen Umgangssprache, die immer zu Anschaulichkeit und drastischer Charakterisierung neigt. Auch hiervon wird vieles usuell, wenn auch nicht so leicht wie in den Fällen, wo der Mangel einer andern Bezeichnung mitwirkt. Es ist selbstverständlich, dass zur Erzeugung der Metapher, soweit sie natürlich und volkstümlich ist, in der Regel diejenigen Vorstellungskreise herangezogen werden, die in der Seele am mächtigsten sind. Das dem Verständnis und Interesse ferner liegende wird dabei durch etwas Näherliegendes anschaulicher und vertrauter gemacht. In der Wahl des metaphorischen Ausdrucks prägt sich daher die individuelle Verschiedenheit des Interesses aus, und an der Gesamtheit der

---

<sup>87</sup> Kaspar Brand, 1995, „Gänsefüßchen und Elefantenrüssel. Zur Metaphorik in der Fachsprache des Schriftsetzers“, In: *Fachsprache* 17, 1/2, 2-16, 5/6.

in einer Sprache usuell gewordenen Metaphern erkennt man, welche Interessen in dem Volke besonders mächtig gewesen sind.

Bei Brand wird klar, dass die Metaphern der 'einfachen Menschen' sich nicht nur für den Ausdruck von Gefühlen (wie bei Herder), oder für drastische Charakterisierung (wie bei Paul), sondern auch für den Ausdruck von technisch-sachlichen Ideen anbieten. Während also Paul und Herder die Johnson/Lakoffsche Lehre von den konzeptuellen Metaphern, die das Alltagserleben mitstrukturieren, vorwegnehmen, überträgt Brand (ohne diese beiden Autoren zu erwähnen) sie auf technisch-sachliche Zusammenhänge.

Die mit der Mathematisierung der naturwissenschaftlichen Fachsprache verbundenen Probleme reflektieren demnach in erstaunlicher Parallelität die unterschiedlichen Standpunkte zur Funktion und Stellung der Metapher als rhetorisches Mittel einerseits und als Mittel der Kognition andererseits.

Wie auch immer die Mathematisierung (oder in der Chemie die „Verformelung“) sich gegen die sprachliche Formulierung absetzt oder sich mit ihr verbindet und verbündet, sie kann nicht unabhängig von der Sprache geschehen, da in gewissen Fällen die Reduktion der mathematischen Form erst durch sprachliche Erläuterung näher determiniert werden kann.

### **1.5.1.2 Beispiel: Das Gleichheitszeichen**

Robert Schoenfeld zeigt die Transformationsproblematik zwischen der Kunstsprache der Mathematik und Physik und der natürlichen Sprache anhand zweier einfacher Gleichungen (1989, 102/103):

$$T = 393 \text{ K} \quad (1)$$

$$(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2 \quad (2)$$

Während im zweiten dieser Ausdrücke das Gleichheitszeichen eine unverrückbare Wahrheit darstelle, sei der andere ein nur momentan gültiger Ausdruck, der von vielen verschiedenen Variablen, wie Zeit und Ort der Aussage, Genauigkeit des

Thermometers und Haltung der Beobachter abhängen.<sup>88</sup> Ähnlich wie bei den chemischen Gleichungen drücken in den beiden Gleichungen die “=”-Zeichen nicht das gleiche aus, sie sind nicht semantisch äquivalent. Eines davon - in Gleichung (1) - ist laut Schoenfeld eine simple Übersetzung des Verbs *sein* in die Sprache der Mathematik und habe eine ähnliche Aussagekraft wie

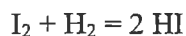
Die Temperatur *ist* unerträglich. (3)

So zugespitzt liest sich also das Gleichheitszeichen der Mathematik und Chemie (und ähnliches gilt selbstverständlich für die häufig gebrauchten Pfeile in chemischen Reaktionsgleichungen) als nichts anderes als ein

crude symbol which cannot differentiate between singular and plural, between present and past, between the certainty of an indicative and the doubt of a subjunctive. (Schoenfeld, 1989, 83)

Einen ähnlichen Hinweis auf die Schwierigkeiten bei der Interpretation des Gleichheitszeichens in der Chemie, die durch sprachliche Kontextualisierung geschieht liefert Vollmer (1980, 34). Er stellt außerdem klar, dass trotz der äußerlichen Ähnlichkeiten und mancher Ähnlichkeiten im Umgang mit chemischen und mathematischen Gleichungen („z.B. beim Ausrufen“) „die inhaltlichen Unterschiede doch größer als die Gemeinsamkeiten“ seien. Als Beispiel hierfür wird genannt:

Durch eine Reaktionsgleichung



soll weder eine Identität von 2 Molekülen HI mit der Summe der beiden anderen Moleküle behauptet werden, noch sollen diese ungleichartigen Größen I<sub>2</sub> und H<sub>2</sub> in Wirklichkeit addiert werden.

---

<sup>88</sup> „... an ephemeral equivalence which is at the mercy of time and place, of the accuracy of the thermometer and the alertness of the observer“.



Abhilfe wird hier auch wieder geschaffen durch den sprachlichen Ausdruck für solche Gleichungen, jedoch versehen mit der Warnung, dass auch in der sprachlichen Formulierung, die „Lesart“ in sich unstimmig ist (dto., 34):

Wenn eine chemische Gleichung  $A + B = C + D$  als „A reagiert mit B zu C und D“ gelesen wird, dann steht der Interpretation „reagiert mit“ des linken Pluszeichens die Interpretation „und“ des rechten Pluszeichens gegenüber. Dieses „und“ hat im Übrigen nur aufzählenden Charakter.

Die sprachliche Explizierung einer (mathematischen oder chemischen) Formel ist besonders dort, wo das fachlich-sprachlich-mathematische Wissen erst aufgebaut wird, also in der Didaktik, durch Hin- und Herübersetzung von sprachlichem und mathematischem Ausdruck unumgebar. Dabei werden kulturelle Unterschiede sichtbar.

Was bis hier als Explizierung der mathematisch-chemischen Formel durch sprachliche Mittel bezeichnet wurde, kann man auch als Gegensatzpaar von analogem und digitalem Sprachmodus formulieren. Dies geschieht bei Kretzenbacher (1994, 175ff.). Der analoge Modus beruht auf Analogien, die z.B. in der Form von Metaphern zum Ausdruck gebracht werden und ist für die Alltagssprache typisch. Er wurde jedoch auch in Vorformen der Wissenschaftssprache, wie etwa in der Sprache der Alchymie eingesetzt und bis zum Extrem getrieben, insofern das *tertium comparationis* der Analogien nur noch Eingeweihten bekannt war. Dadurch wurde sie zu einer Gruppensprache, die den Sinn hat, sich von anderen abzugrenzen und die anderen auszugrenzen. Dem steht der digitale Sprachduktus gegenüber (177):

Die moderne Chemie verlässt im Gegensatz zur Alchymie möglichst rasch die analoge Kommunikation und auch die natürliche Sprache; sie digitalisiert ihre relevanten Aussagen in der Sprache der Mathematik.

Wenn Fachinhalte in der Fachkommunikation zwischen Fachleuten geklärt werden, so digitalisieren sie ihre Aussagen, d.h. sie bedienen sich der naturwissenschaftlichen mathematischen oder quasi-mathematischen Formel. Dies

geschieht aber nicht unter Ausschluss analoger Kommunikationsformen, vielmehr werden digitale Ausdrucksweisen von analogen begleitet, z. B. durch Zu-Hilfenahme analoger Darstellungsformen (z.B. in der Form von Graphiken), die in die digitale Argumentation integriert werden. Die analoge *Sprechweise* ergänzt die digitale, zum Beispiel in Einleitung und Schluss von fachwissenschaftlichen Publikationen, also dort, wo sie an die Umwelt anschließen, in der Hypothesenbildung und der Einschätzung der Bedeutung der Hypothesen (vgl. dazu auch den Abschnitt zu Textstrukturen in naturwissenschaftlicher Forschungsliteratur, Abschn. 1.3.4). Die Digitalisierung verläuft in den Naturwissenschaften über die Mathematisierung, die Wiederholbarkeit garantiert, in den Geisteswissenschaften durch die Definition von Begriffen, durch die u.a. die in der Geisteswissenschaft der Wiederholbarkeit entsprechende Nachvollziehbarkeit hergestellt wird. Wenn über den fachlichen Tellerrand hinaus zwischen Fachleuten und Laien kommuniziert werden muss, so tritt ein Re-Analogisierungsprozess in Kraft. Dies trifft auch für den Austausch zwischen Geistes- und Naturwissenschaften zu, da die jeweils andere Gruppe Experten- bzw. Laienstatus einnimmt. Soweit die Bemerkungen Kretzenbachers. Wir werden hier weiter bei den Bezeichnungen *Mathematisierung* für das Fassen naturwissenschaftlichen Wissens in Formeln, und (*sprachliche*) *Explizierung* für die sprachlich ausgeführte Erklärung dieser Information bleiben, weil - wie das Beispiel der beiden Formeln von Schoenfeld gezeigt hat - auch mathematisierte Ausdrucksformen einen starken analogen Einschlag à la Kretzenbacher aufweisen können; der Prozess des Ausdrückens des einen Modus in der Form des anderen nennen wir kurz *Übersetzung*. Ein weiterer Grund dafür, 'analoge' und 'digitale' Kommunikation hier nicht als Begriffspaar zu benutzen besteht darin, dass es von Anthony Wilden (1980) schon auf andere Weise benutzt wurde - nämlich das analoge: *Mehr-oder-Weniger* vis-a-vis dem digitalen *Entweder-Oder* - wie bei Michael Cronin (2000, 106) berichtet wird.<sup>89</sup>

---

<sup>89</sup> Michael Cronin, 2000, *Across the Lines. Travel, Language, Translation*, Cork: Cork University Press; darin der Hinweis auf Anthony Wilden, 1980, *System and Structures: Essays in Communication and Exchange*, London: Tavistock, 155-201.

Zur Didaktik: Preuß sieht im weiteren Kontext um seine Aussage zur Mathematisierung als Ziel aller naturwissenschaftlichen Arbeit sehr genau, dass in der Didaktik der Chemie die Mathematisierung der sprachlichen Erklärung, wenn nicht von der Bedeutsamkeit her, so doch in Hinblick auf die zeitliche Präsentation des Fachwissens nachgeordnet sein muss. Er hofft, wie er im Vorwort zu seinem Werk zur Chemischen Bindung sagt (1976, V), dass es anhand seiner Ausführungen möglich ist

... ausreichende Einblicke in diese Materie zu erhalten, um dann, darauf aufbauend, leichteren Zugang zu einer Literatur zu finden, die dieses Gebiet mathematischer und detaillierter darlegt.

Zur Hin- und Herübersetzung: Dies ist besonders dann der Fall, wenn in einem didaktischen Kontext die in eine Formel gefassten Zusammenhänge erklärt werden. Ein kurzes Beispiel aus der Physik zeigt, wie dieser Prozess geschieht und welche sprachliche Mittel dabei zum Einsatz gelangen. In Geschkes *Physikalisches Praktikum* (1998) finden sich zahlreiche sprachliche Explizierungen von mathematischen Ausdrücken. Drei Beispiele aus verschiedenen Teilen des Buches seien herausgegriffen:

Im Abschnitt „Statistische Tests“ im Einleitungskapitel (31):

Der Faktor vor der Exponentialfunktion ergibt sich aus der Normierungsbedingung

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1.$$

Sie besagt, dass die Wahrscheinlichkeit für das Auffinden des Wertes  $x$  der Messgröße  $X$  im Intervall zwischen  $-\infty$  und  $+\infty$  gleich Eins ist.

Im zweiten Kapitel zur Mechanik, im Abschnitt „Grundlagen“ (53):

Die Bewegungsgleichungen ... sind vom Typ

$$\boxed{\frac{d^2 \varphi}{dt^2} = -\omega^2 \varphi} \quad (19)$$

Gl. (19) sagt aus: Es wird eine Funktion  $\varphi(t)$  gesucht, die ihrer zweiten Ableitung nach der Zeit proportional ist.

Im gleichen Kapitel, zum Subthema „Viskosität und Strömung“ (97)

$$\boxed{p + \frac{1}{2} \rho v^2 = p_0} \quad (2)$$

Gl. (2) besagt: Die Summe von statischem Druck  $p$  und kinetischer Energie je Volumen  $\frac{1}{2}\rho v^2$  (Staudruck) ist gleich dem konstanten Gesamtdruck  $p_0$ .

Es existiert eine ganze Reihe von typischen Ausdrucksmitteln für den Prozess der Übersetzung in die und für die Rückübersetzung aus der Formelsprache der Mathematik. Die folgenden Beispiele sind alle nur einer Doppelseite in Geschkes Lehrbuch der Physik entnommen (220/221):

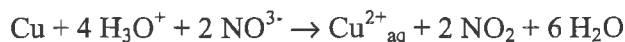
- *einsetzen* (einer Gleichung) *für* (einen Sachverhalt)
- *zur Beschreibung* (eines Sachverhalts) (eine Formel) *heranziehen*
- (ein Sachverhalt) *wird durch* (eine Formel) *beschrieben*
- die Formel/ Gleichung *sagt/ besagt*
- *ausdrücken* (eines Sachverhalts) *durch* (eine Formel/ Gleichung und umgekehrt)
- *schreiben* (eines Sachverhalts) *als* (Formel/ Gleichung)
- (eine Formel) *entspricht* (einem Sachverhalt, und umgekehrt).

Ähnlich wie bei mathematischen Formeln und Gleichungen in der Physik werden in der Chemie Gleichungen und Formeln in sprachliche Formulierungen umgesetzt, oder umgekehrt, sprachliche Formulierungen werden als Gleichungen und Formeln wiedergegeben, so dass sich eine Art von Paraphrasierung ergibt.

### 1.5.1.3 Chemische Formel und sprachlicher Kontext

Beispiele finden sich zahlreich in jedem Lehrwerk der Chemie. Hier soll ein Auszug wiedergegeben werden, der die ersten drei einer Serie von fünf Schritten bei der Synthese von Kupfer(I)Chlorid, CuCl, zum Inhalt hat und zugleich einige Hinweise auf die didaktische Haltung in dieser Passage enthält, und zwar in Form der in Klammern angeführten Kurzfragen, die den Studierenden als Anlass zum Nachdenken und Anwenden vorher gewonnenen Wissens dienen sollen: „(Mineralname?)“ und „(Cu(?)“ (Fischer 1994, 157):

#### 1. Auflösen von Cu-Metall mit Salpetersäure



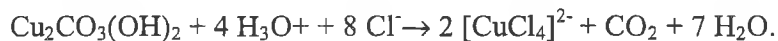
#### 2. Fällung durch Soda als basisches Carbonat, z.B. nach (Mineralname?)



wobei gleichzeitig überschüssige Säure neutralisiert wird



#### 3. Lösung des basischen Carbonats in Salzsäure als $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ -Komplex (Cu(?))

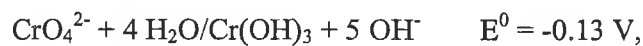


Wie der nachfolgende relativ ausführliche Textauszug, ebenfalls aus Fischer (1994, Vol.1, 93) zeigt, ergibt sich in vielen Fällen auch eine Mischform von mathematischer und chemischer Formulierung. Dies wird insbesondere im letzten

der zitierten Abschnitte (beginnend mit „Zum Ausgleich der Ladungsbilanz ...“) deutlich, der zugleich auch ein Beispiel für das von Vollmer angesprochene ‚Austarieren‘ (vgl. oben, S. 84) darstellt. Der Text unterstreicht dabei nochmals die Einbindung von solchen Übertragungen in einen didaktischen Rahmen. Die Redundanz der zweifachen Formulierung soll den Lernenden helfen, ein „recht schwieriges“ Problem zu überwinden. Hier wie im obigen Beispiel findet sich ein didaktischer Einschub in Klammern „(wieso?)“, der die Studierenden zur Rekapitulation vorangegangenen Materials veranlassen soll.

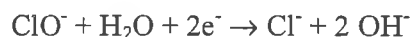
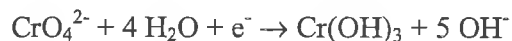
Das Aufstellen von Redoxgleichungen ist für Anfänger meist recht schwierig. Deshalb behandeln wir hier ein Beispiel ausführlich, nämlich die Oxidation der  $\text{Cr}^{3+}$ -Verbindung  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  in stark basischer Lösung durch Natriumhypochlorit  $\text{NaOCl}$ , einer  $\text{Cl}(\text{I})$ -Verbindung (wieso?), zum Chromation, d.h.  $\text{CrO}_4^{2-}$ . Gesucht ist die stöchiometrisch und auch in den Ladungen ausgeglichene Reaktionsgleichung.

Im Anhang sucht man zunächst die Normalpotentiale der vermutlich beteiligten Redoxpaare  $\text{Cr}(\text{VI})/\text{Cr}(\text{III})$  und  $\text{Cl}(\text{I})/\text{Cl}(\text{-I})$  und findet:

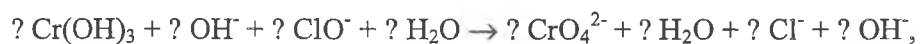


Sie bestätigen, dass  $\text{ClO}^-$  in basischer Lösung das Chrom(III)-hydroxid zum Chromation oxidiert und dabei zu Chloridion reduziert wird.

Die zwei entsprechenden Reduktionsgleichungen sind ausgeschrieben:



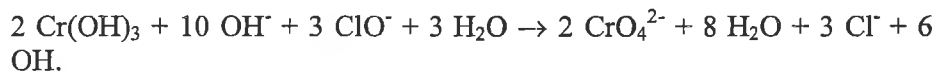
Die Gesamtreaktion ist also zunächst nicht ausgeglichen.



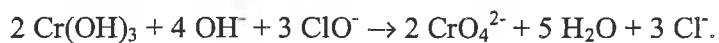
wobei in der Formulierung berücksichtigt wurde, dass die zweitgenannte Reduktion die erste in die umgekehrte Richtung treibt.

Zum Ausgleich der Ladungsbilanz wird nun die erste Reduktionsgleichung mit 2, die zweite mit 3 multipliziert, so dass insgesamt 6 Elektronen übertragen werden.

Die Zusammenfassung liefert dann



Dies ergibt die gesuchte Gleichung



#### 1.5.1.4 Kurzer Exkurs zur Einheit von Sprache und Welt

Der Anfangssatz des Schlussparagrafen in diesem Textauszug, der auf den ersten Blick ungewöhnlich, wenn nicht sogar inkorrekt erscheint, verdient eine weitere kurze Erläuterung. In diesem Satz

Zum Ausgleich der Ladungsbilanz wird nun die erste Reduktionsgleichung mit 2, die zweite mit 3 multipliziert, so dass insgesamt 6 Elektronen übertragen werden.

zeigt der Konsekutivsatz mit *so dass*, wie sehr mathematisch-chemische Formel und sachlicher Inhalt zusammenhängen. In Grammatiken der deutschen Sprache wird der Konsekutivsatz folgendermaßen interpretiert:

Helbig und Buscha (1980, 593):

Die Folge ergibt sich aus dem Geschehen des HS, das durch ein Verb oder durch ein Verb + Adjektiv, Adverb, Substantiv dargestellt ist.

Das Geschehen im Hauptsatz in unserem Beispiel ist: *die Reduktionsgleichung wird multipliziert*, die Folge: *6 Elektronen werden übertragen*. Die beiden Aussagen scheinen inkongruent zu sein, insofern sie sich auf verschiedenen semantischen

Ebenen abspielen. Dies wird ein wenig verständlicher, wenn man nach Weinrich (1994, 736) mit den Begriffen 'semantischer Zusammenhang' und 'Erwartung' arbeitet. Die entsprechende Textstelle bei Weinrich (wobei sein Beispiel durch das hier vorliegende ersetzt wird), lautet:

Zwischen der Bedeutung der Basis, insbesondere ihrem rhematischen Element [die Gleichung wird multipliziert], und der Bedeutung des Adjunkts [Elektronen werden übertragen] besteht hier ein semantischer Zusammenhang. Der Inhalt des Adjunkts füllt einen Rahmen aus, zu dem eine inhaltliche Verwandtschaft besteht. Unter dieser Voraussetzung „folgt“ eines aus dem anderen. (...) [Das Multiplizieren zieht] bestimmte Folgen nach sich, weil sie von den beteiligten Bedeutungsinhalten her zu erwarten sind.

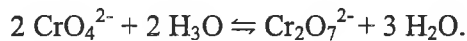
Wenn man als gemeinsame Voraussetzung für das Erkennen von semantischer Verwandtschaft und für bestimmte Erwartungen ein geschultes Vorwissen annehmen darf, so wird die scheinbare Inkongruenz von Geschehen und Folge über dieses Vorwissen aufgelöst. Da der vorliegende Text in einem didaktischen Zusammenhang steht, bleibt auch die Möglichkeit offen, dass die scheinbare Inkongruenz als Hinweis auf eine (zu füllende) Wissenslücke zu verstehen sein könnte.

#### **1.5.1.5 Formel und Sprache: ein Beispiel**

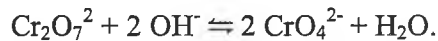
Um nun zur Hauptlinie unserer Argumentation zurückzukehren, soll ein Blick darauf geworfen werden, auf welche Art und mit welchen Ausdrucksweisen die sprachliche Erläuterung chemische Formeln ergänzt und erweitert. Das soll ein Beispiel aus Fischers *Praktikum* zeigen. In Versuch 5 F geht es um das Chromat- und das Dichromat-Ion. Die Textstelle im Buch lautet wie folgt (1994, 75/76):



Die beiden wichtigsten löslichen Cr(VI)-Ionen sind das Chromat-( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) und das Dichromation ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ). (...) Chromate sind charakteristisch gelb gefärbt. Werden Lösungen von Chromaten mit starker Säure versetzt, so ändert sich die Farbe, weil sich dann das orange Dichromat-Ion bildet.



Gibt man zu einer Dichromat-Lösung eine starke Base, so entsteht wieder Chromat.



Die sprachliche Formulierung belegt die chemische Formel mit einem Namen (z.B.  $\text{CrO}_4^{2-}$  benannt als *Chromat*), erläutert die Art (Kategorie, Gruppe) zu der die jeweilige Chemikalie gehört ( $\text{H}_3\text{O}$  ist eine *Säure*, weiter präzisiert durch den Zusatz *stark*), erläutert wichtige visuelle Eigenschaften, in diesen Fällen die Farbe (*gelb* bzw. *orange*), und benennt die Prozesse, welche in den Formeln mit Symbolen angedeutet werden (das „+“, jeweils nur für die linke Seite wird versprochen als *versetzen mit* bzw. *zugeben*; das Reaktionssymbol „ $\rightleftharpoons$ “ als *entstehen* und *sich bilden*). Zusätzlich könnte diesem Symbol die Farbänderung zugeordnet werden. Namen für Verbindungen, die zwar existieren, in der jeweiligen sprachlichen Umformulierung aber nicht verwendet werden, sind in geschweiften Klammern beigefügt. Die folgende Darstellung beschränkt sich auf die zweite Passage im Text. Der sprachliche und der Formelausdruck werden anhand der folgenden Tabelle in Zusammenhang gebracht.

<b>Formel</b>	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	+	$2\text{OH}^-$	$\rightleftharpoons$	$2\text{CrO}_4^{2-}$	+	$\text{H}_2\text{O}$
<b>Name</b>	Dichromat		{Hydroxid -ion}		Chromat		
<b>Art</b>	Lösung		starke Base				
<b>Prozess</b>		zugeben		(wieder) entstehen [Farbe ändert sich]			
<b>Farbe</b>	[orange]				[gelb]		

**Tabelle 6: Formel und Sprache 1 (Fischer 1, 76)**

Es wird deutlich, dass sich Formel und Sprache zu einem Gesamtbild ergänzen, in dem Informationen aus dem unmittelbaren Kontext (runde Klammern, *wieder*), weiteren Kontext (eckige Klammern, Angaben zu Farbe und Farbänderung) und Rückgriff auf angenommenes Vorwissen (geschweifte Klammern, *Hydroxidion*) herangezogen werden.

Die durch sprachliche Ergänzung eingeführte Information kann sich auf eine lange Reihe unterschiedlicher Eigenschaften beziehen. Dazu gehören neben den oben angeführten etwa Namen der Reagenzien, Form ihres Auftretens, ablaufende Prozesse und viele andere mehr. Dies wird im zweiten Teil unter der Überschrift „Reaktion“ ausführlich erläutert.

Wie in der mathematisch-physikalischen Kunstsprache existiert die Notwendigkeit der gegenseitigen Paraphrasierung von „künstlicher“ und „natürlicher“ Sprache. Eben weil die Zeichensprache mehrdeutig ist, und da „für diese unterschiedlichen Bedeutungsebenen nach wie vor identische Zeichen verwendet werden, bleibt die Notwendigkeit einer Präzisierung dieser Zeichen *durch den Kontext bestehen*“ (Vollmer, 1980, 33; Hervorhebung von mir, H.L.).

## 1.5.2 Kultur und Sprache

Die Naturwissenschaften zueinander und die Mathematik als Grundlagenwissenschaft nehmen innerhalb der Ausbildungssysteme verschiedener Länder unterschiedliche Stellungen zueinander ein. Die Stellung und der Stellenwert der Mathematik kann auch zur Einschätzung für einen kulturbedingten intellektuellen Stil dienen. Die sprachliche Umsetzung zeigt einige landessprachliche Eigenheiten, wie anhand englisch-deutscher Beispiele gezeigt wird.

### 1.5.2.1 Mathematik und Kultur

Die Rolle der Mathematik in den unterschiedlichen intellektuellen Kulturen wird bei Johan Galtung<sup>90</sup> mehrmals betont. In seinem berühmten Aufsatz zu den intellektuellen Stilen der französisch-, deutsch- und englischsprachigen Welt sowie Japans unterscheidet Johan Galtung die, wie man vielleicht auch formulieren könnte, unterschiedlichen wissenschaftlichen Kulturen in Hinblick darauf, wie sehr sie die verschiedenen Aspekte des wissenschaftlichen Arbeitens betonen. Die vier von Galtung hervorgehobenen Merkmale des intellektuellen Diskurses sind die Paradigma-Analyse, die wissenschaftliche Beschreibung, die Theoriebildung und das Verhältnis unter Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen.

Die Paradigma-Analyse gibt Auskunft über die Herleitung sowie die Anwendung von Wissen. Die Unterschiede zwischen den Kulturen macht Galtung anhand von typischen Fragen klar, die folgendermaßen lauten (in meiner Übersetzung bzw. Interpretation): Für den saxonischen Stil in der US-amerikanischen Variante: „Wie kann man das umsetzen?“ und in der britischen Variante „Wie kann man das dokumentieren?“, für den teutonischen Stil „Wie kann man das ableiten?“, für den

---

<sup>90</sup> Johan Galtung, 1981, „Structure, culture and intellectual style: An essay comparing saxonian, teutonic, gallic and nipponic approaches“, *Social Science Information* 20, 817-856.

gallischen Stil „Wie kann man das am besten ausdrücken?“ und für den nipponischen Stil „Wer ist der Meister?“. Zum zweiten geht es um die jeweilige Art der wissenschaftlichen Beschreibung; hier sieht Galtung die besondere Stärke des saxonischen Stils, die sich an der britischen Vorliebe für gründliche Dokumentation und der US-amerikanischen Begeisterung für statistische Untermauerung von Fakten zeige, während das dritte Charakteristikum, die wissenschaftliche Erklärung in Form der Theoriebildung die besonderen Stärken des teutonischen und gallischen Stils seien. Dies ist nach Galtung auf ein unterschiedliches Verständnis dessen, was unter Realität zu verstehen sei, zurückzuführen (1981, 828; Hervorhebung im Original):

to the teutonic and gallic intellectual, potential reality may be not so much the reality to be even more avoided or even more pursued than the empirical one but rather *a more real reality*, reality free from the noise and impurities of empirical reality.

Die vierte Unterscheidung betrifft das Verhältnis zu anderen Wissenschaftlern. In allen intellektuellen Stilen ist der Kontakt mit Fachkollegen und -kolleginnen sehr wichtig, doch die Art wie dieser Kontakt (z. B. in Konferenzen) stattfindet, kann je nach Kultur sehr unterschiedlich ausfallen. Im saxonischen Stil gelten nach Galtung Debatte und Diskussion als Mittel der Kohäsion in der (Elite)Gruppe der Forscher und Forscherinnen. Im gallischen und teutonischen Stil hingegen ist Konfrontation eher die Norm. Die nipponische Diskussion ist nach Galtung weniger ein intellektueller denn ein sozialer Akt.

All diese Charakteristika und Eigenschaften sind miteinander verwoben und voneinander abhängig, und haben mit sozialen und historischen Entwicklungen zu tun, werden durch sprachliche Eigenheiten in den jeweiligen Sprachgruppen ergänzt, auf die an dieser Stelle aber nicht näher eingegangen wird.

Zur Mathematik heißt es, dass im teutonischen Stil der Aufbau, die Entwicklung und die Erhaltung von theoretischen Gebäuden, von Galtung mit dem Bild einer Pyramide erläutert, besonders wichtig sei. Ist die Theorie einmal erstellt, wird

streng deduktiv weitergearbeitet und aus den theoretischen Prinzipien ergibt sich die Leitidee der 'Gedankennotwendigkeit'. Hier ist also die Mathematik mit ihrer streng deduktiven Denkart quasi eine Fortsetzung, Verlängerung des ohnehin gegebenen intellektuellen Stils. Galtung kehrt diese Aussage sogar noch um, also nicht nur: wer dem teutonischen Stil angehört, mathematisiert, sondern auch: wer mathematisiert, neigt zum teutonischen Stil (829):

The teutons are masters at building such [deductive theory-formation] pyramids. Mathematics is based on this, so mathematization *may* tend to bias the intellectual towards the teutonic style.

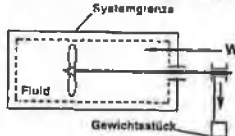
Der Wissenshintergrund ist in unterschiedlichen Ländern auch in den Anfangssemestern eines Studiums ganz unterschiedlich einzuschätzen. Zum einen kann die Ausbildungsdauer recht unterschiedlich ausfallen, und zwar sowohl an der Zahl der Jahre gemessen, die Kinder/ Jugendliche in der Schule verbringen, als auch am Lebensalter gemessen. Beispielsweise steigen Kinder in Irland schon mit 4 oder 5 Jahren in das Schulsystem ein, während in Deutschland die Schullaufbahn normalerweise mit 6 Jahren beginnt und in manchen skandinavischen Länder fängt die Schule noch einmal um ein Jahr später an. Zweitens führen je nach Land (und innerhalb vieler Länder auch nach Region: bestes Beispiel sind die deutschen Bundesländer) ganz unterschiedliche Wege zu einem Studium. Dies wirkt sich beispielsweise auch auf die Zahl, Art und Kombination der in der Schule gelernten Fächer aus. Innerhalb der unterschiedlichen Kulturräume (wie auch immer man sie definieren könnte, was hier nicht nötig ist) zeichnen sich Tendenzen ab, wie Fritz Kubli (1987, 146) sie anhand der typischen fachlichen Ausrichtung von Lehrern und Lehrerinnen der Naturwissenschaft festhält:

Die Einschränkung auf den Kulturraum ist insofern wichtig, als im angelsächsischen Bereich der science teacher üblicherweise Physik und Chemie unterrichtet und auch diese beiden Fächer studiert hat, während im schweizerischen oder bundesdeutschen Raum der Physiker die Mathematik als zweites Fach studiert hat und unterrichtet. Der Chemiker geht dafür eher mit dem Biologen zusammen.

Wie aus diesem Zitat zu ersehen, gehen zumindest bei Lehrern und Lehrerinnen die Hochschul- und die Schulausbildung parallel. Der höhere Mathematikgehalt und das höhere mathematische Niveau der kontinentaleuropäischen Naturwissenschaftsausbildung wird auch beim Studentenaustausch zwischen Irland und Deutschland immer wieder zum Problem.

Als Sinnbild für die unterschiedliche Position der Mathematik in technisch-naturwissenschaftlichen Fächern seien zwei von Eßer und Little (2000, 8/9) als typisch reproduzierte Seiten aus Universitätskripten angeführt, in denen deutlich zu sehen ist, dass die mathematische Formulierung im deutschen Skript eine prominente Stellung einnimmt, während sie im irischen Skript höchstens angegedeutet ist.

**FORMEN DER MECHANISCHEN ARBEIT :  $W_{12}^W$  3.4.4**



Wellenarbeit  $W_{12}^W$

Systemgrenze eigentlich:

Schaufelrad aussparnd  $\rightarrow$  bewegte Systemgrenze  $\rightarrow$  Arbeit

Ersatzvorstellung von Systemgrenze geschnittene Welle mit Ersatzkräftepaar  $\rightarrow$  Drehmoment  $M_d \rightarrow$  Wellenleistung  $P_W = M_d \omega$

Mit  $\omega \Delta$  Winkelgeschwindigkeit  $\left[ n_d = \frac{\omega}{2\pi} \Delta \text{ Drehzahl} \right]$

$$\rightarrow W_{12}^W = \int_{t_1}^{t_2} P_W(t) dt = 2\pi \int_{t_1}^{t_2} M_d(t) n_d(t) dt \Delta \text{ Wellenarbeit}$$


**BEACHTEN**

- $\rightarrow$  Insgesamt ein irreversibler Prozeß  $\rightarrow$  Dissipation von Wellenarbeit
- $\rightarrow$  Geschlossenes System kann keine Wellenarbeit abgeben (im Unterschied zum offenen System)

TECHNISCHE THERMODYNAMIK

ME4111 ENGINEERING MECHANICS  
CHAPTER 1 PAGE 2

Example: Person sits off centre on chair.



To find:

- Forces in each leg (internal chair forces)
- Forces transmitted to the ground (reaction forces)
- How reaction forces change if person leans back so only two legs on ground?

In summary, interest is in examining objects in equilibrium and determining internal forces and reaction forces when applied forces are known

NOTE: We are **NOT** interested in deformations (changes in size/shape) in this module – that's done next year in Mechanics of Solids.

**1.2 Models of Reality – Particles and Rigid Bodies**

Don't deal with Reality – too complicated. Deal with simplified **Mathematical Models** of Reality.

One way to model the chair would be as a collection of atoms. Could work out all the forces between the atoms using nuclear physics, but this is way more complicated than we need here.

Abb. 5 Mathematik in englisch- und deutschsprachigem Skript

Die Hin- und Herübersetzung zwischen mathematischer Formulierung und sprachlicher Umsetzung zeigt deutliche zwischensprachliche Unterschiede. Die Beispiele für die sprachliche Realisierung in Deutschen und Englischen sind alle Fromherz/King (1980, 444ff.) entnommen

1) Durch die stärkere Latinisierung des Englischen werden die - oft gleichbedeutenden - Grundmetaphern etymologisch weniger deutlich sichtbar.

Beispiele:

Englisch	Deutsch
<i>equation</i>	Gleichung
<i>fraction</i>	Bruch
<i>numerator</i>	Zähler
<i>denominator</i>	Nenner

und viele andere mehr, wie zum Beispiel bei sehr zahlreichen Ausdrücken aus der Geometrie:

<i>inclined</i>	schief (von Ebenen)
<i>curved</i>	gekrümmt (dto.)
<i>oblique</i>	schräg
<i>perpendicular</i>	senkrecht
<i>acute</i>	spitz (von Winkeln)
<i>obtuse</i>	stumpf (dto.)

2) Bei längeren mathematischen Gleichungen zeichnet sich die sprachliche Umsetzung durch Unterschiede in der Gruppierung und Reihenfolge aus. Der mathematische Ausdruck

$$[(x + a)^p - \sqrt[r]{x}]^{-q} - s = 0$$

wird auf englisch so versprachlicht: .

*x plus a in (round) brackets to the power p, minus the r-th root of x, all in square brackets, to the power minus q, minus s equals nothing (zero).*

Auf deutsch lautet die sprachliche Umsetzung folgendermaßen:

Eckige Klammer auf, runde Klammer auf, *x plus a*, runde Klammer zu, hoch *p*, minus *r*-te Wurzel aus *x*, eckige Klammer zu, hoch minus *q*, minus *s* ist gleich Null.

3) Synonyme, und die Möglichkeit zu synonymisieren sind in den beiden Sprachen sehr zahlreich, aber unterschiedlich verteilt. Dies wird an einigen oben unter 1) angeführten Beispielen deutlich, wo im Englischen für den Ausdruck *perpendicular* als Synonym *vertical* zur Verfügung steht, wie auch im Deutschen zum Wort *senkrecht* die Alternative *vertikal* zur Verfügung steht. Hier wäre also eine relative Ausgewogenheit in den Synonymisierungs-Möglichkeiten gegeben (sieht man von der weiteren, etwas veralteten, aber immer noch gebrauchten Form *lotrecht* im Deutschen ab).

Wie im voraufgehenden Absatz 2) schon deutlich wird, kann die Zahl '0' (deutsch 'Null') im Englischen mit 'nothing' oder 'zero' oder 'nought' in sprachliche Form umgesetzt werden. Dies ist ein Beispiel für deutliche Asymmetrie in der Synonymisierung in den beiden Sprachen.

4) Für die englische und deutsche Literatur wurden Meeres- und Seefahrts-Metaphern bzw. Land- und Waldmetaphern als Zentralbilder herausgeschält. Ein Echo davon findet sich im vorliegenden Zusammenhang in der statistischen Mathematik, die für die Fehlerberechnung in allen experimentellen Wissenschaften von herausragender Bedeutung ist. Im folgenden Beispiel stehen dem englischsprachigen seebezogenen '*fluctuate*' (verstärkt noch durch die Kombination mit der Präposition '*about*') und '*drift*', die deutschen landbezogenen Begriffe 'schwanken'<sup>91</sup> (kombiniert mit '*um*') und 'Gang' gegenüber:

---

<sup>91</sup> Duden Herkunftswörterbuch, s.v. „schwanken“  
**schwanken**: Das erst *spät*mhd. als *swanken* bezeugte Verb ist ebenso wie →schwenken vom Stamm des heute seltenen Adjektivs *s c h w a n k* „biegsam, schwächlich, unsicher“ (*mhd.*, *mind.* *swanc*) abgeleitet, das seinerseits mit *aisl.* *svangr* „dünn, biegsam, hungrig“ und *aengl.* *svancor* „mager, geschmeidig“ zu der unter →*schwingen* dargestellten *germ.* Wortgruppe gehört. Abl.: *S c h w a n k u n g w* (16. Jh.).

“Dünn, biegsam, geschmeidig” sind m.E. alles Wörter, mit denen etwa Bäume beschrieben werden können.



Englisch	Deutsch
The value of the individual measurements <i>fluctuates</i> irregularly <i>about</i> the mean (casual errors); if the values of the individual measurements rise or fall continuously they are said to have a 'drift' or a 'trend'. A 'drift' is usually caused by an error in the regulation of the measurements ...	Die Werte der Einzelmessungen <i>schwanken um</i> das Mittel in unregelmäßiger Weise (zufällige Fehler); von stetig ansteigenden oder abfallenden Werten der Einzelmessungen sagt man: Sie haben einen <i>Gang</i> . Ein <i>Gang</i> ist meist durch einen Fehler in der Messanordnung bedingt ...

**Tabelle 7: Meeres- und Landmetapher (Fromherz/King, 450/51; meine Hervorhebungen, H.L.)**

Dies führt so weit, dass die von diesen beiden Wörtern umschlossenen Ausdrücke 'rise or fall' bzw. 'ansteigend(en) oder abfallend(en)' zumindest für den Autor dieser Zeilen als seetypische Wellenbewegung einerseits, und als landtypisches Auf-und-Ab einer Hügel- oder Berglandschaft empfunden werden, zumal in diesem Kontext die im Englischen mit *rise* und *fall* stark verknüpften Assoziation von 'Ebbe und Flut' (*falling/rising tide*) oder von Wellen als deutschsprachige Entsprechungen völlig ausgeschlossen sind (etwa *sich heben* und *senken*, wie von Wellen).

Als Resultat lässt sich festhalten, dass zwar einerseits die Formelsprache der Naturwissenschaften als Denkmittel unverzichtbar ist, besonders dort, wo sie, wie Werner Heisenberg (1973, 181) es ausdrückt, den Raum verlässt, „in dem sich unsere gewöhnliche Sprache gebildet hat und für den sie brauchbar ist“. Er fährt fort: „Wir sind daher gezwungen, eine neue Sprache zu lernen, die der gewöhnlichen Sprache an vielen Stellen sehr fremd ist.“<sup>92</sup> Andererseits darf, wiederum nach Heisenberg (1959, 383), die Benutzung dieser „neuen“ Sprache nicht umschlagen in ein Misstrauen gegenüber der gewöhnlichen Sprache:

---

<sup>92</sup> Werner Heisenberg, 1973, „Sprache und Wirklichkeit in der modernen Physik“, In: Werner Heisenberg, *Schritte über Grenzen. Gesammelte Reden und Aufsätze*, München: Piper.

Wir wissen, dass jedes Verständnis schließlich auf der gewöhnlichen Sprache beruhen muss, denn nur dort können wir sicher sein, die Wirklichkeit zu berühren; und daher müssen wir skeptisch sein gegen jede Art von Skepsis hinsichtlich dieser gewöhnlichen Sprache und ihrer wesentlichen Begriffe.<sup>93</sup>

Besonders das Wort „Verständnis“ ist nochmals ein Fingerzeit in Richtung Didaktik, für die Heisenbergs „gewöhnliche“ Sprache so wichtig erscheint.

### 1.5.2.2 Kulturelle Unterschiede: Übersetzerperspektive

Zu kulturellen Unterschieden nimmt aus der Perspektive der fachsprachlich-technischen Übersetzung Peter Schmitt<sup>94</sup> (1994) Stellung, wobei er interessanterweise das gesamte Konzept der Eindeutigkeit von Fachtexten in Frage stellt. Es folgt eine Zusammenfassung von Schmitts Hauptargumenten, die, wo möglich, durch Verweise auf Beispiele in der Fachsprache der Chemie ergänzt wird.

Für fachsprachliche Texte (Technik) wird, so Schmitt, wegen der hohen Äquivalenz von Begriffen normalerweise ein geringerer Schwierigkeitsgrad im Übersetzen angenommen. Ausnahmen werden von den Gebieten Recht, Wirtschaft und Sozialwissenschaft gebildet, weil sie aus verschiedenen Gründen international weniger normiert sind. Aber auch bei technisch-fachsprachlichen Texten gibt es z. T. erhebliche interkulturelle Unterschiede, z. B. zwischen dem was ‘Kernkraftwerk’ im Vergleich zu ‘*nuclear power station*’, oder sogar, was ‘*nuclear power station*’ (Großbritannien) im Vergleich zu ‘*nuclear power plant*’ (USA) bedeutet, nämlich in Hinsicht auf die unterschiedlichen Konstruktionen in den verschiedenen Jurisdiktionen. Ein Übersetzungsbeispiel von Judith Macheiner, das

---

<sup>93</sup> Werner Heisenberg, 1959, *Physik und Philosophie* wie zitiert in Kretzenbacher (1997, 136).

<sup>94</sup> Peter Schmitt, 1994, „Die ‘Eindeutigkeit’ von Fachtexten: Bemerkungen zu einer Fiktion“, In: Mary Snell-Hornby (Hg.) *Übersetzungswissenschaft. Eine Neuorientierung*, Tübingen und Basel: Francke (UTB für Wissenschaft), 252-282.

anhand der mit Kraftwerken ja sehr häufig einhergehenden Kühltürme genau diese Unterschiede aufdeckt, findet sich in Teil 2 dieser Arbeit unter dem Stichwort „Reaktion“.

Im engeren fachsprachlichen Bereich führt Schmitt die Beispiele von *'alloy steel'* vs. *'legierte Stähle'* an, die in den unterschiedlichen Sprachbereichen unterschiedlich definiert werden, in der Form, dass keine 1 : 1-Beziehung mehr besteht. *'Alloy steel'* muss je nach Kontext als *'Leichtmetall(legierung)'*, vielleicht sogar *'Alu(minium)'* einerseits, oder vielleicht als *'Legierung'* andererseits übersetzt werden. Die Stahl-Kategorisierung in Deutschland und den USA folgt insgesamt unterschiedlichen Normen.

Weiter bemerkt Schmitt Inkongruenzen durch kulturspezifische Begriffshierarchien. So ist etwa der Unterschied zwischen *'schweißen'* und *'löten'* im Deutschen, und zwischen *'welding'* und *'soldering'* im Englischen (hier: britisches Englisch) durch andere Übergänge, die sich insbesondere auf die Temperatur bei den jeweiligen Arbeiten beziehen, gekennzeichnet. Inkongruenzen entstehen weiter durch fehlende Entsprechungen in der jeweiligen anderen Sprache, wie sich am Beispiel *'washer'* vs. *'Scheiben und Schraubensicherungen'* zeigt. Etwas ganz Ähnliches kann in der Chemie festgestellt werden. Die Fachsprachen in ihren jeweiligen nationalsprachlichen Ausprägungen differenzieren bestimmte Begriffsfelder unterschiedlich genau aus, wie anhand der folgenden Passage aus Fromherz und King (1968, 387, Fußnote) deutlich wird.

In der englischen Fachsprache besteht die Tendenz, für den Begriff „Bindung“ feinere Unterschiede zu machen als in der französischen und in der deutschen Fachsprache: Man spricht von „linkage“, wenn man die Betonung auf die Verknüpfung von zwei Komponenten legt. Man spricht von „bond“, wenn man die Betonung auf die Struktur der Bindung selbst legt; man spricht von „bonding“, wenn es sich um das Zustandekommen der Bindung handelt; schließlich spricht man von „binding“, wenn man

ganz allgemein auf die Vereinigung von mehreren Komponenten hinweisen will, ohne eine besondere Einzelbindung im Auge zu haben.<sup>95</sup>

Schmitt führt weiter aus, dass eine Norm auch dann, wenn sie international festgelegt ist, häufig im Arbeitsalltag von Jargon überlagert wird. Sein Beispiel ist, dass der Unterschied zwischen 'Schraube' und 'Bolzen' im Englischen nicht durch 'screw' und 'bolt' wiedergegeben werden kann, da sowohl 'screw' als auch 'bolt' dem deutschen 'Schraube' (allerdings in verschiedenen Erscheinungsformen) entsprechen, und 'Bolzen' korrekterweise mit englisch 'pin' wiedergegeben werden sollte. Man könnte vielleicht Zweifel anmelden, ob es sich beim angegebenen Beispiel wirklich um Jargon handelt. Ein paralleles Phänomen findet sich in der Chemie bei den sogenannten Trivialnamen für die unterschiedlichsten begrifflichen Bereiche, angefangen bei der Nomenklatur (bis hin zur „Trivialnomenklatur“), über institutsinterne Sprachregelungen bis hin zu typischem Laborjargon (z.B. „kochen“), wie beim Vergleich zwischen der deutschen und der englischen Fachsprache der Chemie weiter oben schon ausgeführt wurde.

Zum Thema Jargon gehört nach Schmitt auch, dass der pragmatische Einsatz von bestimmten Wörtern in der Praxisanwendung gelegentlich dem durch Norm Festgelegten entgegenschlägt. Beispielsweise wird der Terminus 'Schließkraft' (ein Begriff aus der Eisengießerei) manchmal synonym mit 'Zuhaltekraft' verwendet, in anderen Fällen werden die beiden Begriffe als Antonyme eingesetzt. Dazu kommen manchmal auch firmenspezifische Verwendungsweisen, die sich aus den Arbeitsabläufen vor Ort ergeben. Die firmenspezifischen Verwendungsweisen haben in der Chemie ihr Gegenstück in den eben schon erwähnten institutsinternen

---

<sup>95</sup> Die entsprechende englischsprachige Passage lautet: „In English terminology there is a tendency for finer distinctions to be made in relation to the "bond" concept than in French and German. The term "linkage" is used when it is desired to emphasise the connection between two components; the term "bond" implies more attention on the connection as such. One speaks of "bonding" in referring to the creation of the bond; finally the term "binding" in [sic!] used quite generally to refer to the structure of several components without indicating a particular individual bond."

Sprachregelungen. Ebenso bleiben auch bei äußerst zentralen Begriffen der Chemie Unschärfbereiche, die einen recht willkürlichen Einsatz der jeweiligen Begriffe rechtfertigen.

Hoffmann (1988, 1597) sagt dazu:

Most of the useful concepts of chemistry (for the chemist: aromaticity, the concept of a functional group, steric effects, and strain) are imprecise.

Bestätigt wird dies in Morrison und Boyds Lehrbuch zur Organischen Chemie in Bezug auf die Aromatizität (1986, 649; Hervorhebungen im Original), wo die Einordnung von Verbindungen als 'aromatisch' zunächst als zweckmäßig gesehen wird,

Für Chemiker ist es zweckmäßig, alle organischen Verbindungen in zwei große Klassen einzuteilen, in **aliphatische** und **aromatische** Verbindungen.

was dann aber sehr rasch wieder relativiert und in der Verwendung den (zukünftigen) Chemikern und Chemikerinnen anheim gestellt wird (dto., 650):

Man darf die Einteilung in aliphatische und aromatische Verbindungen nicht überbewerten. Obwohl sie sehr nützlich ist, ist sie oft weniger wichtig als eine Einteilung nach anderen Strukturelementen.

Der nächste, und letzte Punkt von Schmitt wird sich im Verlauf der Diskussion in den Mittelpunkt der Betrachtung schieben. Fachsprache besteht nicht nur aus Nomina, und Unterschiede im fachsprachlichen Gebrauch ergeben sich auch bei anderen Wortarten, wie z. B. bei Ortsadverbien und Verben.

Zu den Ortsadverbien heißt es bei Schmitt, dass etwa im Kontext eines Handbuchs das englische '*Remove top retaining screw ...*' auf deutsch korrekt mit 'Befestigungsschraube (oben) lösen ...' wiedergegeben werden müsse, da sich aus der begleitenden Graphik ersehen lasse, dass es nur eine Schraube gibt, wodurch das '*top*' als Lagebeschreibung und nicht als Unterscheidungsmerkmal (vs. z. B. '*lower*') zu interpretieren sei.

Wie im vorangegangenen Beispiel (*to remove* als 'lösen', nicht 'entfernen') schon kurz anklingt, werden auch Verben in jeweiligen Kontexten unterschiedlich verwendet. Dieses Thema wird mit einer ausführlicheren Zitierung auch dieses Beispiels im praktischen Teil bei der Betrachtung des „Verhaltens“ unterschiedlicher chemischer Einheiten unter der Überschrift *Atome* des Näheren besprochen.

Mathematik und Formel spielen sowohl in der Fachsprache der chemischen Forschung als auch der Lehre eine wichtige Rolle. Bei Ebel und Weise werden die Texte der Chemie nur unzureichend bestimmt, Hoffmann und Laszlo kümmern sich ausschließlich um die Sprache der Forschung, wenn auch Ausbildung und Labor immer wieder einmal erwähnt werden. Deshalb folgt nun eine genauere Auseinandersetzung mit diesem Gebiet, wobei es für die Zwecke dieser Arbeit (und vielleicht auch darüber hinaus) sinnvoll erscheint, die Sprache der Chemie von der *Lehrsprache* der Chemie abzutrennen. Wie schwierig die Einordnung der Lehrsprache in eine Textsortenanalyse der Naturwissenschaften ist, wird sich dabei erweisen.

## 1.6 Lehrsprache der Chemie

Es folgt eine zusammenfassende Darstellung der Aufgliederung der Chemie, und danach der chemietypischen Textsorten, die sich an Thorsten Roelckes Beschreibung der Medizinsprache anlehnt - und die damit auch exemplarisch Unterschiede zu anderen Fachsprachen hervorhebt. Die Textsortenbestimmung für Lehrtexte zeigt eine erhebliche Unsicherheit und Widersprüchlichkeit.

### 1.6.1 Einbettung in die Chemie

Die Chemie wird definiert als die Naturwissenschaft, die sich mit der Zusammensetzung der Körper, die ihrerseits aus Stoffen bestehen, beschäftigt. Es ist die Aufgabe der Chemie „zu untersuchen, wie sich die Stoffe zusammensetzen. Mit Hilfe der Chemie kann man auch wichtige Stoffe herstellen ...“ (deutsch komplex chemie, 1982), oder, wie in Fromherz/King (1968, 3):

Chemie wird gewöhnlich als die Wissenschaft bezeichnet, die sich mit der Darstellung und den Eigenschaften der verschiedenen Erscheinungsformen der Materie und mit den zwischen ihnen bestehenden Beziehungen befasst.<sup>96</sup>

Die Chemie ist als eigenständige Wissenschaft seit langem anerkannt, bestimmte Aspekte der Chemie lassen sie jedoch gelegentlich als Teilgebiet der umfassenderen Physik erscheinen, so dass die Chemie beispielsweise als „Physik der äußeren Elektronenschalen“ bezeichnet wird (Ebel, 1993, 1248). Die Aufgliederung des Fachgebietes verläuft anhand horizontal bzw. vertikal gedachter Linien.

---

<sup>96</sup> Der englische Paralleltext dazu lautet (S. 2): „Chemistry is usually described as the science which deals with the preparation and properties of the different forms of matter, and the relations that exist between them.“

Unter horizontaler Gliederung wird die (außersprachliche) Fächergliederung und Fachbereichseinteilung des jeweiligen Fachs verstanden, wobei in die beiden Hauptkategorien Theorie und Praxis unterteilt wird (vgl. Roelke, 1999, 34ff.) Die horizontale Gliederung der Chemie umfasst die verschiedenen theoretischen Disziplinen, welche z.B. von der IUPAC in sieben „Divisionen“ eingeteilt werden: die Physikalische, Anorganische, Organische, Makromolekulare, Analytische, Angewandte und Klinische Chemie (vgl. dazu Ebel, 1997, 1238). Daneben existieren Untergliederungen wie Elektrochemie, Industrielle Chemie, Werkstoffchemie, Farbstoffchemie, Oberflächenchemie usw. Die Unterscheidungen basieren auf der Zusammensetzung der Stoffe, mit denen sich die Wissenschaft beschäftigt (anorganisch vs. organisch), oder auf den Aspekten der Chemie, mit denen man sich auseinandersetzt (physikalische, makromolekulare Chemie); weiterhin werden sie anhand des Ortes, an dem interessierende Prozesse vorwiegend stattfinden (Oberflächenchemie), oder der allgemeinen (Industrielle Chemie, Technische Chemie, Umweltchemie) oder spezifischen Anwendung (Farbstoff-, Werkstoffchemie) der Fachwissenschaft durchgeführt. Dazu gibt es Randgebiete der Chemie, wie Mineralogie, oder - in Berührung mit der Medizin - Immunologie und Pharmazie. Diese horizontale Schichtung ist einerseits durch viele Übergangsbereiche gekennzeichnet, wie z.B. zwischen Pharmakologischer Chemie und Medizinischer Pharmakologie, andererseits durch Spezialistentum, das die Verständigung innerhalb der Chemie als Ganzes zum Teil erheblich erschweren kann. Zur vertikalen Schichtung gehören, in stark vereinfachender Darstellungsweise, zumindest drei Ebenen, und die Kommunikation innerhalb dieser Ebenen und zwischen ihnen. Auf der Wissenschaftsebene wird über Forschungserkenntnisse kommuniziert; die praktische Ebene kommt insbesondere innerhalb der technischen Vorgänge im Zusammenhang mit der Herstellung chemischer Produkte oder der Herstellung anderer Produkte mit chemischen Methoden zustande. Wo in der medizinischen Fachsprache schließlich als dritte Ebene die Behandlungsebene zwischen Ärzten und Patienten existiert, findet sich kein entsprechendes Gegenstück in der Chemie. Die Kontakte zwischen Fach- und Alltagswelt, zwischen Experten und Laien, kommen - außer in Randbereichen wie



etwa der Pharmakologie in der Form von Beipackzetteln - in der Chemie fast ausschließlich über didaktische Texte mit fachinternen bzw. fachexternen Adressaten (Abb.3 Didaktische Texte nach Ickler) zustande, also über die Nachwuchsausbildung durch Lehrtexte oder über die Popularisierung in Sachtexten. Das Fehlen eines alltäglichen Kontaktfeldes zwischen der Chemie- und der Alltagswelt hat zu einer „Einigungstendenz“ innerhalb der Chemie, zu einer Tendenz, die Fachsprache zur Gruppensprache werden zu lassen, geführt und damit zum Eindruck von der Chemie als geheimnisvollem, hermetischem Fach geführt, das sich zum Beispiel darin äußert, dass die Chemie als Schulfach „zu den unbeliebtesten gehört“, unter anderem weil „sich die Chemie einer sehr spezifischen, der Alltagssprache häufig widersprechenden Fachsprache bedient“ und weil die „ein Maß abstrakten Modelldenkens erfordert“, dem das kognitive Entwicklungsniveau vieler Schülern und Schülerinnen (noch) nicht gewachsen ist, wie auf der Webseite der Chemiedidaktiker der Universität Bayreuth geklagt wird.<sup>97</sup>

Anders als in der medizinischen Fachsprache, wo der Gebrauch des Deutschen von „oben“ nach „unten“, also von der Wissenschaftsebene hin zur Behandlungsebene zunimmt, kann man für die Chemie von einer L-förmigen Kurve sprechen: in der Wissenschaft hat das Englische das Deutsche so gut wie verdrängt. In der Praxis, d.h. im chemischen Labor, steht Deutsch immer noch weit im Vordergrund, während auf der didaktischen Ebene im Hochschulbereich eine zunehmende Tendenz zum Unterrichten in der englischen Sprache erkenntlich wird, wobei aber in vielen Fällen der Unterricht auf englisch (für eine gemischt deutsch-internationale Studentenschaft) und auf deutsch (vorwiegend für MuttersprachlerInnen) nebeneinander herlaufen.

Zu den chemietypischen Textsorten gehören fachliche Monographien, sowie Artikel in wissenschaftlichen Fachbüchern und -zeitschriften (für welche

---

<sup>97</sup> <http://www.uni-bayreuth.de/departments/ddchemie/>

insbesondere die Referate-Zeitschriften wie *Chemical abstracts* etc. typisch sind), dazu Vortragsberichte und wissenschaftliche Tagungsberichte, chemische Enzyklopädien, Wörterbücher und Lexika, Kompendien wie Gmelin und Beilstein, terminologische Handbücher der IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), die teilweise unter dem Titel „Internationale Regeln für die chemische Nomenklatur und Terminologie“ auch ins Deutsche übertragen wurden; all diese Textsorten werden oft, wie beispielsweise bei Ebel, der ansonsten auf die Texttypologie nicht eingeht, oder Ischreyt oder Hoffmann (vgl. unten unter „Sprache der Lehre der Chemie“) als „Theoriesprache“ zusammengefasst. Daneben gehören zu den chemietypischen Textsorten auf der Ebene der Praxis Laborhandbücher und -anleitungen, Analyse- und Synthesevorschriften, Laborprotokolle, Bedienungsanleitungen für Geräte und Apparaturen etc.<sup>98</sup> Textsorten, die den medizinischen im Bereich der Behandlung entsprechen (wie z.B. Aufklärungs- und Einverständniserklärungen von Patienten), existieren - wie weiter oben schon kurz erwähnt - nur im pharmakologisch-medizinischen Randbereich in Form der Beipackzettel von Medikamenten, zu denen es eine relativ ausführliche Literatur gibt.<sup>99</sup> Auf der Ebene der Didaktik sind insbesondere Lehr- und Handbücher zu erwähnen, die sich an den oben erwähnten Untergliederungen des Fachs orientieren. Da ein Großteil der chemischen Ausbildung in Laboren stattfindet, spielen Textsorten der (Labor)Praxis in der Ausbildung eine sehr

---

<sup>98</sup> vgl. Günter Weise, 1985, „Textsorten und Texttypen in der wissenschaftlichen Fachsprache“, In: R. Gläser (Hg.), *Fachsprachliche Textlinguistik*, Berlin, 20-30, und Günter Weise, 1993, „Criteria for the Classification of ESP Texts“, In: *Fachsprache* 15, 36-31.

<sup>99</sup> vgl. hierzu Roelcke, 1999, a.a.O., aber auch beispielsweise, mit einer ausführlichen Bibliographie zu diesem Thema, Eva Martha Eckkammer, „Are texts of daily use really useful? A contrastive analysis of text-creation strategies in German and Portuguese patient package inserts“, In: Gerhard Budin (Hg.) *Multilingualism in specialist communication - Multilingualisme dans la communication spécialisée - Mehrsprachigkeit in der Fachkommunikation*, Wien: International Network for Terminology, Vol. 1, 183-203.

gewichtige Rolle, wenngleich ihr Status theoretisch sehr unklar erscheint, wie im folgenden Abschnitt deutlich wird.

## 1.6.2 Zur Fachsprache der Lehre

Harald Weinrich beschreibt in seinem Buch *Lethe. Die Kunst und Kritik des Vergessens* (1997, 263/64) die Wissenschaft als ein vielköpfiges Unternehmen,

das nach disziplinar geregelten und intersubjektiv nachprüfbar Verfahren wahre Erkenntnisse über die Welt

- durch Forschung gewinnt
- durch Publikation verbreitet
- durch Dokumentation verfügbar hält.

Diese drei Schritte werden vereinfacht als Suchen, Schreiben und Speichern bezeichnet. Die Fachsprache der Lehre der Chemie, kürzer gesagt die Lehrsprache der Chemie, bildet die Ausdrucksweise für die Phase der *Wissensspeicherung*. Es steht aber, wie Weinrich weiter darlegt, „außer Frage, dass diese drei Phasen (...) gleichzeitig Rangstufen des wissenschaftlichen Prestiges bezeichnen (...). Wer als Forscher die wissenschaftliche Erkenntnis *sucht* (und sie hoffentlich auch *findet*), zieht fast die gesamte Aufmerksamkeit und Anerkennung der Öffentlichkeit auf sich, und so bleibt für die Funktionen des Schreibens und Speicherns nur ein bescheidener oder gar kein Applaus übrig.“ Im Vokabular von Thomas S. Kuhn gehört die Lehrsprache definitiv nicht zu der Seite der Wissenschaft, die Paradigmen sprünge vollzieht oder wissenschaftliche Revolutionen vorantreibt, sondern sie steht fest auf der Seite der *normal science* und gehört damit zu den Trossknechten der wissenschaftlichen Progression.

### 1.6.2.1 Lehrsprache in der Textsortenanalyse

Der folgende Abschnitt zeigt, dass die Bestimmung der Stellung der Fachsprache der Lehre der Chemie von Unsicherheiten gekennzeichnet ist. Anhand der

Schwierigkeiten der Positionierung der Texte, die vorwiegend oder ausschließlich der Wissensvermittlung dienen, kann auch gezeigt werden, wo Schwachstellen in den verschiedenen Systematiken der Textsortenanalyse liegen. Aus dem Überblick über diese Problemfelder wird schließlich eine eigene, pragmatische Textsortenbestimmung vorgenommen.

Es ist keineswegs vollständig geklärt, ob die Lehre der Chemie ein Gebiet ist, das dem akademischen Fach *Chemie* zugerechnet werden sollte. Vollmer (1980, 1) beschreibt die Tätigkeit von Chemielehrern und -lehrerinnen - und seine Aussagen können auf die Chemiedidaktik als ganzes, einschließlich der Hochschuldidaktik, übertragen werden, als eine Tätigkeit, die nur in beschränktem Maße der Chemie zuzuordnen ist, weil sie nicht als Arbeit *in* der Chemie, sondern vielmehr als Arbeit „mit oder über die Chemie“<sup>100</sup> einzustufen sei. Die Vermittlung von und Ausbildung in der Fachwissenschaft könne weder „durch den Allgemeindidaktiker noch durch den Chemiker geleistet werden“. Bei Vollmer lief dies, im Jahr 1980, auf ein Plädoyer für die eigenständige Stellung einer Chemiedidaktik hinaus, was zwischenzeitlich durch die Gründung Chemiedidaktischer Lehrstühle an manchen Universitäten auch institutionell verwirklicht worden ist.

Für die sprachliche Ebene werden ebenfalls große Unterschiede zwischen der „Sprache der Forschung“ und der „Schulsprache“ konstatiert. Auch ansonsten ist der Status der Lehre und der mit ihr zusammenhängenden Gebiete, wie zum Beispiel der Textsorten-Einordnung keineswegs geklärt. Wenn die Fachsprachen analysiert werden, so kann die Lehre als eigenständige Gruppierung firmieren, zur *fachexternen* aber auch zur *fachinternen* Kommunikation gezählt werden, oder aber überhaupt nicht erscheinen.

---

<sup>100</sup> Meine Hervorhebungen; H.L.

### 1.6.2.2 Lehrsprache als Nicht-Entität

Letzteres ist zum Beispiel der Fall bei einer Übersicht über die vertikale Fachsprachengliederung, in der Thorsten Roelcke Elemente von Heinz Ischreyt und Lothar Hoffmann zu einer eigenen Übersicht zusammenstellt. In seiner kritischen Bewertung solcher vertikaler Gliederungen weist Roelcke selbst auf die Schwächen solcher Einteilungen hin: sowohl die Einteilung in unterschiedliche Abstraktionsebenen (von der theoretischen Grundlagenwissenschaft bis zur „Sprache der Konsumtion“), als auch die Möglichkeit, solche Einteilungen gleichermaßen auf alle Fachsprachen anzuwenden ist fraglich. Weiterhin stellt die Tatsache, dass in allen Fachgebieten zahlreiche (und voneinander unterschiedliche) Mischkategorien existieren, die Zweckmäßigkeit solcher Einteilungen in Frage. Eine weitere erhebliche Schwäche dieser spezifischen Übersicht besteht darin, dass die didaktische Ebene überhaupt nicht vorkommt, was sowohl an den sprachlichen Bezeichnungen der unterschiedlichen Ebenen abzulesen ist, als auch am Fehlen von „SchülerInnen“ oder „Studierenden“ unter den kommunikativen Merkmalen.<sup>101</sup>

---

<sup>101</sup> Es sollte auch das Fehlen von bestimmten Kategorien von Arbeitnehmern, z.B. angeleiteten Hilfskräften u.ä. angemerkt werden.

Bezeichnung nach Ischreyt	Bezeichnung nach Hoffmann	semiotische und sprachliche Merkmale	kommunikative Merkmale
Theoriesprache (Wissenschaftssprache)	Sprache der theoretischen Grundlagenwissenschaften	künstliche Symbole für Elemente und Relationen	Wissenschaftler ↔ Wissenschaftler
	Sprache der experimentellen Wissenschaften	künstliche Symbole für Elemente; natürliche Sprache für Relationen (Syntax)	Wissenschaftler (Techniker) ↔ Wissenschaftler (Techniker) ↔ wissenschaftlich technische Hilfskräfte
Fachliche Umgangssprache	Sprache der angewandten Wissenschaften und der Technik	natürliche Sprache mit einem sehr hohen Anteil an Fachterminologie und einer streng determinierten Syntax	Wissenschaftler (Techniker) ↔ wissenschaftliche und technische Leiter der materiellen Produktion
	Sprache der materiellen Produktion	natürliche Sprache mit einem hohen Anteil an Fachterminologie und einer relativ ungebundenen Syntax	wissenschaftliche und technische Leiter der materiellen Produktion ↔ Meister ↔ Facharbeiter (Angestellte)
Werkstattssprache (Verteilersprache)	Sprache der Konsumtion	natürliche Sprache mit einigen Fachtermini und ungebundener Syntax	Vertreter der materiellen Produktion ↔ Vertreter des Handels ↔ Konsumenten ↔ Konsumenten

**Tabelle 8: Vertikale Gliederung der Fachsprache nach Roelcke, 1999, S. 40.**

Hier könnte ohne Schwierigkeiten eine weitere Zeile eingefügt werden, welche als Lehrsprache, Vermittlungssprache o.ä. bezeichnet werden kann, wie dies bei Walther von Hahn (1983, 76-83) der Fall ist. Er geht von den Rezipienten des jeweiligen Textes/ der jeweiligen Textsorte aus und unterscheidet vier Ebenen: Wissenschaft, Technologie, Nutzung und auch Vermittlung.<sup>102</sup> Von Hahn geht auf die sprachlichen Eigenheiten der Textsorten nicht ein (mit guten Gründen). Um jedoch die Einordenbarkeit der Vermittlungssprache in das obige Schema zu zeigen, seien im Sprachduktus des Überblicks als charakteristisch ein hoher Anteil

<sup>102</sup> Walther von Hahn, 1983, *Fachkommunikation. Entwicklung, linguistische Konzepte, betriebliche Beispiele*, Berlin, New York: Springer.

an „natürlicher Sprache“ sowie eine vermittelnde Sprachebene zwischen natürlicher Sprache und Formel zitiert. Weiter ist ein erhöhter Anteil an Synonymie und Paraphrasierung, an metasprachlichen Einschüben (Begriffsbestimmung, Begründung, Hintergrund geschichtlicher und wissenschaftlicher Art etc.) festzustellen. Zu den kommunikativen Merkmalen (diese Spalte sollte man wohl zutreffender mit „Kommunikationsteilnehmer“ überschreiben) gehören entsprechend WissenschaftlerInnen, TechnikerInnen und Studierende, so dass sich in der tabellenartigen Zusammenfassung das folgende Bild ergäbe:

Bezeichnung (nach von Hahn)	semiotische und sprachliche Merkmale	kommunikative Merkmale
Vermittlungssprache	hoher Anteil an natürlicher Sprache, Paraphrasierung, Synonymisierung, Metasprache	WissenschaftlerInnen, TechnikerInnen ↔ SchülerInnen, Studierende

**Tabelle 8a: Ergänzung zu Tabelle 8 Vertikale Gliederung der Fachsprache nach Roelcke, 1999, S. 40**

### 1.6.2.3 Lehrsprache als fachinterne Kommunikation

Als eigenständige Fachtexttypen in der Naturwissenschaft und Technik erscheinen didaktisch instruktive Texte bei der Gliederung der Fachtextsorten nach Susanne Göpferich, in der die RezipientInnen der Texte in und durch die Textgestaltung berücksichtigt werden, was die vertikale Gliederung nach Ischreyt und Hoffmann teilweise mit einschließt. Demnach gehören die hier insbesondere interessierenden Textsorten zum Einen zum Texttyp der didaktisch-instruktiven Texte, in denen theoretisches Wissen in mnemotechnisch aufbereiteter Weise vermittelt wird (Schul- oder Hochschullehrbuch usw.) oder in denen die Mensch/Technik-Interaktion reguliert wird (Bedienungsanleitung, Software-Manual usw.), zum Anderen zum Texttyp der fortschrittsorientierten-aktualisierenden Art, die faktenorientiert sind (Versuchsprotokolle). Das dieser Arbeit zugrunde liegende *Praktikum in Allgemeiner Chemie* vereint Elemente all dieser verschiedenen Texttypen und -sorten in sich, ist also eine der vielen möglichen Mischformen, von denen oben schon die Rede war. Die Problematik der Mischform wird auch daran

deutlich, dass es sich bei in der Ausbildung erstellten Protokollen nicht um „fortschrittsorientierte“, also die Wissenschaft vorantreibende Texte handelt, sondern um Texte, in denen es um den Nachweis über das Erfassen etablierten Wissens und etablierter Methoden geht: Im Studium (oder anderen bildungs- oder fortbildungsbezogenen Veranstaltungen) angefertigte Protokolle werden für ein eigenes Zielpublikum und mit anderen Zielen verfasst als fortschrittsorientierte, und sie werden dementsprechend auch von anderen Leuten und auf eine andere Art gelesen. Während in der fortschrittsorientierten Wissenschaft das Protokoll für die Forscher selbst als Gedächtnisstütze dient und insofern eine reflexive Textart darstellt, als sie von der/dem Forschenden oder Angehörigen des Forschungsteams selbst in Vorbereitung weiterer Versuche oder von Veröffentlichungen gelesen wird, lesen im Falle der Ausbildungsprotokolle Laborassistenten und (gelegentlich) Professoren diese, korrigieren sie und bewerten sie mit Noten. Deutlich wird dieser Unterschied in Funktion und Inhalt von wissenschaftlichen und ausbildungsbezogenen Versuchsprotokollen weiterhin, wenn bei letzteren beispielsweise darauf hingewiesen wird (Fanghänel u.a., 1992, 60), dass „die Versuchsanleitung zusammen mit ergänzender Literatur (Lehrbuch, Vorlesungsnachschrift u.ä.) intensiv durchgearbeitet werden“ muss, oder wo (Fischer, 1994, Arbeitsblatt 25) die Studierenden dazu aufgefordert werden, den von ihnen empfundenen Schwierigkeitsgrad des jeweiligen Versuchs mit ins Protokoll aufzunehmen.

Bei dieser Gelegenheit soll auch vermerkt werden, dass die soeben erwähnte Textsorte *Vorlesungsnachschrift*, wie gleichermaßen auch *Vorlesungsskript*, *Projektionsfolien*, *Tafelanschriften* und ähnliche ausbildungstypische Textsorten in keiner der hier und im Folgenden besprochenen Fachsprachen- bzw. Textsortengliederungen erscheinen.<sup>103</sup>

---

<sup>103</sup> Der erste und einzig mir bekannte, diesem Thema gewidmete Ansatz stammt von Ruth Eßer und Rosemarie Little, 2000.



Die folgende Darstellung von Göpferichs Textsortengliederung wurde wegen ihrer besseren Lesbarkeit im Vergleich mit Göpferichs eigener Darstellung von Roelcke (1999, 48) übernommen, sie wurde jedoch durch Informationen aus Göpferich (1992) ergänzt.<sup>104</sup>

Fachtexttypen in Naturwissenschaft/ Technik (Kriterium: Kommunikationsabsicht)	Typvarianten ersten Grades (Kriterium: Theorie vs. Praxis)	Typvarianten zweiten Grades (Kriterium: Art der Informationspräsentation)	Primärtextsorten (Klassifikation nach Primärfunktion)	Sekundärtextsorten (als Bestandteil von Primärtextsorten, aber auch autonom)
juristisch-normative Texte			Norm, Spezifikation, Patentschrift usw.	Kurzkommentar, Abstract usw.
fortschrittsorientiert-aktualisierende Texte		faktenorientierte Texte	Forschungsbericht, Versuchsprotokoll, Fachartikel, Monographie usw.	Abstract, Rezension usw.
		publizistisch aufbereitete Texte	Fachzeitschriftenartikel usw.	Abstract, Rezension usw.
didaktisch-instruktive Texte	theoretisches Wissen vermittelnde Texte	mnemotechnisch aufbereitete Texte	Schul- oder Hochschul-lehrbuch usw.	Übungsbuch, Aufgabensammlung, Rezension usw.
		Interesse weckende Texte	populärwissenschaftlicher Artikel, Sachbuch, Produktionsinformation usw.	Zusammenfassung, Rezension usw.
	Mensch/Technik-interaktions-orientierte Texte		Bedienungsanleitung, Software-Manual usw.	Referenzmanual, Kurzanleitung usw.
wissenszusammenstellende Texte		enzyklopädische Texte	Enzyklopädie, Lexikon usw.	Rezension usw.
		satzfragmentarische Texte	Formelsammlung, Stückliste, Katalog usw.	Rezension usw.

**Tabelle 9: S. Göpferichs Gliederung von Fachtextsorten (nach Roelke, 1999, 48; ergänzt durch Göpferich (1992))**

Es erscheint bemerkenswert, dass die instruktiv-diadaktischen Texte zwar solche enthalten, die theoretisches Wissen vermitteln (ganz ähnlich auch bei Ischreyt und Hoffmann), nicht aber solche die praktisches Wissen vermitteln, also den Umgang

<sup>104</sup> Göpferichs eigene Darstellung erscheint als Baumdiagramm in „Eine pragmatische Typologie von Fachtextsorten der Naturwissenschaft und Technik“, In: Baumann/Kalverkämper (Hg.), 1992, *Kontrastive Fachsprachenforschung*, Tübingen: Gunter Narr, 190-210, S. 194.

nicht nur mit Geräten und Apparaturen, die man vielleicht noch den Texten zur Mensch-Technik-Interaktion zuschlagen könnte, insofern sie Bedienungsanleitungen und Manuale mit einschließen. Für die chemische Fachausbildung ist es jedoch auch typisch, dass labortypische Prozeduren eingeübt werden müssen, die einerseits mit Sicherheitsregelungen zu tun haben<sup>105</sup>, andererseits mit Tätigkeiten wie Wägen, Volumenmessung, Temperaturmessung und -regelung, Heizen, Kühlen und Trocknen, Arbeiten unter erhöhtem bzw. vermindertem Druck, Stofftrennung und Stoffreinigung, Zerkleinern, Mischen, Rühren und Schütteln u.a.m.<sup>106</sup>

#### 1.6.2.4 Lehrsprache als fachexterne Kommunikation

Während in der Einteilung bei Göpferich die didaktisch-instruktiven Texte (auch graphisch) mitten in die naturwissenschaftlich-technischen Fachtexte eingebettet sind, findet man ihr Äquivalent, nämlich das didaktisierende Lehrbuch und den Lehrbrief bei Rosemarie Gläser unter den Fachtextsorten der fachexternen Kommunikation eingereiht.

---

<sup>105</sup> Beispielsweise die Schrift des BAFUV (Bundesanstalt für Feuer- und Brandverhütung), 1987, *Sicheres Arbeiten in chemischen Laboratorien. Einführung für Studenten*, (Zur Praxis und Theorie der Unfallverhütung) oder die Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz mit Regelwerken (Rw) mit Titeln wie *Arbeitsstätten - Vorschriften und Richtlinien* (Rw 2), *Verordnungen über gefährliche Stoffe - Gefahrstoffverordnung und Anhänge I - VI*. Zum Anhang I gehören die sogenannten R-Sätze (Hinweise auf besondere Gefahren) und die S-Sätze (Sicherheitsratschläge), die in der deutschen Chemieausbildung von zentraler Bedeutung sind, während sie - oder etwas Gleichwertiges - zum Beispiel im schweizerischen *Praktikum in Allgemeiner Chemie* nicht vorkommen; hier werden gelegentlich Gefahrenhinweise eingestreut.)

<sup>106</sup> Diese Stichworte sind den Büchern von Egon Fanghänel u.a., 1992, *Einführung in die chemische Laboratoriumspraxis*, Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie und Harald Kruse, 1989, *Laborfibel. Hinweise und Anleitungen für den Anfänger im chemischen Laboratorium. 2., überarbeitete Auflage*, Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft entnommen.

<b>Fachtextsorten</b>			
Fachtexte der schriftlichen Kommunikation			Fachtexte der mündlichen Kommunikation
Fachtextsorten der fachinternen Kommunikation	Fachtextsorten der fachexternen Kommunikation	Fachtextsorten der Konsumtion	Fachvorträge
Monographie wiss. Artikel fachbez. Essay Lexikonartikel wiss. Rezension Buchankündigung Abstract Wiss. Lebenslauf Wiss. Nachruf Leserbrief	1. Didaktisierendes Lehrbuch, Lehrbrief 2. Popularisierender Zeitschriftenartikel, Buchbesprechung, Sachbuch Aufklärungstext Ratgebertext Schulprospekt	Produktbegleitender Text Werbetext	1. Plenarvorträge 2. Nobelpreisträger 3. Weiterbildung

**Tabelle 10: R. Gläfers Gliederung von Fachtextsorten nach Roelcke (1999, 46)**

In der gleichzeitigen Einordnung der Textsorten der Vermittlungssprache als Produkte der *fachinternen* und *fachexternen* Kommunikation zeigt sich ein Perspektivenwechsel von der Einordnung von Studierenden als ExpertInnen bzw. als (Noch-) Nicht-ExpertInnen. Deutlicher wird ihre Stellung bei Ickler, der die Adressaten von didaktischen Texten zwar als „fachintern“ bezeichnet, ihnen aber die Funktion der „Nachwuchsausbildung“ zuweist, die über die „Elementarisierung“ zustandekomme (vgl. oben Abb. 3 Didaktische Texte nach Ickler).

### 1.6.2.5 Lehrsprache als komplexes Teilgebiet der Chemiesprache

An dem kurzen Überblick zur Gliederung der Fachsprachen und der Fachtextsorten bestätigt sich die Aussage Roelckes, dass jede Art der Gliederung ihre eigenen Probleme in sich trägt. Für die hiesigen Zwecke soll die Fachsprache der Lehre der Chemie als ein Teilgebiet der Fachsprache der Chemie gesehen werden, das sich durch seine Adressaten, kommunikative Funktion, sprachlichen Duktus von

anderen Teilen der Chemiesprache unterscheidet. Zu einer etwas genaueren Analyse der chemischen Lehrsprache kommt man, wenn man die soeben genannten Kriterien mit denen von Hasan und Halliday vergleicht und auf die Lehrsprache der Chemie anwendet. Dabei wird hier dem Modell Goatlys gefolgt, der einen ähnlichen Prozess u.a. auf popularisierende Texte der Naturwissenschaft angewendet hat.

Es folgt der entsprechende Auszug aus Goatly (1997, 294/95), gefolgt von einigen Bemerkungen zur Begriffsbestimmung, von denen aus dann die Brücke zu Bühlers Zeichenmodell (vgl. oben *Das sprachliche Zeichen*) geschlagen werden kann. Zum Schluss wird ein eigenes Modell von Texten der chemischen Lehrsprache erstellt.

#### Popular Science

Field: publishing magazines/books; investigating the physical properties of the universe; hypothesizing, justifying and/or explaining scientific theories/findings

Tenor: journalist/scientist to magazine/newspaper/book reader; hierarchical: identified (eminent) expert authority as writer to non-expert readers (efforts made to explain the difficult in more comprehensible language); social distance: near maximum.

Mode: language role: rather constitutive but dependent on scientific research; channel: visual; medium: print/graphics; processing time for addresser greater than for addressee (based on meticulous and time-consuming research); designed to be read carefully but probably only once: rhetorically expository.

Das *field* beschreibt nach Halliday/Hasan, welche soziale Interaktion stattfindet, an der die Sprache als wichtiges Element beteiligt ist. In unserem Fall geht es also um das Lehren. Nach Bühlers Zeichenmodell könnte man hier einschränkend und präzisierend sagen, dass mit dieser Funktion die Beziehung zu den Dingen in der Welt hergestellt wird, was im Auszug aus Goatly über die populärwissenschaftliche Literatur über Begriffe wie *physical properties* und *scientific findings/theories* klargestellt wird. Als soziale Interaktion ist es nur insofern zu begreifen, als Information und Hinweise auf die Dinge der Welt zwischen den

Kommunikationsteilnehmern ausgetauscht werden, jedoch enthalten die beiden anderen Komponenten ebenso wichtige soziale Interaktionen. Hier ist der Platz für konventionelle, soziokulturell etablierte Skripten und Schemata für eine bestimmte Interaktion und die damit einhergehenden Erwartungen, d.h. zum Austausch über die Dinge der Welt gehört nicht nur die Information selbst, sondern auch die jeweils als angemessen angesehene Form der Übermittlung. Da das Wort *field* mit mehreren anderen Gebrauchsweisen (z.B. in der Metapherntheorie) kollidiert, und die mit ihm verbundene Analogiebildung zum *Feld* als geographische/wissenschaftliche Entität nicht unverzichtbar scheint, wird für diese Funktion hier als Begriff *Referenzfunktion* vorgezogen. Bei Lehrtexten geht es in dieser Funktion um die Weitergabe von etablierten Wissensbeständen der Chemie in Form der Beschreibung und Erklärung von wissenschaftlichen Theorien und Modellen, und wissenschaftlichen und praktischen Methoden. Sekundäre Ziele, wie zum Beispiel das Unterbreiten von offenen Fragen der Wissenschaft, Auseinandersetzung mit wissenschaftstheoretischen und -kritischen, sowie mit epistemologischen Fragen spielen in der Regel keine Rolle. Verbunden mit der Einführung in das chemische Denken und Handeln in der Lehre ist die Einführung in die *scientific community* via Fachsprache.<sup>107</sup> Der Sprachgebrauch innerhalb der jeweiligen wissenschaftlichen Gruppen und Gruppierungen ist jedoch meist sehr unbewusst, so dass der Sprachduktus der Chemie nicht auf explizite Art und Weise, sondern in impliziter Manier geschieht. Richtet sich das Augenmerk zu sehr auf die (Fach)Sprache, so wird dies, wie zum Beispiel beim Physiker Herrmann (1996g, 378), der von den Namen physikalischer Größen in Zusammensetzungen (gemeint sind Wortzusammensetzungen) handelt, kritisch vermerkt:

Oft ist der Gewinn, den die Verwendung eines solchen [zusammengesetzten] Namens bringt, gering. Manchmal wird sogar nur der Begriff erklärt, und er wird nie wieder oder nur noch selten verwendet. Das Ziel scheint hier nur noch das Erlernen der Fachsprache zu sein.

---

<sup>107</sup> Vgl. dazu etwa H.-J. Schmidt und H. Seitz, 1976, *Denken und Experimentieren. Experimentieren und Denken*, Köln: Aulis Verlag Deubner & Co.

Oder, wie Ebel (1997, 1246) es ausdrückt: „In den jeweiligen fachspezifischen *Sprachduktus* liest sich der wissenschaftliche Nachwuchs ein, um sich dann selbst seiner bedienen zu können“.

Der *tenor*<sup>108</sup> sagt in Halliday/Hasans System etwas darüber aus, wer an der Interaktion beteiligt ist und welche Beziehungen zwischen den Beteiligten bestehen. Neben der Kooperation als Ziel und Zweck einer Interaktion, können auch soziale Ziele verfolgt werden, wie etwa die Erhaltung oder Förderung des eigenen Status. Letzteres ist ein Anzeichen dafür, dass diese Funktion aus der Perspektive des Sprechers gesehen wird, oder anders ausgedrückt, die Beziehung zwischen den sprachlichen Zeichen und Sprecher einschließt. Dies soll zum Anlass dienen, diese Funktion der *expressiven* Funktion nach Bühler zuzuschlagen. Dies ist umso sinnvoller, als auch der Begriff *tenor* in der Linguistik mehrfach besetzt ist (auch hier wieder als Beispiel die Metapherntheorie). Es geht hier um das Verhältnis zwischen AutorIn (Experte/Expertin) und LeserIn (Studierende), wobei beim Lehrtext mehr als bei jeder anderen Form von Publikation der Abstand zwischen beiden beinahe maximal ist, allerdings mit der expliziten Absicht, mit Hilfe des Textes den Abstand zu verringern und zu überwinden. Es sollte weiterhin nicht vergessen werden, dass die *Benutzung* eines Lehrtextes meist durch andere Experten (HochschullehrerInnen) vermittelt wird, die das jeweilige Werk empfehlen oder zum Ausgangspunkt für ihre eigene Lehrtätigkeit nehmen. Dies ist auch einer der Gründe, warum oft hochqualifizierte Forscher zum Verfassen von Lehrtexten herangezogen werden, obgleich das Dokumentieren von Wissensbeständen - wie eingangs dieses Kapitels erwähnt - unter den wissenschaftlichen Tätigkeiten am wenigsten prestigeträchtig ist.<sup>109</sup>

---

<sup>108</sup> Chambers Dictionary führt, neben den musikalischen Bedeutungen für das Wort *tenor* unter anderen folgende Paraphrasierungen an: continuity of state, general run or course; the value of a bank-note or bill (*hist*); (...); general purport, drift;

<sup>109</sup> Mit dem Verfassen von Lehrtexten geht oft auch das Definitionsrecht für den jeweiligen wissenschaftlichen Kanon und auch einzelne wissenschaftliche Begriffe einher: ein eminent statusförderndes Privileg.

Hier sind die Aussagen von Galtung (zum Verhältnis der Wissenschaftler untereinander und die Art des Umgangs miteinander) und Clyne (1991)(zum Verhältnis von AutorInnen und LeserInnen von wissenschaftlichen Texten) besonders zu beachten. Erscheinungen wie die Stellung der Mathematik innerhalb der Lehrwerke der Chemie, oder - im größeren Rahmen - der Einfluss des Schulsystems auf die Hochschulausbildung etc. können unter dieser Funktion besprochen werden. Auch praktische Dinge, die über die schriftliche Form der Unterrichtung durch Lehrtext hinausgehen, wie Gestaltung des Laboralltags (Besorgen von Chemikalien, Aufbau von Geräten, Vortestate etc.) gehören in diesen Bereich.

Der Modus sagt nach Halliday/Hasan/Goatly etwas darüber aus, welche Rolle die Sprache in der Interaktion hat, was die Sprache für die Interagierenden tun soll und welche Funktion sie im Kontext hat. Dazu gehört u.a., welcher Kanal und welches Medium benutzt werden, sowie die rhetorische Einstellung, die sich in Kategorien wie *überzeugend*, *erklärend*, *didaktisch* etc. widerspiegeln. Da von den zwei Interagierenden der eine durch unsere expressive Funktion schon abgedeckt ist, und das Gleichgewicht auch bei Goatly u.a., wie sich an den Begriffen *überzeugend*, *erklärend*, *didaktisch* erweist, auf die Empfängerseite verschiebt, soll diese Funktion hier als Grundlage für die Ummodellung zur Bühlerschen *appellativen* Funktion dienen. Auch hier kommen wir durch die Umformung und Umbenennung wieder in den Genuss des Vorteils, dass homonyme Verwendungen des Terminus „Modus“ vermieden werden. In der Halliday/Hasanschen Nomenklatur findet sich unter dieser Funktion die Unterscheidung zwischen dem konstitutiven (*constitutive*) und dem begleitenden (*ancillary*) Sprachgebrauch. Im konstitutiven Sprachgebrauch wird ein Feld etabliert. Goatly wählt hier als Beispiel die Literatur, es scheint aber sehr offensichtlich, dass das Verfassen von Lehrtexten diesem Sprachgebrauch zuzurechnen ist. Mit ihm wird sozusagen ein Weltbild aufgebaut, das der Anschauung dient und dem keine unmittelbaren Handlungsanweisungen entnommen werden können. Als Beispiel für ein Fehlverständnis des konstitutiven Sprachgebrauchs führt Goatly selbst Don Quichotte an, wo Literatur als

Handlungshilfe verstanden wird. Ein anderes Beispiel, an dem sich zugleich der Unterschied im Aufbau eines alltagssprachlichen oder literarischen Weltbildes von einem wissenschaftlichen Weltbild anhand der Exegese, also der *Leserperspektive* demonstrieren lässt, wäre etwa Wolf Lepenies (1988, 162). Verwendet man (natur)wissenschaftliche Methoden auf die Exegese von literarischen Texten, erhält man etwas, das seinen vermeintlichen Nutzwert nicht hat und das ursprünglich Gemeinte verzerrt.

Theologians wanted to be ‘athletes of logic’, and in the process forgot that mankind did not long for logic at all, but for education and historical understanding. When St Paul employed such expressions as ‘grace’, ‘rebirth’ or ‘justification’ he used them approximatively, as though he was taking part in a conversation, making a speech or writing a poem, and not as though they were scientific terms. Paul employed no scientific terminology: the language of the Bible was a groping, poetical language, and theologians distorted the meaning of his sayings when they employed his literary phraseology as scientific terms.<sup>110</sup>

Wie sich aus diesem Zitat ersehen lässt, wird die Distanz zwischen dem im Alltag benutzten Umgangston (*conversation*) und dem literarischen Stil (*speech* und *poem*) als nicht allzu groß eingeschätzt; sie teilen das gemeinsame Merkmal *groping*<sup>111</sup>: eine tastende, das Gemeinte suchende und noch nicht wissende Sprechweise, die der wissenschaftlichen Art zu Sprechen gegenübergestellt werden kann.

Dem konstitutiven Sprachgebrauch steht die Sprache in Begleitfunktion (*ancilliary*) gegenüber, wo der Sprachtext nur in Verbindung mit anderen Aktivitäten Bedeutung annimmt. Ein Beispiel dafür bildet nach Goatly die Sprache des Ballettunterrichts, wo - um Goatlys Beispiel zu verdeutlichen und zu interpretieren - das Eigentliche die körperlichen Bewegungen sind, welche durch die Sprache nur

---

<sup>110</sup> Auf einem ähnlichen Prinzip beruht natürlich auch Cervantes’ Don Quixote.

<sup>111</sup> laut Chambers Dictionary: **grope** *to search, feel about, as if blind or in the dark*, auf deutsch (im übertragenen Sinn) laut Duden-Oxford Standardwörterbuch **grope for the right word/truth** nach dem richtigen Wort / der Wahrheit suchen



initiiert, korrigiert, evaluiert werden. Dies zeigt offensichtlich sehr starke Parallelen zu den Textsorten, die Labortätigkeiten einleiten und begleiten, zu ihnen anleiten oder sie bewerten. Damit wird die Unterscheidung zwischen theoretischen und praktischen Texten bei der appellativen Textfunktion besonders deutlich.

Als interessante Anmerkung soll hier noch darauf hingewiesen werden, dass - unter einem gewissen Blickwinkel betrachtet - die Sprache der fortschrittsbezogenen Wissenschaft mehr Ähnlichkeiten mit der Gemeinsprache aufweist als die Lehrsprache. Im Rahmen seiner Diskussion psycho- und soziologischer Aspekte der Fach- und der Gemeinsprache erstellt Morgenroth (1999) auf der Grundlage eines (allerdings leider erfundenen und sehr gekünstelt wirkenden) Gesprächs in der alltagssprachlichen Sphäre Taxonomien mit dem Ergebnis, dass „die Existenz von Begriffsstrukturen in der Gemeinsprache und damit deren prinzipielle Vergleichbarkeit mit solchen, die in der Fachsprache vorkommen“ gegeben sei. Die Unterschiede zwischen beiden liegen nach Morgenroth (1999, 134ff) darin, dass gemeinsprachliche Taxonomien im Gegensatz zu fachsprachlichen *fragmentarisch* sind. Dies, so kann man zufügen, gilt für die fortschrittsbezogene Wissenschaft insofern auch, als - wie in einem vielzitierten Bild gesagt wird - das Wissen über die Welt sich aus Puzzlestücken zusammenfügt, also fragmentarisch ist. Weiterhin gebe es laut Morgenroth *Leerstellen* im gemeinsprachlichen Begriffssystem. Diese Leerstellen bilden sozusagen die Kehrseite des Puzzlebildes (sie stehen für die fehlende Stücke) und sind insofern in der fortschrittsbezogenen Wissenschaft gang und gäbe. Weiterhin fehle der Gemeinsprache die *Exaktheit* der Fachsprache, was in der fortschrittsbezogenen Wissenschaft durch den permanenten Versuch der Präzisierung von Konzepten, die natürlich nur deshalb präzisiert werden müssen und können, weil sie (noch) nicht genügend scharf gefasst sind, ergänzt wird. Schließlich zeigt das gemeinsprachliche Begriffssystem *gleitenden* Charakter, womit gemeint ist, dass es sich zwischen den Gesprächspartner unterscheidet, während im Fachsprachenbereich die Position der Elemente in einem Begriffssystem vorgegeben sei. Morgenroth (1999, 134) sagt dazu:

... auch im Fachsprachenbereich begegnet man „gleitenden Systemen“, wenn man eine wissenschaftliche „Schulsprache“ von einer „Sprache der Forschung“ in Sinne Steudels (1943) unterscheidet. Von letzterer sagte Steudel, sie sei das jeweils provisorische Ergebnis wissenschaftlicher Kreativität und damit offen. Die Strukturen der „Sprache der Forschung“ haben in gewissem Sinne mehr mit denen der Gemeinsprache gemeinsam als mit denen der „Schulsprache“, die ein festes in sich geschlossenes, von weiten Teilen der Wissenschaft akzeptiertes System darstellt. In jener werden Termini neu definiert und innerhalb des Systems verschoben, in dieser werden die begrifflichen Positionen definiert, Leerstellen ausgefüllt oder besetzte Positionen gelöscht.<sup>112</sup>

Die Forschungssprache, wie die Gemeinsprache, werden also als *offen, vorläufig* usw. gesehen, die Schulsprache hingegen als *komplett, fixiert und exakt* gesehen.

Sowohl im konstitutiven wie auch im begleitenden Gebrauch zeichnet sich die Fachsprache der „normalen Wissenschaft“ und insbesondere die der Lehre dadurch aus, dass das „Gleitende“ oder „Fließende“ des Faches und der Sprache ausgeklammert werden.<sup>113</sup> Man kann demnach in einer Kürzestformulierung die Lehrsprache als die **Sprache der Gewissheit** bezeichnen.

Dieses Element der Gewissheit hält die an sich recht unterschiedlichen Textsorten der Theorie und der Praxis zu einem solchen Maß zusammen, dass man sie unter der Bezeichnung „Lehrtexte der Chemie“ nach den oben erarbeiteten Kriterien als eine Kategorie besprechen kann. Der so gewonnene Begriff ermöglicht es in diesem Zusammenhang, den Grundlagentext von Hanns Fischer *Praktikum in Allgemeiner Chemie*, der ja Teile der „wissenschaftlich-theoretischen“ ebenso wie der „praktisch-anwendungsbezogenen“ Fachsprache erhält, in einem Begriff zu erfassen.

---

<sup>112</sup> S. 134/135. Der Literaturhinweis auf Steudel, J. ,1943, „Der vorvesalische Betrag der anatomischen Nomenklatur“, In: *Sudhoffs Archiv Geschichte der Medizin und Naturwissenschaft*, 36, S. 1-43.

<sup>113</sup> Erinnerung sei an dieser Stelle an G.-A. Goldschmidt und meine Ableitungen daraus in der Einleitung.

### 1.6.2.6 Zusammenfassung: Lehrtext der Chemie

Referenz: Konstitutive schriftliche Lehrtexte erscheinen vorwiegend als Lehrbücher. Sie dienen der Weitergabe von etablierten Wissensbeständen der Chemie in Form der Beschreibung und Erklärung von wissenschaftlichen Theorien und Modellen sowie wissenschaftlichen und praktischen Methoden. In mündlicher Form wird das etablierte Wissen vorwiegend durch Vorlesungen vermittelt. Begleitende Textsorten der mündlichen Lehrsprache sind Vorlesungsskript, Tafelanschrift, Transparentfolien etc. Ergänzende Textsorten sind computeranimierte Versuchsanordnungen und Modelle (von Molekülen).

Zu den Lehrinhalten gehören (neben der Hauptinformation zum jeweiligen Stand der Wissenschaft) geschichtliche Hinweise zu wichtigen Schritten der Wissenschaft, in der Chemie gelegentlich mit sogenannten Namens-Reaktionen verbunden, sowie Hinweise zum Sprachgebrauch in der Chemie.

Ausdruck: Die Lehrtexte entspringen einem maximalen Wissensgefälle zwischen Autoren und Rezipienten (eingeschränkt durch die Vorauswahl von Lehrtexten durch andere Experten). Sie reflektieren den jeweiligen etablierten Wissenstand der Chemie (und damit indirekt den Wissensstand der jeweiligen Autoren). Die Autoren haben das Auswahlrecht über die weiterzugebende Information, sie haben für bestimmte Gebiete ein beschränktes Definitionsrecht. Im Sprachduktus zeigt sich, auf welche Weise die AutorInnen das Wissensgefälle überwunden sehen wollen: sind sie der *king/queen of the castle* oder kommen sie dem Leser halbwegs entgegen?

Appell: Lehrtexte können konstitutiv *oder* begleitend sein, je nach Situation; Der Bezug zum Leser kann über Searles (1969) Sprechakte (*directives, commissives, expressives, declarations, representatives*) erklärt werden. Für theoretische Lehrbücher (oder die theoretischen Teile von Laborhandbüchern): *representative*, für Laborhandbücher auch direktiv; didaktisch, erklärend. Kanal: visuell; Medium: Druck, Graphik (ergänzt von physischen Modellen, Computeranimationen); Verarbeitungszeit: hoch für Schreibenden (geht meistens aus Unterrichtstätigkeit

hervor), ähnlich hoch für Lesende, falls sie das Buch als Grundlage benutzen; normalerweise werden mehrere sich gegenseitig ergänzende Lehrbücher verwendet.

Diese drei Aspekte können nicht voneinander getrennt werden. Als Beispiel kann die Funktion der Definition dienen, wie sie bei Flowerdew (1991) angesprochen wird.<sup>114</sup> Demnach wird im Sprechakt des Definierens nicht nur faktuelle Information übertragen, sondern es werden auch Informationen über das Verhältnis von Sprecher und Hörer übertragen.

### 1.6.2.7 Lehrsprache und Verständlichkeit

Man würde annehmen, dass die Lehrsprache der Chemie sich durch besonders gute Verständlichkeit auszeichne, weil sie von Gewissheiten ausgeht, die normalerweise besser in Sprache umzusetzen sind als eher spekulative Wissensbestände. Zudem richtet sich die Lehrsprache explizit an Noch-Nicht-Experten und von daher scheint es angeraten, in leicht verständlicher Sprache zu schreiben. Dem ist aber nicht so. In ihrem Artikel „Chemische Inhalte und verständliche Text - ein Widerspruch in sich?“ gelangen Elke Sumfleth und Susanne Schüttler<sup>115</sup> nach einem Vergleich von drei Informationsschriften der Chemischen Industrie mit einem Schulbuchtext, die alle das gleiche Thema behandeln, zum klaren Schluss: „Am unverständlichsten ist der Schulbuchtext“ (144). In zwei Passagen werden die Hauptgründe für die schlechte Verständlichkeit angeführt (Textauszug 1: 147, Textauszug 2:148):

#### Grund 1

Die geringere Verständlichkeit des Schulbuchtextes beruht auf den Gedankensprüngen, die der Text aufweist, auf der höheren Anzahl der Fachbegriffe, die nicht alle erläutert werden, sowie auf einer abstrakteren Darstellung der Inhalte. Die große Zahl der Kohärenzlücken hat zur Folge,

---

<sup>114</sup> John Flowerdew, 1991, „Pragmatic modifications on the ‘representative’ speechact of defining“, In: *Journal of Pragmatics* 15, 253-264.

<sup>115</sup> Elke Sumfleth und Susanne Schüttler, 1994, „Chemische Inhalte und verständliche Texte - ein Widerspruch in sich?“, In: *Fachsprache* 16.3-4, 141-158.

dass nur wenige Beziehungen explizit im Text vorkommen. Infolgedessen sind diese Leser auf das Ziehen elaborierter Schlussfolgerungen angewiesen.

## Grund 2

Der Schulbuchtext setzt größere Vorkenntnisse bei den Lesern voraus, benutzt mehr Fachausdrücke, die die Zusammenhänge zwar treffend beschreiben, das Verständnis des Textes jedoch erschweren und eine produktive Leser-Text-Interaktion in einigen Fällen unmöglich machen. Aufgrund der Kürze der Darstellung und der hohen Faktendichte fehlen verweisende Querverbindungen zu zuvor behandelten Thematiken wie der Wasserhärte oder der Säure-Base-Thematik. Sie wären zur Aktivierung des relevanten Vorwissens von großer Bedeutung und würden elaborierte Verarbeitungsprozesse seitens des Lesers fördern.

Die in diesen Auszügen dargestellten Gründe für die schlechtere Verständlichkeit lassen sich in zwei Kategorien einteilen, nämlich einerseits solche, die auf den logischen Aufbau und die Ko- und Kontextbedingungen des untersuchten Textes verweisen, wie „Gedankensprünge“ (dazu auch: „Kohärenzlücken“, „fehlende Explizitheit“, „fehlende Querverbindungen“) und die Voraussetzung „größerer Vorkenntnisse“ (bzw. die mangelnde „Aktivierung vorausgesetzter Vorkenntnisse“), zum anderen sprachliche Erscheinungen im engeren Sinne wie die Benutzung von „Fachbegriffen“ („Fachausdrücken“), „abstrakte Darstellung“, „Kürze“ und „Faktendichte“, wobei all diese Erscheinungen zu den klassischen Merkmalen von Fachsprachen gehören.

Aus der Lehrbuchkritik von Sumfleth und Schüttler lassen sich einige der Bedingungen des Verfassens und Lesens von Lehrtexten erschließen, welche die spezifischen Verständlichkeits-Merkmale von Lehrtexten erfassen. Eine der wichtigsten Bedingungen ist, dass sich für den Lehrtext Kontext und Kotext-Beziehungen von den sprachlichen Erscheinungen im engeren Sinne kaum trennen lassen. Die oben wiedergegebenen Textstellen ergänzen sich teilweise in der Form, dass die eine Passage den Erklärungskern für die jeweilige andere Passage enthält. Die folgenden Ausführungen beruhen teilweise auf - allerdings gut begründbaren -

Annahmen über den Lehrtext, da die Autorinnen zu manchen Punkten keine genauen Angaben machen.<sup>116</sup>

Die in Textauszug 1 erwähnten „Gedankensprünge“ und „Kohärenzlücken“ könnten darauf zurückzuführen sein, dass der Lehrtext aus einem umfangreicheren Text herausgelöst wurde, der einer bestimmten fachlichen Progression folgt, in deren Vor- und Nachlauf die notwendigen Gedanken entwickelt werden, um eine Kohärenz zu etablieren. Möglicherweise finden sich dort auch jene Erläuterungen für Fachbegriffe, die an der exzerpierten Textstelle fehlen. Von dort könnten die „größeren Vorkenntnisse“ herrühren, die laut Sumfleth und Schüttler vorausgesetzt werden.

Man kann außerdem davon ausgehen, dass dieses Lehrbuch - wie die meisten - aus der Unterrichtspraxis hervorgegangen ist und dass die Unterrichtspraxis als (stillschweigend vorausgesetzter) Ko-Text sowohl bei den Autoren als auch bei den Lesern berücksichtigt wird. Hier kommt die begleitende Funktion von Lehrtexten zur Geltung. Auch die „abstraktere Darstellung“ mag damit zusammenhängen, dass die Konkretisierung der Prozesse in Unterricht und Labor erfolgt. Die im zweiten Textauszug geforderte „produktive Leser-Text-Interaktion“ wird auf diese Weise als produktive „Lehr-Lern-Interaktion“ zustande gebracht. Ebenso können die „Kürze der Darstellung“ und die hohe „Faktendichte“ in einer Unterrichtssituation ausgearbeitet und entzerrt werden. Wahrscheinlich geht man nicht zu weit, wenn man annimmt, dass eine *eigenständige* Lektüre des Lehrtextes durch den Lernenden überhaupt nicht angestrebt ist. Der Text begleitet die Unterrichtstätigkeiten und ergänzt diese.

---

<sup>116</sup> Sumfleth und Schüttler machen außer den Autorennamen und Veröffentlichungsjahr (Flörke/Wolff 1988) keine genaueren Herkunftsangaben oder Seitenangaben zu den von ihnen verwendeten Texten und Textteilen; es wird angenommen, dass der Textauszug weder am Anfang noch am Ende des Lehrwerks steht, sondern sich irgendwo im Inneren des Lehrbuchs befindet, so dass Vor- und Nachtext als gegeben betrachtet werden.

Der apologetische Ton des soeben gesagten soll keineswegs davon ablenken, dass Lehrtexte durchaus verbesserungswürdig sind; dies soll hier nicht nur nicht abgestritten, sondern sogar ausdrücklich unterstrichen werden, was durch die zweite Gruppe von Argumenten geschieht, in der von eher soziologischen und bildungspolitischen Belangen gehandelt wird.<sup>117</sup> Beispiele für den Einfluss insbesondere von Vortext findet man in den Beispielen für Blitz-Habitualisierung im Metapherngebrauch in Lehrtexten der Chemie, die in Abschnitt 2.3.3.2 besprochen werden.

Die Verständlichkeitsprüfung für Texte muss einerseits die situativen und kontextuellen Bedingungen einbeziehen. Auf der anderen Seite weisen Sumfleth und Schüttler durch ihre Versuchsanordnung ohne Zweifel nach, dass sich der Lehrbuchtext von den anderen Texten durch schwerere Verständlichkeit abhebt: die Zahlen sprechen für sich, besonders wenn man berücksichtigt, dass diese Texte einer Gruppe von Versuchspersonen aus dem Hochschulbereich vorgelegt wurde, also einer Gruppe, die älter und reifer als die (vom Schulbuchtext) intendierte Leserschaft war.<sup>118</sup> Aus den Ergebnissen der Analyse des Schulbuchtextes und der drei von der chemischen Industrie verfassten Texte entwickelten die Autorinnen einen weiteren, optimierten, „neuen“ Text, der in seiner Verständlichkeit mit dem Schulbuchtext verglichen wurde:

Auf der makroskopischen Ebene geben 44% der Leser des neuen Textes gegenüber 21% der Leser des Schulbuchtextes die Wasserenthärtung als wesentliche Aufgabe der Phosphate im Waschprozess an. 21% bzw. 6% der Leser des Schulbuchtextes und 49% bzw. 40% der Leser des neuen Textes treffen die Aussage, dass die Phosphate die Waschwirkung der Tenside und die Schmutzablösung vom Gewebe unterstützen.

---

<sup>117</sup> Diese Arbeit ist nicht zuletzt auch der Versuch, zu einer Verbesserung der Lehrwerke für den fachsprachlichen Fremdspracherwerb beizutragen, wobei ein Dominoeffekt auf muttersprachliche Lehrtexte durchaus nicht unerwünscht wäre.

<sup>118</sup> Über die intendierte Leserschaft der anderen Texte wird nichts mitgeteilt, man kann nur von den Urhebern der Texte, dem Chemiekonzern Henkel und dem Verband der Chemischen Industrie her annehmen, dass es sich bei den Texten um konsumentenorientierte Information handelt.

Die Verständlichkeit von Lehrtexten kann unter mehreren Einflüssen leiden. Einer davon ist das Verhältnis des Lehrtextes zum oben schon erwähnten Kontext und Kontext, der von Autoren von Lehrtexten bestenfalls aus der eigenen Praxis extrapoliert werden kann, sich jedoch je nach Institution, Lehrkraft, Stellung des Faches im Gesamtlehrplan usw. sehr unterschiedlich gestalten kann.

In vielen Fällen geht ein Lehrtext aus der Lehrpraxis hervor. Dies schließt jedoch nicht aus, dass die Lehrtätigkeit, auf welcher der Text beruht, sich nicht an den neuesten wissenschaftlichen, pädagogischen, didaktischen Prinzipien orientiert, oder dass die jeweils gängigen und gültigen Prinzipien teilweise höchst umstritten und kontradiktorisch sein können - s. dazu beispielsweise die Auseinandersetzung um die Stellung des Modells im Chemieunterricht an der Schule (z.B. Seilnacht, 1998). Für Lehrtexte auf der Hochschulebene kommt dazu, dass aus oben schon erwähnten Gründen als Autoren und Autorinnen hochqualifizierte Forscher und Forscherinnen herangezogen werden, was nicht selbstverständlich mit einer Begabung als oder gar Ausbildung zum/r DidaktikerIn einhergeht. Des weiteren kann auch der Zugang zur Initiierung in die Fachwissenschaft kulturell recht unterschiedlich ausfallen. Als Beispiel sei auf die Stellung der Mathematik in den naturwissenschaftlichen Ausbildungsgängen in verschiedenen intellektuellen Kulturen zurückverwiesen. Doch auch das Verhältnis von Auszubildenden und Auszubildenden kann ganz unterschiedlich ausfallen und sich u.a. in der Art, wie sich Texte auf ihr intendiertes Publikum einstellen (also in ihrer Verständlichkeit) zeigen; das intendierte Publikum für Lehrtexte der Chemie sind in erster Linie jene, die die Bibliotheken und Studierenden zum Kauf des jeweiligen Werks verpflichten, also die FachkollegInnen der Verfasser, und nicht die Benutzer des Lehrwerks, also die Studierenden. Falls Probleme bei der Benutzung eines solchen Lehrtextes auftauchen, werden diese nur mittelbar sichtbar und wahrscheinlich in den seltensten Fällen von den Endnutzern (d.h. Studierenden) direkt an die Autoren kommuniziert.



Wir bringen hier die Bemerkung an, dass Texte der Popularisierungsliteratur vom Standpunkt der Verständlichkeit den Lehrbuchtexten überlegen sind, oder überlegen sein können und merken uns dies für den didaktischen Teil der Arbeit.

Eine der Hauptschwierigkeiten der Lehre der Chemie besteht darin, dass Sachverhalte unterrichtet werden, die dem bloßen Auge nicht zugänglich sind. Aus diesem Grund spielen Modelle und, von den Modellen ausgehend, Metaphern in der Fachsprache und Lehrsprache der Chemie eine besondere Rolle. Diese Rolle soll im nächsten Abschnitt studiert werden.

## 1.7 Modell und Metapher

### 1.7.1 Das naturwissenschaftliche Modell

Zur Fähigkeit, Neues und Unzugängliches auszudrücken, gehört insbesondere auch das naturwissenschaftliche Modell. Modelle spielen in allen Naturwissenschaften eine große Rolle, weil sie die Komplexitäten der Welt auf die im jeweiligen Zusammenhang relevanten Merkmale reduzieren. So wird etwa in der Physik der geworfene Ball in einem ersten Modell auf einen vorgestellten Punkt reduziert, die unterschiedlichen Kräfte, die auf den Ball einwirken, werden als Vektoren dargestellt und von anderen Einflussfaktoren, wie z.B. Form des Balles, Luftwiderstand, Rolle und Einfluss der Balldrehung um die eigene Achse, Windgeschwindigkeit, Schwankungen im Erdmagnetismus, Drehung der Erdoberfläche usw. wird zunächst abgesehen. Modelle sind um so wichtiger dort, wo der Zugang zum zu beobachtenden Phänomen durch Augenschein nicht möglich ist. Dies trifft beispielweise auf Vorgänge im Gehirn zu, aber insbesondere im submikroskopischen Bereich der Physik und der Chemie.

#### 1.7.1.1 Modell bei Keller

Einige grundsätzliche Anmerkungen zum Modell in der Chemie finden sich in Günter Kellers schon 1977 erschienenen kleinen Band über das Denken in Modellen.<sup>119</sup> Man kann Modelle nach unterschiedlichen Gesichtspunkten klassifizieren. Davon ist einer die Einteilung nach der Absicht oder dem Zweck des Modells, die einerseits die Unterscheidung von Entscheidungs- und Erklärungsmodellen trifft, andererseits die Unterscheidung zwischen dem diagnostischen bzw. prognostischen Wert von Modellen. Zu den Erklärungsmodellen gehören auch Veranschaulichungsmodelle, die einen

---

<sup>119</sup> Günter Keller, 1977, *Über das Denken in Modellen: ein Beitrag zur Didaktik der Chemie*, Frankfurt a.M., Berlin, München: Diesterweg.

Wahrnehmungsbereich zugänglich machen, der sich ansonsten unserer Anschauung entzieht. „Wenn sich die Veranschaulichung auf einen Ablauf bezieht,“, sagt Keller, „spricht man mitunter von ‘Funktionsmodellen’“(1977, 9).

Weiterhin kann man Modelle einteilen nach der Art, wie sie die Dinge in der Welt reduzieren („Einengen“ in Kellers Ausdrucksweise) und simulieren, was in die Einteilung nach Sachmodellen (das dem Wahrnehmungsbereich entstammt) und Denkmodellen (kognitiver Bereich) mündet. Fügt man dem die Klassifikation des Objekts der modellhaften Betrachtung hinzu und die Unterscheidung zwischen der allgemeinen, naturwissenschaftlichen und physikalischen (hierunter werden „die unserer direkten sinnlichen Wahrnehmung unzugänglichen Gegebenheiten verstanden“) Erlebniswelt hinzu, so gelangt man zu einer Modellmatrix (s. Tabelle 11, nächste Seite). Die Matrix enthält implizit auch die zentralen Merkmale für Modelle nach Stachowiak.<sup>120</sup> Sie sind: Abbildung, Verkürzung und Pragmatik, ergänzt durch Kontrast, Abundanz, Erklärung und Vorhersage (letztere beiden werden bei Keller unter Diagnostik bzw. Prognostik erfasst).<sup>121</sup> Diese Merkmale kann man anhand der Landkarte als Beispiel für ein Modell kurz erläutern. Das Abbildungsmerkmal besagt, dass die Landkarte die Landschaft in der Wirklichkeit abbildet, sie gibt aber nicht alle Merkmale wieder (Verkürzung), sondern nur diejenigen, die man als Landkartenbenutzer braucht (Pragmatik; daher z.B. der Unterschied zwischen einer Wanderkarte und einer Autokarte für die selbe Gegend). Die Landkarte betont manche Merkmale stärker (Kontrast; z.B. deutlich gekennzeichnete Wanderwege, die man in der realen Landschaft kaum sieht), und enthält Eigenschaften, die anders sind als in der abgebildeten Realität (Abundanz; z.B. Kennzeichnung der Straßen in unterschiedlichen Farben). Die Landkarte hat in der Regel rein beschreibenden Charakter, ist also als erklärendes bzw. diagnostisches und nicht als vorhersagendes oder prognostisches Modell zu

---

<sup>120</sup> Herbert Stachowiak, 1973, *Allgemeine Modelltheorie*, Wien: Springer.

<sup>121</sup> Viel mehr Detail dazu, und insgesamt zur Schwierigkeit der Definition von *Modell* bei Kullmann (1994, 36-107).

verstehen (obwohl dies durchaus denkbar wäre, z.B. in Form von geologischen Karten, die versuchen, Vulkanausbrüche, Erdbeben etc. vorherzusagen).

	Realität	Erlebniswelt		physikalische Welt
Modellbereich		allgemein Ea	naturwissenschaftlich En	P
Wahrnehmung (Sachmodell)	W	W/Ea	W/En	W/P
Kognition (Denkmodell)	mathematisch Km	Km/Ea	Km/En	Km/P
	andere Ka	Ka/Ea	Ka/En	Ka/P

**Tabelle 11: Modellmatrix nach Keller (1977, 5)**

Anhand der mit der Matrix gegebenen Beispiele wird deutlich, wie schwer sich der Modellbegriff von anderen Begriffen der Wissenschaft abgrenzen lässt, insofern als exemplarisch für Modelle „Schulversuch“, „Gasgleichung“, und „(Natur)Gesetz“ angeführt werden. Im Zitat nach Keller sehen die Beispiele folgendermaßen aus (1977, 5):

das Flugzeugmodell im Windkanal: W/En      ein Schulversuch: Ka/En  
das Flugzeugmodell als Spielzeug: W/Ea      die allgemeine Gasgleichung: Km/En  
Molekülmodelle (Kalotten etc.): W/P      die Gesetze der Quantenmechanik: Km/P

Bei Keller werden *keine* Beispiele für Km/Ea, Ka/Ea und Ka/P angegeben.

### 1.7.1.2 Metaphorisches Modell in der Chemie

Bhushan und Rosenfeld<sup>122</sup> sprechen von den metaphorischen Modellen der Chemie, die sich mit dem Themenbereich der Teilchen in der Chemie beschäftigen. Die beiden Verfasser rücken in ihrer Betrachtung die von ihnen so genannten metaphorischen Modelle in den Mittelpunkt, welche mit wörtlich zu nehmenden Modellen kontrastiert und ihnen gegenübergestellt werden. Bhushan und Rosenfeld präsentieren eine Kurzzusammenfassung unterschiedlicher Metapherntheorien, die ich hier kurz tabellarisch darstellen will:

<b>Aristoteles</b>	<b>Davidson<sup>123</sup></b>	<b>Lakoff/Johnson</b>	<b>Hesse/Arbib<sup>124</sup></b>
abweichender Sprachgebrauch	emotive und rhetorische Funktion	Allwesenheit im Alltag	Allwesenheit in der (Natur-) Wissenschaft
wörtliche Sprechweise primär	alternative Ausdrucksweise ohne zusätzlichen Gehalt	kein prinzipieller Unterschied zwischen metaphorischer und wörtlicher Sprechweise	metaphorische Modelle

**Tabelle 12: Metaphertheorien nach Bhushan und Rosenfeld**

Die Autoren stimmen Hesse/Arbib zu, dass man analysieren müsse, welche Konsequenzen sich ergeben, wenn *Studierende* die Metaphern als solche nicht erkennen, sondern metaphorische Sprechweise wörtlich interpretieren.

<sup>122</sup> Nalini Bhushan und Stuart Rosenfeld, 1995, „Metaphorical models in chemistry“, *Journal of Chemical Education* Vol. 72/7, 578-582.

<sup>123</sup> D. Davidson, 1984, In: *Truth and Interpretation*, Oxford: Oxford University Press (Im Kapitel „What metaphors mean“)

<sup>124</sup> M.A. Hesse und M.B. Arbib, 1986, *The Construction of Reality*, New York: Cambridge University Press.

Die Unterscheidung zwischen „*literal*“ (wörtlich zu nehmenden) Modellen und metaphorischen Modellen:

wörtliches Modell	metaphorisches Modell
Unterscheidung nur in Größenordnung <i>target</i> und <i>source</i> sind gleich	zwei unterschiedliche „Einheiten“ ( <i>entities</i> ) <i>target</i> und <i>source</i> sind unterschiedlich
Beispiel: Spielzeugzug (Zugmodell) <i>source: toy train, target: real train, both „train“</i>	Beispiel: Mind as computer <i>target: mind, source: computer</i>
	„the functioning of the mind comes to be understood in terms of computational concepts.“ (578) <sup>125</sup>

**Tabelle 13: Wörtliches und metaphorisches Modell**

In der Chemie sind im Grunde genommen alle Modelle von der metaphorischen Art. Der „Bildspender“ (*source*) wird in der Regel das Vertraute benutzen, um das Neue, konzeptuell unterentwickelte Gebiet, den „Bildempfänger“ (*target*) bildhaft zu erklären. Die Konzepte können nach Komplexitätsgrad unterschiedlich differenziert ausfallen. Beispiel: Kladdenmodell des Moleküls: feste, makroskopische Objekte zur Darstellung der Mechanik der Molekularstruktur. Zweiter Schritt: „*Molecular mechanics model*“ (1995, 578):

Here, it is less obvious though no less true that resources from one domain (mathematical descriptions of macroscopic physical objects) are used to model another (molecules).

---

<sup>125</sup> Wenn man in diesem Fall das Wort *understood* durch das Wort *expressed* ersetzt, ergibt sich ein anderer Aspekt. Beide Aspekte enthalten möglicherweise ihr Quäntchen Wahrheit. Wichtig scheint mir auf alle Fälle zu sein, dass der Aspekt der Wahrnehmung und der Ausdrucksweise auseinandergehalten werden. Dies ist grade ja auch im Sinne der Autoren, die meinen, dass man etwas auf metaphorische Weise ausdrücken „darf“, wenn man sich der Tatsache bewusst ist, dass man durch die metaphorische Brille wahrnimmt.

Letztere Modelle haben den zusätzlichen Vorteil, dass ihnen durch Computermodelle auch eine sehr starke visuelle Komponente eigen ist.

Bhushan und Rosenfeld antizipieren den Vorwurf der Vermischung von Modell und Metapher. Dem entgegenen sie (1995, 579) so:

It should be understood that we do not intend to imply that a model and a metaphor are the same thing. We simply are underscoring the fact that one aspect of a model is the metaphor and that it is this aspect that often drives the student understanding of the model.

Gute Modelle zeichnen sich durch hohe Verallgemeinerungskapazität (*generality*) und hohe Beschreibungsgenauigkeit (*high descriptive accuracy*) aus. Höhere Beschreibungsgenauigkeit (z. B. in den Dreiding- oder CPK-Modellen) braucht die Verallgemeinerbarkeit nicht unbedingt einzuschränken.

Dennoch können auch gute Modelle (und gerade diese, weil sie sich etablieren und mit der Zeit unkritischer verwendet werden als neuere Modelle) zu Irrtümern führen.

Die Erstellung, Anwendung und Auswertung von Modellen in der Chemie hat zwei grundsätzlich unterschiedliche Zielrichtungen: einerseits Modelle, die verlässliche Daten produzieren (und damit zuverlässige Voraussagen ermöglichen), andererseits Modelle, die eine tiefere Einsicht in Phänomene ermöglichen.<sup>126</sup> Dies heißt, dass für unterschiedliche Arten von Modellen auch unterschiedliche Bewertungskriterien herangezogen werden müssen (1995, dto.).

---

<sup>126</sup> Hier wird von den Autoren darauf verwiesen, dass J. R. Hoffmann (1992): „How the models in chemistry vie“, *PSA 1990 Proceedings*, Vol. 1, East Lansing: Philosophy of Science Association, 405-419 eine ähnliche Unterscheidung treffe.

Earlier comments by Slater and others reflect a similar concern that scientists trained in certain methods may mistakenly take those methods to be fundamental laws.

Die Problemlage verschärft sich noch, wenn man es mit Studenten einer Fachrichtung, hier Chemie, zu tun hat, da sich die oben erwähnten Schwierigkeiten verstärken können.

Die beiden fundamentalen Probleme, welche beim Metapherngebrauch entstehen können, basieren beide darauf, dass die Metapher nicht als solche erkannt wird, sondern wörtlich genommen.<sup>127</sup>

a) Der Hörer / die Hörerin kann die Äußerung nicht verstehen, und ist sich der Tatsache bewusst, dass der Kommunikationsakt aus irgendeinem Grund nicht geglückt ist.

b) Die wörtliche Interpretation ergibt auch einen Sinn und daraus ergibt sich, dass die Interpretation durch die Hörer *falsch* wird, was besonders im pädagogischen Bereich der ungünstigere Fall ist.

Für diesen letzteren Fall findet sich im Zusammenhang mit fachsprachlichem Fremdsprachenlernen ein Beispiel in Teil 2 dieser Arbeit unter dem Stichwort *Labor*, wo ein einmal falsch verstandener metaphorischer Ausdruck für eine Übersetzung so interpretiert wird, dass nachfolgende Ausdrücke in das (falsch verstandene) Bild eingefügt werden (vgl. Abschnitt 2.5.1.5).

---

<sup>127</sup> Man darf hier den Ausdruck „wörtlich nehmen“ seinerseits auch nicht zu wörtlich nehmen, da Modelle nicht nur sprachlich, sondern auch visuell, taktil, mathematisch ausgedrückt und aufgenommen werden. So spricht z.B. Keller (1977, 19) eine „Warnung vor allzu ausführlichem Gebrauch von Visualisierungen der Atommodelle“ aus.



Die gleiche Problematik entsteht beim Gebrauch von metaphorischen Modellen. Aus diesem Grund ist die *Bewusstmachung* des Metaphern- / Modellgebrauchs nach Ansicht der Autoren die vernünftigste Lösung (1995, 580):

For these reasons we argue that the key to making good use of metaphorical models is a recognition of their metaphorical status.

Auf die praktische Anwendung der metaphorischen Modelle in der Chemie komme ich im praktischen Teil dieser Arbeit unter dem Begriff *Teilchen* nochmals ausführlich zurück.

## 1.7.2 Metapher

Wie im Abschnitt zu den Modellen schon sehr deutlich wurde, können Modell und Metapher nicht wirklich voneinander getrennt werden. Dies soll hier dennoch in einem Zwischenschritt geschehen, um den Metaphernbegriff aus kognitionspsychologischer und linguistischer Sicht klarer zu umreißen, bevor Modell und Metapher dann unter dem Gesichtspunkt der Fachsprachlichkeit wieder zusammengebracht werden.

### 1.7.2.1 Kognitionspsychologische Sicht

Wenn von Metapher die Rede ist, so muss man sich darüber im Klaren sein, dass es viele verschiedene Metaphern-Begriffe gibt. Insbesondere durch Lakoff und Johnsons Arbeiten hat sich in den letzten Jahrzehnten das Verständnis der Metaphern als schmückende Beigabe der Rhetorik hin zur Metapher als grundlegender Bedingung für das Weltverständnis verschoben. Lakoff und Johnson gehen davon aus, dass alles Wahrnehmen an die Körperlichkeit unserer menschlichen Erfahrung gebunden ist. Dabei ist die körperliche Erfahrung zwar die primäre, und die Übertragungsrichtung normalerweise vom Körperlichen zum Nichtkörperlichen (also von Konkreten zum Abstrakten), doch spielen auch

kulturelle, sprachliche, geschichtliche, institutionelle Erfahrungen eine Rolle.<sup>128</sup> Die Sprache, auch die Fachsprache, greift nach Lakoff und Johnson immer wieder auf körperliche Grunderfahrungen zurück, indem sie abstrakte Zusammenhänge auf konkreter körperlicher Erfahrung basierender Ausdrucksweise bespricht, wie zum Beispiel, wenn wir sagen, dass ein Ion 'wandert'.

Nach Johnsons *The Body in the Mind* (1989, XX) ist die Metapher, besser das metaphorische Konzept, eine unumgängliche Hilfe zum Weltverständnis:

... I will not be using "metaphor" in the traditional sense as merely a figure of speech; rather, I shall identify it as a pervasive, indispensable structure of human understanding by means of which we figuratively comprehend our world.

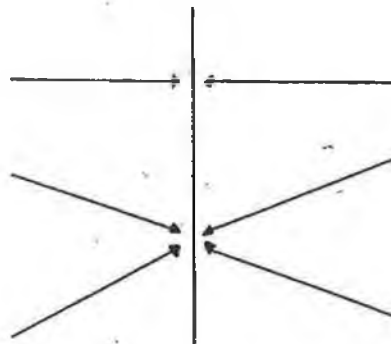
Die kognitionspsychologische Sicht besagt, dass unsere Weltansicht durch Schemata (bei Johnson und Lakoff variierend und gleichbedeutend auch *schema*, *image schema*, *embodied schema* genannt) bestimmt wird, die uns dabei unterstützen, Ordnung in unsere Wahrnehmungen, Begriffe und Taten zu bringen. Sie repräsentieren mentale Prozesse, die zwischen einer abstrakten propositionalen Struktur und konkreten mentalen Bildern liegen, wie der folgende Auszug erklärt (Johnson, 1989, 29; Hervorhebungen im Original, H.L.):

The view I am proposing is this: in order for us to have meaningful, connected experiences that we can comprehend and reason about, there must be pattern and order to our actions, perceptions, and conceptions. *A schema is a recurrent pattern, shape, and regularity in, or of, these ongoing ordering activities.* These patterns emerge as meaningful structures for us chiefly at the level of our bodily movements through space, our manipulation of objects, and our perceptual interactions.

---

<sup>128</sup> Zur Demonstration das folgende Zitat von Johnson: „To sum up: understanding does not consist merely of after-the-fact reflections on prior experiences; it is, more fundamentally, the way (or means by which) we have those experiences in the first place. It is the way our world presents itself to us. And this is a result of the massive complex of our culture, language, history, and bodily mechanisms that blend to make our world what it is.“ (Johnson, 1989, 104)

Ein Beispiel für ein solches Schema ist das BALANCE-Schema. Wir benutzen dieses Beispiel, weil uns Johnson damit auf die Bereiche der argumentativen Sprache im Allgemeinen, und der juristischen und mathematischen Fachsprachen im Besonderen hinführt. In Skizzenform dargestellt sieht das Schema wie folgt aus(1989, 86):<sup>129</sup>



#### **Abb. 6 Balance-Schema nach Johnson**

Das BALANCE-Schema kommt, wie die anderen Schemata, durch körperliche Grunderfahrungen in der Welt zustande und es ist eines der Schemata, die unsere Weltansicht zu etwas relativ Kohärentem und Bedeutungsvollem machen, obwohl wir sie in den seltensten Fällen bewusst wahrnehmen (1989, 74):

We almost never reflect on the nature and on the meaning of balance, and yet without it our physical reality would be utterly chaotic, like the wildly spinning world of a very intoxicated person.

---

<sup>129</sup> Diese graphische Darstellung findet ihre ungefähre typographische Entsprechung in der Setzung der verschiedenen Schemata in Kapitälchen, wie BALANCE-Schema. Dies soll dabei helfen, Schema und manifesten sprachlichen Ausdruck in Rede oder Schrift nicht miteinander zu verwechseln.

Diese grundlegenden Schemata besitzen eine innere Struktur - sie werden deshalb als Gestalt-Strukturen bezeichnet - und werden dargestellt durch einfache, abstrakte Skizzen, was aber nicht darüber hinwegtäuschen sollte, dass sie dynamische Strukturen sind, die eine mentale *Aktivität* repräsentieren, mit deren Hilfe wir Ordnung *konstituieren*. Diese Strukturen erlauben die Übertragung der Schemata auf unterschiedliche Objekte, Ereignisse und Erfahrungen, unterschiedliche psychische oder kognitive Bereiche. Bei Johnson wird diese Erweiterung *abstract extension* genannt. Mit dieser Erweiterung und im Rahmen des KRAFT-Schemas (zu englisch *FORCE-Schema*) erklärt Johnson zum Beispiel den Unterschied zwischen dem von den meisten Grammatiken so genannten objektiven und subjektiven Gebrauch der Modalverben, wo die Grundbedeutung (*root-sense*) eines Modalverbs (die objektive Gebrauchsweise) auf einen erweiterten epistemischen Bereich angewendet wird (die subjektive Gebrauchsweise).<sup>130</sup>

Das BALANCE-Schema kann unterschiedliche Formen annehmen, unter anderen das wippschaukelartige Gleichgewicht, dargestellt ähnlich wie eine Balkenwaage, bei der die ursprüngliche Gleichgewichtssachse (vgl. Abb.6 BALANCE-Schema nach Johnson) sich auf einen Drehpunkt reduziert, oder das durch zwei gegenläufige Pfeile dargestellte Punkt-Gleichgewicht (1989, 86):



**Abb. 7 Punkt-Gleichgewicht im BALANCE-Schema nach Johnson**

---

<sup>130</sup> Seite 48ff. Beispiel *must*. 'You *must* move your foot, or the car will crush it.' (Physical necessity) als Grundbedeutung. 'Paul *must* have gotten the job, or else he couldn't be buying that new car.' (The available evidence forces me to conclude that Paul got the job.) als Beispiel für eine epistemische Erweiterung.

In einem dritten Schritt nach der Benutzung eines Schemas und nach der abstrakten Erweiterung, kann es zu metaphorischer Ausarbeitung (*metaphorical elaboration*) kommen, was wiederum anhand des BALANCE-Schemas gezeigt wird. Bei der Betrachtung und Beurteilung von Kunstwerken etwa spielt das Gleichgewicht, die innere Ausgeglichenheit im jeweiligen Kunstwerk eine wesentliche Rolle, die sich auch sprachlich ausdrückt. Hier benutzt man das aus dem physischen Kontakt mit der Umwelt entwickelte und auf der körperlichen Erfahrung von Gewicht beruhende Vokabular, um eine visuelle Erfahrung zu verarbeiten und zu besprechen (1989, 80; Hervorhebungen im Original).

There is a further dimension involved, because we no longer have “weight” or “force” in the gravitational and physical sense. Instead, we have some complex *metaphorical* (but very real) experience of *visual* weight and force. “Weight” is used metaphorically here in a standard sense of the term “metaphor”: we structure and understand a domain of one kind (here, the psychological/perceptual) in terms of structure projected for a domain of a *different kind* (here, the physical/gravitational).

Andere metaphorische Ausarbeitungen des BALANCE-Schemas betreffen nach Johnson beispielsweise den Bereich der physischen und psychischen Vorgänge (körperliche oder seelische Krankheit als Besitz oder Verlust eines Gleichgewichtszustandes - “we are emotionally *balanced, stable, and on an even keel*”), der rationalen Argumentation (Ausgeglichenheit der Argumente - “Two arguments may *carry equal weight*”), des Rechtes (Gleichgewicht von Tat und Strafe - “*an eye-for-an-eye*” und “*let the punishment fit the crime*”) und der Mathematik (Gleichungen mit dem Gleichheitszeichen als Drehpunkt - “*A equals B*”). Für die englischsprachigen Beispiele auf dem Gebiet der Argumentation, der Gesundheit, der Gesetzeslehre und Mathematik lassen sich problemlos deutsche Gegenstücke finden, wie ‘emotional unausgeglichen sein’, ‘zwei Argumente wiegen einander auf’, ‘eine schwerwiegende Tat muss durch eine schwere Strafe gesühnt werden’, ‘eine Gleichung austarieren’ usw. Solche metaphorischen Ausarbeitungen werden nach Johnson in die inzwischen berühmt gewordenen Gleichsetzungsformeln gegossen, wie z.B. DISKUSSION IST ABWÄGUNG, oder - nach

einem ähnlichen Muster, allerdings ohne Kopulaverb „STORY EVENT AS CONTAINER“ für das Beispiel „Tell me your story again, but leave out the minor details“ (1989, 34).

Nebenbei bemerkt: An der juristisch-mathematischen metaphorischen Übertragung kann man deutlich sehen, dass unter gewissen Umständen eine abstrakte konzeptuelle Ebene aufgebaut wird, hinter die der Mensch nicht zurückgeht, wie an dem Beispiel Gleichgewicht - Mathematik - Gerechtigkeit (1989, 90-95) klar wird. Hier wird für den Bereich Gerechtigkeit nicht bei der körperlichen Erfahrung angesetzt, sondern das stark abstrahierte mathematische System wird *direkt* auf das moralisch-juristische System übertragen.<sup>131</sup> In einfacher Form finden wir also nicht:

körperliche Ebene	Abstraktionsebene
körperliches Gleichgewicht	moralisch/juristische Abwägung

sondern

körperliche Ebene	Abstraktionsebene 1	Abstraktionsebene 2
körperliches Gleichgewicht	mathematische Gleichung	moralisch/juristische Abwägung

Einen ganz ähnlichen Fall findet man bei der Entwicklung des KRAFT-Schemas (Johnson, 1989, 45 ff.), das sich in sieben Unter-Schemata aufteilt, von denen eines ANZIEHUNG (*ATTRACTION*) ist.<sup>132</sup>

<sup>131</sup> Im Detail ist an Johnson und Lakoffs Theorie einiges auszusetzen, wie zum Beispiel die Unklarheit darüber, wie der Schritt vom Feststellen des systematischen Auftretens einer Metapher zum Postulat eines zugrundeliegenden Metaphernkonzeptes gemacht wird. Dazu mehr z.B. bei Christa Baldauf, 1996, „Konzept und Metapher - Präzisierung einer vagen Beziehung“, *Linguistische Berichte* 166, 461-482.

<sup>132</sup> Die anderen sind, der Vollständigkeit halber, COMPULSION, BLOCKAGE, COUNTERFORCE, DIVERSION, REMOVAL OF RESTRAINT, ENABLEMENT.

7. *Attraction*. A magnet draws a piece of steel toward itself, a vacuum cleaner pulls dirt into itself, and the earth pulls us back down when we jump. There is a common schematic structure of attraction shared by these experiences. This same structure is present, too, when we feel ourselves physically attracted to some other person. The force is not gravitational, in the standard sense, but it is a kind of gravitation toward an object. As such, it shares the same underlying ATTRACTION schema (fig. 12). The vectors here can be either actual or potential, and there might be additional objects added to represent more complex relations of attraction.

Hier wird deutlich, dass die Übertragungsrichtung nicht nur vom Konkreten zum Abstrakten, und von Abstrakten aufs Abstrakte, sondern auch vom Abstrakten zurück zum Konkreten gehen kann. Das Vokabular ist stark physikalisch orientiert, z. T. mit Begriffen, die aus der moderneren Physik (ab Newton) stammen (z.B. *force*, so wie das Wort hier gebraucht wird, *gravitation*, *vector*) und in dieser Form noch nicht ins Alltagswissen übergegangen sind. Weiter zeigt sich auch am Staubsauger-Beispiel, dass die Trennlinie zwischen unterschiedlichen Konzepten unklar ist, etwas Subjektives an sich hat, und sprachabhängig ist (die Bezeichnung *vacuum cleaner* eröffnet das KRAFT-Schema, da man die Folgen einer Implosion durch ein Vakuum aus Science-Fiction Filmen kennt, während das *Saugen* in *Staubsauger* deutlich mit Aufnahme eines Objektes in ein Gefäß verbunden ist).

Wie Johnson in *The Body in the Mind* sagt, müssen Erfahrungen der ersten Ebene nicht unbedingt Erfahrungen im körperlichen Sinne sein, sondern können mehrfach vermittelte, projektierte, gespiegelte, von einem Abstraktionsfeld ins andere übertragene Erfahrungen sein, in die auch kulturelle, sprachliche, geschichtliche, institutionelle Begegnungen und Erlebnisse hineingewoben sind, die letztlich mit

dem Adjektiv 'körperlich' nur noch sehr unzureichend zu beschreiben sind.<sup>133</sup> Dies trifft in besonderem Maße auf den Sprachgebrauch von Experten vis-a-vis Laien zu (62):

There is nothing "rock bottom" or "foundational" about image-schematic gestalt structures. What constitutes an experientially basic level will depend on background knowledge, motivation, interests, values, and previous experiences. Concerning interactions with physical objects, for instance, what is a basic gestalt for a layperson might differ considerably from that for a physicist, who brings a highly developed theory to bear in understanding the nature of the physical world as well as in interacting with it. Experiential basicness is a relative matter.

Soweit die Aussagen Johnsons, veranschaulicht anhand des BALANCE-Schemas.<sup>134</sup> Das „Woher?“ der metaphorischen Erlebensweise der Menschen wird bei Johnson und Johnson und Lakoff nicht angesprochen, ist aber m.E. nicht unwichtig. Eine Antwort auf diese Frage finden wir bei Karlheinz Jakob (1991, 30ff.), der die wissenspsychologischen Auffassungen Piagets in dieser Hinsicht kurz zusammenfasst und von einem in der Entwicklungsgeschichte des Individuums von der frühen Kindheit bis ins Erwachsenenalter abnehmenden, aber nie ganz verschwindenden Animismus spricht. Dazu mehr im Abschnitt 'Mentales Modell und Metapher'.

Wie der Hinweis auf *Aktivität*, das Beispiel mit dem metaphorischen Gehalt der Modalverben, die sprachlichen Beispiele für die Übertragung des Schemas auf

---

<sup>133</sup> Vgl. hierzu z.B. Johnson, 1989, 137 (Meine Hervorhebungen, H.L.): ... understanding is never merely a matter of holding beliefs, either consciously or unconsciously. More basically, one's understanding is one's way of being in, or having, a world. This is very much a matter of one's embodiment, that is, of perceptual mechanisms, patterns of discrimination, motor programs, and various bodily skills. And it is *equally* a matter of our embeddedness within *culture, language, institutions, and historical traditions*.

<sup>134</sup> Die eminente Rolle, die Balance/Gleichgewichtsbegriff in der Naturwissenschaft spielt soll hier mit einer kurzen Textstelle aus F. Cramers Büchlein *Gratwanderungen* (1995, 34/35) verdeutlicht werden:

Wie wir seit Anfang unseres Jahrhunderts, insbesondere seit Boltzmann, wissen, bildet das kosmische Geschehen ein permanentes Fließgleichgewicht. Gleichsam kippen seine Gleichgewichtszustände immer wieder um, und so müssen sie immer wieder neu ausbalanciert werden. (...) Sobald der Energiefluss aufhört, sein Niveau auf Null sinkt, stellt sich das thermodynamische Gleichgewicht ein. Dann hat das System aufgehört zu existieren. Es ist tot.



psychologische Sachverhalte (*ausgleichen*), den rationalen Diskurs (*sich gegenseitig aufwiegen*), Jura und Mathematik (*schwer wiegen, austarieren*) gezeigt haben - übrigens auch in der englischen Sprache - richtet sich das Augenmerk unumgänglich auf die in der Metaphernforschung etwas vernachlässigten Verben.

In einer Weiterentwicklung der Theorien von Lakoff, Johnson und anderen Forschern der Kognitionspsychologie hat Gilles Fauconnier<sup>135</sup> mit der Lehre von kognitiven Mappings die Übertragung von komplexen Strukturen aufeinander untersucht, und kommt zu ähnlichen Ergebnissen, auch was die Naturwissenschaften angeht (1997, 13):

After all, mappings are at the very foundation of mathematics and structure many scientific theories.

### *Gegenständlichkeit, Räumlichkeit und Körperlichkeit des Deutschen*

Kommen wir noch einmal auf Goldschmidt zurück. Während wir die elementaren Grundmetaphern für die sprachliche 'Haltung', wie sie durch Fachsprache und die Umgangssprache reflektiert wird, um die gegensätzlichen Begriffe *Wasser* und *Erde* anordnen, und damit Goldschmidts Aussagen um wesentliche Teile erweitern, kann das, was Goldschmidt über den Charakter der deutschen Sprache im Vergleich zur Französischen sagt, und dann auf die Philosophie<sup>136</sup> und die Psychologie ausdehnt, auf die Fachsprache(n) übertragen und im Vergleich Deutsch - Englisch ergänzt werden. Dabei ist keine Sprache der anderen überlegen, sondern jede "drückt ihren Bezug zur Wirklichkeit oder zur Realität verschieden aus. Dasselbe sieht anders aus in der anderen Sprache" (12).

Die Gegenständlichkeit der deutschen Sprache geht nach Goldschmidt aus ihrer Unfähigkeit zur Abstraktion hervor.

---

<sup>135</sup> Gilles Fauconnier, 1997, *Mappings in Thought and Language*, Cambridge: Cambridge University Press.

<sup>136</sup> "Nichts einfacher, nichts unmittelbarer als das philosophische Vokabular." (17)

Es gibt wirklich keine größere Dummheit, als vom abstrakten Charakter des Deutschen zu reden: Keine andere Sprache ist so konkret, so räumlich; das Deutsche ist, genaugenommen, unfähig zu jeder Abstraktion. (...) Und die Räumlichkeit trägt noch zum konkreten Charakter der Sprache bei. (17)

Wenn man der mangelnden Abstraktionsfähigkeit des Deutschen nachgehen will, so muss man sich die Wortbildung<sup>137</sup> und die Schnittstelle zwischen Grammatik und Semantik<sup>138</sup> ansehen.

Die Räumlichkeit des Deutschen findet ihren Ausdruck vor allem durch "die Verben, die eine Bewegung im Raum ausdrücken":

Die Gesamtheit der deutschen Sprache bildet sich von der Lage und der Bewegung im Raum aus. ... Die Sprache ist um einige Grundwörter wie *stehen, liegen, sitzen* und die ihnen entsprechenden Faktiva *stellen, legen, setzen* aufgebaut - das heißt um Verben, die eine Bewegung im Raum ausdrücken.<sup>139</sup> (18)

Gegenständlichkeit und Räumlichkeit lassen sich nach Goldschmidt auf den körperlichen Charakter des Deutschen zurückführen; je tiefer sich die Philosophie gebe (und, so ergänze ich hier, je tiefer sich die Wissenschaft in die Materie begibt), "desto simpler und konkreter ihre Sprache, in jedem Fall aber sehr nahe

---

<sup>137</sup> Grundwörter wie *stellen, setzen, legen*, alle Verben, wie an dieser Stelle auch angemerkt sei, "lassen sich unbegrenzt mit einer Vielzahl von Partikeln kombinieren." (19)

<sup>138</sup> "Stets sieht man das Französische handeln, wo das Deutsche erleidet; die Sprachen unterscheiden sich in ihrer Befindlichkeit, es ist, als näherte sich das Deutsche mit seinem spezifischen Gebrauch diese *Perfektpartizips*, aus dem alles entsteht, was mit bewusst und unbewusst zu tun hat, schon dem Es." (38; Hervorhebung von mir, Hervorhebung im Original weggelassen, H. L.)

<sup>139</sup> Hierhin gehören auch die Präpositionen. Die Bedeutung von Lage und Bewegung im Raum wird "sehr hübsch veranschaulicht durch einen Würfel mit Figuren, der jungen Franzosen, wenn sie Deutsch lernen, die Präpositionen auf, über, neben usw. begreiflich machen soll ..." (18)

dem *leiblichen Befinden*, dieser inneren und äußeren Befindlichkeit des Leibes" (18). Zur Körperlichkeit, Leiblichkeit des Deutschen gehören auch die Sinne, und das körperliche Agieren:

Die visuellen und auditiven Elemente sind im Deutschen viel stärker entwickelt als im Französischen; das Tun (*agir*) ist hier sehr viel verbreiteter als das Machen (*faire*) ... (28)

Was also Johnson und Lakoff von der Sprache im allgemeinen behaupten und anhand von englischsprachigen Beispielen nachweisen, trifft nach Goldschmidt, der sich dem Problem aus einer völlig anderen Richtung annähert<sup>140</sup>, für das Deutsche in verstärktem Maße zu, und zwar in umgekehrter Proportionalität zum Spezialisierungsgrad: je 'tiefer' die Philosophie, desto konkreter die Sprache.

Goldschmidt sieht die sprachlich-kulturellen Unterschiede zwischen dem Deutschen und dem Französischen. Aus einer allgemeiner gefassten (auf die englische Sprache beschränkten) Blickwinkel nähert sich Andrew Goatly dem Problem.

### 1.7.2.2 Linguistische Sicht (Goatly)

Goatly spricht von der Allgegenwart der Metapher, was natürlich die Fachsprache einschließt. Dabei betont er, dass Metaphern bestimmte Wirklichkeitsausschnitte hervorheben, während andere wegfallen.<sup>141</sup>

It is because metaphors suppress features that, for instance, physicists need two alternative metaphors for light, both wave and particle, to model those aspects of light ignored by the other.

Auch hier wieder wird die Nähe von Modell und Metapher deutlich.

---

<sup>140</sup> In Goldschmidts Text findet sich keinerlei Hinweis darauf, dass er die Arbeiten von Johnson und Lakoff kennt. Sie sind im Literaturverzeichnis nicht vertreten.

<sup>141</sup> Andrew Goatly, 1997, *The Language of Metaphor*, London und New York: Routledge, 2.

Goatly geht davon aus, dass die Metapher in der Linguistik zum marginalen Phänomen geworden sei, weil sie einerseits als 'Störfaktor' in einem ansonsten reibungslosen System gesehen werde (Hallidays funktionale Grammatik mit dem Konzept der grammatischen Metapher, also hauptsächlich Nominalisierung, wo die Metapher als Störung in der Übereinstimmung von Semantik und Wortart gesehen wird), und andererseits als Randphänomen wahrgenommen werde (von der generativen Transformationsgrammatik, welche die Metapherninterpretation als zur Pragmatik gehörig sieht, welche als Ergänzung zur Linguistik - und nicht als einer ihrer Kernbereiche - betrachtet wird). Beide haben aber gemeinsam, dass sie die Metapher als Phänomen marginalisieren. Die so entstandene Lücke sei nach Goatly von Philosophie und (Kognitions-) Psychologie<sup>142</sup> gefüllt worden. Goatly sieht seine Aufgabe darin, die Metapherntheorie in die Linguistik zurückzuführen.

### 1.7.2.3 Metaphernbeschreibung nach Goatly

Hier wird Goatlys Werk in der Hauptsache dazu benutzt, ein linguistisches Begriffssystem auf die Fachsprache zu übertragen, so dass die in der Fachsprache der Chemie verwendeten Metaphern systematisch beschrieben und analysiert werden können. Dabei wird die Terminologie von Goatly an die hiesigen Bedürfnisse angepasst.

Goatly (1997, 8) definiert (in einer vorläufigen Festlegung am Anfang seines Werks) *Metapher* wie folgt:

Metaphor occurs when a unit of discourse is used to refer unconventionally to an object, process or concept, or colligates in an unconventional way. And when this unconventional act of reference or colligation is understood on the basis of similarity, matching or analogy involving the conventional referent or colligates of the unit and the actual unconventional referent of colligates.

---

<sup>142</sup> In erster Linie und an vorderster Front: Lakoff und Johnson

Nach Goatly sieht die metaphernbezogene Terminologie folgendermaßen aus: der konventionell Referent einer Diskurseinheit ist *the Vehicle-term* (oder *V-term*). Für die deutsche Bezeichnung der Metapherterminologie greife ich auf Harald Weinrich zurück, dessen Begriffe gegenüber den von Goatly bevorzugten englischen den Vorteil der größeren Anschaulichkeit haben, die überdies die Übertragungsrichtung von Merkmalen (*spenden* und *empfangen*) anzeigen; zudem wird das Problem der gemischten Metapher in der Metapherterminologie vermieden, wie es in Richards *Tenor* (Musik) und *Vehicle* (Fortbewegung) offenbar wird. Was Goatly als *V-term* bezeichnet wird bei Weinrich *Bildspender* (abgekürzt im Folgenden als BS) genannt. Der für den metaphorischen Ausdruck gültige unkonventionelle Referent heißt bei Goatly *Topic* (oder *T-term*), und wird bei anderen Autoren (wie z. B. dem vorerwähnten I. A. Richards) auch *Tenor* genannt. Dieser Teil der Metapher heißt bei Weinrich *Bildempfänger* (Abkürzung BE). Schließlich werden die zugrundeliegenden Ähnlichkeiten und/oder Analogien bei Goatly als *Ground* (*Ground-terms* oder *G-terms*) bezeichnet, wofür wir mit Weinrich als deutsche Bezeichnung das Wort *Bildfeld* oder kurz *Feld* (Kurzform BF) wählen. Das *Feld* kann sowohl die Gesamtheit der dem Bildspender und -empfänger gemeinsamen Merkmale bezeichnen, auf denen die Metapher beruht als auch jene, die aus der Metapher hervorgehen. An einem von Goatly angeführten Beispiel ergibt sich folgendes Bild:

In der Diskurseinheit

The past is a **foreign country**; they do things differently *there*.

ist

**a foreign country**                      der *Bildspender* (graphisch: Fettdruck)

the past                                      der *Bildempfänger* (graphisch: Unterstreichung)

*they do things differently*      das *Feld* (graphisch: Kursivdruck)

Eine weitere Konvention - im obigen Beispiel nicht realisiert - ist die Signalisierung der Metapher durch sprachliche oder graphische Mittel, die durch Sternchen (\*)

gekennzeichnet wird. Dies kann von der direkten Erwähnung des metaphorischen Charakters einer Aussage (*metaphorisch gesprochen*), über die Vergleichspräposition *wie* bis hin zum Anführungszeichen als Metaphernsignal reichen. Die Übergänge sind fließend.<sup>143</sup>

Nicht jeder dieser Bestandteile ist in jeder Metapher vertreten.

### *Beispiel aus der Chemie*

Die Schreib- und Betrachtungsweise Goatlys soll nun, bevor wir weitere Aspekte seiner linguistischen Metapherntheorie betrachten, auf ein relativ ausführliches und komplexes Beispiel aus der Chemie angewendet werden. Wir beginnen mit einem Zitat aus Arnold Arni (1990, 116):

Das Molekül Äthylendiamin ( $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ ) mit der Abkürzung „en“ ist ein Beispiel eines zweizähnigen Liganden. Das Zentralion wird über die beiden Stickstoffatome wie mit einer Zange gefasst. Bei mehrzähnigen Liganden spricht man allgemein von Chelat-Komplexen oder Chelaten (chele: Krebschere; das Zentralion wird wie von einer Krebschere gefasst).

Das Molekül X ist ein **zweizähniger Ligand**. *Es wird über die beiden Stickstoffatome ... gefasst.*

Der Bildempfänger ist das Molekül, der Bildspender ist der Ligand, der die Eigenschaft der Zweizähnigkeit hat, welche die Metaphorizität des Ausdrucks begründet. Das Bildfeld wird im weiteren Verlauf der Passage ausführlich begründet, die Zweizähnigkeit wird durch einen weiteren Bildspender erläutert.

... ein Beispiel eines zweizähnigen Liganden. Das Zentralion wird *über die beiden Stickstoffatome* \*wie mit **einer Zange** gefasst.

Das heißt, dass nun der *Ligand* in der Rolle des Bildempfängers ist, der Bildspender ist die *Zange* und das Bildfeld sind die Konstellation von *Zentralion* und die *beiden Stickstoffatome*; die Vergleichspräposition *wie* dient als Metaphernsignal.

---

<sup>143</sup> Ausführlich dazu Goatly, 1997, 174/75.

Ganz ähnlich wird der nunmehr eingeführte Begriff *Ligand* durch *mehrzählig* erläutert, wobei als Bildspender die *Krebsschere* dient und das Feld weniger ausführlich erläutert wird.

... bei mehrzähligen Liganden wird das Zentralion \*wie von **einer Krebsschere** gefasst.

Das Verb *fassen* (bzw. unausgesprochen *beißen*, daher auch die leichte Übertragung auf 'Zange', da im Deutschen der Prototyp für Zangen die 'Beißzange' ist<sup>144</sup>) liegt der Übertragung von 'Zahn' auf 'Zange' bzw. 'Krebsschere' zugrunde (letzteres mit *(ein)zwicken* und *(ein)klemmen* in Verbindung zu bringen) und hat natürlich in sich selbst auch stark metaphorischen Charakter. Die Analogien zu ein und demselben Sachverhalt können ganz unterschiedlich ausfallen. Die nächsten Textbeispiele stammen von Fromherz und King (1969) und benutzen als Bildspender für die Chelate Brücken bzw. Ringe/Ketten.

#### Beispiel A (Fromherz/King, 180/181)

In many cases it is assumed that the mobile hydrogen atom is attached neither to the carbon nor to the oxygen atom but remains as a *bridge* between them and loosely bound to them in a special manner (...) The labile ring formed is termed chelate; its formation is termed chelation ( $\chi\eta\lambda\eta$  = lobster's claw).

In manchen Fällen nimmt man an, dass das bewegliche Wasserstoffatom weder am Kohlenstoff noch am Sauerstoff hängt, sondern vielmehr als eine Brücke zwischen ihnen sitzt und locker an beide auf besondere Weise gebunden ist (...) Der hierdurch gebildete, labile Ring heißt Chelat (Chelatring), die Bildung selbst heißt Chelierung ( $\chi\eta\lambda\eta$ , Hummerschere)<sup>145</sup>.

<sup>144</sup> Etymologisch ist *beißen* mit *Beil* verwandt und hat als Grundbedeutung keineswegs *fassen*, sondern ganz im Gegenteil *spalten*, *schneiden* (s. Duden-Herkunftswörterbuch). Ganz ähnlich verhält es sich mit *Schere* in *Krebsschere*, *Hummerschere*.

<sup>145</sup> Man beachte in der deutschen Version die Art, wie sie ganz nach Goldschmidtscher Art Verben wie *hängen*, *sitzen* verwendet; im Englischen stehen dem *attach* und *remain* gegenüber.

Die Einteilung nach BS, BE und BF ergibt folgendes Bild:

Das Wasserstoffatom *sitzt* \*als<sup>146</sup> **eine Brücke** *zwischen* dem Kohlen- und dem Sauerstoffatom und *ist locker an beide gebunden*.

Das Bild der *Brücke* ist stark konventionalisiert im Begriff der Wasserstoffbrückenbildung, der mit der im voranstehenden Beispiel erwähnten „besonderen Weise“ der Bindung zu tun hat (und auf den an der mit Auslassungszeichen gekennzeichneten Stelle auch ausdrücklich verwiesen wird). Dieser terminologisierte Gebrauch des Brücken-Bildes unterstreicht im Wesentlichen die elektrostatische Natur der Bindung (vgl. z.B. Fromherz/King, 398/99; Arni, 52 u.v.a.m.), doch ist der terminologisierte Gebrauch an der hier besprochenen Textstelle sicherlich nicht intendiert.

Es ist anzumerken, dass das BF zweifach – und die Metapher vermischend – realisiert ist, nämlich insofern das Wasserstoffatom einmal als Brücke (wie im Text auch ausdrücklich erwähnt), damit ‘zwischen’ zwei anderen Teilen befindliches, die Distanz betont, einmal als Band oder Verbindung zwischen zwei anderen Teilen gesehen wird und von daher die Nähe hervorstreicht. Es liegt hier also, in Goatlys Sprechweise, eine Mehrfachdetermination vor.

Beispiel B (Fromherz/King, 392/393)

Hier wird noch einmal das Äthydiamin als Beispiel für einen zweizähligen Liganden angeführt. Während im obigen Beispiel die Eigenschaften dieses Stoffes in Anlehnung an die Etymologie des Begriffs *Chelat* als Zange bzw. Krepsschere gesehen wurde, ergibt sich aus dem folgenden Textauszug ein anderes Bild:

---

<sup>146</sup> zu *als* muss erläutert werden, dass es an den hier erwähnten Stellen als spezifizierende modale und *nicht* als komparative Präposition gebraucht wird, also mit dem Sinngehalt „in der Eigenschaft, Funktion“ (vgl. z.B. Helbig/Buscha, 1980, 371).



If a ligand with two spatially separated electron lone-pairs (e.g. ethylene diamine  $\text{H}_2\text{N}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}_2\text{NH}_2$ ) as a flexible chain molecule is in a position to form a coordinate bond between each electron pair and a metallic cation such as  $\text{Cu}^{2+}$  (bidentate ligand), a cyclic structure known as a chelate (...) is produced.

Ist ein Ligand mit zwei räumlich entfernten einsamen Elektronenpaaren, wie z.B. Äthyldiamin  $\text{H}_2\text{N}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}_2\text{NH}_2$ , als biegsames Kettenmolekül, in der Lage, mit beiden Elektronenpaaren an einem metallischen Kation, wie z. B.  $\text{Cu}^{2+}$ , koordinative Bindungen einzugehen (zweizähniger Ligand), so erhält man cyclische Strukturen, sogenannte Chelate (...).

Ein Ligand (wie Äthyldiamin) ist \*als **biegsames Kettenmolekül** (bzw. aus dem vorhergehenden Beispiel als **labiler Ring**) in der Lage, *mit beiden Elektronenpaaren koordinative Bindungen einzugehen*.

Während alle vorhergehenden Bildspender sich durch Berufung auf die Form (Gebiss, Zange, Schere, Brücke; Ring) auszeichnen, von denen die ersten vier das Merkmal der 'Rigidität' teilen, wird mit *Ring* und *Kette* jeweils durch Adjektive in Richtung auf die Elemente der *Labilität* und *Biegsamkeit* (Verbalderivat aus *biegen*, *sich biegen*) abgezielt.

Für den gleichen Sachverhalt wird also auf vier (bzw. fünf oder sechs, je nach Zählweise) unterschiedliche Bilder zurückgegriffen, nämlich 'Zahn', 'Zange' (oder 'Krebsschere', bzw. 'Hammerschere', je nach Interpretation des zugrundeliegenden griechischen Wortes), 'Brücke' und 'Kette', mit denen unterschiedliche Aspekte des Sachverhaltes betont werden. 'Zahn' wie 'Zange' heben die Funktion der beiden „äußeren“ Atome hervor (sie *fassen*, *greifen*), 'Brücke' hebt die Position im Raum hervor (sie *liegt*, bzw. im vorliegenden Falle *sitzt zwischen* zwei Elementen) und 'biegsame Kette' (bzw. 'Ring') hebt die Anordnung der unterschiedlichen Teilchen zueinander hervor. Dies erinnert sehr stark an das, was weiter oben zu den Modellen gesagt wurde: auch dort werden jeweils andere Aspekte ein und desselben Sachverhalts betont.

Beim Gebrauch des Verbs bauen sich nach Goatly (86ff.) je nach vom Verb geforderter Ergänzung Vorstellungen auf, z.B. führt *schreiben* zu Vorstellungen

von Schreibgerät (*Füller, Keyboard*) und Hand, sowie vielleicht Schreibfläche (*Papier, Monitor*). Diesen Prozess nennt Goatly *vehicle construction*.

Beim metaphorischen Gebrauch von Verben wird den so erwarteten Vorstellungen zuwider eine unkonventionelle Füllung der durch die Valenz eröffneten Positionen vorgenommen, z.B. *der Fluß schreibt sein Bett in den Sand* o.ä.

Beim fachsprachlichen Gebrauch könnte es sein, dass die fehlende Konventionalität nicht allzu sehr ins Auge fällt, da für den Bildempfänger eine Konvention noch nicht aufgebaut ist. Die Metaphorizität kommt deshalb erst zur Geltung, wenn eine konventionelle Metapher ausgebaut wird, wie etwa bei einem weniger benutzten (und daher unkonventionelleren) Verb wie *beherbergen* in *Fluor beherbergt in seiner inneren Schale ... zwei Elektronen* (Morrison/Boyd; deutsche Fassung, 6) oder einer Ausdruckweise, die von Stilebene und Register her ungewöhnlich erscheint, wie in *Die Moleküle beschreiten den Weg, der für sie am einfachsten ist* (dto.).

Einige andere Beispiele aus der Fachsprache der Chemie (alle aus Fromherz und King; meine Hervorhebungen, H.L.) sind:

### *Beispiel 1* (129)

Dann wird zur Trockne eingedampft, und durch schwaches Glühen werden die Ammoniumsalze *verjagt* (*abgeraucht*).<sup>147</sup>

---

<sup>147</sup> Beachte hier den unterwertigen Gebrauch von *eindampfen* (die Subjektstelle im Passivsatz, Objektstelle im gleichbedeutenden Aktiv, bleibt unbesetzt).

### *Beispiel 2 (129)*

Aus dem Filtrat des Ammoniumcarbonatniederschlags in  $4\alpha$  werden wieder die Ammoniumsalze *vertrieben (abgeraucht)*.<sup>148</sup>

### *Beispiel 3 (417)*

Die aus Elektronen bestehenden  $\beta$ -Teilchen, die beim radioaktiven Zerfall *ausgeschleudert* werden, ...

### *Beispiel 4 (427)*

So *schleudert* zum Beispiel Stickstoff beim Beschuss mit  $\alpha$ -Teilchen sehr schnelle Protonen *aus* nach der Gleichung ...<sup>149</sup>

## *Funktionale Varietäten*

Ein weiterer Aspekt, den Goatly des Näheren behandelt, und der für diese Arbeit wichtig wird, ist die jeweiligen Funktion der Metaphern im Kontext (148-167). Wir finden hier Hinweise auf die wortschöpfende (katachretische), erklärerische oder modellhafte, rekonzeptualisierende (d.h. definitionsändernde) und ideologische Funktion, des weiteren die Funktion der Gruppenbildung und die pädagogisch-didaktische Funktion (in Bezug auf Aufmerksamkeits- und Erinnerungswert einer Äußerung), sowie schließlich auch der klassisch-traditionellen rhetorischen Funktion; all dies sind Funktionen, die für das Unterrichten einer fremdsprachlichen Fachsprache von großer Bedeutung sind.

---

<sup>148</sup> Beachte hier die Platzhalterfunktion von  $4\alpha$ , die auf einen vorhergehenden Analyseschritt verweist. Sowohl *verjagen* wie auch *vertreiben* werden im englischen Äquivalent mit *remove* wiedergegeben. Siehe zum englischen Verb *remove* und seinen deutschen Gegenstücken Abschnitt 1.5.2.2. und 2.3.4.

<sup>149</sup> Englisch in Beispiel 3: *project*, Beispiel 4: *eject*.

Goatly weist hier zunächst auf Halliday hin, der drei sogenannte Metafunktionen anführt, die dabei helfen, die Funktionen der Metapher zu analysieren. Diese drei Funktionen sind

- die ideationale Funktion (die Welt verstehen)
- die interpersonelle Funktion (auf die Welt - und ihrer Bewohner - einwirken)
- die textuelle Funktion (die Verbindung zu Ko- und Kontext herstellend).

Die folgenden Funktionen sind in der gleichen Reihenfolge geordnet, in der sie die gerade genannten Metafunktionen umsetzen. Die Übergänge zwischen den Gruppen sind gleitend.

Katachretische Funktion (*filling of lexical gaps*<sup>150</sup>)

Dabei geht es nicht nur darum, Wörter überhaupt in semantische Lücken zu setzen, sondern auch darum, unhandlich lange Wörter durch griffigere zu ersetzen. Ein Beispiel ist *Lichtjahr* für 94 630 000 000 000 km. Goatly unterscheidet Katachrese für „echte semantische Lücken“ (dort wo es etwas zu bezeichnen gibt, was es früher nicht gab; die ganze Computersprache ist ein ausgezeichnetes Beispiel); zweitens die „Hilfestellung“ für ein nur teilweise ausreichendes Wort und drittens eine Präzisierung der Normbedeutung.

Alle drei wortschöpferischen Aspekte werden in der Chemie, insbesondere in der chemischen Nomenklatur, aber auch in der Terminologie extensiv genutzt, wie bei Ebel und Wilde in ihren jeweiligen Besprechungen der deutschen und der englischen Fachsprache der Chemie deutlich wurde, etwa anhand der Eponyme.

Erklärung und Modell

Hierzu gehört, das Unbekannte mit Bekanntem zu erklären, wie etwa die Elektrizität als durch Röhren strömendes Wasser zu sehen (wobei der Wasserdruck

---

<sup>150</sup> Goatly, 149.

die Spannung, der Durchmesser der Röhre den Widerstand und die Fließgeschwindigkeit die Stromstärke repräsentiert). Die Übereinstimmung in der Struktur macht diese Metapher zu einem erklärenden Modell. Und schließlich können Metaphern nach Goatly, und in Übereinstimmung mit Richard Boyd sogar Theorien darstellen.<sup>151</sup> Zu beachten ist aber, dass etwa in dem Strom-Beispiel, aber auch im oft – und auch von Goatly – zitierten Beispiel der Erklärung des Lichtes als Teilchen bzw. als Welle – die Ähnlichkeiten mit dem der Modellvorstellung zugrundeliegenden Lebensbereich abnehmen und schließlich für Fachleute nicht mehr zählen. Diese Metaphernfunktion ist typisch für die Naturwissenschaften, aber nicht auf sie beschränkt.

Über diesen Bereich wurde oben im Abschnitt 'Metaphorisches Modell' schon mehr gesagt.

#### Rekonzeptualisierung

Hier spricht Goatly wieder mehr von der literarischen Metapher, die dazu dienen kann, einen Begriff sozusagen in neuem Licht darzustellen und mit einem neuen Gehalt zu füllen. Es geht dabei um *defamiliarization*, das Umdefinieren eines vertrauten Begriffs.

Some classes of expressions try to do more than effect a momentary reconceptualization. First, there are stipulative or private definitions which bring about a reconceptualization for the duration of the discourse or series of discourses, e.g. "The term *energy* may be applied to the product of the mass or the weight of a body into the square of the number expressing its velocity."<sup>152</sup>

---

<sup>151</sup> Goatly, 150: „At a more fundamental level of scientific enquiry, then, metaphors constitute theories or models.“

<sup>152</sup> Goatly, 152. Hier Verweis auf A. Naess, 1952, „Towards a theory of interpretation and preciseness“, In: L. Linsky (Hg.): *Semantics and the Philosophy of Language*, Urbana: University of Illinois Press, 248-269.

So kann man sehen, dass Rekonzeptualisierung wiederum eine Funktion der Metapher ist, die nicht nur, aber doch mehr als nur auch in den Naturwissenschaften eine besondere Rolle spielt. Hier zeigt sich, wie eng Metapher und Definition zusammenhängen. Wenn man bedenkt, dass gerade die Rekonzeptualisierung von schon bekannten Wörtern und die Konzeptualisierung von neuen in den engeren Bereich der fachsprachlichen Ausbildung gehört, so wird die Bedeutung dieser Funktion für unsere Zwecke nicht unwesentlich sein.

### Ideologie

Die ideologische Funktion der Metapher ist insbesondere in der Angewandten Naturwissenschaft von äußerstem Interesse, z. B. dort wo es um die Anwendung neuer Technologien, wie der Reproduktionstechnologie<sup>153</sup> oder Gentechnologie geht, die ja beide einen erheblichen biochemischen Anteil haben. Doch auch im Fachunterricht werden über bestimmte Formulierungen (darunter eben auch metaphorische) Haltungen transportiert. Nirgendwo wird das klarer als bei Seilnacht (1998, 1), der die Art, wie das wertfrei scheinende Atom (metaphorisch) besprochen wird, mit gesellschaftlichen Sehweisen in Zusammenhang bringt:

Das Teilchenmodell ist nichts anderes als eine Überbewertung der eigenständigen Struktur der Atome im Vergleich zu ihrer Beziehungs- und Integrationsfähigkeit in andere Systeme. Bei chemischen Reaktionen spielt die Prozesshaftigkeit der Atomgruppierungen die entscheidende Rolle und nicht ihre Substanzhaftigkeit. Die Analogie des Atomismus mit dem Egozentrismus unseres Gesellschaftssystems kommt nicht von ungefähr, sondern ist die Auswirkung desselben Phänomens.

Was in Teil 2 dieser Arbeit zu den kulturell-sprachlichen Bedeutungen der Begriff *Stoff* und *Substanz* gesagt wird, nämlich dass die Substanz (im Gegensatz zum Stoff) der eigentliche Gegenstand der Chemie sei, der zugleich mit Begriffen wie ‚Reinheit‘ und ‚Nützlichkeit‘ verbunden ist, hat auch einen deutlich ideologischen Charakter, der von den Euphemismen, die im nächsten Abschnitt besprochen werden, nicht allzuweit entfernt ist.

---

<sup>153</sup> Ein gutes Beispiel aus dem Bereich der Reproduktionsmedizin findet sich bei Margaret Gibbon, 1996.

Ausschmückung, Verdeckung, Hyperbel

Hierbei geht es darum, ein Konzept „einzukleiden“, letztlich einen Euphemismus zu schaffen, wie etwa an den vielen unterschiedlichen Ausdrucksweisen für „sterben“ klar wird. Aber auch beim Versuch einer sehr genauen Beschreibung kommt es zu solchen Metaphern.<sup>154</sup>

...even gap-filling metaphors, used with the aim of precision, involve a distortion and thus a disguise, a distraction from the immediate impression of the real object. The same is true of all linguistic categorization.

Solche Ausschmückungen sind in der Lehrsprache der Chemie nicht ungewöhnlich, weil sie zur weiter unten besprochenen pädagogisch-didaktischen Funktion beitragen. Hier sei nur darauf hingewiesen, dass die Hyperbel, von einer 'unauffälligen' Metapher ausgehend, zur Einführung von Humor benutzt wird, wie beispielsweise bei Eßer und Little (2000, 10) berichtet wird:<sup>155</sup>

The way in which this [Humor] manifested itself depended on the particular writer; two used personification of scientific concepts ('Complex numbers are considered well-behaved if they obey a consistent set of rules', 'Oxygen wants to have the shared electrons more than the hydrogen') ...

Gruppenzugehörigkeit (*Cultivating intimacy*)

Da das Verstehen von Metaphern auf einem gemeinsamen Weltverständnis abhängt, man könnte vielleicht sogar Weltsicht oder gar Weltanschauung sagen, können sie dazu beitragen, eine Gruppenidentität zu fördern und nach außen darzustellen. Goatly schließt diese Funktion der Metapher für die Wissenschaft und

---

<sup>154</sup> Goatly, 160.

<sup>155</sup> Hier muss ich zugeben, dass ich den einleitenden Satz aus dem Zitat weggelassen habe, der da heißt: „In three of the English lecture notes there was also evidence of humour. ...“ (implizit also: in keinem der deutschen Skripten), aber ich kann beschwören, dass ich deutschsprachige Chemiker ähnlich witzelnd selbst erlebt habe.

für die Fremdsprachenpädagogik zwar gerade ausdrücklich aus<sup>156</sup>, doch wäre es erstaunlich, wenn nicht die Wissenschaftssprache, die ja dadurch definiert ist, dass sie eine *Gruppensprache* darstellt, diesen Effekt nicht mit sich brächte. Erinnerung sei hier an Friedriche Dessauer (Abschnitt 1.3.3 dieser Arbeit), der der Benutzung von Fachsprache neben allerhand nützlichem Gebrauch auch Snobismus unterstellt.

Erhöhung von Erinnerungsvermögen, Informationsreichtum, Aufmerksamkeitswert<sup>157</sup>

Dies sind die letzten in diesem Zusammenhang relevanten Funktionen der Metapher nach Goatly. Er betont hier besonders den Wert der Übertreibung durch Metapher (*trouble erupted* etc.), durch die Gefühlsausdruck verstärkt, zugleich aber auch der Aufmerksamkeitswert erhöht wird. Weiterhin wird man durch den Gebrauch von aktiven Metaphern auch gezwungen, einen höheren Verarbeitungsanfang zu betreiben, und – falls dieser Aufwand nicht ins Leere geht – wird man mit einem schönen Aha-Erlebnis belohnt.

Wie soeben bei den Hyperbeln besprochen finden sich Beispiele für humoristische Übertreibungen, die sicherlich den Aufmerksamkeits- und in günstigen Fällen auch den Erinnerungswert einer Äußerung erhöhen. Wie im zweiten Teil zu sehen sein wird, wird eine Steigerung des 'Metaphorizitätsgrades' in manchen Fällen fast systematisch aus pädagogischen Gründen eingesetzt (vgl. z.B. in Teil 2, *Grundbegriff Stoff* die Beispiele von Job und Herrmann).

---

<sup>156</sup> Goatly, 160: At one extreme of formality of social distance are texts of the scientific, legal or bureaucratic kind which attempt to avoid lexical metaphors altogether. These include texts in what Suprpto calls "standard English for foreigners", English used as a lingua franca "which makes minimal assumptions about shared cultural experiences among its readers".

<sup>157</sup> Goatly, 164-165.



#### 1.7.2.4 Analogische Metaphern = metaphorische Modelle?

Manche Arten von Metaphern verlangen für ihre Interpretierbarkeit eine Analogiebildung. Als Beispiel hierfür gibt Goatly:<sup>158</sup>

The hydrogen atom is a miniature solar system.

Er erläutert es wie folgt:

When Rutherford used this metaphor he was not drawing attention to any similarity between the sun and the nucleus of an atom, but, as the word "system" suggests, he was comparing the relationships: the sun is "massier" than the planets, the nucleus is "massier" than the electrons; the planets are attracted to the sun in much the same way as the electrons are attracted to the nucleus; consequently the electrons revolve around the nucleus in the same way as the planets around the sun.

Goodman<sup>159</sup> zitierend reformuliert Goatly, dass man eine solche analogische Metapher als Übertragung eines Schemas („*transfer of a schema*“) sehen sollte. Ein entscheidender Punkt in der analogischen Metapher ist, dass von der Übertragung mehr als eine Sache betroffen ist (zu erkennen offensichtlich an der Plural-Form). Die Darstellung solcher Metaphern erfolgt nach dem Schema

$A : B :: C : D$

ausformuliert als *A* verhält sich zu *B* wie *C* zu *D*, oder an einem Beispiel: die metaphorische Aussage

\*as if the algebra was **glue** *they were stuck in*

ergibt sich aus den Beziehungen

algebra : failing to solve a problem : : glue : being stuck.

Man erkennt sofort auch das Problem, das sich bei einer solchen analogischen Metapher ergibt. Die beiden Prozesse, nämlich ein algebraisches Problem nicht

---

<sup>158</sup> Goatly, 122.

<sup>159</sup> N. Goodman, 1968, *Languages of art: An approach to a theory of symbols*, Indianapolis: Bobbs-Merrill, 78.

lösen zu können (was wohl, je nach Kontext, in der Regel eine recht alltägliche Situation sein dürfte) und sich in Kleber gefangen zu sehen (recht ungewöhnlich) sind nicht unbedingt als äquivalent anzusehen. Wahrscheinlich kommt es ja bei dieser Metapher gerade darauf an, die außerordentlichen Auswirkungen eines an sich alltäglichen Problems zu zeigen.

### 1.7.2.5 Asymmetrische Metapher

Zu den weniger zentralen Erscheinungsformen der Metapher zählt Goatly u. a. die sogenannte *asymmetrische Metapher* bzw. die asymmetrische Interpretation einer Metapher. Das heißt nichts anderes, als dass eine vom Sprecher gemachte nicht-metaphorische Äußerung als metaphorisch interpretiert wird, oder dass eine vom Sprecher benutzte Metapher auf Hörerseite nicht verstanden wird (entweder nicht erkannt oder wörtlich interpretiert), oder schließlich, dass ein Sprecher eine metaphorische Äußerung von sich gibt, ohne dies zu bemerken (wie zum Beispiel ein Kind).

Eine weitere Erscheinungsform der asymmetrischen Metapher findet sich in der von Goatly so genannten *subjektiven Interpretation*, die zustande kommt, weil Sprecher und Hörer nicht die gleiche Weltsicht teilen. Insofern sind zumindest manche dieser Metaphern der Versuch zu einer Relexikalisierung eines Begriffs wie etwa in der Aussage „Eigentum ist Diebstahl“.

Während dies für die Metapherntheorie der Alltags- und Literatursprache Randphänomene sind, sind sie für den Bereich der fachsprachlichen Lehr-Sprache zentral. Denn einerseits sind Metaphern gerade im Lehrprozess als Hilfsmittel äußerst wichtig, andererseits ist in diesem Kontext, wo zwischen den Lehrenden und den Materialien, die sie benutzen und den Lernenden und ihrem Verständnis der Lehrenden und der Materialien ein gemeinsamer Grund, vielleicht könnte man in Analogie zu den Weinrichschen Einheiten der Metapher auch ein ‘gemeinsames Feld’, oder – noch einmal anders ausgedrückt – eine gemeinsame Weltsicht noch nicht etabliert. Dazu kommen zusätzlich Missverständnisse, die durch das Lesen

und Interpretieren fremdsprachiger Text entstehen. Deshalb besteht die Möglichkeit der Asymmetrie in ganz besonderer Weise. Ein Beispiel hierfür findet sich im praktischen Teil dieser Arbeit (Abschnitt 2.5.1.5), ein weiteres im didaktischen Teil Abschnitt 3.4.2.2, wo das Wort *Lösung* in der metaphorischen Aussage ‚die Lösung eines Problems‘ im chemischen Sinne verstanden wird, wodurch die Metapher einen völligen anderen Sinn annimmt.

## 1.8 Metapher und Modell in fachsprachlicher Hinsicht

In Karlheinz Jakobs Buch unter dem Titel *Maschine, Mentales Modell, Metapher* werden die soeben besprochenen Themenbereiche explizit aus fachsprachlicher Sicht angegangen. Jakob beschreibt in seinem Werk die Techniksprache, die auf die Chemiesprache insofern übertragbar sind, als es sich in beiden Fällen um Fachsprachen handelt, die „entwicklungsgeschichtlich aus dem Alltag kommen, also Fachsprachen ‘von unten’ sind“ (1991, 52). Wir brauchen Jakob auch, um eine nützliche und praktikable Ausarbeitung des Verhältnisses von Analogie, Modell und Metapher zu erarbeiten.

Um einen kurzen Anlauf zu nehmen, machen wir mit Jakob noch einmal ein paar kleine Schritte zurück zur Psychologie. Er setzt bei der Wissenspsychologie an und sagt, dass Animismus (Verlebendigung) ein allgemeines, verbreitetes sprachliches Merkmal darstellt. Nach Piaget sehen Kinder z.B. Wind als lebendig, aber nur soweit dies „nötig“ erscheint; dem Wind wird das Allemnötigste an Bewusstsein zugeschrieben. Entwicklungsgeschichtlich werden vier Phasen unterschieden:

Phase 1: Alle Dinge haben Bewusstsein

Phase 2: Dinge mit „Beweglichkeit“ haben Bewusstsein

Phase 3: Körper, die zu Eigenbewegung fähig sind, haben Bewusstsein

Phase 4: Tiere (und Himmelskörper!!) haben Bewusstsein

Für die Techniksprache ist zu betonen, „dass solche [animistischen Ausdrucksweisen] nicht ‘geglaubt’ werden, sondern nur ‘erklärend’ für die naiven Alltagsvorstellungen stehen.“ (32)

Die Techniksprache macht ähnliche Entwicklungen wie die sich entwickelnde Individualsprache durch.

Solches Sprechen über Technik hat nicht die Funktion, eine Versinnlichung, Veranschaulichung oder Verlebendigung (etwa gar im Sinne einer stilistischen Aufwertung) zu leisten. Es ist sprachlicher Ausdruck dafür, dass die auf Alltagswissen aufbauenden Deutungskonzepte der Technik, trotz aller neuzeitlichen Rationalisierungen, stets mit einem animistischen Denken verbunden bleiben. (35)

Am Beispiel von „gehen“ und „laufen“ – ausgehend von der Grundbedeutung „sich fortbewegen auf Beinen“ führt Jakob eine fünfstufige Isomorphie auf, die Ähnlichkeit mit den obigen 4 Phasen aufweist, nur dass hier die Übertragungen genau in der umgekehrten Richtung verlaufen.

1. Übertragung auf belebte Natur (Tiere)
2. Übertragung auf sichtbare Ortsveränderungen der unbelebten Natur (z. B. Wasser, Gestirne)
3. Übertragung auf die Eigenbewegung von Artefakten (z. B. Werkzeug, Maschine, Fahrzeug)
4. Übertragung auf die Bewegungen in nicht-mechanischen Artefakten (z. B. elektrische, akustische, optische Vorgänge)
5. Übertragung auf „Bewegungen“, „Ortsveränderungen“, „Zustandsveränderungen“ in menschlichen Handlungen oder Organisationen (z.B. „das Geschäft läuft“)

Typische Übertragungen sind etwa, im Technikbereich: MOTOR IST LEBEWESEN (Beispiele: der Motor stottert, schnurrt, säuft etc., ist sparsam, gutmütig etc.), im Bereich der Physik: ELEKTRIZITÄT IST KÖRPER (Entladung, Widerstand etc.) oder ELEKTRIZITÄT IST FLÜSSIGKEIT (Strom, fließen etc.). Alle Beispiele beruhen übrigens, darauf sei hingewiesen, auf Verben oder Verbderivativa. Solche Konzepte sind, so Jakob (36) „teilweise Universalien, teils an Einzelsprachen gebunden.“ Das mentale Modell wird als inneres Modell gesehen, das man sich von komplexen Sachverhalten macht. Ein Beispiel für diese Art von Modell wären etwa Stadtpläne, die als „verschriftlichte mentale Modelle“ gesehen werden. Modelle ihrerseits beruhen wiederum auf Analogien. Wie Analogie, Modell und Metapher zueinander

stehen, ist keineswegs unumstritten. An dieser Stelle wird keine ausführliche Diskussion angestrebt, es soll deshalb der Verweis auf T.S. Kuhn (1970, 184) genügen, der eine fachwissenschaftliche Matrix aufstellt, in der die hier behandelten Begriffe eine wichtige Rolle spielen. Diese Matrix hat vier Spalten, unter den Überschriften *symbolic generalisations* - symbolische Abstraktionen, *beliefs in particular models* - gemeinsame Modelle, welche die wissenschaftliche Gemeinschaft mit zulässigen Analogien und Metaphern versorgt, *shared values* - geteilte Wertvorstellungen, und *shared examples* - einen Grundstock an Exemplaren. In Kuhns Terminologie ergeben sich die Analogien und Metaphern der Naturwissenschaften aus den Modellen. Fauconnier (1997, 18) trifft die Unterscheidung, dass die Analogie ein gedankliches, die Metapher jedoch ein sprachliches Phänomen sei, und steht damit Lakoff und Johnson nahe. Jakob formuliert das Verhältnis als einen Dreierschritt von der Analogie, über das Modell hin zur Metapher. Er formuliert diese Sichtweise auf eine recht griffige Art und Weise (1991,50).

“Was untersucht man eigentlich als Sprachwissenschaftler, wenn man sich mit den Bildern und Metaphern der Fachsprache befasst: Analogien, Modelle oder Metaphern?”

Mentale Modelle sind nicht direkt beobachtbar, sie drücken sich nur durch die Sprache aus. Nach D. Gentner (und Jakob) besteht die folgende Hierarchie<sup>160</sup>:

- (1) **Analogie:** Eine Analogie ist die Herstellung einer Relation, somit ein selbstverständlicher Teil Prozess der Informationsbewältigung. Besonders die Aufnahme neuer Information in der Lehrsituation zeigt dies anschaulich. Eine lehrhafte Aufforderung zur Analogiebildung könnte theoretisch lauten:

*Stell dir vor, Elektrizität sei 'irgendwie ähnlich' wie Flüssigkeit!*

---

<sup>160</sup> S. 50/51. Die Verhaltensregel zu (3) *Metapher* wurde von mir ergänzt und hinzugefügt, H.L.

- (2) **Mentales Modell:** Konsequenz dieser Analogie ist ein Modell, das – nachdem es einmal etabliert ist – fürderhin für die Wissenserweiterung und Problembewältigung dieser Naturerscheinung prägend und entscheidend ist. Dies ist dann vorstellbar als eine ‘innere’ mentale Regelformulierung:

*Nimm zur Lösungssuche für elektrotechnische Aufgaben und auch zur Beschreibung der Elektrizität stets das MODELL FLÜSSIGKEIT!*

- (3) **Metapher:** Das metaphorische Konzept ist sprachlicher Ausdruck dieses Modells. Es stellt die Einzelmetaphern und andere Sprachformen (z. B. eine entsprechende Auswahl von Verben) zur Verfügung, die für die sprachliche Bewältigung notwendig sind:

*Suche Wörter und Ausdrücke, die Analogie und Metapher zum Ausdruck bringen!*

*Strom, Stromstärke, fließen, Spannungsgefälle, Leitung, einspeisen, ankommen, Schalter.<sup>161</sup>*

Wegen der nach Jakob „relativen Selbständigkeit der sprachlichen Seite“ sind auch „beliebige“, „spielerische“ Metaphern möglich, wie zum Beispiel bei den Physikern, die „die Gesamtheit ihrer zu erforschenden Elementarteilchen *Teilchen-Zoo* nennen, ...“ (52).

Mit der Hinwendung zur Didaktik sei dieser Abschnitt zur Metapher in der Fachsprache abgeschlossen. Die darin gewonnenen Begriffe werden im praktischen Teil zur Analyse fachsprachlich-fremdsprachlicher Bereiche angewendet und im didaktischen Teil verwertet.

---

<sup>161</sup> Die Verbindung zwischen dem Modell FLÜSSIGKEIT und Wörtern wie ‘ankommen’ und ‘Schalter’ bleibt allerdings im Dunklen.

## **Teil 2**

### **Praktische Analysen**



## Einleitung

Der praktische Teil führt zunächst in den Grundlagentext dieser Arbeit ein: Fischers *Praktikum in Allgemeiner Chemie*. Dieser Text dient als eine Art permanenter Referenztext. Die Beispiele, mit denen der praktische Teil der Arbeit sich auseinandersetzt werden jedoch auch aus vielen anderen Quellen herbeigezogen. Im Kern dieses Teils stehen vier zentrale Grundbegriffe der Chemie, die es in ihrer Funktion als prototypische Begriffe ermöglichen, assoziierte Begriffe mit abzuhandeln und damit einen großen Teil der chemischen Fachsprachen (und nicht nur der Lehrsprache) abzudecken. In diesen Teilen werden jeweils für den fachsprachlichen Unterricht typische Vorkommensweisen auf unterschiedliche Art und Weise behandelt. Dies führt dazu, dass bestimmte Charakteristika der Fachsprache in der chemiebezogenen Fachsprachenausbildung unter den unterschiedlichen Überschriften, d.h. an unterschiedlichen Stellen erwähnt werden. Dies hängt eng mit den Unsicherheiten in der Kategorisierung der chemischen Terminologie zusammen, die nach der Einführung in den Grundlagentext angesprochen wird.

## 2.1 Grundlagentext

Als Musterbeispiel für einen deutschsprachigen Lehrtext soll das *Praktikum in Allgemeiner Chemie. Ein schonendes Programm für Studienanfänger mit Versuchen zur Chemikalien-Rückgewinnung*, herausgegeben von Hanns Fischer, und erschienen in den renommierten Verlagen Helvetica Chimica Acta und VCH stehen.

### 2.1.1 Auswahl des Lehrwerks

Das von Hanns Fischer herausgegebene Lehrwerk, welches sich ausdrücklich an Studienanfänger richtet, liegt schon kurz nach der ersten Veröffentlichung in einer zweiten, verbesserten Auflage vor, was auf einen erfolgreichen Einsatz im Labor und ein lebhaftes Feedback von seiten der Benutzer schließen lässt. Es eignet sich für unsere Zwecke besonders gut, da die Erlaubnis zur Einführung eines innovativen Ansatzes auf einem Gebiet, nämlich der verbesserten ökologischen Verträglichkeit der Laborversuche, mit der Beschwörung von erhöhter Traditionalität und Konventionalität und Industrienähe erkaufte wird. Der Herausgeber betont wiederholt, das Kurspraktikum sei "konventionell" und "bewährt" und behandle "die traditionellen Lehrinhalte", es sei "dem klassischen Lehrstoff" gewidmet. Die verschiedenen Teile seien "weder prinzipiell neu, noch kommen sie nur mit harmlosen Stoffen aus". In der industriellen Produktion sei der "integrierte Umweltschutz bereits verbreitet".

Die zwei Teile des Werks beschreiben in der Hauptsache chemietypische Experimente für zwei erste Studiensemester, wobei alle klassischen Gebiete der Chemie vorkommen.<sup>162</sup>

Der Text umfasst also alle wichtigen Gebiete der Chemie, und er nimmt im Großen und Ganzen eine besonders konventionelle Haltung ein. Dadurch darf er wohl als typisch für ein Handbuch zu einem chemischen Kurspraktikum gesehen werden.

Aus einem weiteren Grund eignet sich das Werk gut für meine Zwecke, denn jeder Hauptteil weist drei Teile auf: eine kurze Einführung in die Zielsetzung der jeweiligen Einheit, eine theoretische Einführung in das jeweilige Gebiet, sowie einen Versuchsteil mit Anleitungen.

Während das *Praktikum in Allgemeiner Chemie* unter der Herausgeberschaft von Hanns Fischer erschienen ist und insofern eine Einheit darstellt, verdanken seine verschiedenen Teile ihre Existenz aber unterschiedlichen (nicht namhaft gemachten) Autoren. Deshalb vermittelt das Buch einen Einblick in Stilvariationen, individuelle Unterschiede und Freiheiten innerhalb einer Textsorte. Die Unterschiedlichkeiten zeigen sich in allen drei Textsortengruppen des Buches, welche sind: Einführende Bemerkungen zu den Kapiteln, Theorie und Versuche. Letztere sollen hier beispielhaft ein wenig näher betrachtet werden, um die mögliche Variationsbreite innerhalb einer Textsorte auszuloten.<sup>163</sup>

---

<sup>162</sup> Alle Zitate im Vorwort. Der Herausgeber wird nicht müde, die Konventionalität und Industrienähe seines Ansatzes zu betonen.: Es seien "keine größeren Umstellungen des Praktikumsbetriebs nötig" (2), die "beschriebenen Kursexperimente folgen einem durchaus herkömmlichen Programm" (dto.), "Hier folgen wir dem Beispiel der chemischen Industrie" (6, Fußnote 8).

<sup>163</sup> Dies geschieht nicht mit dem Anspruch auf Vollständigkeit, das wäre ein zu weites Feld.

## 2.1.2 Variation innerhalb des Grundlagentextes

Die Variationen finden sich auf allen Ebenen der Textbetrachtung. Dazu zählen:

1. **Textstrukturierung** durch Überschriften, über die Verteilung von Abbildungen und (mathematischen und chemischen) Formeln im Text und die Art ihrer Integration in den Text, bis hin zu erheblichen Unterschieden in der Verteilung und Gewichtung von theorie- bzw. praxisbezogenen Textteilen. Dem soll hier nicht weiter nachgegangen werden.

2. **Verweis auf Situation** und situativen Kontext. An diesen Textteilen, bzw. an ihrem Fehlen, lässt sich ablesen, wie sehr Autor oder Autorin die Laborsituation als Teil der Text-Situations-Einheit verstehen. Dies erlaubt auch Rückschlüsse darauf, für wie ergänzungsbedürftig die jeweiligen Textteile gehalten werden<sup>164</sup>.

Hier findet man u.a. Hinweise auf

- den Tagesablauf: "Am Anfang des Praktikumsnachmittags werden [sic!] der Nullpunkt einer analytischen Waage überprüft." (18)
- den Verlauf des Praktikums: "... die skizzierte Anordnung, welche Ihnen vorher demonstriert wird." (98)
- Arbeitsformen, z. B. Gruppenarbeit: "Sie werden gruppenweise beauftragt ..." (19) (dto. Versuch 5A, 72)
- vorhandene Geräte: "Das zur Verfügung stehende Kalorimeter eignet sich nur zur Messung positiver Lösungsenthalpien ..." (43), ebenso Abschn. 5 (68),: "Die im Züricher Praktikum bereit stehenden pH-Messgeräte der Hersteller Metrohm und Knick werden ... geeicht." Es folgen ausführliche Kalibrieranleitungen.; ebenso "Anschließend verbindet man die Saugflaschen mit der in Verbindung zur Vakuumpumpe meist angetroffenen Woulffschen Flasche ..." (bemerkenswert ist hierbei die Vagheit der

---

<sup>164</sup> An diesem Punkt kann man auch am deutlichsten die Verwandtschaft mit Universitätsskripten erkennen, über die an anderer Stelle ausführlicher gesprochen wird; vgl. Abschnitt 2.3.1.

Ausdrucksweise, die Woulffsche Flasche würde 'angetroffen', die ohne weitere Erläuterung im Rahmen der Laborarbeit unmöglich erscheint); ebenso: "Da meistens zu wenige Mikroskope zur Verfügung stehen, werden ... Proben ... erst im weiteren Verlauf der Praktikumszeit, z. B. während späterer Versuche, untersucht." (36).

**3. Wissenschaftliche Äußerungsperspektive.** Diesen Ausdruck wähle ich in Analogie zur literarischen Erzählperspektive, die sich in der Hauptsache durch die Personalform ausdrückt (Ich-Erzähler, dritte Person als Erzähler, objektive Kamera; Erzähler als Haupt- oder Nebenfigur; verlässlicher und unverlässlicher Erzähler etc.<sup>165</sup>). Ich rechne neben der Personalform (hierunter wird für den vorliegenden Zweck auch das Numerus subsummiert) die anderen verbabhängigen Kategorien als charakterisierende Merkmale zur wissenschaftlichen Äußerungsperspektive, also Modalität, Genus und Tempus. In all diesen Merkmalen gibt es unterschiedlich starke Abweichungen innerhalb der Textsorte Versuchsanweisung.

Anweisungen und Anleitungen können z. B. in den verschiedensten Formen auftreten, wie zunächst nur anhand der ersten, vorbereitenden Versuchsreihe demonstriert wird:

Versuch 1A (15): Sie-Form, beschreibend, aber in Aufforderungsfunktion

Sie fertigen einige Kapillaren und Rührstäbe an (...). Aus einem Glasrohr mit 6-8 mm Durchmesser ziehen Sie ca. 5 dünne Kapillaren von je ca. 10 cm Länge (...). Außerdem schneiden Sie 5 ca. 15-25 cm lange, 4 oder 6 mm dicke Glasstäbe ab (...).

---

<sup>165</sup> Hinweise dazu z. B. in E.M. Forster, 1976, *Aspects of the novel*, Harmondsworth: Penguin.

Versuch 1B (15): Passiv-Form in Aufforderungsfunktion; das 'Aufforderungs'-  
Modalverb *sollen*.<sup>166</sup>

Ein Reagenzglas wird etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllt und ... in die nichtleuchtende Bunsenbrennerflamme gehalten. (...) Sie sollen dies einmal ausprobieren, auch wenn es spritzt.

Versuch 1C (16f.): Imperativ der Sie-Anrede

Füllen Sie drei Reagenzgläser verschiedener Größen je zu  $\frac{1}{4}$  mit Wasser und versuchen Sie mit jedem, dreimal nacheinander dasselbe Volumen zu erhalten, das Sie mit einem Messgerät bestimmen.

Versuch 1 F (18f.): Passiv mit Sie-Anrede, Imperativ der Sie-Anrede

Sie werden gruppenweise mit der Herstellung einer Lösung mit einer bestimmten Stoffmengenkonzentration n/V beauftragt, (...) Bemühen Sie sich, keine Fehler zu begehen, weil die Arbeit sonst später wiederholt werden muss.

Aufforderungen werden in weiteren Formen realisiert:

Nennung der Ausführenden (28, Versuch 2B):

Ein Mitglied bereitet einen Heißwasserfiltertrichter vor. Wenn das Wasser in der Doppelwand siedet, lösen alle Teilnehmer ihre Substanz im Reagenzglas.

Ebenso:

Jedes Gruppenmitglied bringt eine Erdprobe von mindestens 20-30 g Gewicht mit. (77, Versuch 5G)

---

<sup>166</sup> Nach der *Duden-Grammatik*, 1984, Mannheim, Wien, Zürich: Bibliographisches Institut, gründet die Aufforderung "in dem Willen einer Person oder Instanz" und ist "mehr oder weniger durch einen Ausdruck mit *wollen* ersetzbar". (100, §144). Ebenso wird das Modalverb *müssen* verwendet, wie z. B. auf Seite 72, Versuch 5A: "Treten größere Abweichungen vom Sollwert auf, so muss das pH-Meter überprüft werden."

Mit *man* (28, Versuch 2B):

Im Filter sollte kein Vitriol verbleiben, eventuell muss man mit etwas heißem Wasser nachspülen.

Mit *man* und Konjunktiv 1 (72, Versuch 5A):

Man verwende "Titrisol"-Lösungen sowie Büretten und Vollpipetten, wie in Abschnitt 1 beschrieben.

Mit Infinitiv in Aufforderungsfunktion (35, Versuch 2D)

Fällungsmittel langsam zugeben (...)

Aus demselben Grund aus nicht zu konzentrierten Lösungen fällen, aber auch nicht zu stark verdünnen (...)

In der Wärme fällen und langsam abkühlen lassen (...)

Auffällig ist die Abwesenheit oder das äußerst seltene Vorkommen des modalen Infinitivs mit *haben* oder *sein* + *zu*.

4. **Argumentativer Duktus.** Darunter verstehe ich, wie sehr innerhalb dieser Textsorte Begründungen für die angegebenen Verhaltensweisen angegeben werden. "In einer Reibschale werden 20 g des jeweils zu untersuchenden Salzes fein pulverisiert, *damit es sich schneller löst*" (43, Hervorhebung von mir, H. L.). Dies muss nicht immer explizit geschehen, sondern gelegentlich werden die Studierenden durch eine kurze Nach- oder Zwischenfrage zum Erschließen der zugrundeliegenden Argumentation aufgefordert: "Campher und Kochsalz werden durch Sublimation (*wessen?*) voneinander getrennt." (48), "Eines der Ionen bildet einen stark gefärbten anionischen Komplex. *Welchen?* Dann fügt man der Mischung ..." (53; Hervorhebungen von mir, H. L.).

Soweit die Ausführungen zu idiosynkratischen Ausdrucksweisen innerhalb einer Textsorte. Die einzelnen Textstellen können hier nicht individuellen Autoren und

Autorinnen zugewiesen werden - da diese nicht bekannt sind - was aber ganz deutlich wird, ist die erhebliche Bandbreite der den Autoren zur Verfügung stehenden Ausdrucks- und Stilmittel.

Mit dem theoretischen und Versuchsteil in jedem Kapitel vereinigt Fischers *Praktikum* zwei Aspekte der Chemieausbildung, die in der Organisation des Studiums normalerweise getrennt ablaufen. Die Theorie wird in Vorlesungen behandelt, der praktische Teil der Ausbildung findet im Labor statt. Zwar sind die Einführungen in die Theorie jeweils nur kurz und können die ausführlicheren und detaillierteren Lehrwerke nicht ersetzen, doch gerade weil sie die wichtigste Information auf beschränktem Raum zusammenfassen, dürften sie als besonders typisch für den chemischen Sprachduktus, der ja neben Klarheit und Präzision auch immer nach Kürze strebt, zu sehen sein.

### **2.1.3 Drei Textteile (und Musterprotokoll)**

Typische Beispiele für die drei Textteile (Einleitung, Theorie, Versuche; ergänzt am Ende durch eine kurze Bemerkung zu Musterberichten) folgen. Sie stammen alle aus dem zweiten Hauptabschnitt des ersten Bandes, unter der Überschrift 'Gleichgewichte von Lösungen und Festkörpern'. Die Zielsetzung dieses Kapitels wird im ersten Beispiel beschrieben.

#### **2.1.3.1 Textteil Einleitung**

##### *Beispiel 1*

*Wir lernen Trenn- und Reinigungsmethoden für feste Stoffe, ihre Erscheinung in der Form von Kristallen, Fällungen, Solen und Gelen*



*sowie Wärmetönungen bei Lösungsvorgängen näher kennen. Das Versuchsprogramm umfasst etwa vier Praktikumsperioden (~16 h).*<sup>167</sup>

Typisch für diesen Textteil ist die charakteristische Kürze. Die Durchschnittslänge liegt bei nur vier bis fünf Zeilen, wobei die kürzeste Einführung knappe zwei Zeilen umfasst, die längste 11 Zeilen. Alle Einführungen machen Angaben zur geschätzten Zeitdauer für die jeweiligen Praktikumsperioden (eine Praktikumsperiode umfasst einen Halbttag, also vier Stunden). Manche der Einleitungen enthalten Verweise auf weiterführende Literatur. Die „wir“-Form in dieser Einführung wird durch unpersönliche und Passiv-Formen in den anderen Einführungen ergänzt. Eine listenartige Aufzählung von angesprochenen Themen erscheint, wie hier, auch in einigen der anderen Kurzeinleitungen zu den Kapiteln. Ein Überblick zu den Einführungen im ersten Band von Hanns Fischers zweibändigem Werk ergibt folgendes Bild:

---

<sup>167</sup> S. 20, Kursivdruck im Original. Das Praktikum wurde am Physikalisch-chemischen Institut der Universität Zürich entwickelt und nach Schweizer Orthographie-Konventionen geschrieben. Alle Zitate wurden der neuen deutschen Rechtschreibung angepasst.

Seite	Kapitel	Länge in Zeilen	Zeit- dauer in Std.	Bemerkungen
7	1. Laboratoriumstechnik	8	8	unpers.: „die Praktikumsperioden dienen zur ...“; Literaturverweis
20	2. Gleichgewichte von Lösungen und Festkörpern	4	16	„wir lernen kennen“, das Programm umfasst
46	3. Gleichgewichte von Festkörper und Gasen	2	4	Passiv: „x wird behandelt“
51	4. Verteilungsgleichgewichte	2	6	Passiv: „x/y werden behandelt“
62	5. Säure-Base-Gleichgewichte	4	10	„wir behandeln“ und Liste
78	6. Komplexgleichgewichte	3	6-8	unpers.: „das Programm umfasst“
90	7. Reduktions-Oxidations-Prozesse	4	12	Passiv: „x/y werden behandelt“
111	8. Trennung und qualitative Analyse anorganischer Kationen und Anionen	11 (+10)	24	unpers.: „Die Ausführung erfordert“, „Versuche dienen“ + Liste und Literaturverweise (ergänzt durch Zielbestimmung: „Nach Erarbeitung dieses Kapitels können Sie...“, „wir behandeln“, Konj I in Aufforderungsfunktion)
136	9. Quantitative anorganische Analyse	3	8-12	unpers.: „Praktikumsperioden dienen ...“
153	10. Präparate und Anwendungen	5	8	Passiv: „x wird erfahren“ (Valenz!!); Literaturverweis
165	11. Phasengleichgewichte binärer Systeme	4	8+4	Pass.: „wird erlernt“ und unpers.: eine Praktikumsperiode dient (+Dat.)
191	(unbeziffert) Versuche zur Chemikalienrückgewinnung	xxx	xxx	[Obwohl deutliche Einheit, als solche nicht abgesetzt.]

**Tabelle 14: Fischer, *Praktikum* Vol. 1, Kapiteleinleitungen**

Diese im Großen und Ganzen metasprachlichen Textteile (Sprechen über das, was Besprochen werden soll) enthalten eine Reihe von allgemeinwissenschaftlichen Verben wie *umfassen* („Das Programm umfasst Experimente zur Komplexbildung der Lösung ...“, 78), *dienen*, sowohl mit Präpositionalergänzung mit „zu“ als auch mit Dativergänzung: „Die ... Praktikumsperioden dienen zur Einweisung in den

Betrieb ...“; (7) und „Eine dritte [Praktikumsperiode] dient der Untersuchung eines Eutetikums ...“ (165); *behandeln*, das hier frequenteste der Verben, in Abschnitt 3, 4, 5, teils mit „wir“ kombiniert, teils in der Passivform; *kennenlernen*, *erlernen*, *erfahren*, letzteres in der ungewöhnlichen Passivform: „In etwa zwei Praktikumsperioden wird anhand einfacher Präparate noch Näheres zu den Eigenschaften und den Anwendungen dreier ausgewählter ... Elemente ... erfahren“ (153).

Auffällig ist an den Einleitungstexten auch die Vielzahl von Komposita mit hohem Verbanteil, für den oben zitierten Absatz sind das *Trenn-*, *Reinigungsmethoden*, *Erscheinung*, *Fällung*, *Wärmetönungen*, *Lösungsvorgang*, *Versuchsprogramm*; die zugrundeliegenden Verben sind demnach die folgenden (falls die Verben auf andere Wortformen, wie Adjektiv oder Nomen zurückführbar sind, so ist dies in Klammern angegeben): *trennen*; *reinigen* (*rein*), *erscheinen*, *fallen*, *fällen*, *tönen*, *lösen* (*los(e)*), *vorgehen*, *versuchen*.

Ähnliches findet sich in anderen Einführungstexten, wie z.B. in Abschnitt 1 (7) wo *Einweisung* (*einweisen*), *Behandlung* (*behandeln*), *Durchführung* (*durchführen*), *Betrieb* (*betreiben*) als morphologische Ableitungen, und *Arbeitsunterlage* (*unterlegen*), *Unfallversicherungsträger* (*tragen*) als Komposita vorkommen.

Eine grobe Einteilung in semantische Gruppen ergibt drei Gruppen: Naturereignisse *fällen*, *tönen*, *erscheinen*, *vorgehen*; experimentelle Manipulationen *reinigen*, *lösen*, *versuchen*, *durchführen*; Lehr- und Lernerfahrung: *einweisen*, *behandeln* (*von Fragen*), *kennenlernen*.

### 2.1.3.2 Textteil Theoretische Einführung

Für die theoretische Einführung steht im folgenden ein kurzer Auszug aus dem acht Seiten langen Textteil:

## Beispiel 2<sup>168</sup>

Jede Substanz löst sich in oder mischt sich mit jeder anderen zu einem gewissen Grad. Dies liegt, grob gesagt, daran, dass die Natur Systeme, die weniger geordnet sind, geordneteren vorzieht, weil die Entropie dann größer ist. Als Löslichkeit einer Substanz S in einer anderen bezeichnen wir die Stoffmenge, die sich in einem gegebenen Volumen gerade noch löst. Eine Lösung, welche die Maximalmenge Gelöstes enthält, heißt *gesättigt*. Enthält eine Lösung weniger als die Maximalmenge, so ist sie ungesättigt. Übersättigte Lösungen können hergestellt werden, sind aber nicht stabil.

Gesättigte Lösungen von Festkörpern in Flüssigkeiten stehen mit dem Festkörper, meist einem *Bodenkörper*, im Gleichgewicht. Man spricht hier von einem heterogenen Gleichgewicht zweier Phasen. Analoges gilt für Lösungen von Gasen in Flüssigkeiten, wie für Luft über Wasser, oder auch für Flüssigkeiten in Flüssigkeiten.

Beim Lösen oder Mischen treten oft Wärmeeffekte auf, die energetisch erklärbar sind. Löst sich z. B. ein Festkörper in Wasser, so müssen zunächst die den Festkörper zusammenhaltenden Kräfte überwunden werden, wozu die Gitterenergie aufzuwenden ist. Zweitens treten die Festkörperteilchen im Wasser an Stellen, die vorher durch Wassermoleküle besetzt waren. Dazu müssen Wasserstoffbrückenbindungen gelöst werden, wozu ebenfalls Energie benötigt wird. Andererseits können die Teilchen des Festkörpers mit den Wassermolekülen in anziehende Wechselwirkungen treten (neue H-Brücken, Ausbildung von Solvathüllen durch Ion-Dipol-Kräfte, Komplexbildung u.s.w., hier: Aquatisierung = Aqueation oder Hydratisierung = Hydration; allgemein: Solvatisierung = Solvation). Dabei wird Energie frei. Wird nun insgesamt mehr Energie frei als benötigt, so wird sie als Wärme Q abgegeben: Die Lösung wird wärmer. Um sie auf konstanter Temperatur zu halten, muss man Q abführen, also kühlen. Der Prozess ist dann *exotherm*, die Wärmetönung negativ ( $Q < 0$ ). Wird andererseits mehr Energie benötigt als gewonnen, so wird sie der Lösung als Wärme entzogen. Die Temperatur sinkt. Man muss Wärme zuführen, also heizen, um die Temperatur konstant zu halten. Der Prozess ist nun *endotherm*, die Wärmetönung positiv ( $Q > 0$ ).

---

<sup>168</sup> S. 21/22

An diesem Textauszug lassen sich einige Charakteristika für den theoretischen Teil zeigen. Dazu gehören die Definition von theoretischen Konzepten in mehreren Spielarten, ausführliche Paraphrasierungen und Kontrastierungen von einzuführenden Begriffen, eine relativ deutlich ausgeprägte Thema-Rhema Struktur, das agenslose Passiv und auch die Versprachlichung des Verhaltens von Stoffen. Im oben wiedergegebenen Textausschnitt fehlen die charakteristischen chemischen und mathematischen Gleichungen und deren Integration in den Text. Beispiele dafür werden in Teil 1 (Abschnitt 1.5.1.3) aus einem theoretischen, in Teil 2 aus einem praktischen Blickwinkel (Abschnitt 2.4 *Grundbegriff: Reaktion*) besprochen.

An Definitionen finden sich im Beispielstexte folgende Spielarten:

Als Löslichkeit einer Substanz S in einer anderen bezeichnen wir die Stoffmenge, die sich in einem gegebenen Volumen gerade noch löst. Eine Lösung, welche die Maximalmenge Gelöstes enthält, heißt *gesättigt*. Enthält eine Lösung weniger als die Maximalmenge, so ist sie ungesättigt. Übersättigte Lösungen können hergestellt werden, sind aber nicht stabil.

Definiert werden hier die Begriffe

*Löslichkeit* (mit *bezeichnen* als + „wir“)

*gesättigt* (mit *heißt*, ergänzt von charakteristischer Eigenschaft: *im Gleichgewicht stehen*, vgl. folgender Absatz)

*ungesättigt* (mit *so ist*)

*übersättigt* (durch Implikation von *gesättigt*, *ungesättigt*, ergänzt von einer charakteristischen Eigenschaft: *nicht stabil*).

Man spricht hier von einem heterogenen Gleichgewicht zweier Phasen.

Definiert wird

heterogenes Gleichgewicht (zweier Phasen) (mit *man* und *sprechen von*)

Die Definition der Begriffe *exotherm* und *endotherm* geschieht in einem Netzwerk von Paraphrasierungen und Kontrastierungen, wie in der folgenden Übersicht zu sehen ist:

1.	Eintreten von Festkörperteilchen in anziehende Beziehung mit Wassermolekülen (⇒Freiwerden von Energie)	Überwinden von den Festkörpern zusammenhaltenden Kräften (⇒ Aufwenden von Gitterenergie); Replazieren von Wassermolekülen durch Festkörperteilchen (⇒Aufwenden von Energie)
2.	Energie wird frei.	Energie wird benötigt (vs. gewonnen)
3.	Energie wird als Wärme abgegeben	Energie wird (der Lösung) als Wärme entzogen
4.	Die Lösung wird wärmer	Die Temperatur (der Lösung) sinkt
5.	Wärme muss abgeführt werden	Man muss Wärme zuführen
6.	kühlen	heizen
7.	Der Prozess ist exotherm	Der Prozess ist endotherm
8.	Die Wärmetönung ist negativ	Die Wärmetönung ist negativ
9.	$Q < 0$	$Q > 0$

**Tabelle 15: Fischer, 1994, Thema: Wärmetönung**

Liest man die Tabelle in senkrechter Richtung nach Spalten, so ergibt sich die paraphrasierende Achse, liest man sie in horizontaler Richtung, so findet man die jeweils kontrastierende Ausdrucksweise.

Die Paraphrasierung wird vorwiegend durch Parallelität im Informationsfluss angezeigt und auch die syntaktischen Konstruktionen sind (mit Ausnahme der Zeile

5: Passiv vs. 'man') weitgehend parallel. Die Kontrastierung wird sprachlich durch *andererseits* (2x), *dann ... nun* bewerkstelligt.

Für Studierende dürften sich Schwierigkeiten an den den Zeilen 1, 2 und 3 in der Tabelle entsprechenden Textstellen ergeben, da das Verb *gewonnen*, in der Kombination von *Energie wird gewonnen* nicht unmittelbar mit *Energie wird frei* zu vereinbaren ist; es scheint zunächst in Opposition zu *abgeben* zu stehen, wird hier aber paraphrasierend verwendet. Ähnliches gilt für *Energie ist aufzuwenden* und *Energie wird benötigt* (beide in Zeile 1 der Übersicht). Das Problem liegt darin, dass der ansonsten sehr klar strukturierte Text von Fischer eine Tatsache nicht deutlich hervorhebt: man sieht den Verlust bzw. das Gewinnen von Energie vom Standpunkt der Substanzen aus<sup>169</sup>! Ähnlich muss in den Aussagen: „Die Energie wird (als Wärme) abgegeben“ und „Die Energie wird (als Wärme) entzogen“ klar sein, dass der implizite Akteur in dem einen Fall als systemimmanent, im anderen Fall als systemextern zu sehen ist, in anderen Worten: 'die Substanzen geben Wärme ab', aber 'jemand/etwas entzieht den Substanzen Wärme'.

Die Thema-Rhema Verteilung spiegelt sich sowohl in den häufig gebrauchten Passiv-Formen wieder<sup>170</sup>, als auch im Verb-Nomen-Übergang wieder. Durch Nominalisierung wird bekanntlich thematisiert. Beispiele für solche Übergänge im vorliegenden Textabschnitt sind:

Jede Substanz *löst* sich ... Als *Löslichkeit* einer Substanz bezeichnet man ...

---

<sup>169</sup> vgl. dazu Christen (1984, 209): „Die Substanzen verlieren Energie an die Umgebung. Man gibt also das Vorzeichen von  $\Delta H$  vom Standpunkt der Stoffe aus!“

<sup>170</sup> vgl. dazu Duden-Grammatik (1984, 180, §300): „Es [das Passiv] hilft dem Sprecher/Schreiber, die Mitteilungsperspektive gemäß seinen Absichten zu entwickeln, und zwar durch Thematisierung des Akkusativobjekts in seiner Äußerung und (stärkere) Rhematisierung von Prädikat und Agensgröße (Handlungsträger).“

Gesättigte Lösungen *stehen* mit dem Festkörper *im Gleichgewicht*. Man spricht hier von einem *heterogenen Gleichgewicht* ...

Was die Passiv-Formen angeht, so wird hier ein Phänomen sehr deutlich, das als Kennzeichen der Fachsprache gelten darf: die Akteur-Rolle im Passiv-Satz bleibt nicht nur weitgehend unbesetzt, sondern in einem erheblichen Ausmaß auch unbestimmt. In Weinrichs Grammatik (1993, 166) wird dieses Phänomen als fachsprachenspezifisch genannt:

So findet man beispielsweise in der technisch-industriellen oder naturwissenschaftlich-medizinischen Fachsprache nicht selten Vorgänge oder Zustände beschrieben, die in ihrem Verlauf oder Verlaufsergebnis nicht ohne weiteres erkennen lassen, welche Personen oder welche Kräfte (als >Disponenten<) über sie verfügen.

Entsprechende Beispiele aus dem Textauszug, die eine Benennung des Agens (z.B. durch die Frage „von wem/was?“) schwer oder unmöglich machen, sind :

- Die den Festkörper zusammenhaltenden Kräfte müssen überwunden werden.
- Wasserstoffbrückenbindungen müssen gelöst werden.
- Energie wird benötigt/ gewonnen.
- Energie wird (der Lösung) (als Wärme) entzogen.

Für die Modalform des Passivs findet sich als Beispiel:

- Die Gitterenergie ist aufzuwenden



Für das Zustands-Passiv („von wem/was wurde der Zustand herbeigeführt?“) findet man:

- Systeme sind geordnet/ ungeordnet
- Lösungen sind gesättigt/ungesättigt/übersättigt<sup>171</sup>

An diesem Textauszug wird schließlich auch deutlich, wie sehr das Verhalten natürlich vorkommender Dinge in Verben gefasst wird. Die folgenden Übersicht zeigt in einer Zusammenstellung, welche Dinge in der Natur (bzw. die Natur selbst) sich auf welche Weise verhalten:

Naturobjekt	Verb
Substanz	löst sich, mischt sich mit
Natur	zieht ... vor
Wärmeeffekt	tritt ... auf
Teilchen	treten an Stellen treten in Wechselbeziehungen ziehen ... an bilden ... aus
???	Kräfte überwinden Brückenbindung lösen (Gitter)Energie aufwenden Energie benötigen Energie abgeben Energie entziehen
Wassermoleküle	besetzen Stellen

**Tabelle 16: Verhalten von Dingen der Natur, Beispiel bei Fischer**

<sup>171</sup> Diese Form stellt von der Formenbildung her ein Problem dar, insofern von L2-Lernern nicht ohne weiteres erwartet werden kann, dass sie wissen, ob 'übersättigen' ein trennbares oder nicht-trennbares Verb ist, ob deshalb die Partizip II-Form mit oder ohne 'ge'- gebildet wird.

Obwohl bei einer der Kategorien, dank der Unbestimmtheit des Agens im Passivgebrauch, die Agensstelle frei bleibt, sind die Verben zum Verhalten von natürlichen Objekten aufzuführen, und sie treten auch (einschließlich Agens) an sehr vielen weiteren Stellen in der Fachliteratur auf. Hier ist auch zu sehen, dass bei bestimmten Entitäten besonders darauf zu achten ist, was mit ihnen passiert/angestellt wird etc., wie in der obenstehenden Tabelle bei *Energie*, wo deutlich wird, dass es sich bei *Energie* in diesem Zusammenhang um ein Medium (oder Agens<sup>172</sup>) handelt, das als zur Erreichung von Verhaltensänderungen in anderen Entitäten eingesetzt wird.

### 2.1.3.3 Textteil Versuchsdurchführung

Für den dritten Textteil, den Versuchsteil, der in diesem Fall aus acht Versuchen, z. T. mit unterschiedlichen Varianten besteht, und sich über ca. 18 Seiten erstreckt, folgt die Beschreibung eines Versuchs (Versuch 2B - Trennen eines Gemischs durch fraktioniertes Lösen) in einer von zwei Varianten:

#### *Beispiel 3*<sup>173</sup>:

Das bereitgestellte Dreikomponentengemisch enthält Kupfer(II)chloriddihydrat  $\text{CuCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  (grün-blau), Zimtsäure ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH} = \text{CHCOOH}$ , E-Konfiguration, farblos) und Sand ( $\text{SiO}_2$ ) im Gewichtsverhältnis 3:3:2, deren Löslichkeit in Wasser sehr verschieden sind:

---

<sup>172</sup> vgl. dazu Hermann/Job, 1994a, „Energieformen“: „Um die Rolle der Energie im Naturgeschehen zu verdeutlichen, ist die Aufzählung von Erscheinungsformen der Energie ein naheliegendes, ja schwer zu vermeidendes sprachliches Ausdrucksmittel. Ein Zitat von F. Mohr (1837) aus der Vorzeit des Energiesatzes mag dies veranschaulichen. *Außer den 54 bekannten chemischen Elementen gibt es in der Natur der Dinge nur noch ein Agens, und dieses heißt Kraft: es kann unter den passenden Verhältnissen als Bewegung, chemische Affinität, Kohäsion, Elektrizität, Licht, Wärme und Magnetismus hervortreten, und aus jeder dieser Erscheinungen können alle übrigen hervorgebracht werden.*

<sup>173</sup> S. 29/30

$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	In 100 ml $\text{H}_2\text{O}$ lösen sich bei $0^\circ$ 110 g, bei $100^\circ$ 192 g.
Zimtsäure	In 100 ml $\text{H}_2\text{O}$ lösen sich bei $0^\circ$ 0.04 g, bei $100^\circ$ etwa 100 g, wenn etwas Ethanol zugesetzt wird.
Sand	Unlöslich.

$\text{Cu}^{2+}$  und  $\text{Cl}^-$ -haltige wässrige Lösungen zeigen charakteristische Farben: In reinem  $\text{H}_2\text{O}$  liegt der aus Versuch 2A bekannte blassblaue Hexaquaakomplex  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  vor. In  $\text{Cl}^-$ -haltigen Lösungen entstehen Komplexe mit 1-4  $\text{Cl}^-$ -Liganden, die gelbgrün bis grünbraun ( $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ ) gefärbt sind. Wasserfreies  $\text{CuCl}_2$  ist braun.

Man wiegt 5 g des Gemischs auf 50 mg genau in ein Becherglas ein und gibt davon eine Spur auf einen Objektträger, um sich während des Versuchs mit dem Mikroskop anhand der Kristallformen davon zu überzeugen, dass eine heterogenes Gemisch vorliegt. In das Becherglas gibt man zusätzlich 10 ml entionisiertes Wasser und rührt ohne Erwärmen ca. 1 min lang.

Nun wird durch ein kleines Filterpapier in ein weiteres Becherglas filtriert. Wenn der Rückstand im Filter fast trocken ist, wäscht man ihn im Papier mit ca. 1 ml  $\text{H}_2\text{O}$  aus der Pasteurpipette, wartet bis zur nächsten Trockne und wiederholt das Waschen und Abwarten, bis das ablaufende Filtrat seiner Farbe nach fast keinen Anteil der gut löslichen Komponente mehr zeigt. Das Filtrat stellt man zunächst beiseite.

Man bereitet dann einen Heißwassertrichter vor, wozu man Wasser einfüllt und den Seitenarm mit dem Bunsenbrenner kräftig heizt. Das Filterpapier der ersten Filtration gibt man dann mit ca. 20 ml  $\text{H}_2\text{O}$  und 10 ml Ethanol in einen Erlenmeyerkolben, wäscht es darin aus, entfernt das Papier und erhitzt auf der Heizplatte unter Rühren zum Sieden. Dann wird möglichst heiß durch den Heißwassertrichter bei siedendem Mantelwasser filtriert.

Während das Filtrat abläuft, erhitzt man im selben Erlenmeyer nochmals ca. 20 ml Wasser zum Sieden und wäscht den Rückstand im Filter damit zweimal mit je ca. 10 ml nach. Das Filtrat lässt man auf Zimmertemperatur abkühlen und stellt es dann mindestens 40 min in ein Eis-Wasser-Bad. Danach wird das gebildete Kristallat durch Vakuumfiltrieren auf einer kleinen Nutsche isoliert und gut trocken gesaugt. Mit einer kleinen Menge bestimmt man den Schmelzpunkt. In der Wartepause gewinnt man den Sand und engt das farbige Filtrat der ersten Trennung auf der Heizplatte

unter starkem Rühren bis fast zur Trockne ein, wobei man aber nicht so stark erhitzt, dass die in geringen Teilen noch vorhandene organische Komponente verkohlt. Erscheint das wasserfreie  $\text{CuCl}_2$  (Farbe?), so beendet man das Heizen und löst den gebildeten Festkörper mit möglichst wenig aus den Angaben abgeschätztem Wasser wieder vollständig auf.

Zimtsäure und Sand stellt man in offenen, beschrifteten Präparatgläsern zum weiteren Trocknen in den Exsikator und bestimmt am nächsten Praktikumstag die Mengen und die Ausbeuten in %, außerdem den Schmelzpunkt der nun trockenen Säure (Lit. 134-136°). Die Mutterlauge wird verworfen.

#### Sammlung

Getrennt gesammelt werden ohne die Filterpapiere: Sand zur Wiederverwendung nach Kochen mit  $\text{H}_2\text{O}$ , Filtrieren und Trocknen.

Zimtsäure zur Wiederverwendung nach Reinigung durch Umkristallisation.

Cu-Chlorid-Lösung. Sie wird durch Umfällen in das schwerlösliche Carbonat überführt, aus dem  $\text{CuCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  zurückgewonnen wird.

#### Auswertung

Welche Substanz finden Sie im Filtrat nach der zweiten Filtration? Beschreiben Sie die beim Eindampfen des blauen Filtrates ablaufenden Reaktionen, und interpretieren Sie die Farbänderungen. Geben Sie die Schmelzpunkte der Zimtsäure vor und nach dem Trocknen an.

Der Versuchsteil besteht hier - wie im ganzen Buch - aus drei Teilen: der ausführlichen Versuchsbeschreibung, kurzen Anweisungen zur Sammlung der beim Versuch verwendeten Chemikalien und Stoffe und einer ebenfalls kurzen Auswertung (in anderen Kapiteln auch mit „Aufgaben“ bezeichnet). Sowohl 'Sammlung' als auch 'Auswertung' enthalten imperativische oder imperativwertige Aussagen (Anweisungen), die 'Auswertung' enthält außerdem auch eine Frage.

Der Hauptteil der Versuchssektion enthält kurze beschreibende Passagen zur Einführung (Aussehen - Farbe - und Eigenschaften - Löslichkeit und Färbung - der verwendeten Chemikalien und Stoffe), hier werden auch Verweise auf Kotext (*der aus Versuch 2A bekannte Hexaquakomplex*) und (situativen) Kontext (*das*

*bereitgestellte Dreikomponentengemisch*) eingestreut. Es folgt der eigentliche von den Studierenden durchzuführende Versuchsablauf, der durch den Übergang zur 'man'-Form angezeigt wird und der sich durch typische Textelemente zur zeitlichen Strukturierung ('zunächst', 'nun', 'dann', auch temporal zu interpretierende Nebensätze mit 'indem', 'wobei') auszeichnet.

Die Lexik ist, in der Klasseneinteilung nach Vollmer (1980, 96ff; vgl. Abschnitt 2.1.4 *Auswahl der Begriffe*) durch labortypische Stoffe (*Dreikomponentengemisch, Zimtsäure*, im Fall *Zimtsäure* in Trivialnomenklatur), Prozesse (*das gebildete Kristallat* - Kristall bildet sich), Phänomenbegriffe (*Kristallform, Mutterlauge*), theoretische Begriffe (*Gewichtsverhältnis, Schmelzpunkt*) und vor allem eine Vielzahl von technisch-praktischen Begriffen (*Becherglas, Objektträger, Filterpapier, Heißwassertrichter, Seitenarm, Bunsenbrenner, Erlenmeyerkolben* - an anderer Stelle in labortypischer Verkürzung als *Erlenmeyer* bezeichnet - *Heizplatte, Mantelwasser, Präparatgläser*) bestimmt, wobei hier insbesondere die zusammengesetzten Komposita herausgegriffen wurden. Einige verbleibende Begriffe wie in diesem Fall *Wartepause* und *Praktikumstag* zeigen, dass man z.B. auch eine Kategorie mit Bezeichnungen für praktische Zeit- und Arbeitsabläufe bereit halten könnte.

Weiterhin fallen an diesem Textteil, der den Versuchsablauf schildert, eine Reihe von fachsprachentypischen Verben auf, die teilweise mit ebenso fachlich geprägten Kollokationen einhergehen. Beispiele für einfache fachsprachliche Verben sind:

*zusetzen, nachwaschen, verwerfen, überführen, umfällen* (in nominalisierter Form)

Beispiel für eine fachtypische Kollokation:

*bis zur Trockne einengen* (parallel dazu: *(bis) zur Trockne eindampfen*)<sup>174</sup>

---

<sup>174</sup> z.B. in Fromherz/King, 1980, 59

Im Verb-Bereich ist außerdem auffällig, dass fachsprachentypische Valenzverkürzungen vorkommen, wie das etwa zweimal bei *filtrieren* der Fall ist, wo die Subjektstelle des Passivsatzes, das Objekt des Filtrierens im Aktivsatz nicht besetzt ist:<sup>175</sup>

Nun wird durch ein kleines Filterpapier in ein weiteres Becherglas filtriert.

Dann wird möglichst heiß durch den Heißwassertrichter bei siedendem Mantelwasser filtriert.

Weinrich unterscheidet zwischen lexikalischer und textueller Valenz und bezeichnet die Valenzverkürzung (oder Unterwertigkeit) in der textuellen Valenz als fachsprachentypisch, da ein „festgefügter Handlungsrahmen“ bestehe. Dies zeigt sich nicht nur an unterwertig verwendeten Verben, sondern auch an der Thema-Rhema Struktur, wie sie aus dem Artikelgebrauch hervorgeht. So werden Einzelteile des Heißwassertrichters, sobald dieser in den Text eingeführt ist, wie durch den Gebrauch des bestimmten Artikels (*den Seitenarm*) und durch *bei* mit Partizip I in attributivem Gebrauch ohne Artikel (*bei siedendem Mantelwasser*), wo auch die Präposition *bei* einen Rahmen aufspannt (Weinrich, 1993, 651/52):

Je nach dem Kontext der gesamten Junktion kann der Rahmen, den die Präposition *bei* bezeichnet, unterschiedlich spezifiziert werden. Besonders gerne nimmt man eine (zeitlich begrenzte) Tätigkeit oder eine bestehende Wetterlage als Rahmen.

Zuletzt sollen aus dieser Textstelle noch die Aktionen und Vorgänge, welche von den Objekten unternommen werden bzw. durchlaufen herausgezogen werden. Mehrmals wird erwähnt, was das Filtrat „tut“:

---

<sup>175</sup> vgl. dazu Weinrich, 1994, 137: „Ein unterwertiger Gebrauch von Verben ist ... für viele Fachsprachen charakteristisch, da diese einen verhältnismäßig festgefügten Handlungsrahmen setzen, auf den man sich verlassen kann, so dass die Handlungsrollen als selbstverständlich bekannt gelten können.“

- das Filtrat läuft ab
- das Filtrat zeigt etwas ...*bis das ablaufende Filtrat seiner Farbe nach fast keinen Anteil der gut löslichen Komponente mehr zeigt*
- die Komponente löst sich (gut): *die gut lösliche Komponente*
- die Komponente verkohlt (nicht): *die ... organische Komponente verkohlt*
- Kristallat/ ein Festkörper bildet sich: *Danach wird das gebildete Kristallat ... isoliert, man ... löst den gebildeten Festkörper*
- eine Reaktion läuft ab: *die ... ablaufenden Reaktionen*

#### 2.1.3.4 Textteil Musterbericht

Der Überblick über die unterschiedlichen in unserem Grundlagentext vertretenen Textsorten wäre nicht vollständig ohne die Erwähnung des Musterberichts (Arbeitsblatt 16; Anhang), der für die Studierenden eine Vorlage für die von ihnen erwartete schriftliche Produktion darstellt. Die Protokolle sollen dem Arbeitsblatt zufolge Information zu „Name, Gruppe und Datum“ enthalten, des weiteren 5 Abschnitte zu

1. Titel des Versuchs.
2. Problemstellung.
3. Schematische Darstellung der Trennungen mit Nummerierung der Einzelschritte wie in der Anleitung angegeben.
4. Beobachtungen zu Einzelschritten und der daraus folgenden Schlüsse. Charakterisieren Sie hier die Reaktionen auch durch Reaktionsgleichungen. Kommentieren Sie zweifelhafte Schritte und unerwartete Beobachtungen.
5. Zusammenfassung

In der Ausführung eines Musterberichts fällt insbesondere auf, dass hier am Ende von Schritt 2 und in Schritten 4 und 5 als Tempus ausschließlich die Präteritum-Form auftritt, die ansonsten in der Fachsprache relativ selten ist.

Ein Beispiel für den Übergang vom Präsens zum Präteritum in Schritt 2 (meine Hervorhebung, H.L.) ist:

(...) Vermutlich sind also  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  und  $\text{F}^{3+}$  nicht vorhanden. Ein Farbvergleich mit einer authentischen  $\text{Co}^{2+}$ -Lösung *verstärkte* den Verdacht auf  $\text{Co}^{2+}$ .

Beispiel für Schritt 4 (meine Hervorhebung; H.L.):

zu 1 [bezieht sich auf die in Schritt 3 erstellte schematische Darstellung nach Art eines Flussdiagramms]: Feinteiliger, schwarzer NS [= Niederschlag]. Zur Abtrennung *musste lange zentrifugiert werden*.

Beispiel für Schritt 5 (meine Hervorhebung, H.L.):

$\text{Co}^{2+}$  und  $\text{Al}^{3+}$  *konnten* nach dem angegebenen Schema gut *getrennt* und einzeln *nachgewiesen werden*.

Soweit ein Überblick über die wesentlichen Auffälligkeiten in den Textteilen Einführung, Theorie und Versuchsdurchführung in Hanns Fischers *Praktikum in Allgemeiner Chemie*. Diese Auffälligkeiten beweisen, dass die Textsorte *Laborhandbuch* eine große Bandbreite an sprachlichen Mitteln einsetzt, die beispielsweise die Sprechhandlung *Aufforderung* mit den verschiedensten sprachlichen Mitteln vom Imperativ über die man-Form bis zu lexikalischen Mitteln realisiert.<sup>176</sup> Ebenso wird deutlich, dass das Verb in dieser Textsorte, ebenso wie im Skript – wie im Folgenden dargestellt wird – eine zentralere Rolle einnimmt, als dies bei anderen fachsprachlichen Textsorten der Fall ist (vgl. z. B. Tabelle 15 und die Ausführungen zum Versuchsteil). Zudem treten, insbesondere in der Textsorte *Bericht* oder (*Muster*)*Protokoll* systematisch Präteritumformen auf, die ansonsten als in der Fachsprache der Chemie unwesentlich angesehen werden.<sup>177</sup>

## 2.1.4 Skript

Der Text unter der Herausgeberschaft von Hanns Fischer teilt einige wesentliche Merkmale mit der Textsorte *Universitätsskript*, aus der er zweifelsohne hervorgegangen ist. Diese Merkmale sind in der Besprechung oben als stilistische

---

<sup>176</sup> Vgl. dazu Tabelle 13, Bemerkungen.

<sup>177</sup> Vgl. z.B. Sager/Dungworth/McDonald, 1980, die in ihrem Abschnitt zu den Tempora nur die Formen des Präsens und *present perfect* abhandeln.



und strukturelle Uneinheitlichkeiten, als Unterschiede in der Ausführlichkeit der Textteile (insbes. Einleitungen) usw. aufgetreten. Fischer selbst spricht in der Einleitung zum *Praktikum* der „recht vorläufigen und auf Dauer unbefriedigenden Rohform“ der ersten Ausgabe der Praktikumsanleitung. Da in Teilen dieser Arbeit auf Universitätskripten als Textsorte zurückgegriffen wird, sollen kurz einige Bemerkungen dazu gemacht werden.

Die Überarbeitung von Fischers *Praktikum* von der Rohfassung zum vorliegenden Text bedeutet, dass „viele Rückgewinnungsversuche nun eleganter gestaltet, und der Text und das Bildmaterial [...] verbessert worden“ sind, und dass „ein Sachregister und ausführlichere Literaturhinweise angefügt“ wurden. Man kann also annehmen, dass Text und Bild im Skript eine provisorische Form haben, dass Literaturhinweise, falls überhaupt vorhanden, nur Schlaglichter werfen und keine Vollständigkeit anstreben.

Die Durchsicht einiger Skripten zu Vorlesungen der Chemie (von der Universität Leipzig, der Fachhochschule Reutlingen, der Universität Jena), mit denen Studierenden im Austauschjahr in Deutschland konfrontiert waren, ergeben folgendes Bild:

Skripten sind Texte, die aus dem Alltag der Lehre hervorgehen, den Studierenden als Verständnis- und Gedächtnisstütze (in letzterer Funktion teilweise wohl auch den Vorlesenden) helfen sollen, und deren Verbreitung über den engeren Studienkontext hinaus nicht angestrebt ist. All dies bedeutet – grob der soeben angegebenen Reihenfolge nach sortiert – dass Skripten in der Eile des Lehralltags zusammengestellt sind, und deshalb mancherlei typographische Flüchtigkeiten enthalten (Auslassung von Buchstaben, mangelnde Konsequenz bei Groß- und Kleinschreibung in Aufzählungen, Tabellen und Listen, semantische Ungereimtheiten), häufig nicht in vollständigen Sätzen geschrieben sind (dabei sind Aufzählungen und Listen charakteristisch, nicht immer wird die Gewichtung innerhalb der Aufzählungen klar gemacht; Satzbaupläne werden teils vollständig

ausgeführt, teils nur stichwortartig angedeutet, teils findet sich eine Mischung aus beidem), logische Sprünge enthalten, die im Verlauf der Vorlesung ausgebügelt oder ergänzt werden.<sup>178</sup>

Von der Struktur und graphischen Gestaltung her zeichnen sich Skripten durch erhebliche Uneinheitlichkeit zwischen den verschiedenen, ansonsten gleichwertigen Abschnitten aus, was etwa das Vorhandensein oder die Gewichtung verschiedener Textteile angeht (Beispiele dazu in Abschnitt 2.5.1 *Labor*). Sie sind häufig typographisch uneinheitlich, nicht durchgehend nummeriert und von der Druckqualität her gemischt (da photokopiert). Das Bildmaterial ist häufig auf ad-hoc-Basis eingefügt, deshalb nicht optimal in den übrigen Textverlauf integriert und in vielen Fällen nicht in Hinblick auf Klarheit, Deutlichkeit etc. ausgewählt, sondern vermittelt den Eindruck von Material, das dem Verfasser oder der Verfasserin des Skripts in die Hände gefallen und „besser als nichts“ ist. Graphische Einheiten (z.B. Kurven verschiedener Art) teilen häufig diese Eigenschaften mit Bildern, sie treten aber auch nicht selten in handgezeichneter Form auf.

Die Skripten sind sehr stark im Alltag verwurzelt und geben insofern einen guten Einblick in den alltäglichen wissenschaftlichen Sprachgebrauch. Sie orientieren sich an der mündlichen Kommunikation und sind im geschriebenen Bereich die Textsorte, welche der Mündlichkeit am nächsten kommen. Die Zwischenstellung zwischen Oralität und Schriftlichkeit würde alleine schon eine ausführliche Analyse des Universitätsskripts als Textsorte rechtfertigen. Bisher sind Untersuchungen auf diesem Gebiet sehr rar.<sup>179</sup>

---

<sup>178</sup> Ich setze aus all diesen Gründen voraus, dass es sowohl im Sinne der Verfasser der hier besprochenen Skripten als auch der Leser dieses Textes ist, wenn Flüchtigkeitsfehler und typographische Inkonsistenzen stillschweigend verbessert werden, soweit sie das zu besprechende Phänomen nicht direkt betreffen.

<sup>179</sup> Ruhmreiche Ausnahme: Eßer und Little, 2000, deren (sehr kurze) Bibliographie aber auf ein erhebliches Forschungsdefizit hinweist.

## 2.1.5 Auswahl der Begriffe

Vollmer sagt über die Vorbereitung des Chemieunterrichts an Schulen, eine der Schwierigkeiten, denen man begegne, sei, dass „ein relativ ungeordnetes Begriffsmaterial vorgegeben ist, das irgendwie innerhalb eines Unterrichtsganges abgebildet werden soll“ (1980, 96). Diese Problemlage reflektiert auch ziemlich genau das, was in der hier vorgegebenen Unterrichtssituation vorliegt. Deshalb ist eine der Aufgaben in der Vorbereitung eines jeden Unterrichts, wie auch des Unterrichts selbst, Begriffsstrukturen zu erstellen. „Begriffsstrukturen dienen der Offenlegung der begrifflichen Zusammenhänge“ von Themenbereichen. Vollmer selbst gibt dabei eine Einteilung der Begriffe in Klassen vor, die anhand des Themenbereichs „Redoxreaktionen“ von Lehrern in Seminaren zur Unterrichtsvorbereitung erstellt wurde und mit der auch im Unterricht „gute Erfahrungen gemacht“ wurden. Die Einteilung wird hier aufgeführt, dabei wird aber die Zahl der von Vollmer jeweils gegebenen Beispiele für die Klassen reduziert, da sich die Art der Beispiele jeweils mehrfach wiederholt (Vollmer, 1980, 97):

1. Klasse (Stoffe): brennbare Stoffe, Metalle, Nichtmetalle, Reduktionsmittel, Oxidationsmittel,  $H_2O_2$ , Sauerstoff, Luft
2. Klasse (Prozesse): Oxidation, Reduktion, Verbrennung, Redoxreaktion
3. Klasse (Phänomenbegriffe<sup>180</sup>): Licht, Reaktionswärme, entzünden
4. Klasse (theoretische Begriffe): Elektronenübergang, Redoxgleichung
5. Klasse (technisch-praktische Begriffe): Bleiakkumulator, Brandbekämpfung, Galvanisches Element, Abgase

In einigen weiteren Schritten werden bei Vollmer die Beziehungen zwischen diesen Klassen analysiert, die jeweiligen Klassen werden weiter differenziert und die Beziehungen zwischen den Begriffen innerhalb einer Klasse werden geklärt, und schließlich werden die einzelnen Elemente und ihre Relationen übersichtlich

---

<sup>180</sup> Dieser Begriff bei Vollmer in Anführungszeichen, wohl um anzudeuten, dass es sich nicht um einen eingeführten Begriff handelt.

dargestellt. Auf die weitere Darstellung dieser Schritte kann hier verzichtet werden, da wir uns insbesondere für die Gruppierung in Klassen interessieren.

Die Einteilung von Vollmer weist starke Ähnlichkeiten mit Ebels Einteilung der chemischen Terminologie auf (vgl. Abschnitt 1.4.1.2 unter *Terminologie*), der die Begriffe in 5 Gruppen einteilt:

1. Handlungen und Vorgänge (z.B. *Elektrophorese*)
2. Verfahren, Geräte und Apparate (z.B. *Dialysator*)
3. Zahlen, Gesetze, Phänomene (kein Beispiel bei Ebel)
4. abstrakte Begriffe und Konzepte (z.B. *Orbital, Hybridisierung*)
5. Vorstellungen der Reaktionsmechanik (z.B. *Übergangszustand*) oder Spektroskopie (z.B. *Fluoreszenz*)

Im Vergleich fällt auf, dass - wie zu erwarten - bei Ebel die Stoffe nicht unter die Terminologie fallen, da sie bei ihm unter Nomenklatur abgehandelt werden. Was sich bei Ebel aber mit *Handlungen, Geräte und Apparate* in ausdifferenzierterer Form findet, würde bei Vollmer wohl der (Rest-)Klasse der *technisch-praktischen* Begriffe zugeschlagen. Der Begriff *Phänomen* wird bei beiden Autoren unterschiedlich aufgefasst, insofern er bei Vollmer sehr konkrete Erscheinungen (wie *Licht, Feuer, entzünden*) umfasst, während er bei Ebel neben *Zahlen* und *Gesetzen* steht, also eine eher theoretische Ausrichtung erfährt.

Schon aus diesem kurzen Vergleich wird deutlich, dass die Klassifizierung der chemischen Terminologie große Unterschiede, jedoch auch große Überlappungs- und Überschneidungsbereiche aufweist. Ein weitere und den beiden schon betrachteten ähnliche Einteilung findet sich in einer kurzen, nicht weiter erläuterten Erwähnung bei Seilnacht, in der - wie bei Vollmer in einem pädagogischen Kontext - davon gesprochen wird, dass ein Beispiel aus einer der Gruppen *Phänomene, Begriffe, Prozesse, Strukturen* gewählt und den Schülern in motivierender Form präsentiert werden soll (1998, 7). Hier finden sich die drei Kernbegriffe *Phänomen,*

*Prozess* und der sehr vage Begriff *Begriff* wieder; was mit *Strukturen* gemeint ist, geht bei Seilnacht aus dem Kontext nicht hervor.

Im Resultat bedeutet all dies, dass die Terminologie der Chemiesprache zwar um bestimmte Kernbegriffe herum angeordnet ist, dass sie aber gleichzeitig viele Übergangsbereiche und auch Unsicherheiten enthält. Dies wird noch deutlicher, wenn man mit Vollmer versucht, einen Komplex von 24 chemischen Grundbegriffen auf seine Erklärungsstruktur hin zu untersuchen. Mit *Erklärungsstruktur* ist folgendes gemeint (Vollmer, 1980, 112):

Für den Aufbau einer chemischen Unterrichtssprache sowie für die Konzeption eines chemischen Lehrbuches nimmt die Erklärung der Bedeutung von Wörtern - und dazu parallel die Einführung und Erklärung neuer Begriffe eine Schlüsselstellung ein. Im Normalfall werden neu einzuführende Begriffe durch schon bekannte Begriffe erklärt; vielfach ergeben sich Ketten solcher Begriffsbeziehungen, indem ein erklärter Begriff seinerseits wiederum zur Erklärung eines weiteren Begriffs herangezogen wird usw. (...) Ein solches Gefüge nenne ich 'Erklärungsstruktur'.

Die Struktur zeigt eine Hierarchie von Begriffen, deren höhere Ebene zur Erklärung von niedrigeren Ebenen herangezogen wird. In Vollmers Untersuchung stellt sich heraus, dass in der Lehrsprache der Chemie „tatsächlich ein gut geordneter Erklärungskonsens besteht“ der aber inhaltlich „erhebliche Mängel“ aufweist, zum Beispiel „‘Formel’ ranghöher als ‘Gleichung’“ (1980, 113; siehe Tabelle unten: *Gleichung* auf Ebene 2, *Formel* auf Ebene 3. „Ranghöher“ sollte also eigentlich als „rangniedriger“ formuliert werden, wenn man den Erklärungswert als Maßstab verwendet). Die ersten vier Ebenen der aus der Analyse der Erklärungsstrukturen in Lehrbüchern hervorgegangenen Darstellung von Vollmer, die bei ihm in einem Pfeildiagramm erscheinen, werden hier in gekürzter und tabellarischer Form wiedergegeben.

1	2	3	4
	chem. Reaktion	Gleichung	
		Atom	Wertigkeit
		Wasserstoff	
Stoff	Element	Sauerstoff	Wasser
		Metall	
			Formel
		Verbindung	Molekül
	Gemisch	Luft	

**Tabelle 17: Chemische Grundbegriffe nach Vollmer (1980)**

Nach all dem bisher Gesagten muss man sich wohl damit abfinden, dass für die Terminologie der Chemie bisher keine allgemeingültigen Kategorisierungen gefunden worden sind. Für die Auswahl der Schlüsselwörter für diesen Teil der Arbeit soll deshalb eine Art von Durchschnittsmenge der hier behandelten Kategorisierungen gefunden werden. Vollmers erste Klasse und höchste Rangebene von chemischen Grundbegriffen (Stoffe) wird durch den Teil *Stoff* repräsentiert, in dem aber auch die Aggregatzustände (Gas, Flüssigkeit, Festkörper) und andere assoziierte Begriffe wie *Präparat* und *Chemikalie* zur Sprache kommen. Die zweite Klasse (Prozesse) wird im Teil *Reaktion* abgehandelt, der sich daneben auch ausführlich mit der chemischen Formel auseinandersetzt. Die dritte und fünfte Klasse (Phänomenbegriffe bzw. technisch-praktische Begriffe) werden unter dem Teil *Labor* zusammengefasst, der mit der Manipulation von Flüssigkeiten auf einen Teilaspekt der Aggregatzustände nocheinmal zurückgreift. Die vierte Klasse (theoretische Begriffe) wird unter der Überschrift *Atom und Molekül* behandelt.<sup>181</sup>

<sup>181</sup> Es ist anzumerken, dass Ebels von Ebels Untergruppe *Zahlen, Gesetze und Phänomene* zumindest erstere in der chemisch relevanteren Form der *Formel* relativ ausführlich unter dem Themenbereich *Reaktion* behandelt wird.

Damit sind die ersten vier Ebenen in Vollmers Erklärungsstruktur erfasst (vgl. Tabelle 17; Ebene 0 = Stoffe, Ebene 1 = chemische Reaktion, Ebene 2 = Atom, Ebene 4 = Molekül). Die so getroffene Auswahl der Begriffe wird umso relevanter als von den nach Dungworth, Sager und McDonald erwähnten sechs frequentesten und damit für das Fach typischen Wörtern *molecule*, *reaction*, *compound*, *solution* und *gas* drei direkt als Kapitelüberschriften firmieren, während die übrigen beiden indirekt (*compound* - Verbindung und *solution* - Lösung) im Teil *Labor* abgehandelt werden.

## 2.2 Grundbegriff: Stoff

### *Einführung*

Wir beginnen mit dem Begriff *Stoff*, und nähern uns über den Terminus *Gas* der bei Sager, Dungworth und MacDonald als einer der frequentesten Begriffe der Fachsprache der Chemie exemplifiziert wird. Zudem bringt *Gas* als ein Wort, das aus der Sprache der Chemie in die gewöhnliche Alltagssprache übergegangen ist, eine interessante Geschichte mit sich, welche den Einstieg in das Rahmenthema *Stoff* erleichtert.

Das Wort *Gas* ist eine aus der Chemie hervorgegangene Wortschöpfung, wie sich dem Herkunftsduden entnehmen lässt.

Der Name des luftartigen Stoffes ist eine gelehrte Neuschöpfung des Brüsseler Chemikers J. B. v. Helmont (1577-1644) zu gr. *cháos* „leerer Raum“ (...) Bis ins 18./19. Jh. blieb das Wort fast ausschließlich auf die Fachsprache beschränkt. Erst im 19. Jh. mit dem Aufkommen der Gasbeleuchtung wurde es allgemein üblich.

Johannes Baptista van Helmont war ein für seine Zeit sehr fortschrittlicher Forscher und setzte die von Paracelsus begonnenen Reformen in Richtung auf einen modernen, experimentalistischen Ansatz fort. In seiner laborzentrierten Arbeit benutzte er extensiv quantitative Methoden (Waagen) und untersuchte durch Verbrennung, Verdunstung, Gärung und andere Methoden freigesetzte Dämpfe, die er mit dem Namen *Gas* belegte. Helmonts Forschung war von der Erhaltung der Masse bei chemischen Reaktionen bestimmt.

Zum einen wird anhand des Stoffbegriffs deutlich, dass als selbstverständlich und grundsätzlich geltende Begriffe innerhalb der Fachwissenschaft, in der Fachdidaktik und in der Linguistik der Fachsprachen hinterfragt werden können und müssen. Aus dieser Hinterfragung geht die Besprechung des Definitionsproblems in den Naturwissenschaften hervor, das bei weitem nicht so



eindeutig gelöst ist, wie man aus der Lektüre mancher fachsprachlicher Werke vermuten könnte.

Im diesem Zusammenhang wird von Neigungen (nach Soentgen) nicht nur von Stoffen, sondern auch von anderen Materialien und Objekten der Wissenschaft (beispielhaft 'Glas') gesprochen, was die Gelegenheit ergibt, über die Stellung des Adjektivs in der Fachsprache zu handeln, das ansonsten häufig vernachlässigt wird.

### 2.2.1 Drei Stoffbegriffe

Der Stoffbegriff ist in der Chemie sehr häufig und meist unhinterfragt. Dies mag zum einen daher rühren, dass das Wort *Stoff* noch der allgemeinsprachlichen Sprachebene zugerechnet wird, und deshalb einer eigenen Erwähnung nicht wert ist. Dies zeigt sich einfacherweise am Register der hier hauptsächlich verwendeten Lehrwerke, in denen der Begriff *Stoff* entweder (wie übrigens auch *Substanz*) als Simplizium überhaupt nicht vorkommt (Fischer, Arni), während er (im Gegensatz zum Wort *Substanz*) in mehreren Komposita erscheint (Fischer: *Stoffmenge*, *Stoffmengenanteil*, *Stoffmengenkonzentration*, *Stofftrennung*; Arni: *Stoffmenge*, *Stoffsystem*), oder in denen das Wort zwar erwähnt, aber im Text nicht als solches definiert wird, sondern als 'Füllwort' für Eigenschaften der Materie dient, wie im Beispiel (Christen 1984, 33):

Die charakteristischen Eigenschaften eines Stoffes in seinen verschiedenen Aggregatzuständen lassen sich mit der Vorstellung, dass die Materie aus diskreten Teilchen aufgebaut ist, sehr gut verstehen; ...

Wenn aber in einem an Schüler gerichteten Buch auf den Begriff *Stoff* näher eingegangen wird, so findet sich folgende Umschreibung (Kuballa/Schorn, 1998, 9), mit der zugleich in die Chemie als Wissenschaft bzw. als Schulfach eingeführt wird.

Die Anzahl der in der Natur vorkommenden und vom Menschen geschaffenen Stoffe ist sehr groß. Um diese vielen Stoffe voneinander unterscheiden zu können, benötigt man daher die Kenntnis von

*Eigenschaften*, mit deren Hilfe man die Stoffe kennzeichnen und beschreiben kann. Die wichtigsten Eigenschaften sind:

Aussehen, Geruch, Geschmack  
Schmelztemperatur, Siedetemperatur und damit verbunden der Aggregatzustand bei Normalbedingungen  
Dichte  
elektrische Leitfähigkeit  
Löslichkeit in Wasser bzw. in anderen Lösemitteln, wie z.B. Benzin  
Verhalten bei Erhitzen

Der chemische Stoffbegriff hat sich, wie die ganze chemische Wissenschaft insgesamt aus dem Handwerk und den Handwerkersprachen heraus entwickelt<sup>182</sup>, und einen Umschlagpunkt dort erlebt, wo er als Ergebnis der Akzeptanz eines bestimmten Paradigmas einen historischen „Sieg“ davontrug, und nun in der Wissenschaft und Lehre vorwiegend im Sinne dieses Paradigmas benutzt wird. Jens Soentgen dramatisiert diesen Punkt als die Auseinandersetzung zwischen den beiden französischen Chemikern Proust und Berthollet (1997, 128):<sup>183</sup>

Man kann die Vereinseitigung der chemischen Forschung (...) vielleicht als Folge des historischen Triumphes von Proust über Berthollet verstehen: Berthollet hatte behauptet, dass die Zusammensetzung von Stoffen in aller Regel veränderlich ist. Proust wies dagegen nach, dass es sehr viele Stoffe gibt, die eine konstante Zusammensetzung haben. Daraufhin konzentrierte sich die Chemie auf das Studium dieser Substanzen. Jene Stoffarten hingegen, deren Zusammensetzung (in gewissen Spielräumen) variabel ist, gerieten mehr oder weniger in Vergessenheit. Gelegentlich werden sie als „Berthollide“ bezeichnet. (...)

Die Vernachlässigung der Berthollide ist deshalb bedauerlich, weil gerade sie ursprünglichen Substanzen, die man in der Natur findet, von dieser Sorte sind. Die Proustide, die Substanzen mit konstanter Zusammensetzung, sind dagegen zum überwiegenden Teil Kunstprodukte, ... Präparate.

---

<sup>182</sup> vgl. dazu Peter Janich, 1996, *Konstruktivismus und Naturerkenntnis. Auf dem Weg zum Kulturalismus*, Frankfurt: suhrkamp (suhrkamp taschenbuch wissenschaft 1244), der von den „Bereichen der Nahrungsmittelherstellung und -konservierung, der Heilmittel- und Arzneikunst, der Werkstoffbearbeitung und -verwendung, des Färbens und Gerbens usw.“ spricht. (240)

<sup>183</sup> Claude Louis Berthollet, 1748 - 1822; Joseph Louis Proust, 1754 - 1826.

Die zeitgenössische Verwendung des Stoffbegriffs beruht auf diesem klassischen Vorfall, ist jedoch keineswegs homogen oder unumstritten. Im folgenden kommen drei Positionen zur Sprache, von denen eine (Vollmer) sagt, der Stoffbegriff weise ein äußerst differenziertes Klassifikationssystem auf, die andere (Soentgen) behauptet, dass die gängige Definition zwar genau, aber nicht mehr zeitgemäß sei, während eine dritte (Janich) nahe legt, dass es sich bei *Stoff* um einen nicht definierten, zu definierenden oder auch nur definierbaren Begriff handle, sondern um einen metasprachlichen Begriff.

### 2.2.1.1 Stoff als metasprachlicher Begriff (Janich)

*Stoff* und *Substanz* werden, laut Janich, in der Chemie mit solcher Selbstverständlichkeit und in einem so vor-wissenschaftlichen Sinn benutzt, dass eine Definition sich erübrige. Janich (1996, 246) sagt, das „in keinem Chemielehrbuch definierte Wort ‘Stoff’ ... entstammt der Rede über Wörter.“ Er fährt weiter, indem er sagt

dass es in der Chemie keine „prädikative“, auf Beispiel und Gegenbeispiel beruhende Verwendung des Wortes Stoff (oder des griechisch-lateinisch-englischen Imports „Substanz“) gibt.

Inwiefern *Stoff* und *Substanz* als metasprachliche Begriffe gesehen werden können, soll zunächst mit Hilfe von Peter Janichs Ausführungen dazu geklärt werden. In einem ergänzenden Abschnitt wird später die hier implizierte Synonymität von *Stoff* und *Substanz* in Frage gestellt.

Peter Janich überschreibt ein Subkapitel seines Aufsatzes zur Protochemie mit den Worten „Zur Definition von „Stoff“ und anderen chemischen Grundbegriffen“. Daraus geht zunächst hervor, dass der Begriff *Stoff* zu den chemischen Grundbegriffen nicht nur zählt, sondern geradezu ein prototypisches Beispiel dafür ist, und dass dieser Begriff definitorisch bei weitem nicht unumstritten ist. Wie Janich in seinem ‘Blitzkurs im Definieren’ (245f.), anführt, kann das Definieren auf drei grundsätzlich verschiedene Arten vor sich gehen. Begriffsbildung findet -

fachsprachlich wie gemeinsprachlich - anhand von *Beispielen* und Gegenbeispielen für Dinge, Handlungen und Vorgänge statt. Ungenauigkeiten in der exemplarischen Bestimmung (Prädikation) führen zur Einführung von zusätzlicher Normierung (z.B. gelb - Caterpillar-gelb), oder zur Verknüpfung von schon exemplarisch bestimmten Prädikatoren nach Regeln (z.B. 'Soda ist ein Salz.'). Ersetzungsdefinitionen werden nur „zu Abkürzungszwecken“ eingesetzt. Sie treffen keine neuen Unterscheidungen, sondern sind nur neue Wörter zur Abkürzung alter Unterscheidungen.<sup>184</sup> Die Hauptpunkte der Janichschen Definition von *Definition* sind in der folgenden Tabelle im Überblick zu sehen.

exemplarische Bestimmung	Prädikatorregel	Ersetzungsdefinition oft benutzt, aber nicht von wissenschaftlichem Wert
<p>Exemplare sind standardisiert, z.B. durch Standardsituation (Labor)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gerät (Erlenmeyerkolben, Bunsenbrenner)</li> <li>• Handlung (ausfällen, titrieren)</li> <li>• bestimmte Stoffe, z.B. Kochsalz, Schwefelblüte</li> </ul>	<p>Exemplare sind durch Prädikatorenregeln strukturiert</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Taxonomien (Biologie, Zoologie)</li> <li>• Klassifikationen (Gesetz, Regel, Prinzip)</li> <li>• Beispiel: Soda ist ein Kochsalz.</li> </ul>	<p>Zurückführung auf „erste Wörter“, z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dichte ist das Verhältnis von Masse und Volumen</li> <li>• Darstellungsverfahren für eine Verbindung (als Bezeichnung für die Verbindung?)</li> </ul>

**Tabelle 18: Definitionsarten nach Janich**

Die nähere Bestimmung des Stoff-Begriffs fällt nicht unter 'Definition' in Janichs Sinn, sondern er sieht diesen Begriff als einen Teil der Metasprache, insofern *Stoff* eines der Wörter (neben Sätzen, Handlungen und Resultaten) ist, mit Hilfe derer über bestimmte Sachverhalte gesprochen wird. Wie oben schon zitiert meint Janich, dass *Stoff* in keinem Lehrwerk definiert werde, und

---

<sup>184</sup> Dies wird im didaktischen Teil wichtig, da in der fremdsprachlichen Fachdidaktik die Tendenz zu Ersetzungsdefinitionen sehr stark ist.

dass es in der Chemie keine „prädikative“, auf Beispiel und Gegenbeispiel beruhende Verwendung des Wortes Stoff (oder des griechisch-lateinisch-englischen Imports „Substanz“) gibt.

Der Terminus *Stoff* wird laut Janich also in Lehrbüchern nicht definiert, weil es sich bei ihm um einen Reflexionsterminus handelt, vielmehr werden mit diesem Begriff metasprachliche Aussagen getroffen (246):

Man gibt eine *Liste von Prädikatoren* an, denen man *metasprachlich* den Prädikator „stofflich“ zuspricht.

In anderen Worten: wenn etwas Farbe, Konsistenz, Geruch, Geschmack hat, zu bestimmten Dingen verwendet werden kann und gewisse Wirkungen hat, dann kann man es einen Stoff nennen.

### **2.2.1.2 Der Stoff-Begriff bei Soentgen (phänomenologische Definition)**

Wie Janich behauptet auch Jens Soentgen<sup>185</sup>, dass der Begriff *Stoff* in der Chemie nicht definiert werde, allerdings mit der wichtigen Einschränkung, dass dies nicht grundsätzlich unmöglich oder auch nicht wünschenswert sei. Soentgen meint, dass der gängige Stoff-Begriff eigentlich auf *Präparate* gemünzt sei (d.h. künstlich erzeugte, technisch bearbeitete Stoffe, die sich mathematisch besser beschreiben lassen und die insgesamt *Idealisierungen* seien). Soentgen schlägt die Einführung eines neuen, phänomenologischen Stoffbegriffs vor, der sich an einem „Interesse an den Eigenformen der Stoffe“ orientiere, das neuerdings zu beobachten sei.<sup>186</sup> Für seine Stoffdefinition setzt Soentgen sich selbst zwei Parameter: zum einen soll auf

---

<sup>185</sup> Jens Soentgen, 1997, „Marmor, Stein und Isopropylalkohol. Ein Vorschlag für einen phänomenologischen Stoffbegriff“, In: *Scheidewege. Jahresschrift für skeptisches Denken* 27, 125-144.

<sup>186</sup> Dieses Interesse ist laut Soentgen durch Entwicklungen in der Mathematik (fraktale Geometrie), aber auch in der Stilentwicklung der Kunst und Architektur (Tachismus bzw. materialgerechtes Bauen) entstanden.

Verwendung von disziplinspezifischen Fachtermini verzichtet werden, um auch außerhalb der Chemie anwendbar zu sein, und zum anderen soll die Definition nicht nach dem scholastischen Muster von *genus proximum* und *differentia specifica* aufgebaut werden, „da diese Definitionsform ein allgemein akzeptiertes Weltbild voraussetzt“ (131), das es aber nicht mehr gebe. Stattdessen versucht er,

das anspruchslosere Verfahren der beschreibenden Definition zu versuchen (*definitio descriptiva*), das einfach darin besteht, dass man so viele Merkmale der zu definierenden Sache aufzählt, bis die Definition scharf ist.

So kommt Soentgen zu einer Stoffdefinition, die auf fünf sehr einfach wirkenden Kriterien beruht (1998,132).

1. Stoffe sind portionierbar
2. Stoffe sind materiell
3. Stoffe kommen vor
4. Stoffe sind natürliche Arten
5. Stoffe haben Neigungen

Die Erläuterung all dieser Begriffe wäre hier zu aufwendig, aber das fünfte Kriterium „Stoffe haben Neigungen“ soll ein wenig näher erläutert werden. Diese Aussage ist, in der Sprache der analytischen Philosophie, ein Dispositionsprädikat, was bedeutet, dass universelle Implikationen dargestellt werden. Demnach bedeutet eine Aussage wie „Salz ist löslich“: „Für alle Salzproben gilt, dass sie sich auflösen, wenn man sie in Wasser gibt“.

Dispositionsprädikate könne man aber in zwei verschiedene Sorten unterteilen, Eignungen und Neigungen. Den Unterschied zwischen diesen beiden Dispositionen erläutert Soentgen und kommt zum Ergebnis, dass Stoffe Neigungen haben, während andere ‘Gegenstände’ der Chemie, wie Farben, keine Neigungen hätten: „Die Farbe Rot etwa hat keine Neigung, sie verändert sich nicht von selbst“. Ich fasse die Diskussion in Tabellenform zusammen:

	<b>Neigung</b>	<b>Eignung</b>
<b>Möglichkeit</b>	aktiv	passiv
<b>Ursache für Realisierung</b>	<i>in</i> der Sache	<i>außerhalb</i> der Sache
<b>Beispiel Gold</b>	bildet oktaedrische Kristalle	man kann es fein auswalzen
<b>Synonym</b>	„eine Tendenz / einen Trieb haben“	„verwendbar sein für“

**Tabelle 19: Stoffdefinition nach Soentgen**

Soentgen antizipiert den Vorwurf des Anthropomorphismus gegen die Verwendung eines Begriffes wie *Neigung* und verteidigt sich folgendermaßen (1998, 136):

... nur Menschen können Neigungen haben, etwa die Neigung, zu trinken, oder Witze zu machen, aber Stoffe sind unbelebt, und man kann lediglich von ihnen sagen, dass sie bestimmten Gesetzen unterliegen.

Darauf ist zu entgegnen: Ein Anthropomorphismus würde vorliegen, wenn ich gesagt hätte, dass Stoffe Tugenden und Laster haben, denn das sind anthropomorphe Prädikate, die ein entscheidungsfähiges Ich voraussetzen. Beim Wort *Neigung* liegen die Dinge aber anders. Man kann von *Neigung* sprechen, ohne so etwas wie Persönlichkeit vorauszusetzen. Ja, es ist sogar so, dass sich das Wort „*Neigung*“ laut Grimms Wörterbuch ursprünglich nur auf unbelebte Gegenstände bezog; von dort wurde es dann auch auf Menschen übertragen.

Ich meine also, dass das Wort „*Neigung*“, auch wenn es mehr Farbe und Assoziationstiefe hat, als die Wörter, die heute normalerweise in der Wissenschaft verwendet werden, kein Anlass für methodologische Nervosität sein muss.

Solche Anthropomorphisierungen schließen neben der soeben erwähnten ‘*Neigung*’ von Stoffen auch deren ‘Fähigkeiten’ ein, wie etwa bei Wünsch und Ulrich, wo es heißt (1996, 21):

Die Fähigkeit eines Reagenses, unterscheiden zu können, wird mit dem Begriff „*Selektivität*“ bezeichnet; als Grenzfall ist ein ideal selektives Reagens „*spezifisch*“ (für den nachzuweisenden Stoff).

Man könnte also die obige Tabelle (Nr.15, Stoffdefinition bei Soentgen, S. 169) um eine Spalte erweitern, die unter der Überschrift 'Fähigkeit' mit der 'Neigung' die Eigenschaften der Aktivität und der Inhärenz teilt, während sich die Wirkung der 'Fähigkeit' im Gegensatz zu 'Neigung' und 'Eignung' auf andere Stoffe, Reagenzien etc. richtet.

### 2.2.1.3 Stoff-Begriff bei Vollmer (ausdifferenzierte Definition)

Günter Vollmer meint, dass *Stoff* im Gegensatz zu anderen chemischen Begriffen (z. B. *Reaktion*) sehr ausdifferenziert sei, er erinnert aber auch an Janich, insofern er die meta-kommunikative Seite des Stoffbegriffs aufgreift, wie oben gezeigt, im Sinne der Aussage: Wenn etwas auf eine bestimmte Art aussieht, riecht, schmeckt etc., so kann man es einen Stoff von einer bestimmten Art *nennen*. Jedoch ist Vorsicht angebracht: die oben genannten Eigenschaften sind alle Eigenschaften, die den chemischen *Elementen* gemein sind und deren typische Test-Kriterien darstellen.

Vollmer trifft folgende Aussagen (180, 66):

Der Ordnungsgrad der chemischen Begrifflichkeit ist (...) von Bereich zu Bereich unterschiedlich. So sind zum Beispiel die zentralen Begriffe 'Chemische Reaktion' und 'Chemischer Stoff' äußerst unterschiedlich ausdifferenziert und systematisiert. Die häufigsten, zur Begriffsbildung herangezogenen Merkmale chemischer Reaktionen sind vergleichsweise direkter, phänomenologischer, unsystematischer (Oxidation, langsame Oxidation, Verbrennung, Explosion; Additionsreaktion, Kondensationsreaktion, Eliminationsreaktion usw.) als die des Stoffbereichs. Dieser weist ein äußerst differenziertes Klassifikationssystem auf (Summenformel, Strukturformel) mit z. T. äußerst komplexen Merkmalen und Merkmalskombinationen, die aber systematisch und streng operationalisiert sind.

Die zuletzt angesprochenen 'systematischen und streng operationalisierten Merkmale und Merkmalskombinationen' werden nach Vollmer für Identifikationen operationalisiert. Hier schlägt Vollmer ein System zur Behandlung von



Stoffidentifikationsmethoden vor, was sofort wieder Zweifel, wenn nicht an der Existenz, so doch zumindest an der Zweckmäßigkeit vorliegender Identifikationssysteme, und damit an der Präzision und Brauchbarkeit des Stoffbegriffs hervorruft, da ansonsten ja ein solcher Vorschlag gar nicht nötig wäre.<sup>187</sup> Vollmer schlägt die Identifikation über verschiedene Stoffmerkmale vor, die in vereinfachter Form so aussehen:

Stoff	Verhalten	Merkmal	Art der Wahrnehmung
physikalische Eigenschaften	verändert sich <i>nicht</i>	wahrnehmbar	direkt (ohne Hilfsmittel)
			direkt (aber präzisiert mit Hilfsmitteln)
chemische Eigenschaften	verändert sich	erscheint am Reaktionsprodukt Feststellung der <i>physikalischen Eigenschaften</i>	nur mit apparativer Hilfe wahrnehmbar

Tabelle 20: Stoffmerkmale nach Vollmer (1980, 66/67)

## 2.2.2 Definition als pädagogische Hilfskonstruktion

Der Stoffbegriff teilt diese um das Problem des Definierens angesiedelten Probleme mit vielen anderen grundlegenden Begriffen der Naturwissenschaften (Zeit, Energie, Kraft, Teilchen, Element), wie in Thomas S. Kuhns Ausführungen in

---

<sup>187</sup> Vollmer setzt sein System etwa ab von dem von H. Obst, 1968, „Leistungssteigerung durch Arbeit mit Algorithmen“, *Chemie in der Schule* 15, 475-481.

seinem einflussreichen Buch zu naturwissenschaftlichen Revolutionen deutlich wird. Er meint:<sup>188</sup>

Like 'time', 'energy', 'force', or 'particle', the concept of an element is the sort of textbook ingredient that is often not invented or discovered at all. Boyle's definition, in particular, can be traced back at least to Aristotle and forward through Lavoisier into modern texts. Yet that is not to say that science has possessed the modern concept of an element since antiquity. Verbal definitions like Boyle's have little scientific content when considered by themselves. They are not full logical specifications of meaning (if there are such), but more nearly *pedagogic aids*. The scientific concepts to which they point gain full significance only when related, within a text or other systematic presentation, to other scientific concepts, to manipulative procedures, and to paradigm applications. It follows that concepts like that of an element can scarcely be invented independent of context. Furthermore, given the context, they rarely require invention because they are already at hand. Both Boyle and Lavoisier changed the chemical significance of 'element' in important ways. But they did not invent the notion or even change the verbal formula that serves as its definition. Nor, as we have seen did Einstein have to invent or even explicitly redefine 'space' and 'time' in order to give them new meaning within the context of his work.

Die Definition als *pädagogische Hilfskonstruktion* lässt, besonders im hier vorliegenden Kontext, aufhorchen. Wenn die wahre Bedeutung eines Begriffs durch die Dreiheit von systematischer Präsentation, manipulativem Verfahren und paradigmatischer Anwendung erfahren wird, so ist der ideale Ort für das Erlernen chemischer (und anderer naturwissenschaftlicher) Begriffe in der Tat das Laboratorium. Da dies aber im fachsprachlichen Unterricht im hier vorgegebenen Rahmen nicht oder nur höchst eingeschränkt möglich ist, muss - und darf - man sich mit bescheideneren Zielen zufrieden geben. Definition werden als pädagogische Hilfskonstruktionen wie Werkzeuge betrachtet, mit deren Hilfe bestimmte Zwecke erfüllt werden, wie dies im Anschluss an die oben genannte Stelle bei Kuhn selbst auch ausgesprochen wird.<sup>189</sup> Boyle

---

<sup>188</sup> Thomas S. Kuhn, 1970, *The structure of scientific revolutions*, Chicago: University of Chicago Press, 142. Meine Hervorhebung, H.L.

<sup>189</sup> *do.*, 143.

was a leader of a scientific revolution that, by changing the relation of 'element' to chemical manipulation and chemical theory, transformed the notion into a *tool* quite different from what it had been before and transformed both chemistry and the chemist's world in the process.

Diese Werkzeugfunktion wird insbesondere dann wichtig, wenn es um die erst- oder zweitsprachliche Vermittlung von Fachbegriffen an zukünftige Experten geht. In diesem Kontext ist an die Arbeiten von John Flowerdew<sup>190</sup> zu denken, der sich der Funktion von Definitionen in naturwissenschaftlichen Vorlesungen annimmt. Die Aufgabe für Lehrende an Institutionen der Dritten Ausbildungsebene sei demnach nicht so sehr die Definition von Begriffen im engeren Sinne, die ja nach Kuhn im Zusammenhang mit Vorlesung *alleine* auch gar nicht möglich wäre, sondern - für die Erstsprache - in den Worten von Bramki und Williams<sup>191</sup> Vertrautmachung mit der Fachlexik (*lexical familiarization*), oder - für eine Zweitsprache - in den Worten von C. Chaudron<sup>192</sup> die Ausführung und Verdeutlichung von Fachbegriffen (*elaboration*). In beiden Fällen ist das Definieren nur eines von vielen möglichen Vertrautmachungs- bzw. Verdeutlichungsverfahren.

### 2.2.2.1 Definition und Elaboration

Im Grunde sind sich diese beiden Begriffe sehr ähnlich, wie sich einer Gegenüberstellung entnehmen lässt, in die zugleich die deutschsprachigen

---

<sup>190</sup> Flowerdew, J., 1992, „Definitions in science lectures“, *Applied Linguistics* 13/2, 202-221. Die Hinweise auf Bramki/Williams und Chaudron sind diesem Text entnommen (S. 206). Beachte von Flowerdew auch 1992, „Salience in the performance of one speech act: The case of definitions“, *Discourse Processes* 15, 165-181 und 1991, „Pragmatic modifications on the 'representative' speech act of defining“, *Journal of Pragmatics* 15, 253-264.

<sup>191</sup> Bramki, D. und Williams, R., 1984, „Lexical familiarization in economic textbooks“, *Reading in a Foreign Language* 2/1, 169-81.

<sup>192</sup> Chaudron, C., 1982, „Vocabulary elaboration in teachers' speech to L2 learners“, *Studies in Second Language Acquisition* 4/2, 170-80.

Bezeichnungen eingeschrieben werden, auf die dann im didaktischen Teil zurückgegriffen wird.

Chaudron	Bramki/Williams	deutsche Bezeichnung
<b>elaboration</b>	<b>familiarization</b>	<b>Elaboration</b>
define	definition	Definition
qualify		Einschränkung
question		Anzweiflung
repeat		Wiederholung
paraphrase	synonymy	Ersetzung
exemplify	exemplification	Exemplifizierung
expand	explanation	Erklärung
	stipulation	Festsetzung
	non-verbal illustration	Demonstration

**Tabelle 21: Elaboration von Begriffen**

Ein weiteres gutes Beispiel für die Werkzeugfunktion von fachlichen Begriffen findet sich in der Serie „Altlasten der Physik“ von Hermann und Job, die ab 1994 in *Physik in der Schule* erschienen. Hier wird, in Bezug auf physikalische Größen, doch trifft dies zweifellos auch auf naturwissenschaftliche Begriffe im weiteren Sinne zu, gesagt, sie

... sind Produkte des menschlichen Geistes: Werkzeuge zur Beschreibung von Systemen.<sup>193</sup>

und

Der Satz [der Dritte Hauptsatz der Thermodynamik] gehört nicht auf den Altar, sondern in die Kiste zu unserem üblichen Handwerkszeug.<sup>194</sup>

Hermann und Job betrachten die ‘Altlasten’ vor allem unter physik-didaktischen Aspekten und weisen, häufig unter Zuhilfenahme äußerst anschaulicher Analogien,

<sup>193</sup> Herrmann, F., 1995d, 206.

<sup>194</sup> Job, 1995a, 71.

die Schwierigkeiten im Verständnis von wissenschaftlichen Begriffen nach, die durch Elaboration behoben werden könnten. Einige Beispiele sollen dies erläutern:  
Zum Thema „Energieformen“:<sup>195</sup>

Wir ersparen uns viele Worte, wenn wir auf nutzlose Differenzierungen verzichten. Es ist zwar oft bequem, kurz von Flaschen- oder Tütenmilch zu sprechen, aber ziemlich unnützlich, das Umfüllen oder Trinken deswegen als Milchumwandlung zu formulieren und den Inhalt des Trinkglases oder des Magens als besondere Milchform zu definieren.

Zum Thema „Dritter Hauptsatz [der Thermodynamik]“

Es ist unmöglich, eine Badewanne mit einem Eimer vollständig auszuschöpfen. ... Wir begegnen der Entropie mit soviel Ehrfurcht und legen in diesen Begriff so viel Metaphysisches hinein, dass uns der Vergleich des dritten Hauptsatzes mit der ausgeschöpften Badewanne geradezu respektlos erscheint.

Zum Thema „Äquivalenz von Wärme und Arbeit“<sup>196</sup>, auf die Frage, was denn Wärme eigentlich sei, die Antwort:

Die Meinungsvielfalt ist Ausdruck des ärgerlichen Umstandes, dass es keine Energiegröße gibt, die gleichzeitig alle wünschenswerten Aspekte des Wärmebegriffes abzubilden vermag. Wie bei einer zu kurzen Bettdecke, ist man gezwungen, auf die eine oder andere Eigenschaft zu verzichten.

Doch auch bei Hermann und Job geht es nicht nur um die didaktisch-pädagogische Zweckmäßigkeit von Begriffen, sondern auch um ihre theoretisch-wissenschaftliche Richtigkeit und den Zusammenhang von Wissen (hier mit 'Kalkül' umschrieben) und Sprache:<sup>197</sup>

Dass ein Missgriff nicht im Kalkül einer Wissenschaft, sondern in ihrer Semantik so weitreichende Folgen haben kann, sollte Theoretiker warnen,

---

<sup>195</sup> Job, 1994a, 323.

<sup>196</sup> Job, 1995c, 303.

<sup>197</sup> Job, 1995c, 303.

deren Augenmerk allein der Stimmigkeit des Kalküls gilt, und Didaktiker alarmieren, die sich mit diesen Folgen herumschlagen müssen.

### 2.2.2.2 Präzision und Exaktheit in der Begriffsbildung

All dies erinnert an eine wichtige Unterscheidung, die von Peter Buck (1996, 9-10) getroffen wird<sup>198</sup>, nämlich die zwischen Präzision und Exaktheit in der Begriffsbildung.

Ideal „präziser“ Begriffsbildung ist das Abschneiden alles Zufälligen (oder vermeintlich Zufälligen), des Persönlichen, des Subjektiven, des Kontextes. Die präzise Definition, der möglichst genau und quantitativ bestimmte Satz von Eigenschaften, kennzeichnet den präzisen Stoffbegriff. Ein Medikament gegen die Malaria zu entwickeln, ein Raumschiff in die Erdumlaufbahn zu bringen, ein kloppfestes Benzin zu mischen - das erfordert konzentrierte Denkkakte, erfordert Fokussierung auf das Wesentliche des gestellten Problems. Die präzisen, quantifizierbaren Begriffe der Chemiker sind hierbei hilfreiche Instrumente. Der Rückgriff auf vorgestellte Atome, oder die vorgestellte Hineinprojektion der Eigenschaften in die Stoffproportion unterstützen diesen Abschneideakt. Präzidere, lateinisch, heißt abschneiden.

Exakt, lateinisch: genau, vollkommen ausgeführt, bezogen auf den Prozess der Begriffsbildung verlangt ein anderes Denken, vernetztes, laterales, ganzheitliches Denken, den Zusammenhang explizit berücksichtigendes Denken.

Als Festlegung, die sich für die Praxis zu bewähren hat, kann man treffen, dass die präzise Begriffsbildung dem entspricht, was man in der Sprache der forschenden Chemie als Definition benutzt (die ja auch etymologisch der Präzision ziemlich nahe steht, insofern die Ausgliederung, Ausschließung, Abgrenzung betont wird), während die exakte Begriffsbildung der Elaboration entspricht (und auch hier unterstützt die Etymologie die Ähnlichkeit der beiden Begriffe) und der Sprache der lehrenden Chemie zuzurechnen ist.

---

<sup>198</sup> Peter Buck, 1996, „Präzise und exakte Begriffsbildung - oder: Was die Chemiker mit ihrer Formel- und Fachsprache notorisch übersehen und terminologisch unberücksichtigt lassen“, In Janich und Psarros, 1996, 3-12.

Somit hat die 'Definition' einiges gemeinsam mit dem Modellbegriff, der ebenfalls von pragmatischen Zwecken getragen wird, und ist somit vielleicht doch nicht ganz so bescheiden, wie es zunächst den Anschein hatte.

### 2.2.2.3 Kulturell-sprachliche Bedeutungen von *Stoff* und *Substanz*

Anhand der Prüfung auf Synonymität der Begriffe *Stoff* und *Substanz* lassen sich sprachlich-kulturelle Tiefenschichtungen offen legen, explizieren, die normalerweise verborgen bleiben, gerade *weil* diese Begriffe so selbstverständlich erscheinen. Hier treten Bedeutungen hervor, die in der oben (Abschnitt 1.4.1.4) erwähnten „Zweisprachigkeit“ der deutschen Fachsprache der Chemie begründet liegen und durch eine kurze Textanalyse mögliche unbewusste *Denkmuster* sichtbar werden lassen.

#### *Etymologische Herkunft*

Zunächst sollen aber die etymologischen Einträge im Herkunftswörterbuch des Duden-Verlags zitiert und gegenübergestellt werden:

**Stoff** *m* „Gewebe, Tuch; Material; Gegenstand der Betrachtung und Untersuchung“: Im 17. Jh. wohl durch *niederl.-niederd.* Vermittlung (vgl. entspr. *niederl.* stof) aus *afrz.* estoffe (= *frz.* étoffe) „Gewebe; Tuch; Zeug“ entlehnt, das auch die unmittelbare Quelle für entspr. *span.* estofa und *it.* stoffa ist. Das *frz.* Wort gehört wohl als Substantivbildung zu *frz.* étoffer (*afrz.* estoffer) „versehen mit etwas, ausstaffieren“, das urspr. „ausstopfen, verstopfen“ bedeutete.

Die Etymologie des Wortes ist nicht ganz geklärt und die meisten Aussagen des Herkunftswörterbuchs sind in ihrer Gültigkeit durch „wohl“ eingeschränkt. Es wird jedoch aus der Herkunft des Wortes *Stoff* klar, dass Stoff von einem konkreten, im Alltag benutzten Material hergeleitet wird, dessen ursprüngliche Bedeutung nicht auf inhärente Charakteristika, sondern die Funktion (nämlich die des Ausstopfens) zurückzuführen ist. Dem kann man eine gewisse Beliebigkeit des Inhalts entnehmen (was zählt ist der Vorgang und das Resultat des Ausstopfens, und nicht

die Qualität des verwendeten Materials). Stoff ist somit ein sehr konkretes (insofern es Handgreifliches und Substantielles beinhaltet) und zugleich sehr abstraktes Wort (insofern sich dem Wort keine konkrete Entität in der Welt zuordnen lässt).

#### Substanz (s.v. **Substantiv**)

Es [Substantiv; meine Ergänzung, H.L.] gehört als Abl. zu *lat. substantia* „Bestand; Wesenheit, Existenz, Wesen, Inbegriff“ (von *lat. substāre* „darunter sein, darin vorhanden sein“, einem Kompositum von *lat. stare* „stehen“, vgl. *stabil*). Letzteres ist die Quelle für unser im Bereich der philosophischen Fachsprache aufgenommenes FW **Substanz** w. „das Beharrende, Dauernde; Wesen einer Sache; Grundbestand“ (schon *mhd. substancie*).

Das Wort Substanz hat schon von seinem Ursprung her im Wesentlichen eine abstrakte Bedeutung, die sich auf etwas bezieht, das sozusagen den Kern, die Identität eines Sachverhaltes oder einer Sache reflektiert. Dem Herkunftswörterbuch ist zu entnehmen, dass Substanz in der deutschen Sprache vorwiegend als ein dem fachsprachlichen Sprachgebrauch zuzurechnendes Wort anzusehen ist, das möglicherweise über die philosophische Fachsprache in die anderen Fachsprachen vorgedrungen ist.

Zu einem impressionistischen Vergleich mit der modernen englischen Sprache sei eine einfache Zählung der Erwähnungen des Wortes *substance* in der *Grolier Enzyklopädie* auf CD-ROM herangezogen, die auf eine vorwiegend naturwissenschaftlich-chemische Verwendung des Wortes hindeutet. Es finden sich unter dem Stichwort *substance*, außer dem Suchwort selbst (mit sieben Erwähnungen) folgende Einträge, gefolgt - in Klammern - von der Zahl der Erwähnungen des Wortes *substance*.

qualitative chemical analysis (11), thermodynamics (10), furnace (8), metaphysics (7), philosophy (7), Spinoza, Baruch (7), toxicology (7), immune system (6), carbon (5), concentration (5), cosmetics (5), critical constants (5), drug (5).



## *Analyse einer kurzen Textpassage*

Welche tiefen Spuren die Sprach- und Fachgeschichte hinterlässt, zeigt sich mit der Kurzanalyse einer Passage, die um die beiden Begriffe *Stoff* und *Substanz* kreist ohne sie jedoch als Begriffe zu thematisieren. Die drei einleitenden Absätze in Hanns Fischers zweibändigem *Praktikum* (1994, 1) nehmen sich des Stoffbegriffs an. Der Textauszug lautet wie folgt:

In chemischen Praktika experimentiert man mit vielerlei Stoffen, um Naturprinzipien zu verifizieren, das Verhalten und die Anwendung von Chemikalien in ihren Reaktionen zu studieren und um Laboratoriumstechniken zur Trennung und zur Darstellung reiner Substanzen zu üben. Dabei lernt man gleichzeitig, mit gefährlichen Stoffen richtig umzugehen. ...

Ein Aspekt wird aber bisher kaum beachtet, nämlich das Schicksal der am Ende der Experimente übrig bleibenden Materiereste. Alle eingesetzten Stoffe liegen dann, mehr oder weniger umgewandelt, als kontaminierte wässrige Phasen, Niederschläge, verunreinigte Lösemittel, Destillationsrückstände, Chemikalienreste oder auch als Präparate mit unbekannter Reinheit vor. Anscheinend nutzlos, unbrauchbar und dabei potentielle Gefahrstoffe enthaltend, bilden sie als Sonderabfälle, die durch Hochtemperaturverbrennung oder überwachte Deponierung entsorgt werden müssen.

Dies ist didaktisch unsinnig, weil so aus der studentischen Arbeit im Chemiepraktikum materiell nur Abfall entsteht, während ja auch gelehrt und gelernt werden soll, wie aus minderwertigen Rohstoffen und Gemischen nützliche reine Substanzen gewonnen werden.

Betrachtet man sich den Text genauer, so erscheint eine deutlich konturierte Gegenüberstellung von, und Unterscheidung zwischen, *Stoff* und *Substanz*. Von den beiden hier betrachteten Begriffen wird *Substanz* als die in der Chemie anzustrebende Materienform gesehen, die das Alpha und Omega der Chemie bildet: sie ist Ausgangspunkt einer Gruppe von Handlungen (Darstellung) und Zielpunkt für einer anderen Gruppe (Trennung). Um die „nützliche, reine“ Substanz geht es im *Praktikum* von Hanns Fischer, um die Substanz dreht sich das Experiment. Der *Stoff* dagegen ist den Übergangsstadien vorbehalten: der Vorbereitungsphase (in der Form von *Rohstoff*), der Bearbeitungsphase (als Lösungsmittel, Niederschlag etc.)

und der Nachbereitungsphase (als Rückstand, Rest, Abfall). In fast literarisch anmutender Häufung findet sich eine Gegenüberstellung zwischen der Substanz, die „rein“ und „nützlich“ ist (und ihrer Freundin der *Chemikalie*, die in ihren Reaktionen studiert wird), und dem Stoff (und seinem Verbündeten, dem *Materierest*) der mit den Eigenschaften „gefährlich“, „kontaminiert“, „verunreinigt“, „nutzlos“, „unbrauchbar“, „minderwertig“ verknüpft wird.<sup>199</sup> In chemietypischen Bearbeitungsprozessen experimentiert man mit Stoffen „um die Trennung und Darstellung von Substanzen zu üben“. Dabei fällt der Reststoff als Abfallprodukt an, der dann seinerseits durch geeignete Bearbeitung wieder in „reine nützliche Substanzen“ zurückverwandelt wird.

Es liegt in den Beschreibungen von Fischer eine Art der Definition vor, die - anders als von Janich behauptet - durchaus anhand von Beispiel und Gegenbeispiel verdeutlicht, was mit *Substanz* einerseits und *Stoff* andererseits gemeint ist. Diese Unterscheidung wird nicht explizit, wahrscheinlich auch nicht bewusst getroffen, sie ist aber faktisch vorhanden und wird im Buch auch durchgehalten. Beispiele: „Zur genauen Bestimmung der Dichte einer Substanz müssen ihre Masse und ihr Volumen exakt gemessen werden.“ (17; im Labor arbeitet man mit Substanzen); „Weitere Reste: Hilfsstoffe und Lösungsmittel“ (214; *Hilfsstoffe* gehören zu den Resten) usw.

Wenn also in der deutschen Sprache, nicht nur in der Gemeinsprache, sondern auch in der fachwissenschaftlichen Lehrsprache, der allgemeinen Wissenschaftssprache das Wort *Substanz* bzw. *Stoff* benutzt wird, so kann der kulturell-historische Anteil

---

<sup>199</sup> Der nächste Abschnitt in der unmittelbaren Fortsetzung führt das Bild weiter fort. Interessanterweise sind hier die *Substanzen* in einen Negationsrahmen eingebaut (es ist ausgeschlossen) die Assoziierung von *Substanz* mit Wörtern wie „harmlos“, „problemlos“ und von *Stoff* mit „Gefahr“ bleibt erhalten:

... Andererseits ist es ausgeschlossen, im Praktikum nur völlig harmlose Substanzen zu verwenden, die problemlos in die Umwelt abgeführt werden können, weil wichtige Phänomene der Chemie nur mit Gefahrstoffen erkannt werden und weil deren richtige Handhabung auch gelehrt werden muss.

der Bedeutung dieser Wörter nicht vernachlässigt werden. Natürlich liegen der Verwendung dieser Wörter nicht ausschließlich geschichtliche und kulturelle Erwägungen zu Grunde, sondern sie können auch – bewusst oder unbewusst – in ideologischer Form eingesetzt werden, worauf wir schon im ersten Teil dieser Arbeit unter der Überschrift ‚funktionale Varietäten der Metapher‘ hingewiesen hatten. Weitere Beispiele für diesen Aspekt werden im didaktischen Teil der Arbeit beigebracht (im Abschnitt *Verstehendes Wissen*).

### *Stoff, Substanz und Präparat*

Ob man das Wort *Stoff* oder *Substanz* verwendet, und welche Definition von *Stoff* man auch verwenden mag, die Schwierigkeit, *Stoff* zu definieren, ohne dass man damit *Präparat* meint, wird deutlich, wenn man sich das folgende Zitat aus Fischer (1994, 86) unter dieser Fragestellung durchliest: Zu welchem Zeitpunkt des vielschrittigen Verfahrens ist aus dem Grundlagenmaterial (Spinat) der zu untersuchende Stoff, das Präparat (Chlorophyll) herauspräpariert? Der relevante Auszug wird in voller Länge dargeboten, um die Schwierigkeit der Stoffbestimmung deutlich hervorzuheben, und auch deshalb, weil mit der vollen Zitation der Passage ein weiterer Zweck verfolgt werden kann, der im Anschluss an den Text zur Sprache gebracht wird:

#### *Textbeispiel Spinat*

Ca. 25 g gehackter Spinat - er darf nur noch wenig feucht sein und wird, wenn nötig, erst mit saugfähigem Papier angetrocknet - werden mit 200 ml Methanol und einigen Spatelspitzen  $\text{CaCO}_3$  in ein 600 ml Becherglas gegeben und im Abzug auf der Heizplatte unter ständigem Rühren 3-5 min aufgekocht. Die noch warme Lösung wird durch Vakuumfiltration vom festen Material getrennt, welches verworfen wird. Das dunkelgrüne, chlorophyllhaltige Filtrat wird in einen 500 ml Rundkolben überführt, Methanol und Wasserreste werden am Rotationsverdampfer bei 40° Wasserbadtemperatur möglichst vollständig entfernt. Die verbleibende Masse wird mit wenig Wasser, je nach Restwassergehalt bis zu 20 ml, und 60 ml Diethylether in einen Scheidetrichter überführt und kräftig geschüttelt, wobei das Chlorophyll und andere lipophile Substanzen in die Etherphase übergehen.

30 ml der etherischen Phase werden in einem weiteren Scheidetrichter zweimal sorgfältig (Achtung: Nur leicht umrühren, starkes Schütteln führt zur Bildung einer gelartigen Masse und verhindert die rasche Phasentrennung.) mit 20 ml 4 M HCl (Verdünnen der konzentrierten = 12 M HCl) behandelt, die Wasserphasen werden abgetrennt und vereinigt. Die Etherphase enthält den nun Mg-freien Porphyrinliganden und ist charakteristisch olivgrün.

Die Wasserphase wird zentrifugiert, wobei sich eine klare Lösung von einer gelartigen Masse trennt. Die gelartige Masse wird verworfen. Die Lösung wird dann in einer kleinen, mit entionisiertem Wasser gespülten Porzellanschale im Abzug vorsichtig bis zur Trockne eingedampft. Nach Abkühlen wird der Rückstand mit 2 ml angesäuertem (1 Tropfen 2 M HCl auf 1 ml Wasser) Wasser aufgelöst und in ein kleines Reagenzglas filtriert. Diese Lösung wird auf Mg-Ionen geprüft.

#### 2.2.2.4 Adjektive in der Fachsprache der Chemie

Der voraufgehende Abschnitt soll, neben seiner illustrativen Funktion für den Übergangsbereich von Stoff/Substanz hin zu Präparat, auch als Einleitung zu einigen Bemerkungen zum Adjektiv in der Fach- und Lehrsprache der Chemie dienen. Eine Zählung ergibt zunächst das Ergebnis, dass allgemeine Aussagen über die Seltenheit von Adjektiven in den Fachsprachen sicherlich nicht zutreffen. Es scheint stattdessen, dass Adjektive im Durchschnitt einen relativ konstanten Anteil der vertretenen Wortarten stellen, der, wie etwa Weise (1997, 1431) - für das Englische - sagt, „für Adjektive und Adverbien zusammen 12%“ beträgt. Der hier untersuchte Ausschnitt belegt die nicht weiter überraschende Aussage, dass in bestimmten Texttypen die von Weise genannten Zahlen auch weit übertroffen werden können. Dies ist darauf zurückzuführen, dass es sich hier um eine (einen Vorgang) beschreibende Passage handelt. Von den 254 Wörtern des Auszugs sind 25, also fast genau 10% in Adjektivfunktion gebraucht, in Adverbstellung finden sich weitere 10 Wörter, so dass der Gesamtanteil von Adjektiven und Adverbien in diesem Ausschnitt mit 14% etwas höher liegt, als von Weise angegeben.

Die in Adjektivstellung gebrauchten Wörter sind: *gehackt, feucht, saugfähig, nötig, ständig, warm, fest, dunkelgrün, chlorophyllhaltig, lipophil, etherisch, stark,*

*gelartig (2x), rasch, konzentriert, Mg-frei, olivgrün, klar, klein (2x), entionisiert, gespült, angesäuert, verbleibend.*<sup>200</sup> Davon sind direkt aus den Partizipformen von Verben abgeleitet: (vom Partizip II) *gehackt, entionisiert, gespült, angesäuert* und (vom Partizip I) *verbleibend*. Auf Wortbildung gehen die folgenden Adjektive zurück: *saugfähig, dunkelgrün, chlorophyllhaltig, lipophil, etherisch, gelartig, Mg-frei, olivgrün*, von denen wiederum *saugfähig* (von 'saugen') und *chlorophyllhaltig* (von 'enthalten') einen Verb-Anteil besitzen.

Stellt man der einen Vorgang beschreibenden Passage eine andere zur Seite, die Objekte der Wissenschaft beschreibt, so sieht man, dass sich die Frequenz von Adjektiven und Adverbien noch erheblich erhöhen kann. Alle Stoffe oder Materialien beschreibenden Adjektive in der folgenden Passage aus Fischer (1994, 7) sind durch Fettdruck hervorgehoben.

#### Textbeispiel *Glas*

Die meisten im chemischen Laboratorium anzutreffenden Geräte bestehen aus Glas. Es ist **durchsichtig, glatt, porenfrei**, vielseitig **verformbar**, gegen übliche Chemikalien **resistent** und recht **temperaturfest** und deshalb für chemietypische Anwendungen bestens geeignet. Glas ist aber auch **spröde** und zerbricht bei Gewaltanwendung oder unter großen Temperaturgradienten leicht, wobei sich scharfe Kanten bilden. Beim Umgang mit Glasgeräten ist also einige Vorsicht geboten, insbesondere bergen bereits schadhafte Glasgeräte erhebliche Verletzungsgefahr.

Als Ergänzung sei ein Auszug aus der folgenden Textstelle zu den angeführten Vorsichtsmaßnahmen zitiert, der in die anschließende Kurzanalyse zur Frequenz von Adjektiven und Adverbien in beschreibenden Passagen *nicht*, in die zu Wortbildungsmustern in der Chemie jedoch sehr wohl integriert ist:

Geschlossene Gefäße mit **wärmeempfindlichem** oder **reaktionsfähigem** Inhalt niemals im Ganzen erhitzen. Dies kann zu Explosionen führen.

---

<sup>200</sup> In Adverbstellung finden sich folgende Wörter: *wenig, noch, möglichst, vollständig, kräftig, zweimal, sorgfältig, leicht, nun, charakteristisch*.

Neben den Simplizia *glatt, spröde*, zu denen für unsere jetzigen Zwecke auch *resistent* gezählt werden soll, finden sich die zusammengesetzten Adjektive *durchsichtig, porenfrei, verformbar, temperaturfest, wärmeempfindlich* und *reaktionsfähig*, sowie die Formen *chemisch, anzutreffend, üblich, groß, erheblich, scharf, schadhaft*, die sich nicht direkt auf Stoffe und Materialien beziehen.

Die quantitative Auswertung zeigt, dass in einer Passage von 66 Wörtern immerhin fast ein Viertel (16) Adjektive sind, weitere 9% werden von Adverbien gestellt, so dass sich ein Gesamtanteil von etwa 33%, das heißt einem Drittel der Passage von Adjektiven und Adverbien ergibt.

Die Wortbildung kann man mit der Duden-Grammatik in zwei Muster teilen.

Der ersten Gruppe gehören aus dem Textbeispiel *Glas* die Adjektive *durchsichtig* und *verformbar* an, aus dem Textbeispiel *Spinat* gehört hierzu *etherisch*. Sie sind durch grammatische Umwandlung (Transposition) entstanden, wobei die Suffixe *-ig* und *-bar* eine passivisch-modale Bedeutung, transportieren können (wie auch *-isch*, wenn es zur Ableitung aus einem Verb eingesetzt wird), das Suffix *-ig* auch eine aktivisch-modale. Das Suffix *-isch* dient bei Ableitung aus einem Nomen, wie hier *Ether*, wie die Duden-Grammatik es ausdrückt, in etwa einem Viertel der Vorkommensfälle der Ableitung „possessiver Adjektive“, d.h. Adjektive, die anzeigen, dass sie die im Nomen inhärenten Eigenschaften auf ein anderes Nomen zutreffen.

Die zweite Gruppe wird mit Hilfe von Halbsuffixen gebildet. Sie vermitteln neben grammatischen Wortbildungssignalen „zusätzliche semantische Merkmale“.<sup>201</sup> Sie werden im folgenden noch einmal aufgereiht, jeweils mit den relevanten Aussagen aus der Duden-Grammatik zu den jeweiligen Wortbildungsmustern ergänzt:

---

<sup>201</sup> Duden-Grammatik, 497.

Adjektiv		Anmerkungen
Textauszug 2	Textauszug 1	
reaktionsfähig	saugfähig	<i>-fähig</i> ist bei der Adjektivableitung von Verbalabstrakta besonders produktiv.
porenfrei	Mg-frei	gehört zur Gruppe mit <i>-reich</i> , <i>-voll</i> , <i>-stark</i> , <i>-schwer</i> , <i>-selig</i> bzw. <i>-arm</i> , <i>-schwach</i> , <i>-los</i> , <i>-frei</i> , <i>-leer</i> . „Diese ... Halbsuffixe signalisieren, dass (besonders) viel [bzw. wenig] von dem im Grundwort Genannten vorhanden ist.“ <sup>202</sup>
temperaturfest		die Bedeutung von <i>-fest</i> (ähnlich wie <i>-sicher</i> , <i>-beständig</i> , <i>-echt</i> , <i>-dicht</i> ) stimmt nicht mehr mit der des Ausgangswortes überein. Solche Kompositionsglieder „sind durch die Fach- und Werbesprache in allgemeinen Gebrauch gekommen.“ <sup>203</sup>
wärmeempfindlich		das Gegenteil zur <i>-fest</i> -Gruppe, weitere Mitglieder dieser Gruppe werden im Duden nicht genannt.
	chlorophyllhaltig	„Das Halbsuffix gibt an, dass das im substantivischen Grundwort Genannte in etwa anderem enthalten ist (kupferhaltig[es Erz], ozonhaltig, bromhaltig).“ <sup>204</sup>
	gelartig	gehört in die Reihe mit <i>-getreu</i> , <i>-gleich</i> , <i>-förmig</i> , <i>-ähnlich</i> und bezeichnet eine „im Hinblick auf den substantivischen Grundwortinhalt Gleichsetzungs- bzw. Vergleichsfunktion“. <sup>205</sup>
	lipophil	<i>-phil</i> als Wortbildungssuffix wird in den hier benutzten Grammatiken nicht erwähnt. für den chemischen Sprachgebrauch ist es jedoch sehr produktiv, s. <i>elektrophil</i> , <i>nucleophil</i> (Gegenteil: <i>-phob</i> ).

**Tabelle 22 Adjektivische Wortbildungsmuster**

Diese adjektivischen Wortbildungsmuster sind für Chemietexte kennzeichnend und werden, beispielsweise in *deutsch komplex* als Aufgaben gelegentlich aufgegriffen, allerdings meist ohne Problematisierung der Adjektivbildung und ohne weitere Erläuterung. Beispiele (meines Wissens vollständig) aus *deutsch komplex*:

Seite 37

Erklären Sie die Adjektivattribute mit den Suffixen *-haltig* und *-frei*!

die sauerstoffhaltige Säure

die sauerstofffreie Säure

<sup>202</sup> dto.

<sup>203</sup> dto., S. 498/99

<sup>204</sup> dto., S. 497. Beachtenswert ist, dass sämtliche Beispiel des Duden aus der Chemie stammen.

<sup>205</sup> dto., S. 498.

→ Die Säure enthält Sauerstoff → Die Säure enthält keinen Sauerstoff

Seite 51

Bilden Sie Sätze!

Zucker/Wasser

→ Zucker *löst sich in* Wasser.

Zucker ist in Wasser löslich.

dazu auch Seite 152

Vergleichen Sie die Löslichkeit der Stoffe! (...) Beurteilen Sie, welcher Stoff eher ausfällt!

Silberchlorid/ Silberbromid

→ Silberchlorid *ist leichter löslich als* Silberbromid.

Silberbromid *ist schwerer löslich als* Silberchlorid.

Silberbromid *fällt eher aus als* Silberchlorid.

Seite 83

Erschließen Sie [durch Zerlegung des Adjektivs in seine Bestandteile, Prüfung der Bedeutung der Bestandteile, Erschließung der Bedeutung der zusammengesetzten Adjektive und Überprüfung am Kontext] die *zusammengesetzten Adjektive energiearm und reaktionsträge!*

Im Zusammenhang mit beschreibenden Textpassagen und in Kombination mit einer theoretischen Diskussion des Stoffbegriffs (und möglicher anderer umstrittener Begriffe) lassen sich interessantere und systematischere Übungen zur Adjektivbildung entwickeln. Mehr dazu in Teil 3 dieser Arbeit.



### 2.2.3 Zusammenfassung

Aus der Beschäftigung mit dem Stoffbegriff resultiert die Erkenntnis, dass auch unproblematisch erscheinende Begriffe durchaus nicht unumstritten sind. Dies trifft nun nicht nur für *Stoff* zu, sondern gleichermaßen für alle in diesem Teil angesprochenen Grundbegriffe. Hier liegt ein Ansatz für die dialogische Ausarbeitung von Fachbegriffen, von der im dritten Teil der Arbeit die Rede sein wird. Zugleich haben wir bei der Beschäftigung mit dem Begriff *Stoff* im Vergleich mit *Substanz* am konkreten Beispiel die kulturelle Spur gewittert, die ihm anhaftet. Auch in diesem Fall handelt es sich nicht um eine Ausnahmerecheinung, sondern die Zweisprachigkeit der deutschen Fachsprache der Chemie legt nahe, dass ähnliche Textanalysen mit anderen Grundbegriffen auch ähnliche Ergebnisse hervorbringen sollten. Schließlich hat die Beschäftigung mit dem Stoffbegriff ergeben, dass im Grundlagentext von Hanns Fischer Passagen existieren, die, was den Adjektivgebrauch betrifft, weit von Normstatistiken für Chemietexte abweichen, und zwar gerade auf Gebieten, die in der fachlichen wie in der fachsprachlichen Ausbildung von eminenter Bedeutung sind. Die Häufung bestimmter fachsprachlicher Erscheinungen (wie hier der Adjektive und der adjektivischen Wortbildung) in relativ kurzen Passagen bringt große didaktische Vorteile mit sich.

## 2.3 Grundbegriff: Atom (Molekül und Ion) - Teilchenvorstellungen in der Chemie

### *Einleitung*

Die Chemie beschäftigt sich oft mit Reaktionen zwischen Atomen, Molekülen oder Ionen. Reaktionen zwischen diesen Teilchen treten umso rascher ein, je näher sie sich sind, d.h. je mehr in einem gegebenen Volumen vorhanden sind.

(Fischer, 1994, 13)

Während der Begriff *Stoff* mit seinen assoziierten Begriffen (wie *Substanz*, *Material* usw.) sich in der Regel auf die makroskopische und mikroskopische Ebene bezieht, also auf das, was man mit bloßem Auge oder mit optischen Sehhilfen zu sehen vermag, hat sich die Chemie immer mehr zur Wissenschaft vom diskreten, submikroskopischen Einzelteilchen entwickelt.<sup>206</sup> Aus der „Unsichtbarkeit“ der Teilchen über die man spricht, aus den Vorstellungen, die man sich über die Teilchen und ihr Verhalten macht, leitet sich die Zwangsläufigkeit metaphorischen Sprachgebrauchs ab.

„Teilchen“ als Begriff scheint sehr unbestimmt zu sein, und dennoch ist es, wie „Stoff/Substanz“ eines der zentralen Wörter, wenn nicht in der vordersten Front der modernen Chemieforschung, so doch der Chemiedidaktik auf allen Ebenen. Wie im Abschnitt zum Grundbegriff *Reaktion* aufgeführt, stehen diesem vagen Begriff

---

<sup>206</sup> Diese Unterscheidung und der Übergang von der Atomhypothese zum Atom als realer natürlicher Einheit, wie schon weiter oben im Zusammenhang mit Ebels Analyse der Fachsprache der Chemie erwähnt (vgl. Abschnitt 1.4.1) ist auch wiedergespiegelt im Übergang von Kontinuumsbild zum Diskontinuumsbild wie bei Cordes, 1981, beschrieben. Im Kontinuumsbild, von der Messung makroskopischer Stoffportionen ausgehend, „war die Frage nach der Existenz oder Nichtexistenz kleinster Teilchen überflüssig“ (10).

andere, nicht weniger vage (*Spezies, Komponente*) zur Seite (vgl. unten, Tabelle 29 *Teilchen, Komponente, Spezies*).

### 2.3.1 Etymologie der Begriffe

Die drei Begriffe *Atom, Ion* und *Molekül* geben von ihrer etymologischen Herkunft her interessante Einblicke in die Wissenschaftsgeschichte. Sie kommen alle aus dem latino-graecischen Bereich, wurden jedoch zu verschiedenen Zeiten und in unterschiedlichen Ländern in die Wissenschaftssprache eingeführt.

Das Wort *Atom* geht bekanntlich auf das griechische Wort für 'unteilbar' zurück und wurde schon im fünften Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung von den griechischen Naturwissenschaftlern und Philosophen Demokrit und Leukipp eingeführt als Bezeichnung für die kleinsten Bausteine der Materie. Der Atombegriff der modernen Chemie geht auf John Dalton (1766-1844) zurück.

Ebenso bezeichnet laut Herkunftswörterbuch der Duden-Serie *Molekül* einen

„Baustein der Materie“: Im 18./19. Jh. aus gleichbed. *frz.* *molécule* entlehnt, einer gelehrten Ableitung von *lat.* *moles* „[wichtige] Masse; Damm; Klumpen usw.“ (vgl. *Mole*). Dazu das Adjektiv *m o l e k u l a r* „die Moleküle betreffend“ (19. Jh.; nach *frz.* *moléculaire*).<sup>207</sup>

Während also laut Duden das Wort *Molekül* über die französische Sprache in die Chemie eindrang, ist die Bildung *Ion* auf den englischen Sprachbereich

---

<sup>207</sup> Eine etwas andere etymologische Herleitung, aus einer anderen Zeit, aber ebenfalls aus Frankreich finden wir in einem historischen Einschub in Christen (1984, 40; meine Hervorhebung, H.L.), wo es heißt: „P. GASSENDI (1592 - 1655), Propst von Digne (Provence), betrachtete die Stoffe aufgebaut von Gott als [sic!] unveränderlich erschaffenen Atomen und leerem Raum. (...) Alle Veränderung und aller Wechsel in den Körpern ist auf Bewegung der Atome zurückzuführen, alle Eigenschaften der Körper auf Gestalt und Ordnung der Atome. Diese treten zuerst zu *kleinen Gruppen (moleculae)* zusammen und dann zu immer größeren Körpern.“

zurückzuführen. Der Eintrag zum Stichwort *Ion* im Herkunftswörterbuch des Duden lautet wie folgt:

**Ion** *s* „elektrisch geladenes Teilchen von atomarer oder molekularer Größe“: Eine im 19. Jh. im *Engl.* erfolgte gelehrte Bildung zu *gr.* *íon*, dem Part. Präs. Neutr. von *íēnai* „gehen“ (zur *idg.* Sippe von → *eilen*). Der Name bezeichnet also eigtl. das „wandernde Teilchen“, wie es sich z.B. bei der elektrochem. Spaltung chemischer Verbindungen (Elektrolyse) zu den Elektroden hinbewegt.

### 2.3.2 Teilchenvorstellung

Die Teilchen (Atome, Moleküle, Ionen) der chemischen Wissenschaft bilden den „Gegenstand“ der Wissenschaft. Doch zur gleichen Zeit entziehen sich diese Objekte der Wissenschaft weitgehend der Anschauung durch diejenigen, welche ihre Eigenschaften und Verhaltensweisen zu entschlüsseln versuchen. Im Grunde genommen kann man nicht wirklich von Teilchen sprechen, sondern nur immer von der jeweiligen Vorstellung, die man sich von ihnen macht. Sie sind, wie es in der *Encyclopedia Britannica* (1980) unter dem Stichwort „*Molecular structure*“ heißt, das Ergebnis der wesentlichen intellektuellen Abstraktionsleistung der Chemie („*Atoms and molecules are the chief intellectual abstractions of chemistry.*“). Diese Vorstellungen nehmen den Charakter verschiedenartiger Modelle an. Wie wichtig in der Chemie bei der Teilchenvorstellung das Modell wird, zeigt sich typischerweise und exemplarisch in zwei Arbeiten, auf die im Folgenden Bezug genommen werden soll. Dies ist zum einen eine aus Lehrersicht verfasste Dissertation zum Themenfeld um die Begriffe Hypothese, Theorie und Modell, aus der hier die Passagen zu den Teilchenvorstellungen herangezogen werden<sup>208</sup>, und zum anderen ein Aufsatz aus dem *Journal of Chemical Education* von Nalini

---

<sup>208</sup> Kurt Kullmann, 1992, *Hypothese, Theorie, Modell. Bestimmung dieser Begriffe und ihre Anwendung in der Chemie in Wissenschaft und Lehre*, Universität Köln - Erziehungswissenschaftliche Fakultät.

Bhusan und Stuart Rosenfeld zum Thema der metaphorischen Modelle in der Chemie.<sup>209</sup>

### 2.3.2.1 Teilchenvorstellung bei Kullmann

In Kurt Kullmanns Dissertation zu den Begriffen 'Hypothese', 'Theorie', 'Modell' und ihre Anwendung im Unterricht wird unter anderem auf die Teilchenvorstellungen im Unterricht eingegangen. Diese kleinsten Teilchen (Atome, Moleküle und Ionen) sind (1992, 307)

Abstraktionen mit einem Erklärungsziel; daher ist es nicht verwunderlich, dass Vorstellungen von ihnen als Paradebeispiel eines Modells im Chemieunterricht gesehen werden ...

In Kullmanns Fall drehen sich die Schwierigkeiten der Vermittlung der Teilchenvorstellung im Wesentlichen um altersbedingte Einschränkungen des Abstraktionsvermögens der Schüler und Schülerinnen. Diese Schwierigkeiten sind sicherlich in Altersstufen, die über die Schulzeit hinausreichen, ebenfalls zu bedenken, doch soll es im vorliegenden Fall nur um die mit dem Modelldenken assoziierten sprachlichen Konsequenzen gehen. In der Schule, wie in der Hochschule, werden Modelle je nach Komplexität des zu klärenden Sachverhaltes eingesetzt und man kann eine Progression vom Einfacheren zum Komplexeren als gegeben annehmen. Der Fortschritt, zutreffender sollte man vielleicht formulieren, das Fortschreiten von einem Modell zum nächsten bringt immer auch die Gefahr von sprachlichen Schwierigkeiten mit sich, wie Kullmann (1992, 308, meine Hervorhebung) klar macht:

Dass beim Kugelteilchenmodell die Verkürzung der gewählten Vorstellung so stark ist, dass wesentliche Bereiche, die diese Vorstellung erklären soll, durch sie gar nicht mehr erklärt werden, muss die Lehrperson an dieser Stelle klar sehen. Auch muss erkannt werden, inwieweit *sprachliche Missverständnisse* die Fortführung eines solchen Modells behindern können.

---

<sup>209</sup> Nalini Bhushan und Stuart Rosenfeld, 1995, „Metaphorical models in chemistry“, *Journal of Chemical Education* 72, 578-582.

Diese Gefahr sprachlicher Missverständnisse besteht nicht nur im Unterricht, sondern auch in der Wissenschaft, wie von Erwin Schrödinger - wie zitiert bei Kullmann (312) - gesehen wurde:<sup>210</sup>

Man hat von der früheren Theorie die Vorstellung des Teilchens und das ganze darauf bezügliche wissenschaftliche Vokabular übernommen. Diese Vorstellung ist inadäquat. Sie treibt unser Denken beständig dazu an, nach Auskünften zu verlangen, die offenbar keinen Sinn haben. Ihre gedankliche Struktur weist Züge auf, die an dem wirklichen Teilchen nicht vorkommen.

### 2.3.2.2 Modell und Sprache

Wie stark der Modellgebrauch und die jeweils damit einhergehende Sprache sich gegenseitig bedingen, soll an nur einem Beispiel gezeigt werden. Günter Keller betrachtet sich, wie weiter oben schon erwähnt, den systematischen Aufbau von Modellvorstellungen im Chemieunterricht. Dabei plant er für die zwei Zyklen des deutschen Sekundarschulsystems zwei Durchgänge, in der im Zusammenspiel zwischen der Beschäftigung mit Atomen, Bindungen und Reaktionen die Modelle immer weiter verfeinert werden. Im folgenden Abschnitt soll nur die Entwicklung des Atommodells für die Sekundarstufe I betrachtet werden, wobei klar wird, dass selbst auf diesem einfachen Niveau schon eine große Anzahl von Modellen eingesetzt werden kann, die mit der jeweiligen Verfeinerung des sprachlichen Ausdrucks einhergehen. Wir sehen uns an, was die jeweiligen Modelle über das 'Verhalten' der unterschiedlichen Teilchen aussagen. Keller schreitet vom allgemeinen Teilchenmodell zum Atom-Modell im Sinne von Dalton fort. Dieses Modell wird erweitert und führt zur Modellvorstellung des Ions im Sinne von Faraday und Arrhenius, von dem die Progression zum Elektronmodell erfolgt und ergänzt zum Atommodell im Sinne von Thomson. Von hier führt der Weg weiter zum Kern-Hülle-Modell nach Rutherford und zuletzt, unter Umgehung des Bohrschen Atommodells, zum Schalenmodell im Sinne von Kossel-Lewis.

---

<sup>210</sup> Kullmann verweist auf: Erwin Schrödinger, 1967, *Was ist ein Naturgesetz?*, Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 129.

Zwei Anmerkungen sind zu machen, bevor wir an die Zusammenstellung der sprachlichen Ausdrucksweisen gehen. Zum einen: die von Keller vorgeschlagene Progression ist, wie man nach dem Methodenstreit in der Chemiedidaktik nicht anders erwarten kann, nur eine von vielen möglichen. Zum zweiten: Kellers Werk richtet sich an Lehrer. Insofern haben wir es hier mit einem metasprachlichen Ansatz zu tun und die Entfaltung der chemiebezogenen Sprache wie im Folgenden betrachtet, ist vom Autor nicht als solche konzipiert, sondern ein Beiprodukt seines eigentlichen Anliegens.

### **2.3.2.3 Teilchenvorstellung und metaphorische Modelle**

Die Textinformation bei Keller wird im Anschluss tabellarisch dargestellt. Um ein Bild davon zu vermitteln, auf welche Art die tabellarische Zusammenfassung zustande gekommen ist, wird hier ein kurzer Textauszug wiedergegeben, der sich in der Tabelle unter dem Stichwort „Elektronenmodell“ findet (Keller, 1977, 25; Hervorhebung im Original):

Man formuliert daraus das *Elektron-Modell*:

Es existiert eine kleinste Einheit der negativen elektrischen Ladung, das Elektron.

Elektronen sind in die Materie leicht beweglich eingelagert. Sie lassen sich durch hohe Temperaturen von dieser „abdampfen“ und sind dann in der Lage, sich im Vakuum im elektrischen Feld fortzubewegen.

Modell	Teilchen (andere Bestandteile)	Verhalten
Allgemeines Teilchenmodell	Teilchen <ul style="list-style-type: none"> <li>• im Kristall</li> <li>• im flüssigen Zustand</li> <li>• im gasförmigen Zustand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nehmen Plätze ein; werden (durch Kräfte) festgehalten, schwingen um ihre Plätze</li> <li>• liegen beieinander; können die Phase verlassen;</li> <li>• sind frei beweglich, können sich ausbreiten</li> </ul>
Atommodell (Dalton)	Atom	unteilbar, sich unterscheiden (von)
Atommodell (Faraday)	Atom, Ion (positiv, negativ geladen)	ist geladen, tritt auf, bewegt sich, wird entladen
Elektronenmodell	Elektronen	sind leicht beweglich, sind eingelagert, lassen sich „abdampfen“, können sich fortbewegen
Atommodell (Thomson)		Atom ist belegt; Elektronen lösen sich ab, werden aufgetragen
Atommodell (Rutherford)	Atom, Elektronen (in Kern, Hülle)	bestehen aus, sich zusammensetzen aus; Elektronen halten sich auf, gehen von ... zu ... über; Hülle ist strukturiert, zeichnet sich durch ... aus;
Schalenmodell (Kossel-Lewis)	Elektronen, Elektronenpaare (auf Hülle, Schale)	Hülle ist gegliedert; Schale nimmt Elektronen auf; Elektronen besetzen Plätze, sind an Vorgängen beteiligt, bilden Paare aus; Paare verbleiben bei ...

**Tabelle 23: Atommodell und sprachlicher Ausdruck nach Keller**

Ausführlichere, und auch mit visuellen Hilfen versehene Darstellungen finden sich zu diesem Thema beispielsweise bei R. Bentzinger und M. Meyer<sup>211</sup> (zum systematischen Aufbau und zur sukzessiven Differenzierung der Atommodelle im

<sup>211</sup> Reinhard Bentzinger und Martin Meyer, 1994, „Modelle für das Unsichtbare - Vom Nutzen von Atommodellen“, *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie* 43/7, 24-29.



Schulunterricht der Oberstufe) und bei Hoffmann und Laszlo<sup>212</sup> (am Beispiel des Kampfer-Moleküls und Strukturmodellen dazu im Bereich der Forschung).

Hier komme ich auf die metaphorischen Modelle von Bhusan und Rosenfeld zurück, die im ersten Teil der Arbeit eingeführt wurden, da sie sich, wie Keller mit Modellen in der Chemie beschäftigen, aber aus der Perspektive der Forschung. Diese metaphorischen Modelle beschäftigen sich ausschließlich mit der Teilchenvorstellung in der Chemie und werden in drei Fallstudien präsentiert.

### ***Fallstudie 1***

#### Kugel und Feder-Modell des Atoms

Dieses Modell erklärt nicht die Tatsache der ständigen Vibration des Atoms, und erschwert somit (oder macht unmöglich) die Interpretation von Infrarotspektroskopie. Es erklärt ebenso nicht, dass die Übergänge von einem Vibrationszustand (*vibrational state*) in einen anderen nur in Quantensprüngen erfolgen. An sprachlichen Ausdrücken bei diesem Modell wären zu erwarten Wörter und Ausdrücke wie *Raum einnehmen, verbinden, ziehen, Kraft ausüben* etc.

### ***Fallstudie 2***

#### Zwei Modelle des NMR-Phänomens (*nuclear magnetic resonance*)

Benutzung der Analogie eines kleinen Magneten (repräsentierend den Atomkern) innerhalb eines größeren Magnetfelds, benutzt vor allem in der organischen Chemie. Dieses Modell verbirgt den wichtigen Einfluss von Strahlung auf den Spin. Ein zweites Modell, das den Spin als Vektor darstellt, vermeidet dieses Problem. Typisches metaphorisches Vokabular: *anziehen, abstoßen, sich bewegen, sich drehen* etc.

---

<sup>212</sup> Roald Hoffmann und Pierre Laszlo, 1991, „Representation in chemistry“.

### ***Fallstudie 3***

Molekularmechanik erklärt die Molekülstruktur durch mathematische Gleichungen, die Strukturmerkmale wie Bindungslängen (*bond lengths*), Bindungswinkel (*b.angles*) und *torsional angles* beschreiben. Jedoch (1995, 581)

the partitioning of the energy into the separate feature-based potential terms, intuitively appealing as it is, is an artificial construct employed in this model. Therefore, the embedded metaphor, taken literally, misleads us into taking the individual feature-based energies to be real.

Der potentiell aus diesem Modell folgende Fehler ist, dass örtliche Energieminima mit globalen Energieminima verwechselt werden.

Zu erwartendes Vokabular in diesem Modell: *einen Platz besetzen*, *(ver)schieben*, *(zusammen)drücken* etc.

In diesem Zusammenhang weisen die Autoren darauf hin, dass *alle* computergestützten Modelle eine Ansammlung von Gleichungen sind. Diese Gleichungen repräsentieren Struktureigenschaften. (581: „... the mathematical expressions and numbers represent structural features.“), und deshalb sind auch sie metaphorisch.

Die metaphorisch-sprachliche Seite des Modells in der Chemie bietet hervorragende Möglichkeiten zur Didaktisierung, was in Teil 3 der Arbeit weiter ausgeführt wird.

#### **2.3.2.4 Tempus und Modus im Modellgebrauch**

Zur sprachlichen Sphäre gehört, wie immer wieder betont werden muss, nicht nur das wissenschaftliche Vokabular, sondern auch andere, nicht-lexikalische Erscheinungen. Bei den Modellen tritt die Vorläufigkeit, Zweckgerichtetheit, eingeschränkte Gültigkeit von Vorstellungen, damit wohl aber auch der jeweiligen Hypothesen und Theorien und insgesamt der Ergebnisse der jeweiligen Teilwissenschaft und insgesamt der Wissenschaft am deutlichsten hervor, auch

dort, wo das Bekannte, das etablierte Wissen weitergegeben wird. Deshalb ist es weiter auch nicht verwunderlich, dass gerade beim Modellgebrauch in der Lehrsprache der Chemie Tempora und Modi auftreten, die angeblich in der „präsentischen“ und „indikativischen“ Wissenschaft keine (große) Rolle spielen. Solche nicht-präsentischen und nicht-indikativen Formen finden sich gelegentlich besonders in Lehrtexten auch dort, wo Schlüsse gezogen werden (dabei handelt es sich um ein ‘rhetorisches Schließen’, wenn man so sagen kann, parallel zum rhetorischen Fragen, das auch in der Didaktik eine herausragende Rolle spielt).

Dies soll an einem kurzen Beispiel praktisch gezeigt werden. Der weiter unten folgende Text zum Satz von Avogadro verbindet die beiden soeben erwähnten Erscheinungen miteinander, indem er über rhetorisches Schließen exemplarisch zum Modell des idealen Gases führt; er arbeitet mit dem Modalverb *müssen* im subjektiven Gebrauch, das, wie die konjunktivischen Modi eine ‘Einstellung zur Welt’ zum Ausdruck bringt.<sup>213</sup>

Der subjektive Gebrauch der Modalverben zeigt, dass der Sprecher die Information relativieren möchte. Insofern möchte man meinen, dass ein wissenschaftlicher Text und schon gar ein Lehrbuchtext keinen solchen Gebrauch enthalten sollte, denn es werden die wissenschaftlichen Gewissheiten an neue Generationen weitergereicht. Dennoch finden sich Beispiele für den subjektiven Gebrauch der Modalverben; wie das Beispiel aber zeigt, wird durch sie nicht etwa die Gewissheit der Erkenntnisse in Frage gestellt, sondern es wird die wissenschaftliche Denkweise demonstriert (und dazu gehört auch, wie der folgende Textauszug deutlich macht, eine Einsicht in die Vorläufigkeit bestimmter Erkenntnisschritte). Aus beobachtbaren Vorgängen werden Schlüsse auf die zugrundeliegenden, nicht sichtbaren Prozesse gezogen.

---

<sup>213</sup> Vorkommen nicht-präsentischer Tempora werden an anderer Stelle dieser Arbeit besprochen, z.B. das Präteritum im Textteil *Musterbericht*, Abschnitt 2.1.2.

Im Beispielstext von Arni (1990, 60; meine Hervorhebung) geht es um die Herleitung und Erläuterung des Satzes von Avogadro mit Hilfe der Elektrolyse von Wasser. Es werden drei Beobachtungen angestellt, von denen hier nur die zweite, zusammen mit ihrer im Text folgenden Analyse, wiedergegeben sei. Diese spezielle Aussage wurde ausgewählt, weil in ihr auch eine beispielhafte Aussage über die Vorläufigkeit von Übergangsdefinitionen zur Sprache kommt:

[Beobachtung:] An der Anode (positive Elektrode) entsteht Sauerstoffgas ( $O_2$ ).

[Analyse:] An der Anode lagern sich die Wasserdipole mit dem negativen Ende an. Die positiven Wasserstoffkerne (Protonen  $H^+$ ) werden abgestoßen, das Elektronensystem des Moleküls – und mit ihm das Sauerstoffatom – wird angezogen; das Wassermolekül ( $H_2O$ ) wird formal in Ionen zerlegt, gemäß  $H_2O \rightarrow O^{2-} + 2H^+$ .

Da Sauerstoffgas ( $O_2$ ) entsteht, *müssen* die Ionen  $O^{2-}$  Elektronen an die Anode *abgeben* und die entstandenen Sauerstoffatome (O) sich zu Sauerstoffmolekülen ( $O_2$ ) *verbinden*.

Der Anodenprozess ist zu formulieren:  $O^{2-} - 2e \rightarrow O$ ;  $2O \rightarrow O_2 \nearrow$

(Vorläufig können wir uns denken, dass die von der Anode abgestoßenen  $H^+$  mit den von der Kathode abgestoßenen  $O^{2-}$  „in der Mitte“ wiederum Wasser bilden, gemäß  $2H^+ + O^{2-} \rightarrow H_2O$ . Im Kapitel Protolysen werden diese Verhältnisse genauer erfasst.)

Der subjektive Gebrauch des Modalverbs findet sich im Beispiel *die Ionen müssen* (diese Vermutung ergibt sich aus den Umständen der Elektrolyse) *Elektronen abgeben* und *die Sauerstoffatome müssen sich zu Molekülen verbinden*.

In einer weiteren Erläuterung wird die „erstaunliche Tatsache“, dass die gleichen Volumen von Gasen bei gleicher Temperatur und gleichem Druck die gleichgroße Anzahl Gasteilchen enthalten (Satz von Avogadro), auf das Verhalten als *ideales Gas* zurückgeführt, was wiederum Modellcharakter hat (61, Hervorhebungen im Original). Das zentrale Moment an diesem Modell ist, dass über die reale Größe

von Molekülen hinweggesehen wird, damit sie (mathematisch) wie *Punkte* behandelt werden können:

(...) die Gasteilchen verhalten sich dann angenähert wie völlig elastische, „punktförmige“ Kugeln, d.h. wie das „ideale Gas“. *Das ideale Gas ist ein Modell für die vereinfachte mathematische Behandlung des Gaszustandes.*

Bei genauerem Hinsehen ergibt sich eine Vernetzung unterschiedlicher „Als-Ob“-Szenarios, wie sie für Modelle typisch sind und hier in Goatlys Schreibweise angeführt, was zugleich ihren metaphorischen Charakter unterstreicht.

Die Gasteilchen *verhalten sich* \*wie **elastische, „punktförmige“ Kugeln**.

Die Kugeln sind **Punkte**.

Die Punkte (Kugeln) sind elastisch.

Die Gasteilchen *verhalten sich* \*wie **ideales Gas**.

Ideales Gas ist **ein Modell** für die mathematische Behandlung des Gaszustandes.

Folgerungen für den Unterricht

Da jede(r) Studierende ihre (seine) eigene Konzeptualisierung leistet, können die oben angesprochenen Probleme durch Individualisierung des Unterrichtens gelöst werden. Wo dies nicht der Fall ist, und wo weiter im Klassenverband unterrichtet wird, kann man eine einheitliche Basis herstellen durch eine starke, vorstellungskräftige Metapher, die im Verlauf des Kurses immer weiter in Frage gestellt wird und zu Verfeinerungen führt. Die Ausgangsmetapher könnte von den Studierenden selbst entworfen werden, zumindest aber muss der metaphorische Charakter des Modells klar aufgedeckt werden.

Weiters muss der Zweck des Modells klargestellt werden. Ist es ein Modell, das benutzt wird, um Voraussagen zu machen, oder das Einblicke in die Grundstruktur des zu erforschenden/erklärenden Phänomens ermöglicht (Bhusan/Rosenfeld, 1995, 582).

In exploring the relationship between models and metaphors, Max Black suggested that if we were to probe into a metaphor we would find a network of implications, of systematic relations, between the source of the metaphor and its target. Thus, behind every metaphor he saw a submerged model. Conversely, we have tried to suggest here that with every strong model comes a metaphor whose status and role often go unacknowledged. If exposed and laid bare, the associated metaphor can focus one's knowledge and also prevent a misunderstanding of the fundamental nature of the phenomenon.

### **2.3.3 Die metaphorische Ebene der Chemiesprache**

Die Ausführungen zu den metaphorischen Modellen und zu Lakoff und Johnson haben schon gezeigt, dass ein Vermeiden von Metaphern in der Fachsprache nicht nur nicht wünschenswert, sondern auch nicht möglich ist. Die, wenn man so sagen darf, unvermeidbarste Art der Metapher ist die Personifizierung, die, wie wir weiter oben gesehen haben, für den Einsatz in der Naturwissenschaft schon den Segen von Immanuel Kant erhalten hat. Meist drückt sich diese Personifizierung am deutlichsten in den Verben aus. Im folgenden Abschnitt wird zunächst anhand einer Reihe von Beispielen gezeigt, von welcher Art Personifizierungen in chemischen Texten sind. Danach wird das Konzept der Blitz-Habitualisierung eingeführt, das besagt, dass ein Bewusstsein der Uneigentlichkeit des metaphorischen Sprachgebrauchs vorliegt, wenn metaphorische Konzepte zunächst eingeführt werden, dass aber der Übergang zum habituellen Gebrauch der entsprechenden Ausdrücke sehr rasch und effizient geschieht.

#### **2.3.3.1 Personifizierung/Anthropomorphisierung in didaktischen Texten**

Wie zu erwarten, werden Metaphern (auch im engeren Sinne) in didaktischen Texten eingesetzt, auch und gerade dann, wenn die Autoren sich in einem Übersichtstext sehr knapp fassen müssen. Dabei wird mit Anführungszeichen der uneigentliche Charakter der benutzten Ausdrucksweise angezeigt (Kuballa/Schorn 1998, 32. Hervorhebungen im Original):

Für die Valenzschale eines Atoms gibt es noch eine andere Möglichkeit, um zu einer Edelgaskonfiguration zu kommen: zwei (oder mehr) Atome, deren Valenzschalen unvollständig sind, können sich „zusammentun“ und die fehlenden Elektronen *gemeinsam* „verwalten“.

Verschiedene Interpretationsarten bieten sich an. Die Bildspender können als aus zwei separaten Bereichen stammend gesehen werden, etwa „zwischenmenschliche Beziehungen“ und „Verwaltung“, sie könnten jedoch auch einem einzigen Bereich („Ehe“) zugeschlagen werden. Wie auch immer man diese Metaphern interpretiert, steht doch wohl zweifelsfrei fest, dass die von den Autoren gewählte Ausdrucksweise eine metaphorische ist. In diesem Beispiel dient sie dazu, einen unanschaulichen Sachverhalt durch die Verbindung mit der Alltagserfahrung anschaulich und damit durchschaubar zu machen.

Bei den gleichen Autoren, an der gleichen Stelle, findet sich ein weiteres Beispiel für eine Metapher, deren Einsatz aber unterschiedlich motiviert sein dürfte. Sie schreiben (Kuballa/Schorn 1998, 33):

In einem Chlorwasserstoffmolekül ist *ein* Wasserstoffatom mit *einem* Chloratom verbunden. Das Chloratom „besitzt“ auch hier 8 Elektronen, das Wasserstoffatom braucht zur Erlangung seiner Edelgaskonfiguration nur 2 Elektronen.

Durch das Anführungszeichen wird, wie im vorangehenden Beispiel, die Uneigentlichkeit des Sprachgebrauchs angezeigt. Nun folgt aber im unmittelbar anschließenden Satz ein weiteres Mal das Wort *besitzen*, diesmal jedoch ohne Anführungszeichen:

Ein Molekül kann auch *mehrere bindende Elektronenpaare* besitzen.

Hier hat eine Übergang vom Neuen zum, dann, Gewohnten stattgefunden. Beim ersten Gebrauch des Verbs *besitzen*, das in diesem Sinne im Buch auch zum ersten Mal eingesetzt wird, weisen die Autoren durch das Anführungszeichen noch auf die

Übertragung des Verbs aus einem anderen Feld in das der Chemie hin. Im zweiten Fall wird der fachsprachliche Einsatz des gleichen Verbs schon als gegeben angesehen. Der Gewöhnungsvorgang wird hier als ein von den Textrezipienten zu vollziehender Prozess gesehen. Für ein solches Vorgehen finden sich so viele Beispiele, dass sich die Einführung eines neuen Begriffes lohnt.

### **2.3.3.2 Auffinden der metaphorischen Ebene (Blitz-Habitualisierung)**

Die Anzeige uneigentlichen Sprachgebrauchs, besser gesagt der Bewusstheit von Autor oder Autorin über uneigentlichen Sprachgebrauch, kann verbal geschehen, z.B. mit Hilfe des Adjektivs *sogenannt*, oder aber mit graphischen Hilfsmitteln (Anführungszeichen). Dies geschieht normalerweise bei der ersten Nennung des entsprechenden Wortes. Im Anschluss wird das so eingeführte Wort ohne weitere Hervorhebung benutzt, und damit ist die Terminologisierung über einen kurzen, aber wichtigen Gewöhnungsprozess erreicht. Unter bestimmten Umständen können Begriffe, die diesen Habitualisierungsprozess durchlaufen haben, nochmals problematisiert werden. Beispiele für diesen Prozess finden sich in englischen wie in deutschen Texten.<sup>214</sup>

Am englischsprachigen Text, aus dem die nachfolgenden Beispiele entnommen werden (Morrison/Boyd, 1992) zeigt sich weiterhin, dass die Blitz-Habitualisierung sich über die gesamte Länge des Lehrwerks erstreckt und bei allen Wortarten auftreten kann.

Pronominalbereich (10):

Consequently, an electron from one atom can, to a considerable extent, remain in its original, favorable location with respect to „its“ nucleus.

---

<sup>214</sup> Hier auch ein Rückverweis auf Ebels Analyse der deutschen Chemiesprache: In Ebels Text finden sich zahlreiche Beispiele für das, was hier Blitz-Habitualisierung genannt wird.



Adjektiv (13; Hervorhebungen von mir, H.L.)

Three highly significant results emerge from the calculations: (a) the „*best*“ hybrid orbital is much more strongly directed than either the s or p orbital; (b) the two *best* orbitals are exactly equivalent to each other

Nomen (8; Hervorhebungen von mir, andere Hervorhebungen im Original weggelassen; und 380; Hervorhebungen im Original)

There are a number of “*rules*” that determine the way in which the electrons of an atom may be distributed, that is, that determine the electronic configuration of an atom.

The most fundamental of these *rules* is the Pauli exclusion principle.

On this basis, the preference for *anti*-elimination indicates that this “nucleophilic attack” takes place preferentially at the face of the  $\alpha$ -carbon most remote from the departing halide – the familiar *back-side attack* of nucleophilic substitution. (380)

Verb (12)

First, we “*promote*” one of the 2s electrons to an empty orbital ...

und direkt im Anschluss in einer graphischen Darstellung und im weiteren Verlauf des Textbuchs in beinahe identischen Textpassagen<sup>215</sup> (13/14; Meine Hervorhebungen, H. L.):

One electron *promoted*: two unpaired electrons (12);

For three bonds we need three unpaired electrons, and so we *promote* one of the 2s electrons to a 2p orbital.

---

<sup>215</sup> Wo es *promotions* gibt, kann eine Verwaltung nicht weit sein; als Beweis betrachte man das nächste deutschsprachige Beispiel.

Zu beachten ist, dass dieses Verfahren nicht auf alle potentiell metaphernverdächtigen Ausdrücke angewandt wird. Die in der folgenden kurzen Passage hervorgehobenen Begriffe sind so sehr zum selbstverständlichen Handwerkszeug der Chemiker geworden, dass ihre Metaphernhaftigkeit nicht besonders hervorgehoben oder mit metasprachlichen Mitteln erläutert wird. Von den verb-bezogenen Metaphern in dieser Passage wird an anderer Stelle gehandelt.

Carbon atoms can attach themselves to one another to an extent not possible for atoms of any other element. Carbon atoms can form *chains* thousands of atoms long, or *rings* of all sizes; the chains and rings can have *branches* and *cross-links*. To the carbon atoms of these chains and rings there are attached other atoms, chiefly hydrogen, but also fluorine (...). (2)

Für deutschsprachige Texte verweisen wir noch einmal auf das oben erwähnte Beispiel von Kuballa und Schorn (1998). Von den Autoren Kuballa und Schorn gibt es auch Gegenbeispiele zur Blitz-Habitualisierung oder -Konventionalisierung, nämlich dort, wo schon eingeführte Begriffe nochmals (per Anführungszeichen) problematisiert werden. Zwei im Buch in der gleichen Reihenfolge auftretende und nur durch einen Absatz getrennte Stellen sollen als Beleg genügen (70, Hervorhebung im Original):

Bei der Reaktion von Natrium mit *Chlor* geben die Natriumatome Elektronen ab, die Chloratome nehmen Elektronen auf.

Hier werden die Verben *abgeben* und *aufnehmen* als eingeführte Begriffe gesehen. Im folgenden Textstück verändert sich die Sichtweise.

Die Definitionen von Oxidation und Reduktion lassen sich auch auf Redoxreaktionen anwenden, bei denen *Moleküle* entstehen. Dabei geht man davon aus, dass das Teilchen mit der größeren Elektronegativität die Elektronen des gemeinsamen Elektronenpaars zu sich heranzieht, also „aufnimmt“, während das Teilchen mit der geringeren Elektronegativität die Elektronen „abgibt“. (70)

Die erneute Problematisierung des Einsatzes der angesprochenen Verben ist darauf zurückzuführen, dass mit *(zu sich) heranziehen* ein den Sachverhalt treffender beschreibendes (wenn auch keineswegs weniger metaphorisches) Verb im Text vorkommt. Dies ist ein Indikator, dass hier die metaphorischen Modelle gewechselt werden (vom Kugelwolkenmodell zum Magnetmodell), was sich auch sprachlich durch den Verbwechsel zeigt (von *aufnehmen* und *abgeben* hin zu *zu sich heranziehen*), und daher erneut eine Einführungssituation entsteht. Die mit dem Magnetmodell verknüpfte Ausdrucksweise wird dann aber zugunsten der bildkräftigen Aussage von *aufnehmen* und *abgeben* wiederum verworfen. Dabei spielt sicher auch eine Rolle, dass das Lexikon für *(zu sich) heranziehen* im Gegensatz zu *aufnehmen* kein geeignetes Antonym (wie *abgeben*) bereithält, denn *(von sich) wegstoßen* o.ä. trifft den Tatbestand nicht.

Ein weiteres Beispiel (allerdings auch das einzige in beiden Bänden seines *Praktikums*) für Blitz-Habitualisierung findet sich bei Fischer im Zusammenhang mit der Einführung in die Chromatographie (1994, 55ff.). Hier wird der Begriff *Säule* zunächst mit *sogenannt* eingeführt (1994, 55; meine Hervorhebung)

Auf diese *sogenannte Säule* bringt man die Probe auf ...,

Bei der nächsten Erwähnung wird der metaphorische Charakter des Begriffs noch einmal durch Anführungszeichen verdeutlicht (1994, 57)

Die Probe wird an einem Ende der „Säule“ eingespritzt ...,

und von da an im weiteren Verlauf des Textes als eingeführtes Fachwort ohne weitere Erläuterung benutzt (1994, 59ff; die folgenden Beispiele finden sich alle auf Seite 59)

Die Säule wird unten mit etwa Glaswatte lose verschlossen ... ,

Man klopft die Säule mit einem Stück Vakuumschlauch ...

und

Dabei ist darauf zu achten, dass die Säule niemals trocken wird.

Nicht jede Erwähnung von *sogenannt* wird in diesem Sinne gebraucht. Beispiele für den Einsatz dieses Wortes beziehen sich u.a. auch auf die Kennzeichnungen von Einzelfällen, die nur im engeren Kontext relevant sind, im Weiteren aber nicht mehr gebraucht werden, so etwa die Begriffe *Akratopegen*, *stilles Mineralwasser* (1994, beide 134) und *optisch anisotrope Medien* (1994,179; Hervorhebung im Original).

Neben den eigentlichen Mineralwässern mit einem Mineralgehalt von über 1000 mg pro Liter gibt es sog. „Akratopegen“, z.B. Henniez, mit einem Mineralgehalt von weniger als 1000 g/l.

Da die meisten Mineralwässer mit CO<sub>2</sub> angereichert sind, Ausnahme: die sogenannten „stillen Mineralwässer“, wird der CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>-Nachweis auf alle Fälle positiv ausfallen.

Solche Änderungen der Polarisationsrichtungen treten in sogenannten *optisch anisotropen Medien* ein.

Die obigen Beispiele betreffen die Bereiche des Verbs und des Nomens. Für den Habitualisierungsvorgang in Bezug auf das Adjektiv *mehrzähnig* ziehen wir nochmals eine in Abschnitt 1.7.3 schon zitierte Passage aus Arnis *Grundwissen Chemie* (1990, 114 und 116) heran.

Von einer *Komplexreaktion* spricht man dann, wenn die *Art oder die Anzahl der Liganden verändert* wird. In wässriger Lösung wird oft nur die Art der Liganden verändert und nicht die Koordinationszahl, weil bereits Aquokomplexe vorliegen; in solchen Fällen handelt es sich um *Substitution* (Ersatz) von Liganden durch andere Liganden. Gewisse organische Moleküle können aber mehr als einen Liganden ersetzen; man spricht von „*mehrzähnigen*“ Liganden. „Mehrzähnige“ Liganden besitzen mehrere nichtbindende Elektronenpaare, welche weit genug auseinanderliegen und somit mit derselben Lewissäure (dem Metall-Kation) Bindungen ausbilden können.

*Mehrzähnig* ist hier zweifach gekennzeichnet. Einerseits wird es durch Kursivdruck als wichtiges Fachwort hervorgehoben, andererseits wird es durch

Anführungszeichen als metaphorisch markiert. Im nächsten Lernschritt des in 62 Schritten angeordneten Buches wird dieses Wort, obgleich es bei der ersten Wiedererwähnung noch einmal eingeführt und definitivisch erläutert wird, ohne weitere Hervorhebung als Teil des Fachwortschatzes weiterbenutzt:

Liganden, welche nur eine Koordinationsstelle eines Komplexes besetzen, nennt man einzählige Liganden ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  usw.). Enthält ein Partikel aber genügend weit auseinanderliegende nichtbindende Elektronenpaare, so kann es mehrere Koordinationsstellen eines Komplexes besetzen; man spricht dann von mehrzähligen Liganden. [Es folgen mehrfache Erwähnungen von *zweizählige*, *mehrzählige*, *sechszählige*, jeweils ohne besondere Hervorhebung.]

Das Englische bedient sich der gleichen Metaphorik, jedoch im lateinischen Bereich der englischen Sprache, der in der Wortbildung neben griechischen Formen (*uni-* bzw. *bi-* und *poly-*) zur Anwendung kommt (Vgl. z.B. Fromherz/King, 392/393):

einzählige = unidentate

zweizählige = bidentate

mehrzählige = polydentate

Da die Modellvorstellung in der Chemie so wichtig ist, sollte sie im fachsprachlichen Unterricht ebenfalls eine wichtige Rolle spielen.

### **2.3.4 Beispiel für Verhalten der Teilchen kontrastiv deutsch - englisch**

Wie die Tatsache, dass das Verhalten der Grundbausteine der Chemie nicht direkt verfolgt werden kann und deshalb auf Modellvorstellungen beruht, sich sprachlich auswirkt, soll anhand von relativ kurzen Textpassagen aus einem weitverbreiteten, wohlangesehenen und seit vielen Jahren in vielen Ausgaben wiederveröffentlichten Lehrbuch für die tertiäre Ebene im englischen Original und der (ausgezeichneten) deutschen Übersetzung gezeigt werden. Dies ist Robert T. Morrison und Robert N.

Boyd's *Organic Chemistry* und sein deutschsprachiges Gegenstück, *Lehrbuch der Organischen Chemie* in der Übersetzung von Christiane Beitzke.<sup>216</sup>

In der Literatur zur Fachsprache wird immer wieder darauf verwiesen, dass Fachtexte sich durch die Benutzung von klar festgelegtem und definierten Vokabular auszeichnen, dass Synonym und Paraphrase die Ausnahmen seien, welche die Regel der Synonymlosigkeit und Paraphrasenscheu bestätigten. Dies mag auch zutreffen auf dem Gebiet der Nomenklatur, dort, wo Fachwissen in genormte Wörter eingeschweißt worden ist; aber auch in diesem Bereich sind Vorbehalte angemessen, wie anhand des Vergleichs der deutschen und englischen Fachsprache der Chemie deutlich wurde, und z.B. anhand der sogenannten Eponyme gezeigt wurde (vgl. Abschnitt *Chemische Fachsprache: deutsch* in Teil 1).

Doch im Bereich der Verben, wenn beschrieben wird, wie Atome, Moleküle, Elektronen, Protonen etc. sich *verhalten*, in englischsprachigen Lehrwerken und anderer Literatur wird konsequent von *chemical behavior* bzw. *behaviour* gesprochen, findet sich eine äußerst varianten- und bildreiche Sprache auf einem sprachlichen und fachlichen Gebiet, welches problemlos normiert werden könnte. Im folgenden wird nachgewiesen, wie sprachlich flexibel sowohl im Deutschen als auch im Englischen geschrieben wird, wie häufig synonyme und paraphrasierende Ausdrucksweisen benutzt werden. Dabei werden im Sprachgebrauch auch zwischensprachliche Unterschiede offensichtlich, welche die Existenz einer von der Ausgangssprache und -kultur unabhängigen fachsprachlichen, international mehr oder weniger normierten Schreiben als Fiktion erscheinen lassen.

---

<sup>216</sup> Robert T. Morrison und Robert N. Boyd, 1992, *Organic Chemistry. Sixth Edition*, New York: Prentice Hall, und diess., 1986, *Lehrbuch der Organischen Chemie. Dritte, völlig neu bearbeitete Auflage*, Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft. Wie an den Publikationsjahren deutlich wird, handelt es sich bei den verglichenen Werken nicht um die gleichen Ausgaben. Es wurde jedoch bei der Gegenüberstellung der Passagen streng darauf geachtet, dass sie tatsächlich kompatibel sind!

Hierin liegt sicherlich eine der Hauptschwierigkeiten für Fremdsprachenlerner verborgen, die in den mir bekannten Lehrwerken für chemische Fachsprache bisher nicht berücksichtigt werden. Wir beginnen mit den Textauszügen in der englischen Sprache, die danach mit ihren deutschen Äquivalenten kontrastiert werden.

Beispiele (Auszüge aus Morrison und Boyd)

Zu beachten im folgenden Zitat sind auch die Metaphern aus der allgemeinen Wissenschaftssprache, wie *cornerstone* und *framework* und *premise* und *rest*. Die Mischung von Bildern zeigt, dass es sich hier tatsächlich um habituelle Metaphern handeln muss, andernfalls würde ein solche Zusammenwürfelung widersprüchlicher Bilder in einem ansonsten stilistisch ausgefeilten Buch auffallen.

Hier bekommen wir auf die Frage, wie Moleküle sich verhalten, eine erste, sehr verallgemeinernde Antwort: *molecules tend to do what is easiest for them*, was nicht nur anthropomorph ist, sondern geradezu menschlich wirkt (xxiv, Hervorhebung von mir, andere Hervorhebung im Original weggelassen; H. L.).

The cornerstone of this framework has been, as always, the premise on which the science of Organic chemistry rests: that chemical behavior is determined by molecular structure. Chemical behavior — what happens, where in a molecule it happens, even whether it happens — comes down to a matter of relative rates of competing reactions. By and large, *molecules tend to do what is easiest for them*;

Im folgenden Textauszug wird dargestellt, was Lithium und Fluor “haben” und “tun”:

A lithium atom has two electrons ...  
A fluorine atom has two electrons ...  
... lithium now *bears* a positive charge ...  
... and fluorine *bears* a negative charge.

The ionic bond results from transfer of electrons, as, for example, in the formation of lithium fluoride. A lithium atom has two electrons in its inner shell and one electron in its outer or valence shell; the loss of one electron would leave lithium with a full outer shell of two electrons. A fluorine atom has two electrons in its inner shell and seven electrons in its valence shell; the gain of one electron would give fluorine a full outer shell of eight. Lithium fluoride is formed by the transfer of one electron from lithium to fluorine; lithium now *bears* a positive charge and fluorine *bears* a negative charge. The electrostatic attraction between the oppositely charged ions is called an ionic bond. (...) (4)

Hier wird auch in nominalisierten Verben antizipiert, was an anderer Stelle (und auch im Deutschen) in Verbform ausgesprochen wird. In nominalisierter Form finden sich:

to lose: *the loss* of one electron  
to gain: *the gain* of one electron  
to transfer: *the transfer* of one electron

Die Verben *to lose* und *to gain* sind transitiv, verlangen von ihrer Valenzstruktur also einen Aktor und ein Objekt. In diesen Beispielen wäre das jeweilige Atom in der Aktor-Rolle, also: *the atom loses / gains an electron*.

Das Verb *to transfer* ist von seiner Valenzstruktur weniger eindeutig. Es kann sowohl transitiv als auch intransitiv verwendet werden. Aus dem Kontext lässt sich ohne Vorwissen nicht erschließen, ob es das Elektron selber ist, welches "transferiert" bzw. ob Atome das Elektron zwischen sich "verschieben". In jedem Fall aber liegt dem nominalisierten Verb der nicht-nominalisierte Gebrauch zu Grunde.



Im folgenden Absatz sind die Verben *to have*, *to share*, *to complete* und das Modalverb *can* anzutreffen:

Each hydrogen atom *has* a single electron ...

... by *sharing* a pair of electrons ... (hydrogen shares electrons with ...)

... hydrogens *can complete* their shells ...

The covalent bond results from sharing of electrons, as, for example, in the formation of the hydrogen molecule. Each hydrogen atom *has* a single electron; by *sharing* a pair of electrons, both hydrogens *can complete* their shells of two. Two fluorine atoms, each with seven electrons in the valence shell, *can complete* their octets by *sharing* a pair of electrons. (4)

Im folgenden Zitat finden sich die Verben *occupy* (+ das Modalverb *can*), sowie die Paraphrasierung von (etwa) *occupy completely* in der Form von *to fill*, weiterhin zweimal *to have* (einmal mit Modalverb *must*, das andere Mal mit Objekterganzung *an electronic configuration*), *to be paired* (mit der metasprachlichen Einschrankung *said to be*), *tend to (get as far from each other as possible)* mit der bald darauf folgenden Paraphrasierung *this tendency*, sowie *get* (mit lokaler Adverbialbestimmung). Zudem wird von Elektronen zweimal gesagt: *they make up the first / second shell*.

The most fundamental of these rules is the Pauli exclusion principle: only two electrons *can occupy* any atomic orbital, and to do so these two *must have* opposite spins. These electrons of opposite spins are said *to be paired*. Electrons of like spin *tend to get as far from each other as possible*. This tendency is the most important of all the factors that determine the shapes and properties of molecules.

(...)

The first ten elements of the Periodic Table *have* the electronic configurations shown in Table 1.1. We see that an orbital becomes occupied only if the orbitals of lower energy are filled (e.g., *2s* after *1s*, *2p* after *2s*). We see that an orbital is not *occupied by a pair of electrons* until other orbitals of equal energy are each *occupied by one electron* (e.g., the

2p orbitals). The 1s electrons *make up* the first shell of two, and the 2s and 2p electrons *make up* the second shell of eight. (8; meine Hervorhebungen, Hervorhebungen des Originals weggelassen)

### Überblick

#### Synonyme und Paraphrasen (englisch)

Aktor	Verb	Ergänzung(en)	Paraphrase/ Synonym
molecules	tend to do	what is easiest for them	
lithium / fluorine	bears	a positive charge	
lithium atom	loses / gains	an electron	loss / gain of ...
gain of an electron	gives	(fluorine) [Partner-Rolle] a full outer shell	fluorine gets / receives a full shell
hydrogen	shares	electrons with	
hydrogens	complete	their shells	fill
electrons	occupy	an atomic orbital	(2x)
electrons	have	opposite spins	
electrons	are	paired	
electrons	tend	to get far away	have a tendency
elements	have	configurations	
electrons	make up	shells	

**Tabelle 24: Verben des Verhaltens: englisch**

Im Folgenden werden die deutschen Passagen aus dem Lehrbuch von Morrison und Boyd angesehen, welche den zuvor besprochenen englischen entsprechen.

Bei der ungeheuren Zahl von Zusammenstößen zwischen Molekülen in einem Reaktionsgefäß ist immer die Möglichkeit unterschiedlicher Reaktionsweisen, d. h. das Auftreten konkurrierender Reaktionen gegeben. Welche dieser Reaktionen nun erfolgt, hängt von den relativen Reaktionsgeschwindigkeiten ab. Im großen und ganzen werden die Moleküle den Weg beschreiten, der für sie am einfachsten ist. (VII)

„Moleküle beschreiten einen Weg“, dies setzt nicht nur eine Willensentscheidung voraus, sondern versetzt das Molekül auch in eine von Wegen durchzogene Landschaft, die sich durch unterschiedliche topographische Merkmale (leichter bzw. schwerer zu durchschreiten) auszeichnet. (Auch was zu den Reaktionen gesagt wird: sie „treten auf“, „sie konkurrieren“, sie „erfolgen“, scheint bemerkenswert.)

Der Abschnitt zur Einführung in die ionische Bindung lautet im deutschen Text wie folgt:

Die ionische Bindung erfolgt durch Elektronenübertragung, wie am Beispiel der Bildung von Lithiumfluorid gezeigt sei. Lithium besitzt eine mit zwei Elektronen abgeschlossene innere Schale und eine äußere Schale – Valenzschale – mit einem Elektron. Wenn Lithium ein Elektron abgibt, wird damit seine ursprünglich äußere Schale geleert, und die vormals innere Schale wird zur äußeren, die mit zwei Elektronen vollzählig besetzt ist. Fluor beherbergt in seiner inneren Schale ebenfalls zwei Elektronen, in seiner äußeren jedoch sieben Elektronen. Wenn es ein Elektron aufnimmt, ist seine Valenzschale mit acht Elektronen komplett. Bei der Bildung von Lithiumfluorid wandert ein Elektron vom Lithium zum Fluor, danach trägt Lithium eine positive und Fluor eine negative Ladung. Die elektrostatische Anziehung, die zwischen diesen beiden entgegengesetzt geladenen Ionen herrscht, wird als ionische Bindung bezeichnet.<sup>(6)</sup>

Lithium „besitzt“ zwei Schalen, es „gibt“ ein Elektron „ab“, „trägt“ eine positive Ladung.

Fluor „beherbergt“<sup>217</sup> zwei Schalen, es „nimmt“ ein Elektron „auf“, „trägt“ eine negative Ladung.

Ein Elektron „wandert“ vom Lithium zum Fluor.

Eine elektrostatische Anziehung „herrscht“ zwischen den beiden Ionen.

---

<sup>217</sup> Eine weitere Variante dazu finden sich in Fromherz/King, wo es auf S. 370/71 b/c heißt: „Atoms whose electrons are all in such closed rings ...“, „Atome, deren Elektronen all in solchen abgeschlossenen Schalen *untergebracht* sind ...“ (Meine Hervorhebung, H. L.)

Die kovalente Bindung beruht auf der gemeinsamen Beanspruchung der Elektronen durch die Atome. Ein Beispiel ist das Wasserstoffmolekül. Jedes Wasserstoffatom besitzt ein Elektron, das es zur Bildung des Moleküls beisteuert. Im Molekül teilen sich dann beide Atome ein Elektronenpaar und füllen damit ihre Valenzschalen auf zwei Elektronen auf. Fluoratome, die 7 Außenelektronen besitzen, ergänzen ihr Oktett, indem je zwei von ihnen im Fluormolekül ein Elektronenpaar gemeinsam beanspruchen. (6/7)

Nach dem nun schon vertrauten Muster werden einfach die benutzten Verben mit dem jeweiligen Subjekt extrahiert:

Die Bindung „beruht auf“ der Beanspruchung ...

Atome „beanspruchen“ Elektronen (Auch in der Form „Beanspruchung der Elektronen durch Atome“)

Das Wasserstoffatom „besitzt“ ein Elektron,  
das Wasserstoffatom „steuert“ das Elektron „bei“.

Atome „teilen sich“ ein Elektronenpaar.

Atome „füllen“ ihre Valenzschalen auf.

Fluoratome „besitzen“ Außenelektronen.

Fluoratome „füllen“ ihre Außenschalen „auf“.

Fluoratome „ergänzen“ ihr Oktett.

Die nächste Textpassage beschäftigt sich mit dem Pauli-Prinzip. Hier liegt das Augenmerk insbesondere auf dem Verhalten von Elektronen, und dem der Orbitale (11; Hervorhebungen im Original weggelassen, H.L.).

Die wichtigste dieser Regeln in im Pauli-Prinzip enthalten: Ein Atomorbital kann höchstens zwei Elektronen aufnehmen und auch diese nur, wenn sie über entgegengesetzten Spin (Eigendrehimpuls) verfügen. Zwei Elektronen mit entgegengesetztem Spin vereinigen sich zu einem Elektronenpaar. Elektronen mit gleichem Spin stoßen sich ab und versuchen, sich so weit wie möglich voneinander zu entfernen. Dieses Bestreben der Elektronen ist für die Gestalt und die Eigenschaften der Moleküle von wesentlicher Bedeutung.

(...)

Die Elektronenkonfigurationen der ersten zehn Elemente des Periodensystems sind in Tabelle 1-1 verzeichnet. Wie man sieht, wird ein Orbital erst dann belegt, wenn die Orbitale mit niedrigerer Energie gefüllt sind (z. B.  $2s$  nach  $1s$  und  $2p$  nach  $2s$ ). Bei energieglichen Orbitalen wird gemäß der Hundschen Regel zunächst jedes mit einem Elektron besetzt, und erst dann werden diese gepaart (vgl. Die drei  $2p$ -Orbitale). Die erste Schale wird aus den beiden  $1s$ -Elektronen gebildet, die zweite schließt die beiden  $2s$ - und  $2p$ -Elektronen ein. Die Elemente, die auf die ersten zehn folgen, haben eine dritte Schale, mit  $3s$ -,  $3p$ - und  $3d$ -Orbitalen.

Hier werden potentielle Schwierigkeiten für L2-Lernende offensichtlich: manche der Synonyme, Paraphrasen, Antonyme sind aus der L1-Perspektive nicht unmittelbar einleuchtend; manche sind relativ ungewöhnlich und aus der Lernerfahrung mit der Umgangssprache der L2 nicht unbedingt vorauszusetzen („beherbergen“); manche sind von der Valenzstruktur her unterschiedlich („share“ und „sich teilen“). Der Perspektivenwechsel führt zu schwer einzusehender Synonymenstruktur zwischen den Sprachen: „only two electrons can occupy any atomic orbital“ vs. „Ein Atomorbital kann höchstens zwei Elektronen aufnehmen“.

## Überblick

### Synonyme und Paraphrasen (deutsch)

Aktor	Verb	Ergänzung(en)	Paraphrase/ Synonym / Antonym
Moleküle	beschreiten	den (einfachsten) Weg	
Lithium	besitzt	zwei Schalen	
	gibt ... ab	ein Elektron	aufnehmen
	trägt	eine positive Ladung	
Fluor	beherbergt	zwei Schalen	(unterbringen), besitzen
	nimmt ... auf	ein Elektron	abgeben
	trägt	eine negative Ladung	
Elektron	wandert	von Lithium zu Fluor	
elektrostatische Anziehung	herrscht	zwischen Ionen	
Atome	beanspruchen	Elektronen	
Wasserstoffatom / Fluoratome	besitzt / besitzen	Elektron	
Wasserstoffatom	steuert ... bei	Elektron	abgeben, s. teilen
Atome	teilen sich	Elektronenpaar	beisteuern
Atome	füllen ... auf	Valenzschalen	
Fluoratome	ergänzen	ihr Oktett.	
Atomorbital	nimmt ... auf	Elektronen	
Elektronen	verfügen über	Spin.	
Elektronen	vereinigen sich	zu einem Paar	ziehen sich an
Elektronen	stoßen sich ab		sich anziehen
Elektronen	versuchen	sich zu entfernen	
Elektronen	entfernen sich	voneinander	
Elektronen	haben	das Bestreben	streben nach
Schale	schließt ... ein	Elektronen	
Elemente	folgen auf	andere Elemente	
(ohne eindeutig fixierbares Subjekt)	belegen, füllen, besetzen, paaren, bilden		

**Tabelle 25: Verben des Verhaltens: deutsch**

Es zeigt sich im Vergleich der entsprechenden Passagen im Englischen (Original) und im Deutschen (in der Übersetzung), dass das Deutsche im Bereich des Verbs zu größerer Variation und breiterem Vokabular neigt. Dies ist insofern nicht allzu überraschend, als es sich hier um eine allgemeine Tendenz handelt, die z.B. auch in Bereichen der journalistischen Sprache (bei redееinführenden Verben in Verbindung mit indirekter Rede bzw. *reported speech*) erscheint. Eine ähnliche Beobachtung macht Peter Schmitt, wie im ersten Teil dieser Arbeit schon gezeigt wurde (vgl. Abschnitt 1.5.2.2 *Kulturelle Unterschiede: Übersetzerperspektive*). Das bei Schmitt angeführte Beispiel entstammt der technischen Werkstattdsprache und gilt dem englischen Verb *remove* und einer großen Anzahl deutscher Ausdrucksweisen (1994, 279).

Die folgenden Beispiele entstammen alle dem gleichen Manual.

remove the spark plugs	–	Zündkerzen herausdrehen
remove the plug leads	–	Zündkabel abziehen
remove dipstick	–	Ölmessstab herausziehen
remove filler cap	–	Verschlusskappe aufdrehen
remove distributor cap	–	Verteilerdeckel abnehmen
remove rotor arm	–	Verteilerläufer abziehen
remove nipple	–	Schmiernippel herausdrehen
remove the two bolts	–	beide Schrauben lösen

Schmitt sagt damit “nicht, dass das Englische zu präziserem Ausdruck nicht in der Lage wäre, es ist – zumal in Werkstattanweisungen – einfach weniger üblich als im Deutschen, das jeweils präziseste Verb zu wählen.” (279)

## 2.4 Grundbegriff: Reaktion

### *Einführung*

In diesem Teil wird der Grundbegriff der chemischen Reaktion behandelt. Nach einer kurzen etymologischen Einführung in die Begriffe *Reaktion*, *reagieren*, *Reagens*, und einem Blick auf sprachliche Unsicherheit beim Gebrauch des letzteren Wortes, schließt sich eine Analyse der Synonyme und Paraphrasen im Bereich dieses Begriffs an. Hier, wie auch beim Terminus *Stoff* bzw. *Substanz* werden kulturelle Tiefenschichtungen sichtbar. An einem ausführlichen Fallbeispiel werden die Schwierigkeiten beim Verständnis dieser Begriffe für Fremdsprachenlernende verdeutlicht. Eine weitere sprachliche Schwierigkeit stellt die deiktische Einstellung von Verben im Zusammenhang mit dem Sprechen über Reaktionen dar.

Reaktionsgleichungen sind für Lehrbücher der Chemie wohl eines der hervorstechendsten Merkmale (im Gegensatz zu Strukturgleichungen, die für die chemische Forschung die zentrale Rolle spielen). In einem zweiten ausführlichen Teil wird das Wechselspiel von Reaktionsgleichung und erläuterndem Text (und umgekehrt) betrachtet. Dabei wird die metasprachliche Ebene an Lehrtexten der Chemie sichtbar, und weiterhin kommen sowohl charakteristische sachliche Merkmale zum Vorschein (z.B. welche zusätzlichen Informationen vom Text beigebracht werden) als auch die sprachlichen Mittel, die in diesem Zusammenhang eingesetzt werden.

In einem abschließenden Teil werden manche der Redemittel, die für das Sprechen und Schreiben über diesen Teilbereich der Chemie charakteristisch sind, beispielhaft zusammengestellt, da hieran das Zusammenwirken der verschiedenen Wortarten und einige grammatikalische Besonderheiten demonstriert werden kann.



## 2.4.1 Etymologie

Das Nomen *Reaktion*, vom Verb *reagieren*, ist aus dem lateinischen *agere/ reagere* abgeleitet. Ein Blick in das Herkunftswörterbuch des Duden-Verlags zeigt, dass es sich hier um ein Fachwort der Chemie handelt, das erst vor relativ kurzem aus der chemischen Fachsprache in die Umgangssprache vorgedrungen ist.

**reagieren** „[Gegen]wirkung zeigen; auf etwas ansprechen, eingehen; eine chem. Reaktion zeigen“: Das in der chem. Fachsprache des 18. Jh.s aufgekommene FW ist eine Präfixneubildung zu *lat. agere* „treiben, tun, handeln usw.“ (vgl. *agieren*). Während nun das Zeitwort *reagieren* heute vorwiegend gemeinsprachliche Geltung hat, bleiben die folgenden dazugehörigen Abl. und Zus. mehr der Fachsprache verhaftet: *Reagenz* „chem. Reaktionen auslösender Stoff“ (19. Jh.), dazu *Reagenzglas*; *Reaktor* „Atombrenner“ (*nlat.* Bildung des 20. Jh.s; die Benennung bezieht sich auf die Kettenreaktionen, die in einem Reaktor stattfinden); *Reaktion* „chem. Vorgang, der unter stofflichen Veränderungen abläuft“ (*nlat.* Bildung des 19. Jh.s in Analogie zu ‘Aktion’).<sup>218</sup>

Zu der im etymologischen Wörterbuch angesprochenen Ableitung *Reagenz* existieren - was die relative Neuheit des Wortes in der deutschen Sprache weiter unterstreicht - Unsicherheiten in Schreibweise und Pluralbildung. Es tritt auch in der Form *Reagens* auf (im Bertelsmann Wörterbuch wird diese Form als erste angeführt), allerdings nur mit der Pluralbildung *Reagenzien*, während bei Fromherz und King nur die Form *Reagens* mit Plural *Reagentien* angegeben wird. Analog dazu gibt es die entsprechenden Zusammensetzungen *Reagenzglas* (laut Duden und Bertelsmann Wörterbuch) oder *Reagensglas* (laut Fromherz/King). Weitere Ableitungen sind z.B. solche mit *reaktiv-/Reaktiv-* wie z.B. *Reaktivfarbstoff* (d.h. ein Farbstoff, der durch eine Reaktion auf die Faser übertragen wird), aber nicht zu verwechseln mit der Bedeutung von *reaktiv-* in *Reaktivierung* (gleichbedeutend mit *Regeneration*, vgl. Fromherz/King, 293), oder adjektivisch *reaktionsfähig*. Daneben

---

<sup>218</sup> Der Artikel leitet dann noch zu ‘Reaktion’/‘Reaktionär’ als politische Ausdrücke über.

kommen sehr viele Zusammensetzungen mit *Reaktion(s)*- vor, die von *Reaktionsablauf* bis *-zahl* und von *Additions-* bis *Zwischenreaktion* reichen.

## 2.4.2 Paraphrasen und Synonyme

Die Definition für *Reaktion* in einem Schulbuch für die Sekundarstufe (Christen, 1984, 3) lautet:

Vorgänge, bei denen sich Stoffe in andere Stoffe umwandeln, nennt man chemische Vorgänge (chemische „Reaktionen“). Die neu entstandenen Stoffe besitzen ganz andere Eigenschaften als die Ausgangsstoffe.<sup>219</sup>

In dieser Definition bildet *Vorgang* sowohl ein Hypernym als auch ein Synonym von *Reaktion*. *Vorgang* ist ein Hypernym für das Gegensatzpaar *chemische* vs. *physikalische* Vorgänge und nimmt etwa die gleiche Stelle ein wie *Prozess* (vgl. z.B. Vollmer, 80; laut Vollmer sind die Begriffe *Vorgang* und *Prozess* nicht „fachsprachlich präzisiert“). Synonym steht *Vorgang* in der Kombination mit *chemisch*, insofern *chemische Vorgänge* gleichbedeutend mit *chemische Reaktionen* verwendet wird.

Ein weiterer paralleler Terminus zu *Reaktion* ist *Umsetzung*.

Beispiel (Heil/Heering, s. auch unten Text 2):

Redoxreaktionen sind chemische Umsetzungen, bei denen eine Komponente durch Elektronenentzug oxidiert und die andere Komponente durch Elektronenzufuhr reduziert wird.

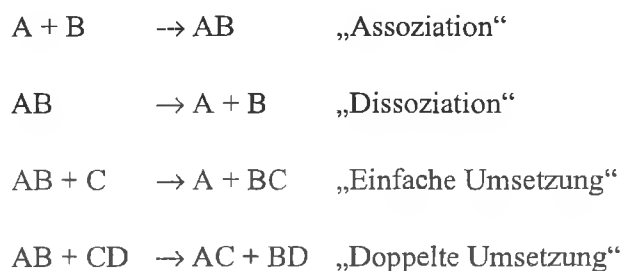
---

<sup>219</sup> Wie oft, wird bei Christen die chemische Reaktion physikalischen Reaktionen gegenübergestellt. Die entsprechende Definition lautet (4): Bei „physikalischen Vorgängen“ verändert sich im Allgemeinen nur der Zustand des Stoffes, während seine wesentlichen Eigenschaften unverändert bleiben: Schwefel bleibt Schwefel, auch wenn man ihn schmilzt; Wasser bleibt Wasser, auch wenn man es verdampft.

Bei nominalen Wortzusammensetzungen wird nach Weinrich (1993, 924) „die Bedeutung der Grundform im Kompositum durch die Bedeutung der Bestimmungsform eingegrenzt und präzisiert“. Demnach wird in der Zusammensetzung *Redoxreaktionen* mit dem Grundwort (der Grundform) *Reaktionen* und dem Bestimmungswort (der Bestimmungsform) *Redox*, das seinerseits eine Kürzung aus ‘Reduktion und Oxidation’ darstellt, ersteres durch letzteres präzisiert. In der *Grundgrammatik Deutsch* von Kars und Häussermann<sup>220</sup> (1989, 117) wird die Aufgabe des Relativsatzes kurz so zusammengefasst: „Mit dem Relativsatz können wir eine Person oder Sache genauer definieren“, wobei mit Person und Sache das im Bezugswort ausgedrückte, im obigen Beispiel also *Umsetzungen* gemeint ist, und das Definieren im eigentlichen Relativsatz geschieht (ähnlich wie ‘eingrenzen und präzisieren’ im Bestimmungswort). Demnach sind *Reaktionen* und (*chemische*) *Umsetzungen* in dem Text als synonym anzusehen.

Zwei weitere Textauszüge zeigen, dass der Verwendung des Terms *Umsetzung* zumindest gelegentlich eine engere Bedeutung zugrunde liegt. In Günter Kellers schon 1977 erschienenen Bändchen zu *Denken in Modellen* wird der Begriff *Umsetzung* als Untergruppe der weiteren *Reaktion* gesehen.<sup>221</sup> Er sagt (1977, 32)

Bei der Beschreibung chemischer Reaktionen zeigt sich bald, dass es eine kleine Zahl von Grundtypen von Reaktionen gibt, die man herausarbeiten und benennen sollte:




---

<sup>220</sup> Jürgen Kars und Ulrich Häussermann, 1989, *Grundgrammatik Deutsch*, Frankfurt a.M.: Diesterweg und Wien: Österreichischer Bundesverlag und Aarau: Sauerländer.

<sup>221</sup> Günter Keller, 1977, *Über das Denken in Modellen: ein Beitrag zur Didaktik der Chemie*, Frankfurt a.M., München, Berlin: Diesterweg.

(komplizierte Reaktionsschemata) „Reaktionen höherer Ordnung“

In Fromherz/King wird *Umsetzung* wie folgt verwendet (S. 8/9):

<p>If an iron nail is placed in the greenish-blue solution of cupric chloride, the copper separates as metal and iron goes into solution as ferrous chloride, since, according to the electrochemical series of metals iron is more reactive (less noble <i>or</i> baser) than copper. Such a reaction is termed a <b>replacement</b> or <b>substitution reaction</b>.</p> <p>If silver nitrate solution is added to a solution of sodium chloride (common salt), a curdy, white precipitate of light-sensitive silver chloride is formed while sodium nitrate remains in solution. Such a reaction is termed a <b>double decomposition</b>.</p>	<p>Legt man in eine grün-blaue Lösung von Kupfer(II)-chlorid einen Eisennagel, so wird Kupfer abgeschieden, und Eisen geht als Eisen(II)-chlorid in Lösung, da Eisen gemäß der Reaktionsreihe der Metalle reaktionsfähiger (unedler) als Kupfer ist. Eine solche Reaktion heißt <b>Substitutionsreaktion</b> oder <b>einfache Umsetzung</b>.</p> <p>Gibt man zu Natriumchlorid-(Kochsalz-) Lösung eine Silbernitrat-Lösung, so entsteht ein weißer, käsiger Niederschlag von lichtempfindlichem Silberchlorid, während in der Lösung Natriumnitrat zurückbleibt. Eine solche Reaktion heißt <b>doppelte Umsetzung</b>.</p>
--	--

Dieser engere Bedeutungsumfang wird z.T. auch in Nachschlagewerken reflektiert.<sup>222</sup> Vergleicht man die Wörterbücher der Chemie von Wenske, Kryt und Sobecka/Choiński/Majore, so stellt man fest, dass bei Sobecka et al. die engere Bedeutung von *Umsetzung* (syn. *Austauschreaktion*, engl.: *replacement reaction*) gewählt ist, bei Wenske die weitere (engl.: *reaction*, dt.: Reaktion, Umsetzung, Umwandlung - halten wir dieses Wort *Umwandlung* als weitere Variation fest, die in ihrer verbalen Erscheinungsform *umwandeln* in der obigen Reaktionsdefinition von Christen schon erschienen war), während bei Kryt das Wort *Umsetzung*

---

<sup>222</sup> Wenske, Gerhard, 1992, *Dictionary of Chemistry - Wörterbuch der Chemie*, Weinheim et al.: VCH-Verlag.

Sobecka, Z., Choiński, W. und Majore, P. (Hg.), 1966, *Dictionary of Chemistry and Chemical Technology in six languages: English, German, Spanish, French, Polish, Russian*, Oxford et al.: Pergamon Press.

Kryt, D. (Hg.), 1980, *Dictionary of chemical terminology in five languages: English, German, French, Polish, Russian*, Amsterdam; New York: Elsevier Scientific Publ. Co.

überhaupt nicht erscheint, und das englische *reaction (of solution)* nur mit deutsch *Reaktion* wiedergegeben wird. In einfacheren allgemeinsprachlichen Wörterbüchern erscheint das Wort *Umsetzung* in seiner fachsprachlichen Bedeutung nicht.<sup>223</sup>

#### 2.4.2.1 Kulturelle Inhalte

Eine weitere Bemerkung zu den mit dem Wort *Umsetzung* verbundenen Assoziationen erscheint angebracht. Wenngleich die fachsprachliche Sprechweise im Prinzip weniger mit Assoziation und mehr mit Denotation zu tun hat, so schließt dies doch nicht aus, dass sich umgangssprachliche Assoziationen auch auf einen fachsprachlich-chemischen Kontext gewinnbringend anwenden lassen. Bekanntlich ist die Zeitschrift *Spektrum der Wissenschaft* die deutsche Version des *Scientific American*. Dabei handelt es sich beim deutschsprachigen Organ nicht nur um eine Übersetzung des amerikanischen, sondern, um es mit einem modernen Schlagwort zu sagen, um die Lokalisierung der Publikation für den deutschsprachigen Markt. Dies zeigt sich daran, dass neben den großen Hauptartikeln, die in der Regel für beide Zeitschriften verwendet werden, viele der kleineren Artikel deutsche oder europäische Forschungsinteressen und -ergebnisse zuungunsten von amerikanischen replazieren. Übersetzung von Artikeln heißt hier im positivsten Falle Übertragung nicht nur der Sprache sondern auch der Inhalte von amerikanischen auf europäische Verhältnisse, ganz im Sinne von Judith Macheiner (1995, 337, unter dem Stichwort 'Terminologie'<sup>224</sup>):

Das Original erläutert amerikanischen Lesern, die Übersetzung deutschen Lesern das Prinzip von Kühltürmen, die ja - der Fachmann weiß es - in Europa und Amerika mit anderen Assoziationen verknüpft sind:

---

<sup>223</sup> z.B. Ursula Hermann, 1996, *Die neue deutsche Rechtschreibung*, München: Bertelsmann Lexikon Verlag (völlig neu bearbeitet und erweitert von Lutz Götze), *Duden Oxford Standardwörterbuch Englisch - Deutsch/ Deutsch - Englisch*, 1998, Mannheim etc.: Dudenverlag (2., neu bearbeitete und erweiterte Auflage).

<sup>224</sup> Judith Macheiner, 1995, *Übersetzen. Ein Vademecum*, Frankfurt a.M.: Eichborn. Die Herkunft von Original und Übersetzung wird bei Macheiner nicht angegeben.

... a typical tower of a kind now in service, incorporating high-capacity fans to assist the flow of air, is about 55 feet wide at the bottom, 75 feet wide at the top and 325 feet long; ... the chimney-like natural-draft towers that are more common in Europe than in the U.S. can be 300 feet or more in diameter at the base and as high as 500 feet.

... daher haben die bei uns üblichen Naturzugkühltürme einen Basisdurchmesser von bis zu 90 m und eine Höhe von bis zu 150 m. Zellenkühltürme mit Hochleistungsventilatoren zur Förderung der Luft, wie sie vorwiegend in den USA eingesetzt werden, haben eine untere Breite von etwa 17 m, eine obere Breite von etwa 23 und eine Länge von etwa 100 m.

Wirklich professionell, sprachlich, sachlich, übersetzerisch.

In unserem chemischen Beispiel aus der Feder von Roald Hoffmann - auf amerikanisch unter dem Titel *How Should Chemists Think* im *Scientific American*, zwei Monate später auf deutsch in *Spektrum der Wissenschaft* unter der Überschrift *Die Chemie zwischen Natur und Ideal* erschienen - richtet sich die Aufmerksamkeit in der folgenden englischsprachigen Textstelle (Hoffmann, 1993b, 48; Hervorhebung von mir, H.L.) auf das Wort *reaction*:

One wants to link up a bond here, but it doesn't work. So one follows a hunch, anything but the codified scientific method. One knows that if a *reaction* works, one can construct a rationalization for it - an argument spifty clean enough to make an impression on one's colleagues.

und man findet die entsprechende Textstelle im deutschen Text wiedergegeben als (Hoffmann, 1993a, 76; Hervorhebung von mir, H.L.)

Man möchte an jener Stelle eine Bindung schließen, aber es geht nicht wie geplant. Also geht man einer Ahnung nach und probiert es etwas anders - keineswegs die vielgerühmte wissenschaftliche Methode. Aber wenn die *Umsetzung* einmal klappt, findet sich schon eine plausible Erklärung dafür, die schick genug ist, um die Kollegen zu beeindrucken.

Im deutschen Text schwingt an dieser Textstelle neben der Bedeutung *Umsetzung* = *Reaktion* auch noch die Bedeutung *Umsetzung* = *Verwirklichung eines Planes/Verfolgung eines Zieles* mit, was in diesem besonderen Kontext die Hartnäckigkeit

und das Einbeziehen des Zufälligen in Versuchsanordnungen noch zusätzlich unterstreicht.

#### **2.4.2.2 Fallstudie zum Thema Reaktion bzw. (chem.) Umsetzung**

Die angegebenen Komplikation lassen es als verständlich erscheinen, wenn Studierende bei diesem Begriff Schwierigkeiten haben. Im folgenden Textauszug, der einer kleinen Gruppe von Studierenden im zweiten Studienjahr zur Übersetzung vorgelegt wurde, kommen von den oben erscheinenden Ausdrücken *Reaktion*, *Umsetzung* und *Umwandlung* vor. (Der Text wurde für die hiesigen Zwecke nach Sätzen durchnummeriert, die betreffenden Wörter wurden hervorgehoben. Der den Studierenden vorliegende Text enthielt keinerlei Hervorhebungen. Die Textquelle ist Schulze, *Allgemeine und physikalische Chemie*, Teil 1.)

(1) Das Ziel aller Naturwissenschaft besteht in der Erforschung der allgemeinen Gesetze, welche die Veränderungen der Stoffe in der belebten und unbelebten Welt beherrschen. (2) Die Physik umfasst dabei dasjenige Teilgebiet, in welchem die Veränderungen der Eigenschaften unbelebter Stoffe durch nur solche Eingriffe untersucht werden, bei denen der vorliegende Stoff seine Zusammensetzung nicht ändert. (3) Die Chemie sucht demgegenüber die Erscheinungen in Gesetze zu fassen, bei denen **Umwandlungen** der Stoffe ineinander erfolgen. (4) Dass eine **Umsetzung** von Stoffen stattgefunden hat, erkennt man primär an den physikalischen Eigenschaften (z. B. Farbe, spez. Gewicht, Brechungsvermögen, Aggregatzustand) der entstandenen Stoffe, die von denjenigen der Ausgangsstoffe verschieden sind. (5) Die Kenntnis einer chemischen **Reaktion** ist jedoch nur unvollkommen, wenn man allein die Anfangs- und Endprodukte der **Reaktion** und die physikalischen Eigenschaften der betreffenden Stoffe ermittelt hat. (6) Man sammelt auf diese Weise ein umfangreiches Tatsachenmaterial, in welchem das ordnende Prinzip zunächst fehlt. (7) An dieser Stelle setzt nun die physikalische Chemie ein, welche versucht vorherzusagen, ob eine **Umsetzung** zwischen gegebenen Stoffen möglich ist und welches die physikalischen Eigenschaften der entstehenden Stoffe sind. (8) Außerdem versucht man die **Umsetzung** selbst messend zu verfolgen.

Nachfolgend werden die hier relevanten studentischen Übersetzungen der Sätze in der Textreihenfolge zitiert. Eine vollständig Zusammenstellung der Übersetzungen findet sich, nebst einer kurzen Einführung und einer tabellarischen Zusammenfassung der Übersetzungsvarianten, in Anhang 3.



**(3) Die Chemie sucht demgegenüber die Erscheinungen in Gesetze zu fassen, bei denen *Umwandlungen* der Stoffe ineinander erfolgen.**

Stud. 1

Chemical sciences, on the other hand, attempt to translate these phenomena into laws that govern the *conversion* of one substance into another.

Stud. 2

On the other side chemistry tries to explain the phenomenon in laws to which the *changes* obey.

Stud. 3

In contrast to this, Chemistry attempts to understand the manifestations of the laws through which *transformations* of the material take place within itself.

Stud. 4

Chemistry attempts to summarise the appearance of these laws by *mixing* these together.

Stud. 5

Chemistry, on the other hand, concerns itself with understanding the phenomena associated with these laws that allow the *transformations* of materials into one another to occur.

Stud. 6

On the other hand chemists try to form a law in which *changes* can occur in materials.

**(4) Dass eine *Umsetzung* von Stoffen stattgefunden hat, erkennt man primär an den physikalischen Eigenschaften (z. B. Farbe, spez. Gewicht, Brechungsvermögen, Aggregatzustand) der entstandenen Stoffe, die von denjenigen der Ausgangsstoffe verschieden sind.**

Stud. 1

One recognises the occurrence of a *conversion* of substances first and foremost in the physical characteristics (e.g. colour, specific weight, refractivity, state) of the original substance which differ from those of the resulting product.

Stud. 2

It is known that a *change* in the substance has occurred mainly due to the change in physical properties, i.e. colour, specific weight, refraction index and the state of the product in relation to the reactant.

Stud. 3

One can recognise that a *transplantation* of materials has taken place primarily in the physical characteristics (for example colour, specific weight, refraction-ability, aggregate condition) of the existing material, which differ from that of the initial materials.

Stud. 4

This *conversion* of matter has taken place. One is familiar with the physical concepts (colour, weight, breaking strength, states of matter) of the end product which is different from the starting material.

Stud. 5

In order to tell if any *transformation* has taken place, it is necessary to observe the physical properties to the resulting material, for example colour, specific weight, refractive properties and it's overall condition, which will differ from the original.

Stud. 6

One recognises that a *transformation* has taken place by their physical characteristics (colour, weight, refractive index) which differ from those of the original material.

**(5) Die Kenntnis einer chemischen *Reaktion* ist jedoch nur unvollkommen, wenn man allein die Anfangs- und Endprodukte der *Reaktion* und die physikalischen Eigenschaften der betreffenden Stoffe ermittelt hat.**

Stud. 1

However, knowledge of the chemical *reaction* is still partial, if one has only investigated the starting material and the product in a *reaction* and the physical characteristics of the studied substance.

Stud. 2

The information about a *reaction* is incomplete if only the physical properties of either the *reactant* or the product are investigated.

Stud. 3

However the knowledge of a chemical *reaction* is incomplete, if one only determines the beginning and end products of the *reaction* and the physical characteristics of the materials in question.

Stud. 4

The knowledge of a chemical *reaction* is only satisfied when one evaluates the start and end product of the *reaction* and the physical concepts of the material in question.

Stud. 5

However, knowledge of a chemical *reaction* is incomplete if one has only developed the beginning and end products of the *reaction* along with the physical properties of the related materials.

Stud. 6

Knowing whether a chemical *reaction* has taken place is however hard to determine when only the starting and the end products have been calculated.

**(7) An dieser Stelle setzt nun die physikalische Chemie ein, welche versucht vorherzusagen, ob eine *Umsetzung* zwischen gegebenen Stoffen möglich ist und welches die physikalischen Eigenschaften der entstehenden Stoffe sind.**

Stud. 1

At this point physical chemistry, which attempts to predict if a *conversion* between given substances is possible and determine the physical characteristics of the original substances, comes into play.

Stud. 2

At this point physical chemistry comes in and tries to predict whether a chemical *conversion* is possible in the substances and what the physical properties of the product will be.

Stud. 3

Physical chemistry is inserted into this gap, which tries to tell beforehand whether a *transplantation* is possible between the given substances, and what the physical characteristics of the existing materials are.

Stud. 4

At this stage the physical chemistry enters with attempts to predict if a *conversion* between the materials in question is possible and what the physical concepts of the final result are.

Stud. 5

Physical Chemistry can be used here to determine whether or not an *interaction* between certain substances is at all possible and to predict the physical properties of any resulting material.

Stud. 6

It is at this point that physical chemistry is used, which researches, so to speak, if a *transformation* between materials is possible and what the physical characteristics in the final material are.

**(8) Außerdem versucht man die Umsetzung selbst messend zu verfolgen.**

Stud. 1

In addition one attempts to track the *conversion* by taking ones own measurements.

Stud. 2

As well as all that one also tries to follow the *conversion* through measurements oneself.

Stud. 3

Apart from that, one can try to pursue the *transplantation* themselves through measurements.

Stud. 4

Above all one attempts to measure this *conversion* for themselves.

Stud. 5

In addition, the *transformation /interaction* should be monitored by taking measurements.

Stud. 6

Besides this one also tries to pursue such a *transformation* alone!!

Neben den vielen anderen Übersetzungsproblemen in diesem Text scheint es bemerkenswert, dass in keinem einzigen Fall das Wort *Umsetzung* mit dem Äquivalent *reaction*, nur in einem Fall mit dem ebenfalls zutreffenden *change*, wiedergegeben wird, obgleich der Satz (4) die Definition von *chemische Umsetzung, chemische Reaktion* enthält.<sup>225</sup> Hier, wie an anderen Stellen in diesem speziellen Übungstext zeigt sich, wie schwierig es für Lernende der Fachsprache sein kann, sich von der Wortform zu trennen und zum Wortinhalt vorzudringen, und eine zu überwindende Barriere ist das Erkennen von Synonymen und Paraphrasen, wenn sie in graeco-romanischer oder germanischer Verkleidung auftreten und deshalb unterschiedlich aussehen.

### 2.4.2.3 Deixis und Verb

Die chemische Reaktion kann aus zwei verschiedenen Perspektiven betrachtet werden, nämlich einerseits vom Gesichtspunkt der Stoffe aus, oder andererseits vom Gesichtspunkt der Vorgänge auf atomarer und subatomarer Ebene. Die obigen Definitionen von Christen, auch die im Herkunftswörterbuch des Dudenverlags, wählen die erstgenannte dieser Perspektiven; zur Erinnerung sei diese Definition von Christen nochmals zitiert:

Vorgänge, bei denen sich Stoffe in andere Stoffe umwandeln, nennt man chemische Vorgänge (chemische „Reaktionen“). Die neu entstandenen Stoffe besitzen ganz andere Eigenschaften als die Ausgangsstoffe.

Der Schwerpunkt liegt hier bei den materiell vorliegenden Stoffen, Materialien, Produkten, welcher dieser Begriffe auch immer gewählt wird.

---

<sup>225</sup> vgl. dazu in irischen Schulbüchern, McCarthy, *Comprehensive Chemistry*, 5/6: „When atoms combine, forming molecules or ions, a **chemical reaction** is said to have occurred. (...) A chemical reaction always results in the formation of at least one new substance.“ oder Henly, *Chemistry for to-day*, 13: „A **chemical change is one in which a new substance is produced** - a substance whose properties are different from those of the original substance.“

Unter diesem Gesichtspunkt werden bei Vollmer die Antonyme Analyse und Synthese unter dem Oberbegriff *Chemische Reaktion* besprochen. Vollmer zeigt, dass es sich beim Gegensatzpaar Analyse vs. Synthese um einen Scheingegensatz handelt, dass diese beiden Begriffe deshalb als asymmetrisch gesehen werden müssen. „Sowohl in der Arbeitsmethodik als auch in der Zielsetzung weisen die bezeichneten chemischen Methoden kaum noch Gegensätzlichkeiten auf.“ Vollmers weitere Aussagen (80) werden hier in Tabellenform zusammengefasst wiedergegeben.

Antonymienpaar	Analyse – Synthese
Oberbegriff	Chemische Reaktion
Differenzmerkmal	Aufbau vs. Abbau eines Stoffs
Zwischenbegriff	-----
quantitativer Begriff	-----
Bemerkungen (80)	asymmetrisch: ‘Synthese’ wird im Sinne von ‘Aufbau eines Stoffs’, ‘Analyse’ aber kaum mehr im Sinn von ‘Abbau eines Stoffs’ verwendet.

**Tabelle 26: Antonymienpaar Analyse – Synthese**

Aus den beiden Definitionen werden nun einige der wichtigsten Verben extrahiert:

*umwandeln* (eines Stoffes in einen anderen)

*entstehen* (neue Stoffe entstehen von *neu entstandenen Stoffen*)

*ausgehen* (in Ausgangsstoffe)

*aufbauen* (in *Aufbau*), dazu *synthetisieren* (wie in *Synthese*); dazu (nicht im Text)

*darstellen* (im chemischen Sinne)

*abbauen* (in *Abbau*), dazu - aber fraglich, s. Vollmer - analysieren (wie in *Analyse*), ein expliziter Gegenbegriff zu *darstellen* existiert nicht.

Man beachte, dass von diesen Verben (oder Ableitungen von ihnen) wiederum eine erstaunliche hohe Anzahl im oben angegebenen Übersetzungstext erscheint, und

zwar immer in Verbindung mit *Stoff* oder *Produkt*. (*Umwandlungen* der Stoffe ineinander, Satz (3); Eigenschaften der *entstandenen* Stoffe, Eigenschaften der *entstehenden* Stoffe, Satz (4) bzw. (7); *Ausgangsstoffe*, Satz (4), und dazu *Anfangs- und Endprodukte der Reaktion*, Satz (5). Die Schwierigkeiten, welche sich für die Studierenden aus diesen Wörtern ergeben haben, können über den Text und die Übersetzungen im Anhang ersehen werden.

Die zweite Perspektive wurde weiter oben ebenfalls schon durch die Definition von Heil/Heering, im folgenden Text 2, zitiert und betrifft eine besondere Art von Reaktion:

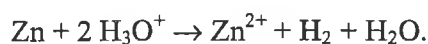
Redoxreaktionen sind chemische Umsetzungen, bei denen eine Komponente durch Elektronenentzug oxidiert und die andere Komponente durch Elektronenzufuhr reduziert wird.

Beim grundlegenden Thema der Reduktions-Oxidations-Prozesse wird nun quasi auf die „Innenperspektive“ umgestellt und es rücken die Vorgänge auf atomarer und subatomarer Ebene in den Blickpunkt. Die Vorgänge werden terminologisch auf ganz unterschiedliche Art und Weise umgesetzt. Man vergleiche die drei folgenden Texte zum Thema:



### Text 1<sup>226</sup>

Gibt man metallisches Zink in eine saure wässrige Lösung, so gehen  $\text{Zn}^{2+}$ -Ionen in Lösung, das Zn-Metall löst sich auf, und  $\text{H}_2$  entweicht als Gas. Gleichzeitig steigt der pH-Wert an. Analog verhalten sich die Alkalimetalle unter heftiger Reaktion, die Erdalkalimetalle sowie Fe, Cr, Ni, Sn und Pb, nicht aber die edleren Metalle, wie z.B. Cu, Ag, Au oder Pt. Die Reaktion ist

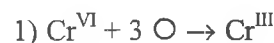


Offenbar werden bei dieser Reaktion 2 Elektronen von einem Zn-Atom auf 2  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen übertragen. Reaktionen, die unter solchen Elektronenübertragungen stattfinden, nennt man *Reduktions-Oxidations-* oder kurz *Redoxreaktionen*, wobei unter Reduktion die Elektronenaufnahme und unter Oxidation die Elektronenabgabe einer Spezies verstanden wird. In dem beschriebenen Beispiel wird Zn zu  $\text{Zn}^{2+}$  oxidiert, 2  $\text{H}^+(\text{H}_3\text{O}^+)$ -Ionen werden zu  $\text{H}_2$  reduziert.

### Text 2<sup>227</sup>

Redoxreaktionen sind chemische Umsetzungen, bei denen eine Komponente durch Elektronenentzug oxidiert und die andere Komponente durch Elektronenzufuhr reduziert wird. Oxidation und Reduktion laufen stets miteinander gekoppelt ab. Dabei ändert sich die Oxidationsstufe der beteiligten Reaktionspartner.

Chrom(IV)-Verbindungen vermögen Elektronen aufzunehmen, wobei sie in Salze des Chrom(III) übergehen:



---

<sup>226</sup> Fischer, *Praktikum*, 90. Die Hinleitung zum interessierenden Textteil ist durch kleineren Druck abgesetzt.

<sup>227</sup> Heil/Heering, *Chemische Laborversuche*, 39.

### Text 3<sup>228</sup>

Unter dem Sammelbegriff „*Redoxreaktionen*“ werden diejenigen Reaktionen zusammengefasst, bei denen *Elektronenübergänge* – vollständige oder partielle – auftreten. Die Abkürzung **Redox** ist eine Zusammensetzung aus **Reduktion** und **Oxidation**, welche Teilvorgänge einer Redoxreaktion darstellen.

Reduktion = Elektronenaufnahme    Oxidation = Elektronenabgabe

Redoxreaktion = Elektronenverschiebung

Bei der Kochsalz-Schmelzelektrolyse treten zum Beispiel folgende Elektronenübergänge auf: An der Kathode werden die Kationen  $\text{Na}^+$  zu Natriumatomen reduziert:  $\text{Na}^+ + e^- \xrightarrow{\text{red}} \text{Na}$ . Die Kathode ist ein Reduktor oder ein Reduktionsmittel; sie vermag die Kationen zu reduzieren. *Reduktoren* oder Reduktionsmittel sind *Elektronenspender*.

An der Anode werden die Anionen  $\text{Cl}^-$  zu Chloratomen (Cl) oxidiert:

$\text{Cl}^- - e^- \xrightarrow{\text{ox}} \text{Cl}$  ( $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2$ ); sie vermag die Anionen zu oxidieren. *Oxidatoren* oder Oxidationsmittel sind *Elektronenfänger*.

Im Vergleich der Texte ergibt sich, dass trotz relativ gefestigter Terminologie in diesem Bereich doch erhebliche Unterschiede in der sprachlichen Behandlung des Themas ersichtlich werden, die in der folgenden Tabelle festgehalten sind. In der Betrachtung der Unterschiedlichkeiten soll die lexikalische Seite hervorgehoben werden, andere Differenzen (z.B. im Textaufbau, im Verhältnis von Aussage, Argument, Beispiel) und Differenzierungen werden hier nicht behandelt.

---

<sup>228</sup> Arni, 62.

Autor	Hauptbegriff	Oberbegriff	Einzelbegriffe	
Fischer (Text 1)	Reaktion	E-übertragung	E-aufnahme (Reduktion)	E-abgabe (Oxidation)
Heil/Heering (Text 2)	(chem.) Umsetzung, Reaktion	—————	E-zufuhr (aufnehmen, reduzieren)	E-entzug (oxidieren)
Arni (Text 3)	Reaktion	E-übergang, E-verschiebung	E-aufnahme (Reduktion) (*fangen)	E-abgabe (Oxidation) (*spenden)
englischsprachige Texte <sup>229</sup>	reaction	transfer	gain (to gain)	loss (to lose)

**Tabelle 27<sup>230</sup> Redoxreaktion: Terminologie**

Das sich ergebende Bild unterstreicht, dass auch auf einem Gebiet, das sich terminologisch als unproblematisch erweisen sollte – und für Muttersprachliche wohl auch ist – für Zweitsprachenlerner einige Fallstricke bereithält.

Beim Hauptbegriff, hier gewählt als Wort, das einen den Oberbegriffen übergeordneten Begriff bezeichnen soll, wird bei Heil/Heering als Alternative zu *Reaktion* der Terminus *chemische Umsetzung* benutzt, der – wie oben gezeigt – für L2-Lernende eine Schwierigkeit präsentiert und als Synonym zu *Reaktion* nicht unbedingt sofort erkennbar wird.<sup>231</sup>

<sup>229</sup> Die zugrundegelegten englischsprachigen Texte sind: James McCarthy, 1983, *Comprehensive Chemistry*, Dublin: The Educational Company; Randal L. Henly, 1983, *Chemistry for to-day*, Dublin: Folens; Morrison/Boyd, 1992, *Organic Chemistry*, New York: Prentice Hall. Letztgenanntes Werk – und seine deutsche Übersetzung -- wird in Abschnitt 2.3.4 dieser Arbeit unter einem ähnlichen Aspekt betrachtet.

<sup>230</sup> Erläuterungen zur Tabelle: „E-übertragung“ usw. steht für **Elektronenübertragung**. Die mit Sternchen gekennzeichneten Verben stehen im weiteren, nicht im engsten Textzusammenhang als Erläuterung zu den Begriffen Reduktions- bzw. Oxidationsmittel.

<sup>231</sup> Die Erkennbarkeit von Synonymen wird am Ende dieses Abschnitts anhand des Textbeispiels 4 nochmals thematisiert.

Bei den Oberbegriffen zeigen sich die größten Abweichungen. Wo Text 1 von *Elektronenübertragung* spricht, führt Text 2 überhaupt keinen Oberbegriff ein, während Text 3 *Elektronenübergang* und *Elektronenverschiebung* synonymisch benutzt.

Die Einzelbegriffe sind in Text 1 und 3 sehr ähnlich ausgeführt, mit der expliziten Gleichsetzung von *Elektronenaufnahme* und *Reduktion* einerseits, und von *Elektronenabgabe* und *Oxidation* andererseits, wobei im weiteren Kontext von Text 3 die Verben *fangen* und *spenden* als Ergänzungen zu sehen sind. Text 2 dagegen spricht statt von *Elektronenaufnahme* von *Elektronenzufuhr* und statt von *Elektronenabgabe* von *Elektronenentzug*, wodurch sich nicht nur das Vokabular von einem Wortfeld in das andere verschiebt, sondern auch die Vollzugsperspektive: das Aufnehmen (auch Fangen) und Abgeben (auch Spenden) von Elektronen geht von den jeweiligen Einheiten (Atomen, Molekülen, Verbindungen) aus, während Zufuhr und Entzug Vorgänge sind, die den Einheiten widerfahren.<sup>232</sup> Dies hat offensichtlich auch grammatikalische Folgen, die sich aus der unterschiedlichen Valenzstruktur der betreffenden Verben ergeben.

Zur Verdeutlichung werden in der folgenden Tabelle die der hier benutzten Terminologie zugrundeliegenden Verben in einer Liste mit ihren wichtigsten grammatisch-semantischen Eigenschaften aufgeführt:

---

<sup>232</sup> Was hier als *Einheiten* bezeichnet und in Paraphrase mit *Atomen*, *Molekülen*, *Verbindungen* vorläufig erläutert wird, wird am Ende dieses Abschnitts genauer erläutert.

Verb	Grundvalenz	präpositionale Ergänzungen	Notizen
übertragen	S-O	von - auf	„Übertragung“: passiv Transformation
aufnehmen	S-O		„Aufnahme“: pass. od. aktiv Transformation
abgeben	S-O		„Abgabe“: pass. od. aktiv Transformation
zuführen	S-P-O		„Zufuhr“: passiv Trafo
entziehen	S-P-O		„Entzug“: passiv Trafo
übergehen	S	von - auf	„Übergang“: akt. Trafo
verschieben	S-O	von - nach/zu	„Verschiebung“: akt. Trafo

**Tabelle 28: Elektronenbewegung**

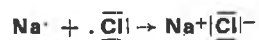
Von Muttersprachlern und -sprachlerinnen kann ohne weiteres erwartet werden, dass sie die Übertragbarkeit der einzelnen Begriffe aufeinander verstehen und die damit zusammenhängenden grammatikalischen Umformungen durchzuführen in der Lage sind, für L2-Lernende ist die Äquivalenz des semantischen Inhalts der betreffenden Begriffe und die syntaktisch-grammatikalische Konsequenz daraus wahrscheinlich nicht unmittelbar einsichtig. Dazu ein weiteres Textbeispiel<sup>233</sup>, in welchem die Begriffe *abgeben* und *aufnehmen* in vorbildlicher Weise zuerst als Verben mit voller Valenzausführung eingeführt werden, worauf dann die Nominalisierung (zu *Abgabe*) erfolgt. Der Begriff *Abgabe* wird dann durch *Entzug* ergänzt, wobei aber die grammatikalische Gestaltung den L2-Lernenden zunächst eher eine Opposition als eine Beinahe-Synonymie der beiden Begriffe nahe legt.<sup>234</sup> Das Verb *entziehen* (in Form des Partizips II) erscheint am Ende dieses Textauszugs.

<sup>233</sup> Hans Rudolf Christen, 1984, *Einführung in die Chemie*, Frankfurt a.M.: Diesterweg und Aarau, Frankfurt a.M., Salzburg: Sauerländer, 247.

<sup>234</sup> In der Fortführung dieser Textstelle werden die beiden Begriffe dann vollständig synonymisch, bzw. an dieser Stelle antonymisch verwendet: „Die einem Teilchen *entzogenen* Elektronen werden von anderen Teilchen (hier von den Chlor- bzw. Sauerstoffatomen) *aufgenommen*.“

#### Text 4

Untersucht man die Vorgänge näher, die sich bei der Verbrennung von Natrium oder Magnesium in reinem Sauerstoff oder in Chlor abspielen, so erkennt man, dass beide Mal die Metallatome ihre Außenelektronen abgeben und zu positiv geladenen Ionen werden. Diese Elektronen werden von den Nichtmetallatomen aufgenommen:



Das Gemeinsame dieser Reaktionen besteht also darin, dass die Metallatome Elektronen abgeben. Bei der Verbrennung von Wasserstoff in Sauerstoff oder Chlor findet nur zwar keine Abgabe von Elektronen durch die Wasserstoffe statt, jedoch tritt insofern ein Entzug von Elektronen auf, als die entstehenden  $\text{H—O}$ - bzw.  $\text{H—Cl}$ -Atombindungen stark polar sind und das  $\text{O}$ - bzw. das  $\text{Cl}$ -Atom das bindende Elektronenpaar stärker an sich zieht. Um alle diese Reaktionen in gleicher Weise behandeln zu können, wollen wir den Ausdruck »*Oxidation*« für jeden Vorgang verwenden, bei welchem einem Teilchen (Atom, Ion, Molekül) *Elektronen* entzogen werden.

Beschäftigen sich die L2-Lernenden ausführlich mit den unterschiedlichen Termini für die Ur-Termini *abgeben* und *aufnehmen*, so werden sie in dieser Beschäftigung feststellen, dass auch die Bezeichnungen für das „Abgebende“ und das „Aufnehmende“ weit voneinander abweichen. Die Textbeispiele sind wie folgt:

- Unter *Oxidation* wird die Elektronenabgabe einer *Spezies* verstanden. (Als Beispiele werden Elemente ( $\text{Zn}$ ), Ionen ( $\text{Zn}^+$ ) und Verbindungen ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) angeführt. (Text 1))
- Eine *Komponente* wird durch Elektronenentzug oxidiert, die andere *Komponente* durch Elektronenzufuhr reduziert. (Beispiel: Chrom(IV)-*Verbindungen*). (Text 2))
- An der Kathode werden die *Kationen*  $\text{Na}^+$  zu *Natriumatomen* reduziert. An der Anode werden die *Anionen*  $\text{Cl}^-$  zu *Chloratomen* ( $\text{Cl}$ ) oxidiert. (Erläuterungen *nur* an Beispielen, kein Überbegriff wie „Spezies“ oder „Komponente“.) (Text 3))

- Einem *Teilchen* (*Atom, Ion, Molekül*) werden Elektronen entzogen. (Hier wird der Umfang des Begriffs *Teilchen* in einer Paraphrase erläutert. Beispiele – vor der Verallgemeinerung aufgeführt – sind: *Metallatome* geben Außenelektronen ab, Elektronen werden von *Nichtmetallatomen* aufgenommen) (Text 4)

In einer Tabelle zusammengefasst sieht das Resultat dieser Überlegung folgendermaßen aus.<sup>235</sup>

Oberbegriff	Erläuterung des Oberbegriffs	Beispiel(e)	Text
Spezies	-----	Zn, Zn <sup>+</sup> , 2 H <sup>+</sup> (H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> )-Ionen	1
Komponente	-----	Chrom(IV)-Verbindungen	2
-----	-----	Kationen Na <sup>+</sup> , Natriumatome; Anionen Cl <sup>-</sup> , Chloratome	3
Teilchen	Atom, Ion, Molekül	Metallatome, Nichtmetallatome	4

**Tabelle 29: Teilchen, Komponente, Spezies**

Dies kann ergänzt werden durch Wörter, wie sie z.B. in folgendem Textauszug von Arni (20) hervorgehoben wurden (während Hervorhebungen im Original, sowie Verweise auf andere Textstellen weggelassen wurden). In ihm kommen neben den in der Tabelle schon angeführten *Atom*, zusätzlich vor *Atomverband*, *Gebilde*, *Radikal* und man kann metonymisch zu diesen auch *Kugelwolke*, *K-Schale*, *Außenschale* dazurechnen:

Gegenüber den anderen Atomen weisen Edelgasatome eine charakteristische Besonderheit auf: sie besitzen keine ungepaarten Elektronen (Einzelelektronen).

*Atome* oder *Atomverbände*, welche ungepaarte Elektronen (Einzelelektronen) in der Außenschale enthalten, sind unbeständig. Solche *Gebilde* gehen spontan chemische Reaktionen mit anderen *Teilchen*, welche ungepaarte Elektronen enthalten, ein. Elektrisch neutrale *Gebilde*, welche ungepaarte Elektronen aufweisen, nennt man *freie Radikale*. *Freie*

<sup>235</sup> Vgl. hierzu auch Abschnitt 2.3 *Molekül*.

*Radikale* sind unbeständig, weil sich ihre Einzelelektronen mit Einzelelektronen anderer *Radikale* zu Elektronenpaaren verbinden, d.h. doppelt besetzte *Kugelwolken* bilden. Mit Ausnahme der *Edelgasatome* besitzen die *Atome Radikalcharakter*.

(...)

Bei den *Atomen* Wasserstoff ( ${}_1\text{H}$ ), Lithium ( ${}_3\text{Li}$ ) und Beryllium ( ${}_4\text{Be}$ ) ist die Edelgaskonfiguration dann erreicht, wenn sich wie beim Helium ( ${}_2\text{He}$ ) 2 Elektronen (1 Elektronenpaar!) in der *K-Schale* befinden. Die übrigen *Hauptgruppenatome* besitzen die Edelgaskonfiguration dann, wenn wie bei den übrigen *Edelgasatomen* 8 Elektronen (4 Elektronenpaare) in der *Außenschale* der *Atome* vorliegen.

In diesem Textstück kommt, im Zusammenhang mit 'Atomverbänden' und 'Radikalen' das Molekül nicht vor, das aber aus einer bald folgenden Textstelle herbeigezogen werden soll (Arni, 26).

Moleküle sind elektrisch neutrale, mehratomige Teilchen, welche nicht Radikal-Charakter besitzen. Die Atome eines Moleküls werden durch Elektronenpaarbindungen zusammengehalten. Die Anzahl der in einem Molekül gebundenen Atome kann eine Million oder mehr betragen. Von einem Molekül darf man aber nur dann sprechen, wenn Zahl und Art seiner Atome genau festgelegt sind.

Wie sich also erweist, sind Lernende der deutschen chemischen Fachsprache mit einer erstaunlichen Vielzahl von Synonymen, Paraphrasen und assoziierten Begriffen konfrontiert, die zum Teil semantische und syntaktische Eigenschaften aufweisen, welche im muttersprachlichen Zusammenhang völlig unauffällig bleiben, die aber für Nicht-Muttersprachler lehr- und lernbedürftig sind.

Eine Schwierigkeit, neutraler formuliert eine Auffälligkeit anderer Art, die im Zusammenhang mit dem Grundbegriff *Reaktion* wichtig wird, ist die im ersten Teil der Arbeit schon angesprochene gegenseitige Ergänzung von Sprache und Formel, die im nächsten Abschnitt einer Analyse unterzogen wird.



### 2.4.3 Der Zusammenklang von Reaktionsgleichung und Fließtext

In den folgenden Beispielen werden nur Bruttogleichungen berücksichtigt. Diese sind aus Bruttoformeln abgeleitet. Die Bruttoformeln bestehen aus Zeichen der Elemente, die zu einer Verbindung gehören, die mit einem Zahlenindex versehen sind, welcher die Zahl der Atome der jeweiligen Elemente innerhalb einer Verbindung angibt. „Diese Formeln haben auch eine zahlenmäßige Bedeutung: H<sub>2</sub>O bedeutet, dass sich das Gewicht eines Moleküls (*Molekulargewicht*) aus der Summe der Atomgewichte der Bestandteile ( $2 \times 1 + 16 = 18$ ) zusammensetzt (*Molekulargewicht*).“ ... [Reaktionsgleichungen] sind also streng *mathematische Ausdrücke*“ (Fromherz/King, 15/17). Wenngleich die Bruttoformeln und -gleichungen mathematische Ausdrücke sind, werden in ihnen mehr als nur mathematische Zusammenhänge ausgedrückt, die je nach Situation und Kontext dann im Zusammenhang mit der mathematischen Ausdrucksweise zusammen, und diese ergänzend, im umgebenden Text erläutert werden. Fromherz und Kings in diesem Zusammenhang angeführtes Beispiel zeigt dies sehr deutlich. Dort heißt es an der gleichen Stelle:

Chemische Reaktionen lassen sich durch *Reaktionsgleichungen* darstellen, die die Formeln der Verbindungen oder der Elemente enthalten, die an der Reaktion teilnehmen. Z.B. lässt sich die Vereinigung von *Eisenfeile* mit Schwefel folgendermaßen ausdrücken:  $\text{Fe} + \text{S} \rightarrow \text{FeS}$ . Das bedeutet, dass sich ein Atom Eisen (56 Teile) mit einem Atom Schwefel (32 Teile) unter Bildung von einem Molekül *Schwefeleisen* (*Eisen(II)-sulfid*,  $56 + 32 = 88$  Teile) vereinigt; ...

Dies heißt unter anderem, dass

1. Fe in der konkreten Form von *Eisenfeile* vorliegt,
2. Fe und S Atome sind, die sich zu einem Molekül *Schwefeleisen* (*Eisen(II)sulfid*) verbinden,
3. dies alles in einem bestimmten Zahlenverhältnis der Reaktionsteilnehmer zueinander passiert.

Insbesondere die konkrete Erscheinungsform des jeweiligen Elements (*Eisenfeile*) geht aus der Formel selbst nicht hervor, trägt aber wesentlich zum erfolgreichen Herstellen der Verbindung bei, oder - in anderen Worten - die Herstellung der Verbindung wäre mit Eisen (Fe) in anderen Erscheinungsformen nicht möglich. Die verschiedenen möglichen Bezeichnungen für FeS (*Schwefeleisen* bzw. *Eisen(II)sulfid*) tragen ebenfalls Information bei, die über die Formel hinausweist und zusätzliche Information ins Spiel bringt, nicht zuletzt über sprachliche Registerfragen, insofern *Schwefeleisen* die Trivialbezeichnung für die Verbindung ist, während *Eisen(II)sulfid* als die wissenschaftlichere gelten muss.

Die Bruttoformeln stehen einer Reihe anderer Darstellungsweisen zur Seite, zu deren wichtigsten die Strukturformeln gehören, deren Aufgabe es ist, „ein Bild vom Zusammenhang der Atome im Molekül“ (dto.) zu geben. Die Strukturformeln seien aus dieser Betrachtung vorläufig ausgeschlossen, außer in Fällen, wo sie in direkter Konkurrenz zu den Bruttoformeln auftreten.

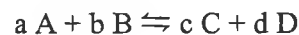
Somit ist zunächst festzuhalten, dass sich Formeln und Text gegenseitig ergänzen. Die nächste Aufgabe lautet nun festzustellen, auf welche Art und Weise dies geschieht.

Charakteristisch für Reaktionsgleichungen sind, wie im Folgenden demonstriert wird, zum <sup>einen</sup> eine selbstbezügliche, metasprachliche Funktion, nämlich an Stellen, wo Sinn, Eigenarten und Verwendung von Formeln thematisiert werden, zum anderen aber Stellen, an denen durch den die Formeln umgebenden Text zusätzliche Informationen unterschiedlicher Art beigebracht werden. Beide Fälle verdeutlichen auch, dass hier ein Feld vorliegt, in dem der sprachliche Ausdruck durch eine Vielzahl von Synonymen und Paraphrasen geprägt wird.

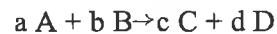
### 2.4.3.1 Metasprachliche Ebene

In dem folgenden Textstück aus Fischer (1994, 20) wird die Darstellungsart 'Reaktionsgleichung' erläutert.

Stoffumsetzungen führen stets zu Gleichgewichten, welche durch Reaktionsgleichungen der Art



beschrieben werden. A, B, C und D stehen für die chemischen Formeln der beteiligten Teilchen, und a, b, c und d sind die meist kleinen, ganzen stöchiometrischen Zahlen. Liegt das Gleichgewicht der Reaktion stark auf der rechten Seite, so ist sie



praktisch irreversibel und läuft quantitativ von den Edukten A und B zu den Produkten C und D ab.

Beachtenswert ist, wie gut die erste dieser beiden Gleichungen syntaktisch in den Satz integriert ist (als Apposition), während die zweite sich dem Satzverlauf nicht gleichermaßen gut einpasst, da auf einen möglichen erläuternden Einschub von der Art *nämlich*, oder *die da lautet* etc., oder auf die Rekurrenz auf das Grundnomen *Gleichung* an Stelle des Personalpronomens *...so ist die Gleichung*  $aA + bB \rightarrow cC + dD$  *praktisch irreversibel* ... verzichtet wird.

Die Erläuterung der Gleichungen als ein möglicher Ausdruck für Stoffumsetzungen und Gleichgewichtszustände wird in diesem Kontext mit Hilfe der folgenden metasprachlichen Ausdrucksweisen bewerkstelligt:

- beschreiben durch (Gleichgewichte (+ Stoffumsetzungen?) werden durch Reaktionsgleichungen beschrieben)
- stehen für (A, B, C und D stehen für die chemischen Formeln der beteiligten Teilchen)

- sein (a, b, c und d sind die stöchiometrischen Zahlen)

Ganz ähnlich verläuft die metasprachliche Erläuterung stärker mathematisch orientierter Verformelungen (Fischer, 1994, 20), in denen die Kopula *sein* als analog zu *stehen für*, *repräsentieren* gelten kann. Zusätzlich wird die Ausdrucksweise *X tritt auf als Y* (in diesem Fall, *die stöchiometrischen Zahlen treten auf als Exponenten*) eingesetzt:

Die Lage des Gleichgewichts wird durch das *Massenwirkungsgesetz* (MWG) bestimmt:

$$\frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b} = K$$

[A], [B], [C] und [D] **sind** darin die im Gleichgewicht vorliegenden Stoffmengenkonzentrationen von A, B, C und D in mol/l. Die stöchiometrischen Zahlen **treten nun als Exponenten auf**. K **ist** die *Gleichgewichtskonstante*, die bei idealen Mischungen nur von Temperatur, Druck und Reaktionsmedium, nicht aber noch von den Konzentrationen abhängt.

Zurück zu den chemischen Bruttogleichungen: sie stellen nach dem oben Gesagten Informationen zu der Art und Anzahl der Reaktionsteilnehmer, zu Ausgangs- und Endprodukten (*Edukte* und *Produkte*), demzufolge auch zu Prozessen und Veränderungen aus, wie in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Dargestellte Phänomene	benutzte Termini	Bemerkungen
Prozess(e)	Stoffumsetzung(en), Reaktion	Prozesse <i>führen zu</i> Ergebnissen
Ergebnis(se)	Gleichgewicht(e); 'Lage' des Gleichgewichts	Ausdruck: Pfeil; Erläuterung: Gerichtetheit des Pfeils
Reaktionsteilnehmer	beteiligte Teilchen	Ausdruck: chemische Formel
Quantität	Zahl der Teilchen	Ausdruck: stöchiometrische Zahl; Erläuterung: <i>meist klein und ganz</i>
Art der Teilchen	Edukte, Produkte	Ausdruck: chemische Formel
Art der Reaktion	irreversibel; quantitativ	Erläuterung: <i>praktisch</i> als Modalwort

**Tabelle 30: Einführung von Reaktionsgleichungen (Fischer, 1994, 20)**

Neben der rein faktuellen Information werden, in diesem Zusammenhang vielleicht unerwartet, auch die Heckenausdrücke *meist klein und ganz* sowie *praktisch* benutzt, die eingeschränkte Gültigkeit anzeigen.

Die Textstelle enthält auch nicht-metasprachliche Verben, die im Einzelnen so aussehen:

Prozess	<i>führt zu</i>	Ergebnis
Gleichgewicht	<i>liegt</i>	auf der rechten Seite
Reaktion	<i>ist</i>	(praktisch) irreversibel
	<i>läuft von</i>	Edukten zu Produkten <i>ab</i>

Eine weitere, und andere Art des metasprachlichen Gebrauchs von Formeln liegt im Gebrauch der Formel als zusammenfassende Notation eines Vorgangs, der dann mit einem Namen belegt wird, wodurch der Formel eine Art Definitionscharakter unterlegt wird, wie etwa in den folgenden Beispielen (Fischer, 1994, 103 bzw. 62 und 63) anhand der Wörter *sogenannt*, *schreiben ... als* und *nennen* deutlich wird:

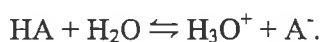
Dieser Vorgang

$2 \text{Cu}^+ \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + \text{Cu}$  ist eine sogenannte Disproportionierungsreaktion, bei der Cu(I) gleichzeitig in die niedrigere Cu(0) und die höhere Oxidationsstufe Cu(II) übergeht. (...)

Eine Disproportionierung findet auch beim Einleiten von  $\text{Cl}_2$  in Wasser statt:

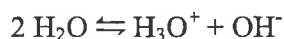


... die Dissoziation, die man auch Protolyse nennt ... Für eine beliebige Säure HA, engl. acid, schreibt man die Reaktionsgleichung als



und

Diesen Vorgang nennt man *Autoprotolyse*.



Als Nebenbemerkung sei in diesem Zusammenhang notiert, dass im gleichen Kontext neben dem Verb *sein* zur Beschreibung von chemischen Sachverhalten - hier Protolyse und Autoprotolyse - das Verb *wirken als* eingesetzt wird, was der Annahme 'ein Konzept - ein Wort' deutlich widerspricht (Fischer, 1994, 63; Hervorhebungen von mir, Zahl in Klammern bezieht sich auf eine Gleichung weiter oben im Fischer-Text, nämlich das vorletzte Beispiel in dieser Arbeit „... die Dissoziation, die man auch Protolyse nennt ...“):

Danach *ist* bei der Protolyse (1) HA die Säure,  $\text{H}_2\text{O}$  die Base. Bei ihrer Umkehrung *ist*  $\text{H}_3\text{O}^+$  die Säure,  $\text{A}^-$  die Base. Bei der Neutralisation *ist*  $\text{H}_3\text{O}^+$  die Säure,  $\text{OH}^-$  die Base, und bei der Autoprotolyse *wirkt* eines der  $\text{H}_2\text{O}$ -Moleküle als Säure, das andere als Base.

Parallel zur definitorischen Funktion der chemischen Gleichungen haben in vielen Fällen auch mathematische formelhafte Formulierungen, wie sie aus dem

Physikunterricht allgemein bekannt sind, eine ganz ähnliche definatorische Kraft, z.B. Fischer (1994, 14; meine Hervorhebung H.L. ):

Als weitere Konzentrationseinheiten sind im Gebrauch:

der Stoffmengenanteil (Molenbruch)  $x_i$  einer Substanz  $i$  in einem Gemisch oder in einer Lösung:

$$x_i = \frac{\text{Stoffmenge}_{\text{von } i}}{\text{Totale}_{\text{Stoffmenge}}} = \frac{n_i}{\sum n_i}$$

Er ist dimensionslos, und aus der *Definition* [als der mathematischen Formel] folgt

$$\text{Molalität} = \frac{\text{Stoffmenge}_{\text{der Substanz}}}{\text{Masse}_{\text{des Lösungsmittels}}} \quad \text{in mol/kg}$$

### 2.4.3.2 Komplementarität von Formel und Sprache

Unter dem Stichwort 'Komplementarität' soll ein Blick darauf geworfen werden, auf welche Art und mit welchen Ausdrucksweisen die Sprache chemische Formeln erläutert und ergänzt. Erstaunlich erscheint angesichts der - insbesondere didaktisch - wichtigen Hin- und Herübersetzung von Gleichung und Sprache, dass in der muttersprachlichen Fachausbildung dieser Vorgang in manchen Lehrwerken kaum thematisiert wird. Charakteristisch dafür ist etwa das Lehrbuch von Christen (1984, 47), in dem sich die Einführung der chemischen Gleichung auf etwa eine halbe Seite begrenzt und um den folgenden Merksatz herum angeordnet ist:

Eine chemische Gleichung beschreibt einen chemischen Vorgang. Sie gibt die daran beteiligten Stoffe und das Massenverhältnis an, mit dem sie an der Reaktion teilnehmen.

Viel ausführlicher wird die Problematik bei Vollmer (1980, 31-34) behandelt. Er spricht davon, dass die Einführung der chemischen Zeichensprache wegen zweier Problemfelder Schwierigkeiten bereite, nämlich die Mehrdeutigkeit der

Zeichensprache und der mangelnde Realitätsbezug chemischer Formeln. Die Mehrdeutigkeit der chemischen Zeichensprache wird anhand der „Symbole als unkomplizierteste Elemente der chemischen Zeichensprache erläutert (dto., 32/33):

Für die Symbole ... lassen sich auf einen ersten Blick schon drei unterschiedliche Denotate isolieren:

1. Sie können als Abkürzungen der Elementnamen stehen. In diesem Sinne bedeutet das Symbol S: Ein Stoff der Qualität 'Schwefel'.
2. Sie können sich auf Atome als Denotate beziehen. 1 Atom der Atomart, die das Element 'Schwefel' bildet.
3. Sie können auch andere als atomare Mengen bedeuten, z.B.: 1 Grammatom des Stoffes 'Schwefel'.

Für chemische Formeln gilt in Abänderung, dass sie

1. als Abkürzung für Stoffnamen,
2. für Moleküle,
3. als Repräsentanten für Atomanzahlverhältnisse,
4. als Repräsentanten für Grammatomverhältnisse stehen können.

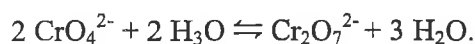
Wie in der mathematisch-physikalischen Kunstsprache existiert die Notwendigkeit der gegenseitigen Paraphrasierung von „künstlicher“ und „natürlicher“ Sprache. Eben weil die Zeichensprache mehrdeutig ist, und da „für diese unterschiedlichen Bedeutungsebenen nach wie vor identische Zeichen verwendet werden, bleibt die Notwendigkeit einer Präzisierung dieser Zeichen *durch den Kontext* bestehen“ (dto., 33; Hervorhebung von mir, H.L.).

Die Präzisierung kann durch Hinweise auf sensorische Eindrücke (Farbe, Geruch, Geschmack), durch Benennung oder Einordnung der jeweils verwendeten Verbindungen in Gruppen- oder Kategorien erfolgen, sich aber auch auf die Art und Eigenschaften der jeweils in den Reaktionen stattfindenden Prozesse oder auf Arbeitshinweise erstrecken.

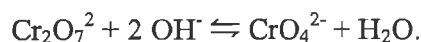


All diese Sachverhalte werden nun anhand Fischers *Praktikum* analysiert. In Versuch 5 F geht es um das Chromat- und das Dichromat-Ion (75/76). Die Textstelle im Buch lautet wie folgt:

Die beiden wichtigsten löslichen Cr(VI)-Ionen sind das Chromat-( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) und das Dichromation ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ). (...) Chromate sind charakteristisch gelb gefärbt. Werden Lösungen von Chromaten mit starker Säure versetzt, so ändert sich die Farbe, weil sich dann das orange Dichromat-Ion bildet.



Gibt man zu einer Dichromat-Lösung eine starke Base, so entsteht wieder Chromat.



Die sprachliche Formulierung belegt die chemische Formel mit einem Namen (z.B.  $\text{CrO}_4^{2-}$  benannt als *Chromat*), erläutert die Art (Kategorie, Gruppe) zu der die jeweilige Chemikalie gehört ( $\text{H}_3\text{O}^+$  ist eine *Säure*, weiter präzisiert durch den Zusatz *stark*), erläutert wichtige visuelle Eigenschaften, in diesen Fällen die Farbe (*gelb* bzw. *orange*), und benennt die Prozesse, welche in den Formeln mit Symbolen angedeutet werden (das „+“, jeweils nur für die linke Seite wird versprachlicht als *versetzen mit* bzw. *zugeben*; das Reaktionssymbol „ $\rightleftharpoons$ “ als *entstehen* und *sich bilden*). Zusätzlich könnte diesem Symbol die Farbänderung zugeordnet werden. Namen für Verbindungen, die zwar existieren, in der jeweiligen sprachlichen Umformulierung aber nicht verwendet werden, sind in geschweiften Klammern beigelegt. Fasst man diese Information überblicksartig zusammen, ergibt sich folgendes Bild für die erste der beiden Gleichungen:

Formel	$2\text{CrO}_4^{2-}$	+	$2\text{H}_3\text{O}^+$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	+	$3\text{H}_2\text{O}$
Name	Chromat		{Hydro- niumion}		Dichromat		
Art			starke Säure				
Prozess		versetzen mit		sich bilden; Farbe ändert sich			
Farbe	gelb				orange		

**Tabelle 31: Formel und Sprache 2 (Fischer 1, 75)**

Für die zweite Gleichung ergibt sich:

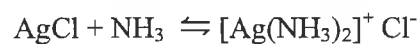
Formel	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	+	$2\text{OH}^-$	$\rightleftharpoons$	$2\text{CrO}_4^{2-}$	+	$\text{H}_2\text{O}$
Name	Dichromat		{Hydroxid -ion}		Chromat		
Art	Lösung		starke Base				
Prozess		zugeben		(wieder) entstehen [Farbe ändert sich]			
Farbe	[orange]				[gelb]		

**Tabelle 32: Formel und Sprache 3 (Fischer 1, 76)**

Es fällt auf eine gewisse Unausgeglichenheit in der sprachlichen Form, insofern die rechte Seite der Gleichung jeweils nur teilweise erläutert wird. Wie schon oben angesichts der Namen für verschiedene Verbindungen deutlich wurde, werden nicht alle Angaben bei jeder Gelegenheit gemacht. In dieser zweiten Gleichung findet sich kein Hinweis auf die Farbveränderung. Das Wissen darüber wird aus der ersten Gleichung impliziert, was in der Tabelle in eckigen Klammern angedeutet ist.

Bei anderen Gleichungen und ihren sprachlichen Formulierungen werden andere und weitere Charakteristika betont, wie z.B. Eigenschaften von bestimmten Stoffen oder Erläuterungen von Verbindungseigenschaften, wie am nächsten Beispiel aus Fischer (1994, 78) deutlich wird. Die entsprechende Textstelle sieht folgendermaßen aus:

Das schwerlösliche Silberchlorid AgCl löst sich bei Zugabe von wässriger conc. Ammoniaklösung. Dabei bildet sich die Komplexverbindung  $[Ag(NH_3)_2]Cl$ , in der zwei  $NH_3$ -Moleküle fest an das  $Ag^+$ -Ion gebunden sind und die in Wasser leicht löslich ist.



Bemerkenswert ist hier auch, dass die Formel für die Komplexverbindung im Textverlauf und in der graphisch abgesetzten eigentlichen Formel unterschiedlich ausfällt.

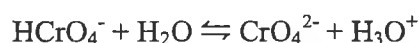
Formel	AgCl	+	2NH <sub>3</sub>	⇌	[Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] <sup>+</sup>	+	Cl <sup>-</sup>
Name	Silberchlorid		Ammoniak		{Diammin-silber(I)-ion}		
Art			Lösung		Komplexverbindung		
Eigenschaft	schwer löslich		wässrig, konzentriert		zwei NH <sub>3</sub> -Moleküle fest an Ag <sup>+</sup> -Ion gebunden		
Prozess	sich lösen	(bei) Zugabe		sich bilden			
Farbe							

**Tabelle 33: Formel und Sprache 4 (Fischer 1, 78)**

Prozesse können sich, wie sich hier zeigt, nicht nur auf die Gesamtheit der Gleichung beziehen, sondern auch auf einzelne Elemente. Was aus der tabellenartigen Übersicht *nicht* hervorgeht, ist der zeitliche oder kausale Zusammenhang zwischen dem Gesamtprozess und dem einen einzelnen Stoff betreffenden Vorgang. Dazu wird weiter unten noch mehr gesagt.

Weitere Beispiele für ergänzende Information zu Bruttogleichungen beziehen sich, wie im nachfolgenden Beispiel neben der Farbe auch auf die geometrische Gestalt von in der Gleichung vorkommenden Teilchen (*tetraedrisch*) und die Art (*allein*) und Bedingung (*oberhalb pH = 8*) des Vorkommens (Fischer, 1994, 159).

Der wichtigste Vertreter für Cr(VI) ist das tetraedrische, gelbe Chromation  $\text{CrO}_4^{2-}$ , das in wässrigen Lösungen nur oberhalb  $\text{pH} = 8$  allein vorliegt.



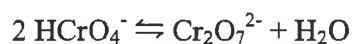
In diesem Fall wird von allen in der Formel gezeigten Informationen ausschließlich die zum Chromation gehörige ausgeführt.

Formel	$\text{HCrO}_4^-$	+	$\text{H}_2\text{O}$	$\rightleftharpoons$	$\text{CrO}_4^{2-}$	+	$\text{H}_3\text{O}^+$
Name					Chromation		
Art					Vertreter für Cr(VI)		
Prozess							
Eigenschaft					oberhalb ph 8 allein		
Geometrie					tetraedrisch		
Farbe					gelb		

**Tabelle 34: Formel und Sprache 5 (Fischer 1, 159)**

Eine zusätzliche Information zur Geometrie solcher Verbindungen findet sich in demselben Textabschnitt, wo die Farbe, die geometrische Struktur und die Art der Verbindung im Text erläutert werden. Die Textinformation *eckenverbrückt*, die ohne nähere Erläuterung schwer verständlich bleibt, wird in diesem Fall auf der nachfolgenden Seite durch eine Strukturdiagramm ergänzt.

Im sauren Bereich sind eine Reihe von Gleichgewichten zu beachten, durch die sich auch das orange Dichromation  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  bildet, in dem zwei  $\text{CrO}_4$ -Tetraeder eckenverbrückt sind.

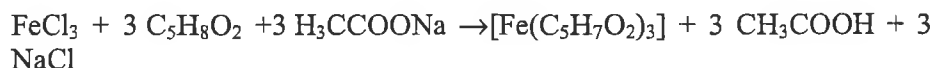


Formel	$2 \text{HCrO}_4^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	+	$\text{H}_2\text{O}$
Name			Dichromation		
Geometrie			zwei $\text{CrO}_4$ Tetraeder;		
Bindungs- geometrie			eckenverbrückt		
Farbe			gelb		

**Tabelle 35: Formel und Sprache 6 (Fischer 1, 159)**

Die Ergänzung der in der Bruttoformel präsentierten Information durch eine Strukturformel findet sich an weiteren Textstellen, z.B. im Kapitel zur Herstellung von Komplexsalzen, in dem Tetramminkupfer(II)-Sulfat, Hexamminnickel(II)chlorid, Ammoniumtetrachlorzinkat, Trikaliumtrioxalatochrom(III)-trihydrat sowie Trisacetylacetonatoeisen(III) dargestellt werden, wobei nur bei letzterem der Ligand  $3 \text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$  namentlich und durch eine Strukturformel ergänzt vorgestellt wird (Fischer, 1994, 88).

### Trisacetylacetonatoeisen(III)



Der Ligand heißt auch acac = Acetylaceton und ist genauer das Enoltatanion, d.h. das Anion von



Neben der geometrischen Anordnung und der Farbe werden durch die formulaische Wiedergabe auch der Geruchs- und Geschmackssinn 'fort-formuliert', die für die praktische Laborarbeit jedoch recht wichtig werden können. Die Textinformation kann dieses sensorische Defizit ausgleichen, wo es nötig ist (Fischer, 1994, 63; meine Hervorhebung):

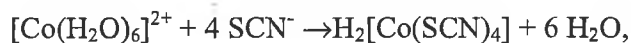
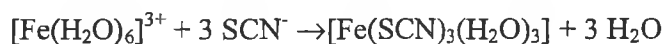
Die OH<sup>-</sup>-Ionen können durch Säuren gebildete H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>-Ionen neutralisieren: Gleichmolare Lösungen von HCl und NaOH ergeben deshalb beim Mischen wässrige Kochsalzlösungen (NaCl), die weder sauer noch basisch, d.h. nach Lauge, seifig oder alkalische, *schmecken*. Das Neutralisationsgleichgewicht



liegt offenbar stark rechts.

Eine weitere häufige Verwendung der Formel, die in den Textfluss eingebaut ist liegt darin, dass der Text eine verallgemeinerte Regel vorlegt (*man kann einige Metallionen in neutrale Komplexe überführen, die sich in organischen Lösungsmitteln lösen*), für die dann die Formeln spezifische Beispiele darstellen (Fischer, 1994, 52). Die Beispielhaftigkeit der aufgeführten Formeln wird durch Schätz-Artikel (nach Weinrich, 1993, 467) wie *einige* im folgenden Beispiel und *viele*, aber auch durch Adjektive wie *typisch* angezeigt.

Gelöste Salze können aus Wasser meistens nicht direkt extrahiert werden. Man kann jedoch einige Metallionen durch Zufügen geeigneter Liganden zunächst in neutrale Komplexe überführen, die sich auch in organischen Lösungsmitteln lösen. Hierzu dient z.B. das Thiocyanat-Ion  $\text{SCN}^-$ , das mit  $\text{Fe}^{3+}$  und  $\text{Co}^{2+}$  neutrale Komplexe bildet,



die sich, wie auch einige Komplexsalze, z.B.  $(\text{NH}_4)_2[\text{Co}(\text{SCN})_4]$ , in polaren organischen Extraktionsmitteln lösen.

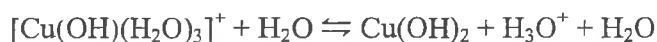
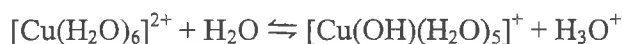
In Tabellenform überführt sieht das Verhältnis zwischen Text- und Formelinformation folgendermaßen aus:

<b>Formeln</b>	$[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$	+	3 $\text{SCN}^-$ 4 $\text{SCN}^-$	→ →	$[\text{Fe}(\text{SCN})_3(\text{H}_2\text{O})_3]$ $\text{H}_2[\text{Co}(\text{SCN})_4]$	+	3 $\text{H}_2\text{O}$ 6 $\text{H}_2\text{O}$
Gruppenbezeichnung	Metallion		Ligand		neutrale Komplexe		
Name			Thiocyanat-Ion				
Prozess		zu-fügen		über-führen, bilden			

**Tabelle 36: Formel und Sprache 7 (Fischer 1, 52)**

Als Beispiel für den Schätz-Artikel *vielen* in einem ähnlichen Umfeld stehe der folgende Textausschnitt (Fischer, 1994, 82):

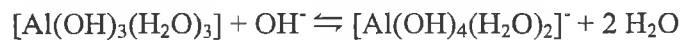
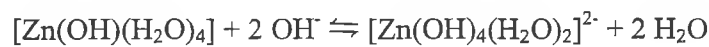
Aquakomplexe vieler Übergangsmetalle wirken als Brönsted-Säuren, also  $\text{H}^+$ -Donatoren, unter Änderung ihres Ladungszustands:



Man beachte, dass der hier ablaufende Prozess (und zugleich das Resultat des Prozesses) die *Änderung* (des Ladungszustandes) ist bzw. zur Folge hat.

Für die Anführung von Formeln als *typische* Beispiele für ein Phänomen, hier für amphoterer Verhalten, steht die folgende Textstelle, die der soeben zitierten fast direkt nachfolgt.

Man nennt dieses Verhalten *amphoter*, was in Säure und Base löslich bedeutet.



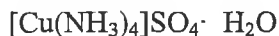
Diese Reaktionen sind typische Ligandenaustauschprozesse.

Zuletzt soll im Zusammenhang von Interdependenz von Formel und Text noch gezeigt werden, dass die Formel auch im Zusammenhang mit einer direkten Arbeitsanweisung eingesetzt werden kann. Hier wird darauf hingewiesen, in welcher Form (*feingepulvert* etc.) mit welchen Geräten (*in einem kleinen Becherglas* etc.), mit welchem Zeitaufwand (*mindestens 15 min*), unter welchen Temperaturen (*eisgekühlte Mischung* etc.), aus welchen Gründen (*zur Vervollständigung der Fällung*), in welchen Mengen (*ml*) und in welcher Reihenfolge (*dann, anschließend* etc.) die in der Formel angesprochenen Stoffe, Präparate und Chemikalien verwendet werden. Zugleich werden sie z.T. bei ihren laborüblichen Namen (*Vitriol*) genannt. Die labor-typischen Tätigkeiten werden durch entsprechende Verben (*lösen, filtrieren, ausfällen, (in Eis) stellen, abtrennen, waschen, trocknen*) oder vom Verb abgeleitete Substantive (*durch Zugabe*) angezeigt. An einem solchen Beispiel wird besonders deutlich, wie stark abstrahiert Formeln sind, und wie unverzichtbar die durch die Textinformation zugeliesserte Information für den praktischen Umgang mit den in den Formeln angesprochenen



Elementen und Verbindungen ist. Die Textstelle sieht folgendermaßen aus (Fischer, 1994, 87)

Stellen Sie eine Ihnen angegebene Anzahl der folgenden Komplexe her.



Tetramminkupfer(II)-Sulfat



In einem kleinen Becherglas werden genau 2 g feingepulvertes Vitriol in 5 ml H<sub>2</sub>O und 3 ml conc. NH<sub>3</sub> gelöst. Die Lösung wird durch einen kleinen Faltenfilter filtriert. Der Tetramminkupferkomplex wird dann durch Zugabe von 3 ml Ethanol aus dem Filtrat ausgefällt. Die Mischung stellt man zur Vervollständigung der Fällung mindestens 15 min in Eis. Anschließend werden die dunkelblauen Kristalle in einer Glasflitte abgetrennt und zuerst mit 6 ml einer eisgekühlten 1 : 1-Mischung aus Ethanol und conc. Ether gewaschen und dann im Exsikkator unter Vakuum getrocknet.

Kurz soll der oben schon angesprochenen kausal-temporale Komplex noch angesprochen werden. Die unterschiedliche temporale und kausale Ausrichtung von Formeln vis-a-vis Fließtext ist in gewissen Situationen von äußerster Wichtigkeit, weil die Reihenfolge der Zugabe von Chemikalien mit Sicherheitserwägungen verbunden sein kann, z. B.:

Die konzentrierten Lösungen (36% HCL) werden zuerst im Verhältnis 5 : 4 mit Wasser verdünnt, welches vorsichtig unter Rühren zugegeben wird. (Fischer, 1, 216)

Ein Beispiel für die Umkehrung der Reihenfolge der Schritte zwischen Formel und Text ist die oben schon erwähnte Disproportionierung. Es heißt hier (Fischer 1994, 103):

Eine Disproportionierung findet auch beim Einleiten von  $\text{Cl}_2$  in Wasser statt:



Der Text macht deutlich, dass  $\text{Cl}_2$  in Wasser eingeleitet wird, während die Formel genau den umgekehrten Prozess anzugeben scheint. Dieses Phänomen der Umkehrung tritt häufig insbesondere bei der Verwendung von Wasser als Lösemittel auf, vermutlich weil die Stellung nach dem „+“-Zeichen in der Formel den Charakter des Wassers als Lösemittel hervorstreicht, während im Labor die Mischung des zu lösenden Stoffes in das Wasser das praktischere und zweckmäßigere Verfahren darstellt.

Zuletzt soll auch noch erwähnt werden, dass die Interdependenz von Fließtext und Formel zwar äußerst wichtig ist, insbesondere in einem didaktischen Umfeld, doch wird eine im Fließtext gegebene Information nicht immer in eine Formel umgewandelt, auch wenn sie sich dazu eignen würde und wie etwa im nachfolgenden Beispiel die weiter oben angesprochene Exemplifizierung leisten könnte, welche formulaische Ausdrücke gelegentlich annehmen (Fischer, 1994, 34):

Zum Beispiel löst sich  $\text{AgNO}_3$  in Wasser gut (122 g/ 100 ml bei  $0^\circ$ ). Gibt man aber eine  $\text{AgNO}_3$ -Lösung Chloridionen zu, z.B. eine  $\text{NaCl}$ - oder eine  $\text{HCl}$ -Lösung, so fällt das schwerlösliche  $\text{AgCl}$  aus.

Als Zwischenbilanz des bisher Gesagten kann man festhalten, dass sich in der allgemeinen Wissenschaftssprache der Chemie eine große Vielfalt von Synonymen und Paraphrasen findet, die durch die ständige Bezugsmöglichkeit auf Formeln ermöglicht werden. Zudem spielt in diesem Zusammenhang die metasprachliche Dimension eine wichtige Rolle. Formeln werden als Definitionen angesehen, metasprachliche Erklärungen zur Funktion und Lesart der Formeln sind häufig. Die vom Fließtext beigesteuerte Zusatzinformation bezieht sich auf viele unterschiedliche Eigenschaften der jeweiligen Elemente, Verbindungen und der zwischen ihnen ablaufenden Prozesse. Besonders in Hinblick auf die Prozesse

nehmen die Verben eine herausragende Bedeutung an. Die Textinformation ist gelegentlich gegenläufig zur Reaktionsgleichung; wenn also in formelhafter Form geschrieben wird  $A + B$ , besagt der Fließtext, dass man  $B$  zu  $A$  gibt. Diese Erscheinung ist *nicht* trivial, weil sie unter anderem Auswirkungen auf die Sicherheit im Labor haben kann. Die Sicherheitsimplikationen sind erheblich, wie in der *Laborfibel* von Kruse (1989, 108) verdeutlicht wird:

Beim Verdünnen von konzentrierten Säuren stets die Säure in das Wasser geben, nie umgekehrt (starke Erhitzung mit Gefahr des Verspritzens).

Genauso bei Fanghänel u.a. (1992, 31), mit Warmausruf, Ausrufezeichen, Fettdruck als äußerst wichtig gekennzeichnet.

**Achtung! Säuren darf man nur durch Zugabe zum Wasser verdünnen; dabei ist die Flüssigkeit in der Vorlage kräftig zu rühren!**

Zur Ergänzung des Vorhergegangenen sollen am folgenden Beispiel zwei Beobachtungen angeführt werden, die weiter Auffälligkeiten im Zusammenspiel von Formel und Sprache widerspiegeln (Fischer, 1994, 159):

1. Die Formel kann sich auf einen Teilsatz im Text beziehen
2. Das „+“-Zeichen kann in ein Kompositum (hier *Basenzusatz*) integriert sein

Der Satz lautet wie folgt:

Bei Zusatz von Ammoniak als Base fällt ein graublaues Oxidhydrat  $\text{Cr}(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  aus, das sich bei weiterem Basenzusatz wieder löst.

Die folgende (tabellarisch erläuterte) Formel bezieht sich auf den Relativsatz.

Formel	$\text{Cr}(\text{OH})_3$	+	$3 \text{ OH}^-$	→	$[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-}$
Name	Oxidhydrat				
Art			Base		
Prozess	sich lösen	(bei) (Basen) Zusatz		sich bilden	
Farbe	graublau				

**Tabelle 37: Formel und Sprache 8 (Fischer 1, 159)**

### 2.4.3.3 Sprachliche Ausdrucksweisen im Zusammenhang mit *Reaktion*

Die Sammlung der folgenden Beispiele ist fast ausschließlich den Arbeiten von Hanns Fischer und Fromherz und King entnommen. Die Häufung von auf *Reaktion* bezogenen Ausdrücken an manchen Textstellen, wie sie durch die angegebenen Seitenzahlen erkenntlich wird, erklärt sich daraus, dass die Aussagen verstärkt in den Abschnitten zu Reaktionsmechanismen (Fischer, Vol.2) und zur Reaktionskinetik (Fromherz/King) auftreten. Dies tut ihrer Allgemeingültigkeit aber keinen Abbruch.

Das Nomen *Reaktion* wird u. a. mit folgenden Verben kombiniert

a) in Subjektsposition

intransitiv

eine Reaktion erfolgt  
läuft ab  
verläuft  
geht vor sich  
spielt sich ab  
läuft weiter  
setzt ein  
tritt ein

**Beispiele:**

erfolgen

Die Eliminierung [eine spezielle Reaktion] tritt hier durch nucleophilen Angriff einer Base am H-Atom einer C<sub>β</sub>H-Gruppe unter gleichzeitigem Austritt der Abgangsgruppe ein. Sie erfolgt stereospezifisch ... (Fischer 2, 61)

ablaufen

Der pH-Wert ändert sich nur sehr wenig, wenn in der Lösung Reaktionen ablaufen, die  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen zusätzlich in nicht zu großem Ausmaß erzeugen oder vernichten. (Fischer 1, 63)

(Dazu auch Reaktionsablauf:

Der Reaktionsablauf chemischer Reaktionen wird normalerweise durch Druck- und Konzentrationsmessungen mit den üblichen analytischen Hilfsmitteln verfolgt. Fromherz/King, 321)

verlaufen

Bei der Untersuchung schnell verlaufender chemischer Reaktionen mit Halbwertszeiten unter 10 Sekunden treten vor allem zwei Probleme auf ... (Fromherz/King, 321)

vor sich gehen

... alle Reaktionen müssten wegen der großen Stoßzahl bei gewöhnlicher Temperatur außerordentlich rasch vor sich gehen. (Fromherz/King, 319)

sich abspielen

Man unterscheidet homogene und heterogene Reaktionen, je nachdem sich die Reaktion in einer homogenen Phase oder an der Grenzfläche (Zwischenfläche) oder Grenzlinie mehrerer Phasen abspielt. (Fromherz/King, 315)

weiterlaufen

Schließt man die Pole kurz, so läuft die Redoxreaktion wie im oben bereits beschriebenen Eintopfsystem weiter. (Fischer 1, 91)

einsetzen

Erhitzt man nun die Mischung in einem Reagensglas, so schmilzt zuerst der Schwefel und dann setzt eine stürmische (heftige) Reaktion ein. (Fromherz/King, 7)

eintreten

Die Eliminierung [eine spezielle Reaktion] tritt hier durch nucleophilen Angriff einer Base am H-Atom einer  $C_{\beta}H$ -Gruppe unter gleichzeitigem Austritt der Abgangsgruppe ein. (Fischer 2, 61)

transitiv (bzw. mit Präpositionalobjekt)

eine Reaktion führt zu  
konkurriert mit  
befolgt  
stört  
erzeugt  
vernichtet  
leitet ein

führen zu

Die Reaktion ist stereospezifisch und führt zur Inversion der Konfiguration am Reaktionszentrum. (Fischer 2, 58)

konkurrieren mit

Bei Verbindungen mit  $C_{\beta}H$ -Gruppen konkurrieren die Eliminierungsreaktionen mit den nucleophilen Substitutionsreaktionen  $S_N$  und befolgen die gleiche Kinetik. (Fischer 2, 60)

befolgen

Bei Verbindungen mit  $C_{\beta}H$ -Gruppen konkurrieren die Eliminierungsreaktionen mit den nucleophilen Substitutionsreaktionen  $S_N$  und befolgen die gleiche Kinetik. (Fischer 2, 60)

stören

Als Seitenreaktionen stören [die Etherbildung und die Alkenbildung]  
(Fischer 2, 62)

erzeugen

Der pH-Wert ändert sich nur sehr wenig, wenn in der Lösung Reaktionen  
ablaufen, die  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen zusätzlich in nicht zu großem Ausmaß erzeugen  
oder vernichten. (Fischer 1, 63)

vernichten

Der pH-Wert ändert sich nur sehr wenig, wenn in der Lösung Reaktionen  
ablaufen, die  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen zusätzlich in nicht zu großem Ausmaß erzeugen  
oder vernichten. (Fischer 1, 63)

einleiten

Bei Kettenreaktionen unterscheidet man die einleitende Reaktion ...  
(Fromherz/King, 323)

b) als Objekt

als Akkusativobjekt

eine Reaktion	durchführen
	beschleunigen
	beenden
	hemmen

durchführen

Da das Anion der Cellulose reagiert, muss die Reaktion im basischen  
Milieu durchgeführt werden. (Fischer 2, 130)

(In diesem Fall ruht die Objektposition von *Reaktion* im zu Grunde liegenden  
Aktiv-Satz, *jemand führt eine Reaktion durch*. Das Gleiche gilt für das Verb  
*hemmen* unten.)

### beschleunigen

Durch Herabsetzung der Aktivierungswärme mittels Katalysatoren kann man eine Reaktion beschleunigen. (Fromherz/King, 319)

### beenden

Bei Kettenreaktionen unterscheidet man die einleitende Reaktion (Startreaktion), die sich immer wiederholende Reaktionsfolge (Reaktionskette) und den Kettenabbruch, der die Reaktion beendet (Abbruchreaktion). (Fromherz/King, 323 u. 325)

### hemmen

Mit negativer Katalyse bezeichnet man die Erscheinung, dass durch die Zugabe eines Stoffes, z.B. eines Fremdgases, eine bestimmte Reaktion gehemmt wird. (Fromherz/King, 325)

### als Präpositionalobjekt

sich an einer Reaktion	beteiligen
an einer Reaktion	teilnehmen
zu einer Reaktion	führen
durch eine Reaktion	entstehen

### sich an einer Reaktion beteiligen

Im Anhang sucht man zunächst die Normalpotentiale der vermutlich beteiligten Redoxpaare ... (Fischer 1, 93)

Stickstoff bleibt bei der Temperatur von etwa 1000°C im Winkler-Generator unverändert, er beteiligt sich nicht an den chemischen Reaktionen, denn der Stickstoff ist ein inertes (reaktionsträges) Gas. (deutsch komplex, 155)



an einer Reaktion teilnehmen

Schließlich können auch Konzentrationen von Stoffen in der Gleichung für die Reaktionsgeschwindigkeit erscheinen, die nicht verbraucht werden, also scheinbar nicht an der Reaktion teilnehmen. (Fischer 2, 89)

(vgl. hierzu die Wortbildungen *Reaktionsteilnehmer* und *Reaktionspartner*)

zu einer Reaktion führen

Würde in einem reagierenden System jeder Stoß zweier Moleküle zur Reaktion führen, so müsste nach der kinetischen Theorie die Reaktionsgeschwindigkeit ... (Fromherz/King, 319)

durch eine Reaktion entstehen

...es entstehen durch eine andere Reaktion  $10^{-2}$  M  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen (Fischer 1, 66)

Das Verb *reagieren* kann näher bestimmt werden durch ein Adverb oder Adjektiv, wie in den folgenden Beispielen:

sauer/basisch	reagieren
quantitativ	reagieren
partiell	reagieren
heftig/stürmisch	reagieren

sauer/basisch reagieren

Basisch reagiert auch Ammoniak ... (Fischer 1, 63)

Die Lösungen reagieren dann sauer oder basisch. (Fischer 1, 65)

quantitativ reagieren

...es entstehen durch eine andere Reaktion  $10^{-2}$  M  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Diese reagieren praktisch quantitativ mit  $\text{A}^-$  zu HA ... (Fischer 1, 66)

partiell reagieren

Wie oben bereits gesagt, liegt bei Titration mit NaOH am Äquivalenzpunkt formal eine reine Lösung des Na-Salzes der schwachen Säure vor, das vollständig dissoziiert ist und dessen Anion partiell mit Wasser reagiert und dabei OH<sup>-</sup>-Ionen liefert. (Fischer 1, 139)

heftig/stürmisch reagieren

Erhitzt man nun die Mischung in einem Reagensglas, so schmilzt zuerst der Schwefel und dann setzt eine stürmische (heftige) Reaktion ein. (Fromherz/King, 7)

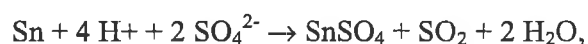
Es kann mit einem präpositionalen Präfix oder mit einer Präposition kombiniert werden, wie in den folgenden Beispielen:

reagieren nach

Sn-Metall ist bei Zimmertemperatur gegen Wasser und Luft stabil, auch gegen verdünnte HCl und H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Konzentrierte Salzsäure reagiert aber nach



und conc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> nach



während HNO<sub>3</sub> zu Nitrat Sn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> führt. (Fischer 1, 153/54)

weiterreagieren

Das intermediäre Carbeniumion ist planar und kann von beiden Seiten weiterreagieren. (Fischer 2, 57)

## 2.4.4 Zusammenfassung

In diesem Abschnitt wurde an Hand eines Textbeispiels mit studentischer Bearbeitung in Form einer Übersetzung gezeigt, dass und in welcher Hinsicht die im ersten Teil dieser Arbeit hervorgehobene Zweisprachigkeit der deutschen Chemiesprache ein Lernproblem für L2-Lerner darstellt. In einem weiteren Schritt wurde an vielen Beispielen ausführlich gezeigt, wie im Zusammenhang mit Reaktionen (Brutto)Formeln und sprachliche Explikation sich ergänzen. Dies ist ein Gebiet, das sich in der Didaktik des Deutschen als Fremdsprache für Übungen geradezu aufdrängt, und wird im dritten Teil der Arbeit nochmals kurz aufgegriffen. Zuletzt wurden in diesem Kapitel exemplarisch Ausdrucksweisen, die mit dem Themengebiet *Reaktion* zusammenhängen, aufgeführt, um die Reichhaltigkeit der chemischen Fachsprache – insbesondere wieder in Hinblick auf die Verben – sichtbar zu machen.

## 2.5 Grundbegriff: Labor

### *Einführung*

Da ein großer Teil der Ausbildung in den meisten Naturwissenschaften, in keiner aber mehr als in der Chemie, im Labor durchgeführt wird, soll dieser Abschnitt der sprachlichen Bewältigung dieses spezifischen Aspektes des chemischen Alltags dienen. Zu diesem Zweck wird ein sehr ausführliches Fallbeispiel betrachtet, das zeigt, wie eine irische Studierende mit einem deutschen Universitätskript zurecht zu kommen versucht, und das Einiges über die Schwierigkeiten verrät, die im universitären Alltag für deutschlernende Chemiestudierende auftreten. Diese Schwierigkeiten werden anhand der Annotationen der Studierenden im Skript minutiös verfolgt. Wie schon im ersten Teil festgestellt wurde, besteht bei der systematischen Analyse von Universitätskripten ein Forschungsdefizit, das mit der hier folgenden Analyse zwar nicht geschlossen werden kann, in dem sich aber aus der fremdsprachlichen Perspektive einige Fingerzeige über eine mögliche Vorgehensweise bei der Aufarbeitung des Defizits gewinnen lassen dürften.

Aus einer zweiten Perspektive wird dann anhand des Grundlagentextes von Hanns Fischer die Reichhaltigkeit der Verben in dem Ausschnitt der Chemiesprache gezeigt, welcher der Manipulation von Flüssigkeiten gilt. Dies scheint um so wichtiger, als im öffentlichen, durch Buch und Film, Presse und Foto verbreiteten Image der Chemie genau dies eine sehr zentrale Rolle spielt, man denke nur an Universitätsbroschüren, in denen die Chemie durch weißbekittelte Reagenzglashalter und -halterinnen, die vielen Phantasie- oder Science-Fiction-Filme, bei denen dampfende, grell gefärbte Flüssigkeiten in dickbäuchigen Flaschen aufsteigen und zwischen ihnen hin und her blubbern und zischen.

## 2.5.1 Universitätsskript

### 2.5.1.1 Einführung in den Text

Das Skript stammt von der Universität Leipzig. Es wurde im Studienjahr 1999/2000 verwendet. Der Titel lautet: Praktikum „Quantitative Instrumentelle Analytik“. Grundlagen und Versuchsinhalt. 5. Semester Diplomstudiengang Chemie/Umweltchemie. Eine Kopie des Skripts findet sich im Anhang. Genauere Angaben zur Textsorte *Skript* wurden in Abschnitt 2.1.3 gemacht.

Im Abschnitt zur Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA), unter der Hauptüberschrift „Theoretische Grundlagen“ (Abschnitt 5.1.2.1., S. 46) findet sich in Unterabschnitt „Röntgenstrahlen und RFA“ der folgende Text:

Beim Beschuss von Atomen mit energiereichen Photonen (Röntgenstrahlen) oder Teilchenstrahlen (Elektronen, Ionen) können Elektronen aus inneren Schalen der Elektronenhülle der Atome herausgeschlagen werden. Eine solche Vakanz in einer inneren Schale wird jedoch sehr schnell durch Elektronen von energetisch höher liegenden Niveaus aufgefüllt. Dabei wird ein Photon der Wellenlänge  $\lambda = c/v$  emittiert, dessen Energie  $h\nu$  gleich der Bindungsenergie­differenz zwischen den beteiligten Elektronenniveaus ist. Da eine Vakanz, etwa in der K-Schale, unter Beachtung der quantenmechanischen Auswahlregeln von vielen darüberliegenden Niveaus her aufgefüllt werden kann, kommt es zur Herausbildung von Serien solcher Röntgenemissionslinien (K-Serie, L-Serie usw.). Die Röntgenübergänge werden im einfachsten Fall durch den Namen der Serie und einen nachfolgenden griechischen Buchstaben bezeichnet. Beispielsweise kennzeichnet  $\alpha$  die Auffüllung einer Vakanz aus der folgenden Schale. Die Abbildung 1 gibt einen Überblick über erlaubte Röntgenübergänge und deren Bezeichnung. Es gelten Dipol­auswahlregeln:  $\Delta l = 1$ ,  $\Delta j = 0; 1$ . Die auf die beschriebene Weise erzeugten Linienspektren sind charakteristisch für die jeweiligen Elemente. Voraussetzung für die Anregung dieser charakteristischen Röntgenstrahlung ist, dass die Anregungsenergie zum Entfernen der Elektronen aus den inneren Schalen der Elektronenhülle ausreicht, d.h. dass sie energetisch über dem Wert der entsprechenden Absorptionskanten liegt.

Die Auswertung dieser studentischen Annotationen in einem typischen Fachtext in der Ausbildung auf der tertiären Ebene zeigt die eminente Bedeutung, welche in einem solchen Kontext, trotz aller gegenteiligen Versicherungen in Hinblick auf die Fachsprachen, die Verben einnehmen, wenn es um die Analyse und das Verständnis von derartigen Texten auf Seiten von Zweitsprachenlernern geht. Weiterhin wird anhand der studentischen Bearbeitung offensichtlich, dass metaphorischer Sprachgebrauch in der Fachsprache zum normalen Gebrauch gehört und unter bestimmten Umständen Fremdsprachlern Probleme bereitet.

Die Textstelle umfasst insgesamt 180 Wörter (die drei Gleichungen sind aus der Wortzählung ausgeschlossen), davon 100 [genau 99] Inhaltswörter (abgezogen wurden Funktionswörter einschließlich Artikel, Präpositionen, Konjunktionen, Modal- und Hilfsverben, von denen keines mit Bemerkungen versehen wurde) und, nach Abzug der Wortwiederholungen, 70 [genau 69] verschiedene Wörter. Von diesen Wörtern sind 29 mit Bemerkungen versehen (bei zweien davon handelt es sich um bloße Unterstreichungen), das sind immerhin ca. 40% der Inhaltswörter, was auf eine sehr genaue und gewissenhafte Bearbeitung des Textes durch die Studentin hinweist. Bedenkt man, dass einige der annotierten Wörter an mehreren Stelle im Text erscheinen, so erhöht sich der Anteil der durch Anmerkungen oder Unterstreichung bearbeiteten Textstücke noch weiter. Die Annotierungen werden im Anschluss wiedergegeben. Sie sind durch Fettdruck gekennzeichnet. Alle Erläuterungen im Originalskript sind über den entsprechenden Wörtern handschriftlich eingetragen.

Beim **Beschuss** /**bombardment**/ von Atomen mit energiereichen Photonen- (Röntgenstrahlen) oder **Teilchenstrahlen** /ohne Übersetzung/ (Elektronen, Ionen) können Elektronen aus inneren **Schalen** /**shells**/ der **Elektronenhülle** /**shell**/ der Atome **herausgeschlagen** /**knock out**/ werden. Eine solche **Vakanz** /**vacancy**/ in einer inneren Schale wird jedoch sehr schnell durch Elektronen von energetisch höher liegenden **Niveaus** /**level**/ **aufgefüllt** /**fill up**/. Dabei wird ein Photon der Wellenlänge  $\lambda = c/v$  emittiert, dessen Energie  $h\nu$  gleich der Bindungsenergiedifferenz zwischen den **beteiligten** /**involved**/ **Elektronenniveaus** /**electron level**/ ist. Da eine Vakanz, etwa in der

K-Schale, unter Beachtung der quantenmechanischen **Auswahlregeln** /choice rules/ von vielen **darüberliegenden** /higher/ Niveaus her aufgefüllt werden kann, kommt es zur **Herausbildung** von **Serien** /series/ solcher Röntgenemissionslinien (K-Serie, L-Serie usw.). Die **Röntgenübergänge** /Xray; transition/crossing/ werden im einfachsten Fall durch den Namen der Serie und einen nachfolgenden griechischen Buchstaben **bezeichnet** /shown/. Beispielsweise **kennzeichnet** /identifies/  $\alpha$  die **Auffüllung** /filling up/ einer Vakanz aus der **folgenden** /following/ Schale. Die Abbildung 1 gibt einen Überblick über **erlaubte** /allowed/ **Röntgenübergänge** /Xray transition/ und deren **Bezeichnung** /Marking/. Es **gelten** /worth/ Dipolauswahlregeln:  $\Delta l = 1$ ,  $\Delta j = 0; 1$ . Die auf die beschriebene **Weise** /way/ **erzeugten** /produce/ Linienspektren sind charakteristisch für die jeweiligen Elemente. **Voraussetzung** /Condition/ für die **Anregung** /Excitation/ dieser charakteristischen Röntgenstrahlung ist, dass die Anregungsenergie zum Entfernen der Elektronen aus den inneren Schalen der Elektronenhülle **ausreicht** /be enough/, d.h. dass sie energetisch über dem Wert der entsprechenden Absorptionskanten liegt.

### 2.5.1.2 Wichtigkeit von Verben in der Fachsprache

Von den annotierten Wörtern sind 17 Nomen (davon einfache Nomen: 5, zusammengesetzte Nomen: 7, Verbderivative: 5 ) und 11 Verben (davon in Prädikatsposition: 6, als attributives Partizip: 5, davon Partizip I: 2 und Partizip II: 3.) Diese Information ist im folgenden nochmals tabellarisch zusammengefasst:

Wortart	Wort (Zeile*)	Übersetzung
Nomen		
einfach	Schale (2) Vakanz (3) Niveau (4) Serie (9) Weise (14)	shell vacancy level series way
zusammengesetzt	Teilchenstrahlen (2) Elektronenhülle (3) Elektronenniveau (6) Auswahlregel (7) Herausbildung (8) Röntgenübergang (9) (12)	[keine Übers.] shell electron level choice rule [keine Übers.] Xray transition/crossing Xray transition
Verbderivativ	Beschuss (1) Auffüllung (11) Bezeichnung (13) Voraussetzung (15) Anregung (15)	bombardment filling up marking condition excitation
Verb		
prädikativ	herausschlagen (3) auffüllen (5) bezeichnen als (11) kennzeichnen (11) gelten (13) <sup>236</sup> ausreichen (17)	knock out fill up shown identifies worth be enough
attributiv		
Partizip I	darüberliegend (8) folgend (12)	higher following
Partizip II	beteiligt (6) erlaubt (12) erzeugt (14)	involved allowed produce
*die Zeilenangabe bezieht sich auf das Originalskript		

**Tabelle 38: Annotationen 1 (Nomina und Verben)**

<sup>236</sup> Das Verb *gelten* wird an einer anderen Stelle des Skripts (Abschn. 4.1.2.4., S. 23) in einer Randbemerkung zutreffender wiedergegeben: *Werden diese Bedingungen realisiert, so gelten die Gleichungen (6) - (8) auch für die AAS ... als (6) and (8) work for AAS .* (Bemerkenswert die Umformung von (6) - (8) in (6) **and** (8).)



Schlägt man die Verbderivative, welche L2-Lernern ohne ein Verständnis der zugehörigen Verben unverständlich bleiben müssen, den Verben zu, so ergibt sich, dass den Verben und den Nomen jeweils etwa die Hälfte der Annotationen zukommt. Dies kann man dem sehr viel geringeren Verbanteil in der durchschnittlichen Fachtextanalyse gegenüberstellen und man kommt zum Schluss, dass die rein statistische Betrachtung von Fachtexten sich nicht direkt in die Didaktik der Fachsprache als Zweitsprache übertragen lässt.

### 2.5.1.3 Zusammenhang zwischen Form und Inhalt

Ein weiterer Aspekt, der sich aus der Analyse der Annotierungen in Universitätsskripten ergibt, ist die Parallelität von Unsicherheiten in der Verbform mit Unsicherheiten im Verständnis der Bedeutung der entsprechenden Verben. Der Gradmesser für die Unsicherheit ist die Wiedergabe von deutschen Verbformen in den englischsprachigen Annotierungen. Diese können entweder die deutsche Form direkt reflektieren (z.B. 3. Person Singular, Aktiv, Indikativ, Präsens als Form in beiden Sprachen), oder indirekt wiedergeben (z.B. Partizip I im Deutschen als *-ing*-Form in Adjektivstellung im Englischen) oder neutralisiert werden, normalerweise, indem eine konjugierte Verbform im Deutschen als Infinitiv (ohne *to*) im Englischen reflektiert wird.

Dies kann sich zu Hinweisen über das Verständnis der Verben verdichten. Beispielsweise sind die meisten Verben in attributiver Position im Englischen entweder als Partizip oder *-ing*-Form angegeben oder mit einer adjektivischen Übersetzung versehen (*darüberliegend - higher*), was auf eine richtige Interpretation der Verbform schließen lässt. Eine Ausnahme bildet das in einer erweiterten Attribut-Stellung vorkommende Verb *erzeugen* (*Die auf die beschriebene Weise /way/ erzeugten /produce/ Linienspektren*), das in der englischen Infinitivform annotiert wird. Bei den beiden einfachen Passivformen werden als Übersetzungen einmal der Infinitiv (*aufgefüllt - fill up*), einmal die Partizipform angeführt (*bezeichnet - shown*), was eine gewisse Unsicherheit verrät; desgleichen wird das Partizip in der Passivform mit Modalverb (*können ...*

*herausgeschlagen werden - knock out*) durch eine Infinitivform wiedergegeben, die mit einer inhaltlich zwar einigermaßen zutreffenden, doch fachsprachlich unzureichenden Übersetzung einhergeht. Die korrekte Wiedergabe für *herausschlagen* wäre *eject (artificially)* oder *spall* (vgl. Fromherz/King, 1968, 426/427). Auch bei Verben in der Prädikatsverbposition erscheinen Anzeichen für Unsicherheit: einmal ist die Verbform im Englischen exakt dupliziert (*kennzeichnet - identifies*; 3. Pers. Singular, Aktiv, Präsens, Indikativ), in einem weiteren Fall ist das Verb durch ein - semantisch verbundenes Nomen - reflektiert (*gelten - worth*), und im dritten Fall wird die konjugierte Form im Deutschen durch einen Infinitiv neutralisiert (*ausreicht - be enough*). Nimmt man all diese Hinweise zusammen, so ergibt sich der Eindruck, dass eine Unsicherheit in der Form einhergeht mit einer Unsicherheit in der Bedeutung.

Verb (Textform)	syntaktische Stellung <sup>+</sup>	engl. Wiedergabe
herausgeschlagen	Modalverb + Passiv	knock out*
aufgefüllt	Passiv	fill up*
beteiligt	attrib. Adj. (PII)	involved
darüberliegend	attrib. Adj. (PI)	higher
bezeichnet	Passiv	shown
kennzeichnet	Aktiv	identifies
folgend	attrib. Adj.(PI)	following
erlaubt	attrib. Adj. (PII)	allowed
gelten	Aktiv (mit 'es' + Regeln)	worth*
erzeugt	erweitertes Attribut (PII)	produce*
ausreicht	Aktiv	be enough*
<sup>+</sup> bei der Beschreibung sind nur die in diesem Kontext wesentlichen grammatikalischen Merkmale aufgeführt * kennzeichnet zwischen Original und Annotation abweichende Formen		

**Tabelle 39: Annotationen 2 (Verbform)**

### 2.5.1.4 Progression in den Anmerkungen

Es ist anzumerken, dass selbst in einem so kurzen Textauszug manche Wörter nicht beim ersten Vorkommen mit einer Annotation versehen werden (z.B. *Röntgen-*), andere - identische oder sehr ähnliche - werden zweimal annotiert (z.B. *Röntgenübergang*, wobei die zweite Annotierung die zutreffendere ist, was möglicherweise auf einen in Lauf der Textbearbeitung erzielten Lerngewinn schließen lässt; *auffüllen* bzw. *Auffüllung*). Auch Wörter, die im Deutschen und Englischen in der Schriftform einander sehr ähnlich sind, werden annotiert (z.B. *Vakanz: vacancy*). Relativ komplexe syntaktische Strukturen bleiben hier, wie in der gesamten Bearbeitung des Skripts, unkommentiert, wobei aber die wenigen Beispiele von direkter Übersetzung deutlich zeigen, dass nicht nur die Lexik als Verständnis- und Lernschwierigkeit zu bedenken ist (vgl. den folgenden Abschnitt zur Übersetzung), was sich auch in der oben besprochenen Parallelität von Unsicherheiten in der syntaktischen Stellung von Verben und ihrer Bedeutung zeigt. Doch auch in Bezug auf die Lexik bleiben, wie an diesem Textauszug beispielhaft deutlich wird, nach der Bearbeitung noch offene Fragen und nur scheinbar verstandene Stellen.

Während viele der Annotierungen im vorliegenden Kontext sinnentsprechend bearbeitet sind, sind doch auch einige nicht völlig korrekt, aber im Kontext nicht sinnverzerrend (z.B. *Auswahlregel, bezeichnen, kennzeichnen, erlaubt*), andere sogar eindeutig falsch (z.B. *Bezeichnung, gelten*). In einer zwischen diesen beiden Polen angesiedelten Zone liegen Beispiele wie *Elektronenschale, Elektronenniveau, Elektronenhülle*, die fachsprachlich jeweils unterschiedlich definiert sind, wobei der Unterschied zwischen *Hülle* und *Schale* in den Annotationen neutralisiert wird.<sup>237</sup>

Elektronenhülle:	<i>electron sheath</i>
Elektronenschale:	<i>electron shell/ring</i>
Elektronenniveau:	<i>electron level</i>

---

<sup>237</sup> vgl. dazu Fromherz/King, 370/71

Andere Beispiele hierfür sind:

Auswahlregel:<sup>238</sup>      *selection rule*, nicht: *choice*  
erlaubter Übergang:      *permitted transition*, nicht: *allowed*

### 2.5.1.5 Übersetzungen

Die Annotierungen des Skripts beschränken sich im Normalfall, wie soeben gezeigt, auf Einschreibung einzelner Wörter in den Originaltext. Doch finden sich auch einige wenige Stellen, wo ein Übersetzungstext erstellt wurde. Über die Gründe für die Anfertigung eines Übersetzungstextes ist nichts bekannt; auch ist nicht bekannt, ob eventuell längere Passagen in separaten Aufzeichnungen angefertigt wurden. Die Übersetzungen lassen jedoch mit ziemlicher Sicherheit den Schluss zu, dass die entsprechenden Passagen von der Studierenden für wichtig gehalten wurden. Weiterhin mögen die übersetzten Passagen als subjektiv besonders schwierig empfunden worden sein, was den Übergang von der einfachen Annotierung zur aufwendigeren Übersetzung erklären könnte.

Ein Beispiel findet sich in der Einführung zum Kapitel *Atomspektroskopie - Atomemissionsspektrographie mit Bogenanregung und Atomabsorptionsspektrometrie mit Atomisierung in Plasmen* (Seite 18). Es wird der Originaltext mit Annotationen und die Übersetzung zitiert:

Atomspektroskopische Analysenverfahren können für die qualitative und quantitative Stoffanalyse eingesetzt **/apply/** werden. Es ist in jedem Falle erforderlich **/necessary/**, die Probe (Feststoff, Lösung, Gas) durch Energiezufuhr **/Energy supply/** in den Plasmazustand (hocherhitztes,

---

<sup>238</sup> vgl. Fromherz/King, 378/79.

teilweise ionisiertes Gas) zu überführen<sup>239</sup> /pass over/. Die Probe liegt /have arrived/ in Form freier Atome vor, die selber elektromagnetische Strahlung aussenden /transmit/ oder solche, die VIS und UV absorbieren können.

#### Übersetzung (handschriftlich)

Atomspectroscopy analysing methods can be applied for quantitative and qualitative analysing. It is necessary to pass the sample through the energy supply in the plasma state. The sample (arrives) in the form of free Atom, which can themselves transmit electromagnetic stream or such, the VIS and UV can absorb.

Die Übersetzung wird zunächst analysiert und kommentiert, danach interpretiert.<sup>240</sup>

Die Textstelle wird nicht vollständig übersetzt. Ausgelassen werden die Textstellen in Klammern, die sich auf den Aggregatzustand der Probe beziehen (*Feststoff, Lösung, Gas*)<sup>241</sup> und (*hocherhitztes, teilweise ionisiertes Gas*) als Erläuterung zum Begriff *Plasmazustand*. Für diese Auslassungen bieten sich zwei Erklärungen an,

---

<sup>239</sup> Zum Verb *überführen* ist anzumerken, dass es für deutschsprachige Autoren Unsicherheiten im Gebrauch mit sich bringt, die sich auf seine Trennbarkeit bzw. Untrennbarkeit beziehen. Bei Fanghänel u.a. (1992) finden sich beide Gebrauchsweisen, z.B. "Quecksilberverbindungen werden zur Entgiftung in Quecksilber(II)sulfid übergeführt,..." (33) und bei den selben Autoren "... gefährliche Abfälle sind in ungefährliche Stoffe zu überführen." (43) Die gleiche Unsicherheit manifestiert sich bei der Verwendung des Verbs im Sinne von 'eine Flüssigkeit vom einen ins andere Gefäß transferieren': "... in den Messkolben übergeführt" (124), bzw. "Mit der Pipette überführt man ..." (108).

<sup>240</sup> Eine der hier zitierten Passage ganz ähnliche findet sich, mit ähnlichen Annotierungen auf Seite 19 des Skripts. Sie lautet (mit Annotierungen): „Ein Atom, welches sich im Grundzustand befindet //located/, kann durch Energiezufuhr (...) in den angeregten //lively/ Zustand übergehen //pass into/.

<sup>241</sup> Dies Stelle ist auch insofern interessant, als die Aggregatzustände *Feststoff* und *Gas* zusammen mit *Lösung* angegeben werden, wobei Lösungen im flüssigen Zustand vorliegen, so dass der Zustand 'Flüssigkeit' hier in einem spezifischeren Sinn gebraucht wird.

die jede für sich genommen oder in Kombination zum Verzicht auf eine Übersetzung führen: Erstens ist die in den Klammern enthaltene Information möglicherweise so elementar, dass sie keiner Übersetzung bedarf, oder Klammern werden als Signal für abnehmende Priorität der Information interpretiert. Ausgelassen wird weiterhin die adverbial (in Modalwort-Position) gebrauchte Präpositionalgruppe *in jedem Fall*. Diese Auslassung erklärt sich möglicherweise aus ihrem modalen, das heißt für die Kernaussage sekundären Charakter. In all diesen Fällen ist jedenfalls der Schwierigkeitsgrad als Grund für die Auslassung auszuschließen, da sie sowohl semantisch als auch strukturell relativ unproblematisch erscheinen.

Mehrere Stellen sind inkorrekt übersetzt.

Es erscheint eine Fehlübersetzung in Hinblick auf Singular- vs. Pluralform (deutsch: *Atome* - englisch *Atom*); dies wird als Flüchtigkeitsfehler betrachtet.

Bei den anderen Problemstellen entwickelt sich ein Muster, insofern sich falsch verstandene Einzelinformationen um die Verben *überführen* und *aussenden* zu einem semantischen Netz ('Bewegung von einem Ausgangsort A zu einem Zielort B') verknüpfen, das in der inkorrekten Übersetzung ein Gefühl der Konsistenz vermittelt, und keine Widersprüchlichkeiten aufwirft, deren Auflösung zu einer nochmaligen Prüfung die Übersetzung Anlass geben könnte. Dies heißt in anderen Worten, dass sich Fehlübersetzungen gegenseitig stützen und verstärken.

Die Mehrzahl der Probleme sind direkt mit den Annotationen in Verbindung zu bringen, enthalten jedoch auch ein Beispiel dafür, dass ein nicht annotiertes (d.h. als unproblematisch empfundenen) Wort in das Fehlernetz verstrickt wird.

Der Satz

Es ist in jedem Falle erforderlich /necessary/, die Probe (Feststoff, Lösung, Gas) durch Energiezufuhr /Energy supply/ in den Plasmazustand (hoherhitztes, teilweise ionisiertes Gas) zu überführen /pass over/.

wird wiedergegeben als

It is necessary to pass the sample through the energy supply in the plasma state.

Die Annotation zu *überführen*, nämlich *pass over*, das in der Übersetzung als einfaches *pass* (aber in Zusammenhang mit der Präposition *through*) erscheint, zeigt, dass das Verb in diesem Kontext nicht richtig aufgefasst wurde. Gemeint ist der Übergang von einem Aggregatzustand in einen anderen, womit wir es mit einer Metapher im Johnson/Lakoffschen Sinne zu tun haben: hier wird ein Zustand, genauer ein Aggregatzustand als Behälter konzeptualisiert (vgl. Lakoff und Johnson, 1980, 31-32). Die Metapher wird aber in diesem Kontext nicht erkannt, was von Bhusan und Rosenfeld (1995, 578) als mögliches Problem in der Fachdidaktik erkannt worden war.

If one accepts that metaphors are pervasive in scientific thinking, what are the consequences of failing to recognize that a given scientific claim, or scientific model, is metaphorical rather than literal?

In der Sprechweise von Goatly handelt es sich bei dem Beispiel um eine asymmetrische Metapher (vgl. Teil 1 dieser Arbeit *Asymmetrische Metapher*).

Die Fragestellung muss angesichts der vorliegenden Situation in zweifacher Hinsicht abgewandelt werden. Zum einen ist nicht völlig klar, ob hier die Metapher gegen das wörtliche Verständnis steht, oder gegen eine andere, weniger 'zutreffende' Metapher. Zum anderen befinden wir uns im Mischfeld zwischen Fach- und Sprachdidaktik. Welche Konsequenzen sich aus einem Missverständnis ergeben, kann man anhand dieses Beispiels schön verfolgen.

Das Missverständnis vertieft sich im Laufe der Übersetzung: Die Verwendung der Präposition *durch* in seiner lokalen Bedeutungsvariante (statt der korrekten Interpretation als instrumentale Verwendung, im Sinne von *indem Energie zugeführt wird*) ist als Folgefehler der Falschübersetzung des Verbs anzusehen.

Der nächste Satz nimmt die Verständnis- und Übersetzungsschwierigkeiten auf und setzt sie im verbalen und nominalen Bereich fort:

Die Probe liegt /have arrived/ in Form freier Atome vor, die selber elektromagnetische Strahlung aussenden /transmit/ oder solche, die VIS und UV absorbieren können.

wird wiedergegeben als:

The sample (arrives) in the form of free Atom, which can themselves transmit electromagnetic stream or such, the VIS and UV can absorb.

Hier ergibt sich eine Reihe von Schwierigkeiten und Missverständnissen, die zum Teil von der Studierenden selbst gesehen werden. Die Probleme liegen teilweise aber auch im Ausgangstext begründet, insofern syntaktische Zusammenhänge dunkel bleiben: die Kasuszuweisung für *solche*, das wie *freier Atome*, auf das es sich bezieht, in der Genitivform stehen sollte, ist im Ausgangstext inkorrekt. Es überrascht deshalb nicht sonderlich, dass dieser im Ausgangstext unklare (jedoch verständliche) Satz auch in der Übertragung keinen klaren Sinn ergibt.

Die Übersetzung von *vorliegen* mit dem zweifelhaften *have arrived* wird im Übersetzungstext in Klammer gesetzt, was ein Problembewusstsein vermuten lässt. Doch ist die Unsicherheit offenbar nicht schwerwiegend genug, um eine weitere Präzisierung anzustreben, und würde im vorliegenden Fall das Textverständnis nicht erheblich beeinflussen.

Die wesentlichen Probleme liegen bei *aussenden* und *Strahlung*. Zweiteres ist insbesondere deshalb interessant, weil das Wort *Strahlung* nicht durch Annotation problematisiert wurde. Es handelt sich bei der Wiedergabe von *Strahlung* durch *stream* mit einiger Wahrscheinlichkeit um einen Fortsetzungsfehler aus dem vorausgehenden Satz, insofern die kombinierte, falsch verstandene, lokale Bedeutung von *pass* und *through* durch die Übersetzung *stream*, die semantisch in das Muster des lokalen Übergangs passt, 'gerettet' wird. Der Eindruck verdichtet



sich weiter, wenn man sich dem Kernproblem zuwendet. Dieses liegt im Verständnis des Verbs *aussenden*. Hier wird der umgangssprachliche Sinn des Verbs auf eine Weise verwendet, die gegen den fachsprachlichen Gebrauch und gegen die fachsprachliche Kollokation *Strahlung aussenden* des Verbs verstößt, und wird so in die Übersetzung übernommen. Auch hier wird das irrtümlich aufgebaute semantische Feld von lokalem Übergang von einem Ausgangs- zu einem Zielort aufrecht erhalten, insofern *transmit* einen Sender und einen Empfänger impliziert, während die intendierte Bedeutung *emit* keine Empfängerposition voraussetzt.

Das Beispiel zeigt recht deutlich, dass man vom Gesichtspunkt der fachsprachlichen Zweitsprachendidaktik die metaphorische Ebene nicht nur vom Gesichtspunkt der Rezeption, sondern auch aus der Perspektive der Produktion sehen muss.

### **2.5.1.6 Überblick über typische Problemfelder**

Nach dieser Einführung in die typischen Problemmuster, die sich aus einer Analyse der Annotationen und Übersetzungen ergeben, folgt ein Überblick über die problematischen Stellen. Die Stellenangaben beziehen sich auf die Übersichtstabelle zum Inhalt des Skripts im Anhang dieser Arbeit und die Seitenzahlen des Skripts.

Aus manchen Hinweisen lässt sich entnehmen, dass die Annotierungen Notizen zur Selbsthilfe sind, und nicht etwa konsequent mit Hilfe eines Wörterbuchs oder anderer Quellen erstellte Übersetzungen, wie beispielsweise im Abschnitt 4.1.2.4. des Skripts (Seite 22), wo das Wort *Abweichung* mit *application* annotiert ist, wobei es sich nur um eine Verwechslung des Wortes mit dem Wort *Anwendung* handeln kann. Solche offensichtlichen Versehen sind in den folgenden Überblick nicht aufgenommen, da sie aus dem Muster fallen. Ebenso gibt es Textstellen, an denen die Annotationen unleserlich sind (z.B. Seite 40 *Vorschaltgerät* /?!/); sie werden ebenfalls nicht berücksichtigt. Es sollte erwähnt werden, dass die

Verteilung der in den folgenden Übersichten zusammengestellten Wörter nicht unbedingt mit der Dichte der Annotierungen korreliert: so wie es reich annotierte Textstellen gibt, in denen sehr zahlreiche auffällige, d.h. falsch verstandene oder potentiell falsch verstandene Wörter und Begriffe erscheinen (Abschn. 4.1.2.2., Seite 19), so gibt es auch andere, ebenso reich annotierte Stellen, an denen sehr wenig Auffälligkeiten zu bemerken sind (Beispiel: Abschnitt 4.4.2., S. 40). Das oben des Längeren besprochene Beispiel (aus Abschnitt 5.1.2.1., Seite 40) - ebenfalls sehr dicht annotiert, wäre einer zwischen diesen beiden Extremen liegenden, aber nach oben tendierenden Problemdichte zuzurechnen.

Im folgenden Überblick über die problematischen Verben, Nomina und andere Wortarten finden sich die meisten Wörter nur einmal. In den Annotierungen erscheinen jedoch einige Wörter, die im Skript sehr frequent sind und sehr häufig annotiert werden. Das hervorstechendste Verb in dieser Hinsicht ist *erzeugen* (neben dem Derivat *Erzeugung*), das beinahe bei jeder Erwähnung aufs neue (mit *produce*) annotiert wird, manchmal sogar mehrmals auf der selben Seite.<sup>242</sup> Ähnlich verhält es sich mit der Annotation *apply*, die zu verschiedenen Verben und mit unterschiedlichen begleitenden Synonymen oder Quasi-Synonymen aufgeführt wird.<sup>243</sup>

---

<sup>242</sup> Die folgende Aufzählung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit: Seiten 21, 22, 23 (2x), 24 (als Nomen und Verb), 25 (Nomen), 26 (Nomen und Verb), 46 (2x).

<sup>243</sup> Auch diese Aufzählung ist nicht unbedingt vollständig. Zu *einsetzen*: Seiten 17 (+ *bring into play*), 18, 21. Zu *anwenden*: Seite 21. Zu *verwenden*: Seiten 21 (2x), 23 (+ *use*), 40, 48.

Zur Schreibweise: die Beispiele *ohne* Interpunktionszeichen am Ende sind sinngemäß, aber verkürzt oder mit umgestellter Satzgliedstellung, also als die im jeweiligen Kontext relevanten Kernaussagen, aus dem Skript extrahiert. Ungewöhnliche Satzgliedstellungen (wie etwa Ausklammerungen) sind dabei soweit wie möglich erhalten worden. Beispiele mit Interpunktionszeichen sind direkte Zitate aus dem Text, mit den üblichen Auslassungszeichen. Ungewöhnliche Schreibweisen in den Annotationen wurden erhalten (z.B. orthographische Kürzungen wie in *flow throu*).

Verb	Stelle Abschn.: Seite	Übersetzung	Kontext
heranziehen	4; 16	pull up	zu einem Test werden vielfach chemische Methoden herangezogen
ableiten aus (refl.)	4; 16	direct/derive	Verfahren leiten sich aus Prinzipien ab
zulassen	4; 17	admit/approve	Verfahren lassen Abweichungen von 1 Prozent zu
ausgehen von	4; 17	ending	Es ist, ausgehend vom analytischen Problem, die Kenntnis von Verfahren erforderlich.
überführen	4.2.1; 18	pass over	Es ist ... erforderlich, die Probe (...) in den Plasmazustand zu überführen.
befinden (refl.) <sup>244</sup>	4.1.2.2.; 19	located	Ein Atom befindet sich im Grundzustand.
übergehen	4.1.2.2.; 19	pass into	vom Grundzustand in den angeregten Zustand übergehen
bestehen	4.1.2.2.; 19	exist (?)	Es bestehen zwei Möglichkeiten
anregen	4.1.2.2.; 19	lively	Ein Atom kann in den angeregten Zustand übergehen.
aufnehmen	4.2.2.; 20	assimilation, incorporation (vs. acceptance)	Freie Atome können durch Aufnahme eines Photons in den angeregten Zustand übergehen.
gleichsetzen	4.1.2.2.; 20	compare with	Man kann Atome im Grundzustand mit der Gesamtatomzahl gleichsetzen.
anregen <sup>245</sup>	4.1.2.2.; 20	stimulate	vgl. Nomen <i>Anregung</i>
befinden (refl.)	4.1.2.4., 22	locate	Der Hauptteil der Atome befindet sich im Grundzustand.

<sup>244</sup> Die lokale Bedeutung dieses Verbs findet sich ebenfalls im Skript (Abschn. 4.2.2., S. 26): Eine Spule, welche sich um den Brenner befindet ...

<sup>245</sup> An anderer Stelle korrekt interpretiert (4.2.2., S. 26: „Die Anregung /*excitation*/ der Analysenatome ...“)

Verb	Stelle Abschn.; Seite	Übersetzung	Kontext
treten durch ...	4.1.2.4.; 22	Step	Tritt ein Lichtstrahl durch ein absorbierendes Medium, so ...
vergegenwärtigen (refl.)	4.1.2.5.; 23	visualize	Vergegenwärtigen wir uns den Vorgang, so ...
vorliegen <sup>246</sup>	4.1.2.5.; 23	exist	Liegt ein schwer verdampfbarer Stoff vor, so ...
zerlegen	4.1.3.1.1.; 24	vgl. Nomen <i>Zerlegung</i>	
einstrahlen	4.1.3.1.1.; 24	shining, radiate	Die Schwärzung ist proportional zur eingestrahlten Photonenzahl.
auftreten <sup>247</sup>	4.1.3.1.2.; 25	crop on [?]	Im Spektrum treten in der Hauptsache nur Atomlinien auf.
emittieren	4.2.1.; 26	investigated	Die emittierte Strahlung ist bezüglich ihrer Wellenlängen elementspezifisch
durchfließen	4.2.2.; 26	throuflowing	eine von hochfrequentem Wechselstrom durchflossene Induktionsspule
durchströmen	4.2.2.; 26	flow throu	ein Brenner, der von Argon durchströmt wird
umfassen	4.2.2.; 26	encircle/, enclose	eine Induktionsspule umfasst den oberen Teil eines Brenners
erfolgen	4.2.2.; 26	<i>follows</i> vgl. auch Tabelle 39	die Zufuhr von Analysenproben erfolgt zumeist als Lösungs-aerosol
beruhen auf <sup>248</sup>	4.3.2.1.; 32	depends on	Der Energiewert der Terme beruht auf der Wechselwirkung der Kernladung mit der Elektronenladung.
verteilen auf	4.3.2.2.; 33	vgl. Nomen Verteilung	
verhalten (refl.)	4.4.2.; 40	act	Unterschiedlich gegenüber der Flammen-AAS verhält sich die Erzeugung der freien Atome nach dem folgenden Prinzip: ...
umspülen	4.4.2.; 40	washed	Zum Schutz wird das Rohr mit Argon umspült. (identisch 4.4.3.2., 41)
ausführen	4.4.3.1.; 41	s. Nomen Ausführung	
bezeichnen	5.1.2.1.; 46	shown (vgl. auch Nomen Bezeichnung)	Die Röntgenübergänge werden ... durch den Namen der Serie und einen nachfolgenden griechischen Buchstaben bezeichnet.
kennzeichnen	5.1.2.1.; 46	identifies	Beispielsweise kennzeichnet $\alpha$ die Auffüllung einer Vakanz aus der folgenden Schale.
erlauben	5.1.2.1.; 46	allowed	... Überblick über erlaubte Röntgenübergänge ...

<sup>246</sup> Ebenso S. 24 des Skripts.

<sup>247</sup> Vgl. dazu die korrekte Annotation in 5.1.2.1, S. 46 *be found*

<sup>248</sup> Der gesamte Ausschnitt ist sehr spärlich annotiert. Bei diesem Wort handelt es sich um die einzige (sprachliche) Annotation auf der ganzen Seite.

Verb	Stelle Abschn.; Seite	Übersetzung	Kontext
zusammensetzen (refl.)	5.1.2.1; 46	consist of	das Spektrum setzt sich zusammen aus
zusammenhängen	5.1.2.1; 46	s. Nomen Zusammenhang	
eingehen auf	5.1.2.3; 48	deal with/ show an interest	Im einzelnen wird dabei darauf bei der Diskussion verschiedener Auswerteverfahren ... eingegangen.
aufbereiten	5.1.3.2; 49	processing	... die aufbereiteten Impulse ...
aufnehmen	5.3.1; 60	s. Nomen <i>Aufnahme</i>	
immobilisieren	5.3.1; 60	immobile	in der Routineanalytik werden immobilisierte Enzyme genutzt
aufbringen	5.3.3; 63	open	eine Membran wird auf eine Sensorspitze aufgebracht

**Tabelle 40: Annotationen 3 (Verben)**

Nomen	Stelle Abschn., Seite	Übersetzung	Kontext
Aufgabenstellung	4; 16	information status	Die Lösung dieser Aufgabenstellungen ist oftmals die Voraussetzung für die Lösung weiterer analytischer Probleme, ...
Abschirmung	4.1.2.2.; 19	screening/shielding	Ein Wert lässt sich als Funktion der Ordnungszahl, der Abschirmung und der Quantenzahlen darstellen
Aufnahme	4.1.2.2.; 20	s. Verb aufnehmen	
Anregung	4.1.2.2.; 20	stimulation (vs. excitation)	Ionen können nach weiterer Anregung Photonen emittieren.
Abweichung	4.1.2.3; 22	Application	Abweichung führen [sic!] zu gekrümmten E - C - Beziehungen (Kalibrationskurven).
Zerlegung	4.1.3.1.1.; 24	Decomposition ?	Spektrograph - zur spektralen Zerlegung des Lichtes
Stoff (+ Begleitstoff)	4.1.2.5., 23	<i>stuff</i> (+ <i>escorting stuff</i> ) (vgl dazu auf der gleichen Seite: 'Substanz')	Vorgänge sind von der Art des Stoffes und den Begleitstoffen abhängig.
Zerstäuber	4.2.2.; 26	spray	Die Zufuhr von Analysenproben erfolgt zumeist als Lösungsaerosol über Zerstäuber
Lösung	4.2.3.2.; 27	liquid	Die ICP-OES ist vorwiegend zur Analyse von Lösungen geeignet.

Nomen	Stelle Abschn., Seite	Übersetzung	Kontext
Aufgabe	4.2.3.2.; 27	task	Die Aufgaben des Zerstäubers ist die Überführung der flüssigen Probe in ein Aerosol.
Verteilung <sup>249</sup>	4.3.2.2.; 33	separation	Die Verteilung der Atome auf den Grund-, den angeregten und den ionisierten Zustand ist ...
Rückstand	4.4.2.; 40	remain	in der zweiten Phase wird der Rückstand überarbeitet
Ausführung	4.4.3.1.; 41	implementation (Metasprachlichkeit nicht registriert)	die im Grundversuch gemachten Ausführungen haben weiterhin Gültigkeit
Elektronenhülle	5.1.2.1.; 46	shell	... Elektronen aus inneren Schalen der Elektronenhülle ...
Auswahlregel	5.1.2.1.; 46	choice rules	eine Vakanz in einer Schale kann unter Beachtung der quantenmechanischen Auswahlregeln auf-gefüllt werden
Röntgenübergang	5.1.2.1.; 46	transition/ crossing	
Bezeichnung	5.1.2.1.; 46	marking	... Überblick über erlaubte Röntgenübergänge und deren Bezeichnung.
Zusammenhang	5.1.2.1.; 46	composition	Entsprechend den oben dargelegten Zusammenhängen ...
Gehalt	5.1.2.3.; 46	concentration	... Gehalte im Bereich von 1 ppm bis zu 100% ...
Bedeutung	5.3.1.; 60	meaning s.a. Tabelle 39	In diesem Zusammenhang gewinnen sogenannte Biosensoren eine zunehmende Bedeutung.
Aufnahme	5.3.1.; 60	establishment	Die Aufnahme einer Messgröße ... wird durch den Transducer bewerkstelligt.

**Tabelle 41: Annotationen 4 (Nomina)**

---

<sup>249</sup> Annotation als Übersetzung eines Satzes in einem ansonsten sehr spärlich annotierten Kapitel.

<b>andere</b> (einschl. Funktionsverbgefüge)	<b>Stelle</b> Abschn., Seite	<b>Übersetzung</b>	<b>Kontext</b>
vielfach	4; 16	multiple	zu einem Test werden vielfach chemische Methoden herangezogen
eindeutig	4.1.2.1; 19	obvious	Die Terme der Atome sind eindeutig durch 3 Quantenzahlen beschrieben:
Einfluss nehmen	4.1.2.2.; 20	consequence, assume	Bestimmte Prozesse können Einfluss auf die Intensität (der Lichtemission) nehmen.
Einteilung vornehmen	4.1.2.5.; 23	division, carry out	[unter bestimmten Bedingungen] kann man folgende Einteilungen vornehmen:
bedingt	4.1.3.1.2.; 25	give rise to (von bedingen)	Hauptkomponentenanalyse ist wegen ... nur bedingt möglich.
ringförmig	4.2.2.; 26	ringformed	ein ringförmiges „torroidales“ Plasma
gleichmäßig	4.4.3.2; 42	regular	eine gleichmäßige Temperaturverteilung im Rohr kann nicht ideal verwirklicht werden
ausgezeichnet	5.; 46	excellent	dieses Verfahren ist ausgezeichnet geeignet. Analysen durchzuführen
gegenüber	5.1.2.2; 48	opposite	dem Nachteil ... gegenüber .... steht der Vorteil ...
zum Einsatz kommen	5.2.2; 55	field tested	elektrochemische Bestimmungsverfahren kommen für die Konzentrationsanalytik zum Einsatz
eindeutig	5.3.2; 62	straight forward	die amperometrischen Verfahren an Pt-Elektroden haben sich eindeutig als die besten herausgestellt
wässrige Lösung	5.3.2; 62	watery (vs. aqueous)	die Löslichkeit des Sauerstoffs in wässrigen Lösungen ist stark temperaturabhängig
zunächst	5.3.4; 64	at first	für die Glucosebestimmung müssen zunächst geeignete Verdünnungs- und Dosierverhältnisse abgeschätzt werden
Bedeutung gewinnen	5.3.1; 60	meaning s.a. Tabelle 39	In diesem Zusammenhang gewinnen sogenannte Biosensoren eine zunehmende Bedeutung.
die Zufuhr erfolgt	4.2.2.; 26	follows vgl. auch Tabelle 39	die Zufuhr von Analysenproben erfolgt zumeist als Lösungs-aerosol

**Tabelle 42: Annotationen 5 (andere Wortarten)**

## Zusammenfassende Bemerkungen zu den Übersichten

### *Quantitative Erwägungen*

Es zeigt sich sowohl anhand der eingangs dieses Kapitels beschriebenen Textstelle, in der alle Annotationen in Betracht gezogen wurden, als auch an dem tabellarischen Überblick über die (potentiell) falsch verstandenen Annotationen, dass der Bereich der Verben für L2-Lernende im fachsprachlichen Bereich als besonders wichtig hervorsticht. Dies wird umso deutlicher, wenn man die Zahl Verbderivativa der Verbseite - und nicht der Nomenseite - zuschlägt. Als eigenes, aber ebenfalls dem Verbbereich zuzurechnendes Problemfeld sind die Funktionsverbgefüge zu sehen.

Es wurde schon weiter oben darauf hingewiesen, dass Problemstellen und -felder nicht nur anhand der in den Tabellen zusammengefassten Annotationen herausgeschält werden können, sondern auch mit Hilfe von teilweise überraschend häufig wiederholten, aber stets korrekten, Annotationen zu bestimmten Wörtern und Begriffen. Die beiden oben erwähnten Beispiele hierfür sind die Verben *erzeugen* (mit seiner englischen Entsprechung *produce*), sowie *einsetzen*, *anwenden*, *verwenden* mit ihrem Gegenstück *apply*.

Bei diesen beiden Verben bzw. Verbgruppen handelt es sich um besonders ausgeprägte Beispiele für das Phänomen der wiederholten Annotation, das Skript enthält sehr zahlreiche weitere Beispiele, in denen ein Wort - oft mehrmals auf ein und derselben Seite des Skripts - annotiert wird (Beispiele: *erforderlich*, zwei Annotationen, identisch als *necessary*, S. 16; *Gesichtspunkt*, drei Annotationen, nämlich *point of view* bzw. *angle*, beide S. 16 und als *point of view/angle*, S. 41; *Voraussetzung*, zwei Annotationen, identisch als *condition*, S. 16 u. 21 usw.).



Eine weitere Komplikation in der quantitativen Bestimmung der Problematik von Fachsprachenlernern in einer Fremdsprache besteht darin, dass ein einmal falsch annotiertes Wort an anderen Stellen im Skript ohne Annotation erscheinen kann. Wie nun die häufige Wiederholung korrekter Annotationen zeigt, kann die einmalige richtige Annotation nicht als ausreichender Hinweis dafür genommen werden, dass ein Wort in den aktiven oder passiven Wortschatz der Lernenden integriert wurde. Das gleiche gilt umgekehrt auch für falsch annotierte Wörter: die Tatsache, dass ein Wort einmal falsch verstanden wurde, lässt nicht unbedingt darauf schließen, dass auch bei seinen weiteren oder vorangehenden Erwähnungen falsch verstanden wurde (Beispiel: *Aufgabenstellung*, falsch annotiert auf S. 16, nicht annotiert S. 17, 55, 64).

Insgesamt lässt sich zur quantitativen Auswertung der Annotationen sagen, dass ein großer Bereich der Unsicherheit bestehen bleibt, der teilweise mit corpuslinguistischen Methoden bearbeitet und differenzierter beschrieben und analysiert werden könnte.<sup>250</sup>

### *Qualitative Erwägungen*

#### **Nomina**

Bei den Nomina fällt zunächst auf, dass ein hoher Anteil an Verbderivativa vorliegt (*Aufnahme, Anregung, Zerlegung, Zerstäuber, Lösung, Verteilung, Ausführung, Auswahl* etc.). Unter ihnen sind viele, die neben einer weitverbreiteten allgemeinsprachlichen Gebrauchsweise eine fachsprachliche Anwendung finden, die im vorliegenden Text intendiert ist. Dazu zählen beispielsweise *Aufnahme* im Sinne von Fotografie oder Empfangsbereich in einem Krankenhaus etc. gegenüber der fach- und wissenschaftssprachlichen Gebrauchsweise von *ein*

---

<sup>250</sup> Ansätze dazu bestehen z.B. bei Leech, 1992 und bei Granger et al., 1998.

Leech, G., 1992, Corpora and theories of linguistic performance, In: Svartvik J. (Hrsg.): *Directions in Corpus Linguistics*, Mouton de Gruyter: Berlin, 105-122.

Granger, S., Dagneaux E., Denness, E., 1998, Computer-aided Error Analysis, *System. An International Journal of Educational Technology and Applied Linguistics* 26(2), 163-174.

*Diagramm/ eine Kurve aufnehmen*; weitere derartige Beispiele sind *Anregung* und *Lösung*, sogar *Stoff*, die in ihrer chemischen Anwendung erhebliche Unterschiede zur Allgemeinsprache aufweisen, wie aus den jeweiligen Textstellen sehr deutlich wird. Die Derivation ist für L2-Lernende besonders dann schwierig zu deuten, wenn das Nomen aus einem fachsprachlichen Funktionsverbgefüge abgeleitet ist, in dem ja das Verb als Inhaltsträger eine sekundäre Rolle gegenüber dem Nomen spielt, wie bei *eine Kurve aufnehmen*, wovon dann das Nomen *Aufnahme* abgeleitet ist. Insgesamt bringt das Verständnis von Funktionsverbgefügen eine Reihe von Problemen mit sich, die von ihrer Zahl und Art her eine eigenständige Behandlung weiter unter erfordern. Es wird anhand dieser Beispiele deutlich, dass die Abgrenzung des fachsprachlichen und allgemeinwissenschaftlichen Gebrauchskontextes von Nomina vom allgemeinsprachlichen Gebrauch von zentraler Bedeutung ist.

Die Wortbildung erweist sich als problematisch nicht nur dort, wo es um die Bildung von Komposita geht, bei der oft die Beziehung zwischen dem Grund- und dem Bestimmungswort eine Schwierigkeit darstellt. Diese Art von Problem ist übrigens aus den Annotationen alleine nicht erkennbar, da in den meisten Fällen die beiden übersetzten Begriffe nebeneinander stehen, ohne dass man sehen könnte, welche Art von Beziehung zwischen ihnen von der Annotierenden hergestellt wird; was aber deutlich wird ist, dass die Analyse der beiden Einzelteile häufig nicht zum korrekten Verständnis führt. Zweifelsfälle ergeben sich auch bei der morphologischen Wortbildung, wie im Falle von *Zerstäuber*, wo der Charakter des Wortes als Nomen instrumenti oder Gerätebezeichnung<sup>251</sup> nicht erkannt ist, und stattdessen die Wortbildung als Zustandsbezeichnung<sup>252</sup> verstanden wird (also nicht *atomizer* o.ä., sondern *spray*).

---

<sup>251</sup> vgl. z.B. Duden Grammatik, 1984, Abs. 880, S. 478.

<sup>252</sup> vgl. ebenso Duden Grammatik, 1984, Abs.851, S. 470.

Zuletzt sei für den Bereich der Nomina noch darauf hingewiesen, dass selbst sehr einfach und selbstverständlich scheinende Wörter, wie etwa hier der Begriff *Stoff* keineswegs unhinterfragt bleiben sollten. Sie stellen Verständnis- und Lernschwierigkeiten dar, die um so wichtiger erscheinen, je 'einfacher' der jeweilige Begriff ist und vermitteln ein Gefühl für die in ihnen verborgenen oder die ihnen unterliegenden Komplikationen.

### Verben

Wie im vorhergehenden Abschnitt schon betont, sind zwischen dem Bereich des Verbs und dem Nominalbereich Grenzziehungen nicht so eindeutig möglich, wie es vielleicht wünschenswert wäre.

Harald Weinrich behauptet in seiner Textgrammatik der deutschen Sprache, dass Verben, die menschliches Verhalten anzeigen, sehr häufig zweiteilige<sup>253</sup> Verben seien (1994, 42):

Im Gegensatz dazu bilden Verben mit sehr spezifischer Bedeutung, beispielsweise die fachsprachlichen Verben, nur höchst selten Lexikalklammern. Zu denken ist etwa an solche Verben wie *harke, knete, öle, schweiße, löte, röntge, turne* und an fachsprachliche „Fremdwörter“ wie *argumentiere, analysiere, diktiere, operiere*.

Dies stimmt nun mit den Beobachtungen, die anhand des Skripts gemacht werden, ganz und gar nicht überein. In diesem Text sind die fachsprachlichen Verben in der großen Mehrzahl zweiteilig, und dies trifft um so mehr für diejenigen Verben zu, bei denen die Annotationen Probleme, Unsicherheiten und Zweifelsfälle erkennen lassen. Von den gesammelten 38 Verben sind exakt 50% (19) zweiteilige Verben.

---

<sup>253</sup> Diese Bezeichnung wird von Weinrich anstelle von 'trennbare' Verben gewählt, m. E. mit sehr guten Gründen, jedoch wird im Nachfolgenden deutlich, dass diese Bezeichnung auch Probleme in sich birgt: Verben können zweiteilig sein ohne deshalb auch trennbar sein zu müssen. Ebenfalls wird im nachfolgenden Zitat deutlich, dass Weinrich die Form der ersten Person, Singular, Präsens, Aktiv, Indikativ (und nicht den Infinitiv) als die Grundform der deutschen Verben bevorzugt. Auch hierfür sprechen gute Argumente.

Von den sogenannten einteiligen Verben sind sehr viele ihrerseits zusammengesetzt - ironischerweise selbst die 'fremdsprachlichen' Verben wie *emittieren* und *immobilisieren*, wenn auch nicht trennbar, entweder mit präpositionaler Vorsilbe, z.B. *durchfließen*, *durchströmen*, oder mit derivativen Präfixen wie in *zerlegen*, *erfolgen*, *vergegenwärtigen*. Bei Verbkomposita lassen die Beobachtungen an den Annotationen den Schluss auf eine (sehr vorläufige und ungesicherte) Faustregel zu: je inhaltsreicher/bedeutungsvoller das Präfix ist, desto deutlicher treten Schwierigkeiten bei der Interpretation hervor. Als beispielhaft hierfür können die Verben *gleichsetzen*, *aufbringen* gesehen werden, bei denen das Präfix *gleich* im ersten Fall die semantische Nähe zu *compare* herstellt, während *auf* im zweiten Fall die Eigenschaft hat, dass es „den Inhalt des Ausgangsverbs auf sehr unterschiedliche Weise“ (Duden Grammatik, Abs. 757, S. 428) abstufen kann, und hier die Bedeutung 'offen' anderen Interpretationen vorgezogen wurde, was bei diesem Präfix in dieser Position bei englisch Muttersprachlern sehr häufig ist, wobei gleichzeitig die Kombination mit dem Verb *bringen* vernachlässigt wurde. Eine ähnliche Situation haben wir beim Verb *ausgehen* (annotiert als *end*) vor uns, wo das semantisch 'starke' und auch frequente Präfix *aus* im Sinne von 'ausschalten', 'ausknipsen' als Beendigung eines Vorgangs gesehen wird. Des Weiteren wurde bei *ausgehen* die Verbindung mit der Präposition *von* übersehen. Bei beiden Verben (*aufbringen* und *ausgehen (von)*) sind Ähnlichkeiten zu anderen zusammengesetzten und allgemeinsprachlich hochfrequenten Verben ('aufmachen' und 'ausmachen') unübersehbar.

Hier, wie auch bei den Nomina fällt auf, dass auch Verben, die aus verschiedenen Gründen unkompliziert erscheinen, zu Falscheinschätzungen führen können. Dazu gehören Verben, die im Deutschen und Englischen ähnlich sind, wie *emittieren* und *immobilisieren*, von denen ersteres dem Inhalt nach (annotiert als *investigate*), zweiteres der Form nach (annotiert als *immobile*) vom deutschen Originaltext abweicht. Durch äußere Ähnlichkeiten bedingt sind Abweichungen, die auf ein *false friend*-Phänomen zurückgehen, wie bei *erfolgen*, das als *follow* missinterpretiert wird.

Einige der Annotationen lassen erkennen, dass Schwierigkeiten im verbalen Bereich von einer Kombination aus lexikalischer, syntaktischer, orthographischer und verbformbedingter Information herrühren. So wird das Verb *auftreten* durch die Erststellung des Vorverbs *trete* (in Weinrichs Nomenklatur und Schreibweise), die dadurch bedingte Großschreibung, die Umformung des unregelmäßigen Verbs durch Vokalwechsel von *e* zu *i*, die so entstandene Homographie mit dem Nomen *Tritt* als ebendieses Nomen interpretiert.

In diesem Zusammenhang zeigt sich nochmals, wie schon bei der Besprechung der Übersetzung weiter oben in diesem Abschnitt, dass uneigentlicher, nicht-wörtlicher oder metaphorischer Sprachgebrauch in fachsprachlichen Kontexten als solcher nicht gesehen wird und deshalb zu falschen Schlüssen führt. Die beiden Verben *sich befinden* und *übergehen* werden im Skript in Zusammenhang mit dem Konzept *Zustand* - seinerseits auch wieder ein metaphorischer Ausdruck - gebraucht: *sich im Grundzustand befinden* bzw. *vom Grundzustand in den angeregten Zustand übergehen*, dies ist dem Übersetzungsbeispiel sehr ähnlich, wo die Phrase *die Probe von Zustand A in Zustand B überführen* als lokaler Ausdruck 'wörtlich' genommen wurden (*to pass through A in (medium) B*). Die Übersetzung liefert auch den Beweis, dass eine inkorrekte Annotierung ein tatsächliches Missverständnis anzeigt und nicht nur ein Flüchtighkeitsfehler ist, der im Anwendungsfalle durch Kontext oder andere Einflüsse einer weiteren Überprüfung unterzogen und korrigiert wird. In all den genannten, mit 'Zustand' verbundenen Fällen werden die Verben nicht als metaphorisch interpretiert und *aus diesem Grund* inkorrekt annotiert. Ähnlich liegt der Fall bei weiteren dem allgemeinwissenschaftlich Bereich zuzurechnenden Verben (*s. verhalten nach einem Prinzip, beruhen auf einer Wirkung, die Zufuhr erfolgt*) die sich problemlos in die von Ehlich und Hund aufgestellte Reihe von allgemeinwissenschaftlichen bzw. metaphorischen Ausdrucksweisen wie 'eine Erkenntnis setzt sich durch', 'etwas aus einem Grundsatz ableiten' etc. einfügen.<sup>254</sup>

---

<sup>254</sup> vgl. Hund, E., 1998; Ehlich, K., 1994.

## Andere (nicht mit Verb oder Nomen allein zu erfassende) Kategorien

### Funktionsverbgefüge

Zunächst sollen die Funktionsverbgefüge (FVG) kurz angesehen werden. Sie werden hier einer gesonderten Kategorie nur deshalb zugerechnet, weil sie sich nicht eindeutig entweder den Nomina oder den Verben zugeordnet wurden, obwohl sie unter syntaktischen und semantischen Gesichtspunkten eindeutig zum Verbbereich gehören.<sup>255</sup> Zur Erleichterung seien die betreffenden Funktionsverbgefüge nochmals gesondert angeführt:

Funktionsverbgefüge	Stelle Abschn.. Seite	Übersetzung	Kontext
Einfluss nehmen	4.1.2.2.; 20	consequence, assume	Bestimmte Prozesse können Einfluss auf die Intensität (der Lichtemission) nehmen.
Einteilung vornehmen	4.1.2.5.; 23	division, carry out	[unter bestimmten Bedingungen] kann man folgende Einteilungen vornehmen.
zum Einsatz kommen	5.2.2; 55	field tested	elektrochemische Bestimmungsverfahren kommen für die Konzentrationsanalytik zum Einsatz
Bedeutung gewinnen	5.3.1; 60	meaning s.a. Tabelle 39	In diesem Zusammenhang gewinnen sogenannte Biosensoren eine zunehmende Bedeutung.
die Zufuhr erfolgt	4.2.2.; 26	follows vgl. auch Tabelle 39	die Zufuhr von Analysenproben erfolgt zumeist als Lösungs-aerosol

**Tabelle 43: Annotationen 6 (Funktionsverbgefüge)**

Wie man in einem fremdsprachlichen Kontext wohl erwarten kann, werden die Funktionsverbgefüge nicht als zusammenhängende Einheit erkannt. Der häufig angewendete Transformationstest der Umwandlung von Funktionsverbgefügen in einfache Verben (z.B. *Einteilung vornehmen* in *einteilen*) ließe sich erfolgversprechend auch in der Übersetzung ins Englische in die Tat umsetzen (z.B. *to categorise* oder auch *Einfluss nehmen - beeinflussen - to influence*).

<sup>255</sup> vgl. Duden-Grammatik, 1984, Abs. 182, S. 113; Weinrich, 1994, 1052ff.

Eine zusätzliche Schwierigkeit im Verständnis der FVG liegt im passivischen Charakter, der ihnen nicht selten unterliegt, wie hier etwa *zum Einsatz kommen* (wie *eingesetzt werden*) - dies wurde im vorliegenden Falle allerdings erkannt, wie sich der Annotation *field tested* entnehmen lässt - *Zufuhr (von X) erfolgt* (wie *X wird zugeführt*).

Mit der Schwierigkeit, die FVG als Einheit zu erkennen und zu interpretieren hängt die Unterscheidung der syntaktischen Funktion des Nomens zusammen. Die Missinterpretation von *Bedeutung* in *Bedeutung gewinnen* als *meaning* lässt sich vielleicht u.a. auf dieses Problem zurückführen.

### **Restkategorie**

Bei den anderen problematischen Annotationen handelt es sich um Wortartenverwechslungen, die auf Schwierigkeiten bei der Auflösung der syntaktischen Struktur der betreffenden Sätze hindeuten. Beispiele hierfür sind: *bedingt*, das hier als Adverb gebraucht ist, aber als Verb (*give rise to*) annotiert ist, sowie *vielfach*, *ausgezeichnet*, *gleichmäßig*, die alle als Adverbien gebraucht werden, den Annotationen nach aber als Adjektive gesehen werden.

In einem anderen Fall wird die Bedeutung eines Adjektivs dem allgemeinsprachlichen Gebrauch entnommen, wo Kontext und Pragmatik eindeutig auf fachsprachliche Verwendung hindeuten: das Adjektiv in *wässrige Lösung* wird in der Bedeutung *watery* annotiert, obwohl im Verwendungskontext nur *aqueous* als korrekte Übersetzung in Frage kommt. Solche, und manch andere der bisher erwähnten Probleme deuten alle in die gleiche Richtung: bei der Bearbeitung des Textes wurde im Falle der Wörterbuchbenutzung sicherlich *kein* fachsprachliches Wörterbuch verwendet, obwohl es in diesem Bereich ein relativ gutes Angebot gibt.

Zuletzt sei bei den festgestellten Problemstellen noch auf die Übersetzung der Präposition *gegenüber* als *opposite* hingewiesen: ähnlich wie bei der Interpretationen von Funktionsverbgefügen als zwei separaten Teilen wird

*gegenüber* nicht als Teil eines zweiteiligen Verbs erkannt, und deshalb in einem zu 'wörtlichen' Sinne aufgefasst, der die Verschiebung des zweiteiligen Verbs in die metaphorische Ebene nicht wahrnimmt. Dazu muss allerdings Folgendes angemerkt werden: Sieht man sich den Kontext etwas genauer an, so stellt man fest, dass hier, wie schon an einem weiteren Beispiel weiter oben demonstriert (vgl. S. 277, Abschnitt *Übersetzung*), das skripten-typische Fehlen einer Endredaktion vor Drucklegung zu Fehlleistungen führt, die für Muttersprachler in der Regel relativ leicht aufzulösen sind, Fremdsprachenlernende aber verwirren können:

Dem Nachteil des schlechteren Verhältnisses Signal/Untergrund gegenüber */opposite/* der RFA [Röntgenfluoreszenzanalyse] und der damit etwas verringerten Empfindlichkeit */decreasing sensitivity/* steht der aus der Fokussierbarkeit der Elektronenstrahlen resultierende Vorteil der lokalen Analyse (Bereich von  $\mu\text{m}$  und geringer) gegenüber.

Hier wurde der Satz zunächst mit einer Ausklammerung im Sinne geplant, nach dem Muster: 'Dem Nachteil X gegenüber steht der Vorteil Y', dann aber ohne Ausklammerung fertiggestellt nach dem Muster 'Dem Nachteil X steht der Vorteil Y gegenüber'. Dies kann die Schwierigkeiten beim Verständnis verschärfen, die durch den semantischen Wechsel von den Einzelementen 'stehen' und 'gegenüber' und ihrer konkreten, wörtlichen Bedeutung zum semantischen Feld 'Vergleich' in der Zusammensetzung schon gegeben sind.



## *Zusammenfassung*

Aus der Analyse der studentischen Anmerkungen in einem Universitätskript lassen sich mehrere Problemkreise erkennen:

- Die Vermischung der allgemeinsprachlichen Ebene mit allgemeinwissenschaftlicher und fachsprachlicher Ebene
- Lexikalische Probleme sind nicht von syntaktischen, pragmatischen, textuellen Erwägungen zu trennen
- Metaphorik erscheint in ihren Erscheinungsformen als sachbezogene Metaphorik (Modelle und Analogien), als kulturelle Metaphorik (kulturbedingte Bilderwelt) und sprachbedingte Metaphorik (z.B. in Wortzusammensetzungen)
- Das Prinzip der Eindeutigkeit kann (und soll?) in der Fachsprache, und ganz sicher in der wissenschaftlichen Alltagssprache *nicht* verwirklicht werden. Dies trifft insbesondere im Bereich des Verbs zu.

## **2.5.2 Manipulation von Flüssigkeiten**

An einem weiteren Beispiel aus unserem Grundlagentext (Fischer, 1994) soll die Vielzahl und Reichhaltigkeit des Verbereichs in der mit dem Labor verbundenen Sprache der Chemie aus dem Wortfeld des Umgangs mit Flüssigkeiten demonstriert werden. Andere Hinweise aus dem gleichen Text machen zugleich deutlich, wie sehr fachsprachliche Strukturen die entsprechenden Passagen durchdringen. Typische Erscheinungen wären etwa die Verbalisierung von Nomina (Beispiel: thermostatisiert), Valenzänderungen von Verben (unterwertiger Gebrauch; Beispiel für unbesetzte Objektposition: **Saugen** Sie [Objekt?, z.B. Lösungen] zur eigenen Sicherheit niemals mit dem Mund **an**, Beispiel für unbesetzte Partnerposition: Anschließend wird die Reagenzlösung [Partner? z.B. dem Reagenzglas] entsprechend der Versuchsvorschrift **entnommen**, Verben mit von der Allgemeinsprache abweichender Präpositionalgruppe (Beispiel: Volumenmessgeräte sind entweder auf **Auslauf** (*Ex*) oder auf **Einguss** (*In*) kalibriert). **In** der

Besprechung der Exzerpte aus Fischer werden aus Verben gebildete Nomina zu den Verben gerechnet.

Im Abschnitt „Laboriumstechnik“ (7ff.) werden die Glasgeräte besprochen, welche im wesentlichen dazu dienen, während der Versuche Flüssigkeiten zu manipulieren. Wie die Flüssigkeiten behandelt werden und welcher Reichtum von verb-bestimmten Vokabular sich dabei ergibt, kann am Beispiel des Unterabschnitts „Volumenmessgeräte“ (9-12) aus dem Text nachgewiesen werden.

Die Vielfalt wird zunächst anhand der vier Gruppen von Verben gezeigt, die das Verhalten von Geräten (oder Teilen von diesen Geräten, z.B. *Bürette* bzw. *Hahn* bzw. *Hahnküken*) und deren Manipulation betreffen, und die sich mit dem Verhalten bzw. der Manipulation von Flüssigkeiten befassen. Die mit den Flüssigkeiten verbundenen Verben werden in einem zweiten Schritt weiter aufgeschlüsselt. Nur diese Verben sind in der zitierten Passage durch Fettdruck hervorgehoben, alle anderen Hervorhebungen stehen im Originaltext.

Der Text (ohne Abbildungen<sup>256</sup>) wird im Wortlaut wiedergegeben; die zitierte Passage ist ziemlich lang, damit zum einen die Verbverwendung über einen längeren Textabschnitt demonstriert werden kann, um andererseits aber auch zu zeigen, dass manche der Verben (z.B. *ablaufen*) mehrmals vorkommen.

Volumenmessgeräte

Volumenmessgeräte sind entweder auf **Auslauf** (*Ex*) oder auf **Einguss** (*In*) kalibriert:

*Ex*: Beim **Entleeren** erhält man die auf dem Gefäß angegebene Flüssigkeitsmenge. Es **enthält** aber etwas mehr, weil beim **Auslaufen** ein wenig Flüssigkeit an der Innenwand **haften bleibt**.

*In*: Nach korrekter **Füllung befindet sich** die angegebene Menge im Gefäß. Es ist jedoch nicht möglich, sie durch **Ausgießen** vollständig zu **entnehmen**.

---

<sup>256</sup> Auf ihre Anwesenheit wird durch “[Abb.]” hingewiesen.

Bei sehr genauen Volumenbestimmungen muss die Temperatur eingehalten werden, bei der die Geräte kalibriert wurden, weil Volumina temperatur-abhängig sind. Zur Volumenbestimmung und zum exakten Abmessen von Flüssigkeitsmengen sind im besonderen Messzylinder, Messkolben, Pipetten und Büretten gebräuchlich. [Abb.] /

#### Messzylinder

Sie sind auf *In* geeicht, werden jedoch vorwiegend als **Ausgussgefäße** benutzt. Dadurch können Fehler bis zu 3% vom gewünschten Volumen entstehen. Im unteren Skalenbereich ist das Ablesen besonders ungenau, deshalb passt man die Größe des verwendeten Messzylinders der Flüssigkeitsmenge an.

#### Messkolben

Sie sind auf *In* geeicht und haben je nach Größe eine Genauigkeit von 0.1 bis 0.2%.

Zum Arbeiten mit Messkolben:

Beim Einsatz von Messkolben wird zunächst die Sauberkeit von Gefäß und Stopfen kontrolliert, dann wird die Substanz in etwa der halben Lösungsmittelmenge gelöst. Wird dabei Wärme frei oder muss erwärmt werden, so führt man das Auflösen selbst in einem Erlenmeyerkolben durch. Nach dem Abkühlen auf Zimmertemperatur wird die Lösung dann vollständig in den Messkolben **überführt**. Die Messkolben dürfen nicht erhitzt werden, weil sich sonst ihr Volumen ändert. Nun wird mit weiterem Lösungsmittel bis etwa 2 cm unter die Marke **aufgefüllt** und dann sorgfältig gemischt. Bei sehr genauen Arbeiten wird der Messkolben anschließend etwa 30 min bei der Eichtemperatur thermostatisiert, was aber meist nicht nötig ist. Schließlich wird das Lösungsmittel tropfenweise bis zur Marke **zugegeben**, und abschließend wird nochmals gut gemischt.

#### Pipetten

##### a) Messpipetten

Sie sind auf *Ex* kalibriert, an einer Graduierung können Teilvolumina abgelesen werden, und ihre Genauigkeit beträgt ca. 0.5 bis 1.5% des Gesamtvolumens.

## b) Vollpipetten

Sie sind auf *Ex* geeicht und gestatten das Abmessen des durch ihre Größe definierten Volumens mit einer Genauigkeit von 0.1 bis 0.6%.

### Zum Arbeiten mit Pipetten:

Überprüfen Sie zuerst die Pipette. Sie muss sauber und trocken, die Spitze muss intakt sein. Ist die Pipette feucht, aber sauber, kann man sie vor der Benutzung mehrfach mit kleinen Mengen der abzumessenden Flüssigkeit spülen. Die Flüssigkeit wird dann mit einer geeigneten Pipettenhilfe mindestens 1 cm über die Null-Marke hinaus **angesaugt**. Die Pipettenspitze muss dabei genügend weit in die Flüssigkeit tauchen, damit keine Luft **aufgenommen** wird. **Saugen** Sie zur eigenen Sicherheit niemals mit dem Mund **an**. Außen **anhaltende** Flüssigkeit wird anschließend mit saugfähigem Papier abgewischt. Bei senkrecht gehaltener // Pipette lässt man dann die überschüssige Flüssigkeit bis zur Null-Marke **ablaufen** und **streift** die Spitze **ab**. Nun setzt man die Spitze an die Gefäßwand, lässt das gewünschte Volumen **auslaufen** und wartet noch ca. 10-20 s ab. Zum Schluss wird die Pipettenspitze unter leichtem Drehen an der Wand **abgestreift**.

Ein in Vollpipetten **bleibender** Rest darf nicht **ausgeblasen** werden. Es gibt aber auch spezielle Ausblaspipetten, welche die Kennzeichnung "blow out" tragen.

## Büretten

Als Dosiergeräte werden Büretten immer dann eingesetzt, wenn die Menge der benötigten Reagenzlösung im voraus nicht genau bekannt ist, wie z.B. bei Titrationen. Die zu **entnehmende** Flüssigkeitsmenge muss aber immer so groß sein, dass der Fehler 0.5% nicht übersteigt.

### Zum Arbeiten mit Büretten:

Überprüfen Sie die Bürette auf Sauberkeit und unversehrten Hahn. Das Hahnküken muss sich leicht drehen lassen. Eventuell wird es sparsam mit etwas Schliff fett geschmiert. Die Bürette wird dann mit zwei Klammern exakt *senkrecht* an einem Stativ montiert. Der Abstand des Hahns vom Tisch wird so gewählt, dass die Titriergefäße bequem darunter gestellt werden können.

Die Bürette wird nun 1- bis 2-mal mit kleinen Portionen der Reagenzlösung gespült. Dabei muss die Innenwand gleichmäßig von der Flüssigkeit **benetzt** werden, was meistens eine fettfreie Wand erfordert.

**Füllen** Sie dann die Bürette mit einem Trichter bis ca. 1 cm über die Nullmarke **auf**, und kontrollieren Sie, ob noch Luftblasen im Hahn oder an der Wand sitzen. Der Trichter wird dann entfernt und der Bürettenhals innen mit Filterpapier abgetrocknet.

Die Reagenzlösung lässt man nun bis zur Nullmarke **ablaufen** und **streift** den Tropfen an der Hahnspitze **ab**.

Anschließend wird die Reagenzlösung entsprechend der Versuchsvorschrift **entnommen**.

(...)

Bei auf Auslauf (*Ex*) geeichten Gefäßen kann es nach dem oben Gesagten auch zu **Nachlauf Fehlern** kommen: Der die Innenwand **benetzende** Flüssigkeitsfilm benötigt etwas Zeit, um **auszulaufen**. Innerhalb von 10-20 s kann sich also die **entnommene** Flüssigkeitsmenge noch leicht ändern. Die Innenwand muss immer sauber von Fett und anderen wasserabstoßenden Substanzen frei sein. Sonst **läuft** die Flüssigkeit nicht korrekt **aus**. Wenn die Geräte nach dem Reinigen im Trockenschrank getrocknet werden, dürfen etwa 80° nicht überschritten werden. [Abb.]

Bechergläser, Erlenmeyerkolben oder Tropftrichter sind oft auch mit volumetrischen Skalen versehen. Sie sind aber nicht eigentlich Volumengefäße, weil die Skalen ungenau sind und lediglich zum Abschätzen der Mengen dienen.

Die vier Gruppen von Verben umfassen (in der Textreihenfolge) für

- Verhalten von Geräten: *enthalten, sich ändern* (Volumina), *gestatten* (Ablese), *tauchen* (Pipettenspitze), *tragen* (Bezeichnung), *sich drehen lassen* (Hahnküken), *versehen sein mit*
- Manipulation von Geräten: *füllen, gebräuchlich sein, einsetzen, erhitzen, thermostatisieren, spülen, abstreifen, ansetzen, überprüfen, drehen, schmieren, montieren, (darunter)stellen, entfernen, abtrocknen, trocknen, versehen mit*
- Verhalten von Flüssigkeiten: *auslaufen, haften (bleiben), sich befinden, abkühlen* (s. auch Manipulation), *anhaften, ablaufen, bleiben, benetzen, nachlaufen*

- Manipulation von Flüssigkeiten: *eingießen, entleeren, ausgießen, entnehmen, abmessen, lösen, auflösen, abkühlen* (s. auch Verhalten), *überführen, auffüllen, mischen, zugeben, ansaugen, abwischen, ablaufen lassen, auslaufen lassen, ausblasen*

Die Wörter zum Wortfeld „Manipulation und Verhalten von Flüssigkeiten“ werden tabellarisch in der Abfolge des jeweiligen Auftretens im Text präsentiert. Ein „vs.“ in der mittleren Spalte zeigt an, dass die Begriffe in den äußeren Spalten im Text als direkte Gegenbegriffe eingesetzt sind oder zumindest als solche interpretiert werden können.

Oberbegriff(e): (sich) füllen (Symbol: ☉) vs. (sich) leeren (Symbol: ☾) sich befinden (☒)

☉	☒ neutraler oder richtungsunabhängiger Begriff	☾
Einguss ( <i>eingießen</i> ) <sup>1)</sup>	vs.	Auslauf ( <i>auslaufen</i> ) <sup>1)</sup>
Füllung ( <i>füllen</i> ) <sup>1)</sup>	vs.	Entleeren ( <i>entleeren</i> ) <sup>1)</sup>
	enthalten	Ausgießen ( <i>ausgießen</i> )
	haften (bleiben)	entnehmen
	sich befinden	Ausgussgefäß ( <i>ausgießen</i> )
überführen (in)	<=>	überführen (in)
auffüllen	bleiben	
<i>zugeben</i> (tropfenweise)	benetzen	
ansaugen <sup>2)</sup>		aufnehmen <sup>3)</sup>
		ausblasen <sup>2)</sup>
		ablaufen (lassen)
		abstreifen <sup>2)</sup>
		Nachlauffehler ( <i>nachlaufen</i> )

**Tabelle 44: Verb im Zusammenhang mit Flüssigkeiten**

Erläuterungen zur Tabelle:

1) Man beachte hier die Asymmetrie der Gegensatzpaare: *eingießen* ist ein transitives Verb, die Flüssigkeit normalerweise in der Position des Objekts,

während *auslaufen* ein intransitives Verb mit der Flüssigkeit als Subjekt darstellt. *Füllung* ist durch Suffigierung von *füllen* abgeleitet, während *Entleeren* der substantivierte Infinitiv ist. In beiden Fällen hätte das jeweilige wortbildungsmäßige Äquivalent zur Verfügung gestanden (d.h. *Füllen* bzw. *Entleerung*).

2) Andere mit der Manipulation von Flüssigkeiten befasste Verben, die aber nicht mit der hier besprochenen semantischen Gruppe zusammenhängen sind:

*mischen, spülen, tauchen, abtrocknen, abwischen*. Die Verben *ansaugen* und *ausblasen / abstreifen* bilden Zweifelsfälle, sie wurden jedoch, da sie direkt mit den Manipulationen des *Füllens* bzw. *Ablaufens* bzw. *Lassens* zusammenhängen, der hier interessierenden semantischen Gruppe zugeschlagen.

3) *aufnehmen* wird im Kontext von unerwünschtem Material (hier: Luft) benutzt. Aber wenn dieses Verb für unerwünschtes Material zur Verfügung steht, so muss es auch auf zu manipulierende Flüssigkeit anwendbar sein.

### 2.5.3 Zusammenfassung

In diesem Teil standen laborzentrierte Tätigkeiten im Mittelpunkt. Der Abschnitt zu den studentischen Annotationen zeigt am konkreten Beispiel, welche Schwierigkeiten sich für fremdsprachige Chemiestudenten und -studentinnen ergeben, wenn sie ein Universitätskript durcharbeiten müssen. Anhand der Annotationen wird offensichtlich, dass nicht nur der Wortschatz selbst - hierin insbesondere die Verben - sondern auch die morphologischen Formen, die ihrerseits die syntaktischen Anbindungen zeigen, eine wichtige Rolle beim Verständnis solcher Texte spielen. Durch die Analyse von übersetzten Textstücken konnte am Beispiel gezeigt werden, wie sich metaphorische Bedeutungen in Fachtexten entfalten. Ein relativ unbedeutendes sprachliches Missverständnis erweitert sich durch die Tendenz, ein einmal gefunden geglaubtes metaphorisches Feld zu erhalten zu einem „Feld“ von Missverständnissen. Die Untersuchung von Schwierigkeiten beim Leseverstehen wurde dann auf alle annotierten Passagen des Skripts erweitert und nach Verben, Nomina und anderen Wortarten (einschließlich

Funktionssverbgefüge) getrennt. Eines der wichtigsten Ergebnisse dieses Teils der Untersuchung zeigt auf, dass die Fehlerstruktur fachsprachenspezifisch ist.

In einem zweiten Ansatz zum Labor wurde anhand der sehr wichtigen Labortätigkeit der Manipulation von Flüssigkeiten gezeigt, dass sich hier ein semantisch und syntaktisch sehr reichhaltiges und komplexes Feld auftut, zu dem noch viel mehr geforscht werden könnte, zumal hier nur ein Teilaspekt des Umgehens mit Flüssigkeiten (Prototyp: *umfüllen*; andere sind z. B. *erhitzen*; *trennen*; *messen* usw.) betrachtet wurde, und das Umgehen mit Flüssigkeiten seinerseits nur einen Teilaspekt der Labortätigkeiten abdeckt.



## **Teil 3**

### **Didaktische Anwendungen**

## *Einführung*

Im didaktischen Teil werden Möglichkeiten für die Anwendung der Erkenntnisse des theoretischen und praktischen Teils im fremdsprachlichen Fachsprachenunterricht (Chemie, mit kurzen Ausblicken in andere naturwissenschaftlich-technische Fachgebiete) ausgelotet.

Als erstes wird eine fundamentale Kritik des Fachsprachenunterrichts von Stephen Dodd herangezogen, um zu prüfen, ob es in der Sprachausbildung auf tertiärer Ebene überhaupt gute Gründe gibt, einen fachsprachlichen Fremdsprachenunterricht zu betreiben. Danach werden die Rahmenbedingungen abgesteckt, unter denen ein solcher Unterricht stattfindet. Während die Rahmenbedingungen durch äußere Umstände vorgegeben sind, erfordert der Unterricht in der Fachsprache Vorentscheidungen von Seiten der Unterrichtenden, die als nächstes betrachtet werden. Das Kernstück dieses Abschnitts bildet die Entfaltung der Möglichkeiten eines fachsprachlichen Unterrichts anhand von drei Kompetenzen, der *Sachkompetenz*, der *Sozialkompetenz* und der *Ich-Kompetenz*, die den Bogen zu Bühlers Zeichenmodell im theoretischen Teil schlagen.

Es kann in diesem Abschnitt nicht darum gehen, ein Lehrbuch der Fachsprachenvermittlung (Chemie) vorzulegen, sondern es geht um das konzeptuelle Werkzeug, einen sinnvollen und reichen Unterricht zu ermöglichen. Deshalb werden die Argumente nur mit einigen Beispielen unterlegt, die aber - wie ich hoffe - eine Ausstrahlung entwickeln, die den möglichen Weg zu weiteren didaktischen Umsetzung erleuchten.

### 3.1 Über die Notwendigkeit des fachsprachlichen Fremdsprachenunterrichts

In einem kürzlich erschienenen Artikel vergleicht W. Steven Dodd (2000, 117/118) den fachsprachlichen Fremdsprachenunterricht mit Quacksalberei nach der Manier des Wilden Westens:

Snake oil<sup>257</sup> was the miracle panacea with which dubious travelling salesmen in the old Wild West extracted dollars from a gullible public. It is clear that no reputable language teacher would sell snake oil of the variety peddled by some commercial language materials providers (...) However ... they might be more incautious in promising language for special purposes, even though there is at present "...an absence of definitions for technical, semi-technical and non-technical vocabulary ..." (Milton & Hales, 1997).

Zusammengefasst und umformuliert sagt Steven Dodd also, dass der der gutgläubigen Öffentlichkeit die Möglichkeit eines gezielten und erfolgversprechenden fremdsprachlichen Fachsprachenunterrichts vorgegaukelt werde. Ein solch gewichtiger Einwand verdient es ernst genommen zu werden.

Dodds Argumente gegen fachsprachlichen Fremdsprachenunterricht erfassen einige unterschiedliche Aspekte des Fachsprachenunterrichts in der Fremdsprache: Für L2-Fachsprache gebe es weder einen Bedarf auf Seiten der künftigen Arbeitgeber, noch ein Bedürfnis auf Seiten der Studierenden selbst. Die fachsprachliche Seite in der Fremdsprachenausbildung sei nur eine unnötige Zugabe zum eigentlichen Sprachunterricht, und schließlich sei wegen der außergewöhnlich hohen Zahl von Fachwörtern eine Vorentlastung für Studium und/oder Beruf bzw. Praktikum im Zielsprachenland illusorisch. Das Angebot von Fachsprachenunterricht in der Zweitsprache rufe falsche Hoffnungen hervor, nämlich einerseits die Hoffnung auf

---

<sup>257</sup> Chambers Dictionary, s.v. 'snake oil': *any substance or mixture without medicinal value but sold as medicine.*

fachmännischen (fachfraulichen) Unterricht durch die jeweilige Lehrperson, die aber in der Regel nicht fachlich ausgebildet sei, zum anderen die Hoffnung auf klare Kriterien bei der Eingrenzung von Fachsprache – wie schon oben erwähnt – und bei der Einschätzung von Schwierigkeiten.

Diese Doddschen Punkte reflektieren einige allgemein verbreitete Ansichten über und Vorurteile gegenüber dem Fachsprachenunterricht innerhalb und auch außerhalb der akademischen Gemeinschaft und eignen sich von daher gut, sie im Einzelnen anzusehen und auf die ihnen zugrundeliegenden Annahmen hin zu hinterfragen. Mit Hilfe der Einwände von Dodd lassen sich für den fremdsprachlichen Fachsprachenunterricht relevante Themenkreise herausarbeiten, aus denen sich schließlich eine alternative Sichtweise entwickeln lässt, die den fremdsprachlichen Fachsprachenunterricht ganz anders, und viel positiver auffasst. Der gesamten kritischen Besprechung von Dodd liegen die Aussagen der vorangegangenen Teile der Arbeit zu Grunde, auf die aber im Interesse der besseren Lesbarkeit nicht jeweils einzeln hingewiesen werden soll.

Im folgenden werden Dodds Kritikpunkte in Fragen umformuliert und besprochen.

### **3.1.1 Gibt es eine gültige Abgrenzung zwischen Fachsprache und Gemeinsprache?**

Laut Dodd gebe es derzeit keine gültige Fachsprachendefinition.<sup>258</sup> Mit dieser Sichtweise befindet sich Dodd in der guten Gesellschaft all jener, die irgendetwas mit Fachsprache zu tun haben. Die Ummöglichkeit *Fachsprache* gültig, umfassend

---

<sup>258</sup> „... incautious in promising language for special purposes, even though there is at present ‘... an absence of definitions for technical, semi-technical and non-technical vocabulary...’“. J. Milton, T. Hales, 1997, „Applying a lexical profiling system to technical English“, In: A. Ryan, A. Wray (Hg.), *British studies in applied linguistics series 12: Evolving models of language*, Clevedon: Multilingual Matters, 72-83. Hier wird auch die problematische Gleichsetzung von Fachsprache und Fachvokabular offensichtlich, die an anderer Stelle aufgegriffen wird.

und für alle Zwecke brauchbar zu definieren und sie von anderen Sprachformen, insbesondere der Gemeinsprache abzugrenzen, ist wahrscheinlich die einzige unumstrittene Tatsache unter den Fachsprachenexperten und -expertinnen. Doch die Folgerung, dass es deshalb 'unvorsichtig' (Was heißt 'Vorsicht' im Zusammenhang mit Sprachunterricht?) sei, einen Fachsprachenunterricht anzubieten, ergibt sich aus den folgenden Gründen keineswegs zwingend.

Erstens: Wenn man nur das unterrichten könnte, was gültig oder gar endgültig definiert ist, wäre jeglicher Unterricht bis hinunter zum Grundschulunterricht gänzlich unmöglich. Selbst so simple und selbstverständlich erscheinende Konzepte wie 'Wort', 'Satz', 'Text' verwischen sich bei genauem Hinsehen und sind nicht klar oder „gültig“ definierbar. Daraus kann man aber nicht schließen, dass Wörter, Sätze oder Texte unmöglich die Grundlagen des Unterrichtens bilden können. In allen Wissenschaftszweigen sind selbst die grundlegendsten Konzepte zum Teil heiß umstritten, daraus würde aber wohl niemand schließen, dass man diese Fächer nicht unterrichten sollte. Ganz im Gegenteil: Expertentum zeichnet sich m. E. gerade durch die Kenntnis von unterschiedlichen Bedeutungen des selben Begriffs und den Zweifel an angeblich gefestigtem Wissen aus.

Zweitens: Auch bei Abwesenheit einer gültigen Definition für Fachsprache und trotz der Schwierigkeiten bei der Abgrenzung zwischen Fach- und Gemeinsprache existieren in der Praxis des fremdsprachlichen Fachsprachenunterrichts Probleme, die mit der Unterscheidung in diese beiden Bereiche zu tun haben. In studentischen Arbeiten wird wiederholt deutlich, dass eine eigenständige Fehlerkategorie existiert, der die Schwierigkeit des Wechsels zwischen den beiden sprachlichen Ebenen zugrundeliegt, und zwar in beide Richtungen (also gemeinsprachliche Ausdrucksweisen dort, wo fachsprachliche angemessen wären, aber eben auch umgekehrt). Man kann solche Schwierigkeiten nur beseitigen, wenn man annimmt, dass es Unterschiede zwischen Fach- und Gemeinsprache gibt, dass man diese Unterschiede benennen und beschreiben kann, und dass sie lehr- und lernbar sind.

Drittens: In einer Weiterführung seiner Definitions-Defizit-These weist Dodd auf die Problematik des Messens von Textschwierigkeit hin (2000, 118):

Similarly, there is no absolutely agreed measure of textual difficulty to allow reliable non-intuitive grading. (...) In the absence of a clear definition of types of vocabulary or of difficulty of texts, it is risky to offer any warranty of correctness of course content.<sup>259</sup>

Hier stellt sich natürlich die Frage, warum die Messung der Textschwierigkeit nur im fachsprachlichen Bereich eine Rolle spielen sollte. Auch im allgemeinen Sprachunterricht benutzt man Texte, auch dort sind die Lehrenden angehalten, möglichst objektive Bewertungskriterien an den Text (und die studentischen Arbeiten) anzulegen. Dodd selbst beobachtet an anderer Stelle, dass sich fachsprachliche Texte durch Textgliederungsstandards auszeichnen (120).

... confirmation that similar conventions do apply in some fields is a valid approach. The presence of a fairly standard sequence, with only slight modifications or expansions, of 'introduction', 'methods and materials', 'results', 'discussion', 'conclusion' in articles on scientific experiments is a case in point.

Ein solchermaßen konventionalisierter Textablauf macht es leichter - und nicht schwieriger - im Vergleich mit dem üblichen Sammelsurium von Texten und Textausschnitten im allgemeinsprachlichen Unterricht, objektive Maßstäbe zu finden und anzuwenden.

Schlussfolgerung: Die Abwesenheit von klaren und endgültigen Definitionen und Abgrenzungen kann als Herausforderung und Chance gesehen werden. Gerade der Wechsel zwischen diesen sprachlichen Ebenen zeigt eine Stelle auf, an der sich Fehlermuster ergeben, und deshalb ist diese Stelle als einer der Ankerpunkte für die Methodik und Didaktik von besonderem Interesse. Es ergibt sich aus der Schwierigkeit der Abgrenzung zwischen Fach- und Gemeinsprache wie von selbst

---

<sup>259</sup> Auf die durch das Wort *warranty* angezeigte Haltung zum Unterricht und Unterrichten gehe ich an anderer Stelle ein.

ein Rahmen für die Progression im Fachsprachenunterricht: zunächst müssen Kernbereiche des Fachsprachengebrauchs herausgearbeitet werden und mit fortschreitender Progression gilt es, mit Übergangsbereichen und -phänomenen zurechtzukommen. Des Weiteren kann gerade die Diskussion um Definitionen zur produktiven Verunsicherung der Studierenden beitragen.

### 3.1.2 Existiert ein Bedarf für fachsprachlichen Fremdsprachenunterricht?

Dodd unterscheidet zwischen dem *Bedarf* für und dem *Bedürfnis* nach Fachsprachenunterricht. Ersteres wird hier als Übersetzung für das englische *need* angeboten und bezieht sich auf die Nachfrage von Seiten der Arbeitgeber und die Unterscheidung zwischen spezifischem sprachlichem Training und umfassender sprachlicher Ausbildung. Zweiteres gibt das englische Wort *want* wieder, das sich um die innere Einstellung der Studierenden selbst dreht. Auf das Bedürfnis nach Fachsprachenunterricht wird im nächsten Abschnitt im Einzelnen eingegangen. Zunächst wenden wir uns dem Bedarf zu.

„... employers are less concerned about specific kinds of English, (text types, vocabulary, etc.) and more concerned that employees have a requisite level of fairly *general* English, leaving the specific usages for in-house professional development ...“<sup>260</sup>

Demnach besteht also bei den Arbeitgebern keine Nachfrage nach Graduierten mit fachspezifischen fremdsprachlichen Kenntnissen, da diese auf der Grundlage solider Fremdsprachenkenntnisse im berufsspezifischen Training aufgebaut werden können. Aus der Perspektive der Universität sei es auch unmöglich vorherzusagen, welche eingegrenzten Aufgaben mit sprachlichen Fertigkeiten und Fähigkeiten zu erledigen seien, wenn die Studierenden ins Berufsleben übertreten (115):

---

<sup>260</sup> S. 115, zitiert HKployU., 1997, *Graduate students' language proficiency assessment report: Part 2*, Hong Kong: Hong Kong Polytechnic University, keine Seitenangabe.

... university students are rarely clear as to the exact limited task for which they may need language skills ...

Genau das Gleiche könnte man natürlich auch für die rein fachliche Seite einer jeden universitären Ausbildung behaupten. Wenn jemand zum Chemiker ausgebildet wird, ist es unmöglich vorherzusagen, auf welchem der vielen Teilgebiete der Chemie er seinen Beruf ausüben wird; die Wahrscheinlichkeit ist aber hoch, dass er irgendwo in der Chemischen oder Pharmazeutischen Industrie unterkommen wird. Einer Graduierten der Physik steht nicht einmal die Tür zur Physikalischen Industrie offen; denn eine physikalische Industrie gibt es nicht. Die Anwendungsbereiche des in der Universität gelernten sind noch diffuser als dies bei den Chemikern der Fall ist. Dennoch erscheint es sinnvoll, Studierende mit den Inhalten und Methoden der Chemie und der Physik vertraut zu machen. Das gleiche gilt nun aber doch wohl auch für die sprachliche Ausbildung. Es mag richtig sein, dass man die einzelnen Situationen, denen sich in den Beruf übergegangene Studierende gegenübersehen werden, nicht im Einzelnen vorhersehen kann, sie können sich jedoch auf Eventualitäten einstellen, wenn sie die Methoden und Inhalte der Fachsprache kennen.

Hiermit ist auch ein Punkt angesprochen, den Dodd selbst in seinem Abschnitt zum Bedarf an Fachsprachenunterricht in der Fremdsprache einführt (115):

... there is a difference between training, fitting trainees for a limited task, and education, giving pupils a flexible and generalised ability that permits them to adapt to a wide range of circumstances.

In der Universität geht es also um eine umfassende, den ganzen Menschen einbeziehende Ausbildung und nicht um das Eintrainieren von situativ vorherbestimmten und festgelegten Verhaltenweisen in ebenso festgelegten Situationen. Wenn man Dodd folgen würde, dem zufolge der einzige Platz für einen Fachsprachenunterricht in einem Kontext zu suchen sei, in dem die benutzte Sprache eng eingegrenzt und ihr Einsatz auf einige wenige vorherzusehende



Situationen beschränkt ist, so müsste man seiner Schlussfolgerung zustimmen, dass konsequenterweise der Fachsprachenunterricht an der Universität nichts zu suchen habe. Doch was oben über den Sach- und Fachunterricht gesagt wurde, gilt gleichermaßen für den fachsprachlichen Unterricht. Es ist richtig, dass die Studierenden nicht auf festgelegte Situationen eintrainiert werden können (und sollen); daraus folgt aber keineswegs, dass auf den fachsprachlichen Fremdsprachenunterricht zu verzichten sei. Wenn ein solcher Unterricht erzieherische und Bildungsziele im Auge hat, so passt er sehr wohl in den universitären Rahmen, und dies aus mehreren Gründen.

Schlussfolgerung: Zum einen dient die Fachsprache, wie alle anderen Sprachformen, auch dem Selbstausdruck des Einzelnen und von Gruppen, und es wäre eine gefährliche Einschränkung, wenn man die Ausdrucksmöglichkeiten, welche die Fachsprachen zur Verfügung stellen, nicht berücksichtigen wollte. In die Fachsprache mit eingeschlossen sind auch emotionale und ästhetische Werte, die von Dodd – wie von vielen anderen – systematisch vernachlässigt werden.

Zum anderen gehört zu jeder universitären Ausbildung die Entwicklung der Fähigkeit zur kritischen Reflexion. Der sprachbezogene Teil einer solchen Hinführung zum kritischen Denken wurde in der traditionellen Universität vor allem mit Hilfe des Literaturstudiums und des (auf dem Griechischen und Lateinischen basierten) grammatikalischen Wechselspiels zwischen Regel und Anwendung bewerkstelligt. Die modernen Universitäten und der Sprachunterricht haben sich geändert, doch die Fähigkeit zur kritischen Reflexion ist wichtiger denn je. An anderer Stelle habe ich (zusammen mit David Denby und Annette Simon) vorgeschlagen, dass unter anderem ein fachorientierter Fremdsprachenunterricht die Kritikfähigkeit zu fördern vermag, da hier die intensive und längerfristige fachliche und sprachliche Auseinandersetzung mit einem Sachgebiet möglich wird. Wir haben das so formuliert (Lechleiter/Denby/Simon, 1999, 67):

... language is a tool for picking up content not any more or less than content is a matter for picking up the language. This implies *cognitive integration* between a domain of knowledge — let us call it a discipline — and language.

### 3.1.3 Besteht ein Bedürfnis nach fachsprachlichem Fremdsprachenunterricht?

Die Frage nach dem Bedürfnis stellt die studentische Sichtweise in den Vordergrund. Dodd bezweifelt, dass die Studierenden fachbezogenen Sprachunterricht für wichtig, sinnvoll und anregend halten. Dafür führt er zwei, meist durch anekdotische Evidenz unterstrichene und widersprüchliche Gründe an. Zum einen sähen die Studierenden im Sprachunterricht mehr als nur eine utilitaristische Ergänzung zum Fachunterricht, denn die Sprache gebe ihnen eine Chance, aus der Enge der Fachausbildung auszubrechen und in eine breiter angelegte Ausbildung einzutauchen. Diese Chance werde verspielt, indem der Sprachunterricht die Themen des Fachunterrichts aufnehme und fremdsprachlich wiederkäue.<sup>261</sup> Zum anderen aber sei die utilitaristische Seite des fachsprachlichen Fremdsprachenunterrichts (mit Ausnahme vielleicht der Wirtschaftssprache) insofern nicht ausreichend ausgebaut, als es keine international anerkannten Fachsprachenzertifikate gebe; schließlich sei es die Zertifizierung, die viele der Studierenden vorwiegend motiviere.

Dem kann entgegengehalten werden, dass schon die Widersprüchlichkeit der beiden Argumente zeigt, auf welch wackeligen Beinen die Aussage steht, dass die Studierenden keinen Bedarf an fremdsprachlichem Sprachunterricht hätten. Die Zertifizierung kann auch anders als mit fachsprachlichen Einzelzertifikaten gelöst werden. An der *Dublin City University* werden kombinierte Studiengänge aus einem naturwissenschaftlichen Fach und einer Fremdsprache angeboten und führen zu einem kombinierten Abschluß (z. B. *BSc in Chemistry with German*, *Bsc in Physics with French* usw.).

---

<sup>261</sup> Dodd, 2000, 115: „My own experience some years ago, with finalists reading for a Bsc in economics who took a relatively substantial language option was that their general plea was for ‘some texts that *aren't* about money’.

genommen werden und die Unterrichtenden ihren Unterricht mit Engagement, vielleicht sogar mit Begeisterung halten.

### **3.1.4 Hat der fachsprachlicher Fremdsprachenunterricht eine Feigenblattfunktion?**

Nach Dodd leidet der Fremdsprachenunterricht unter einem Selbstbewusstseins-Defizit, das unter anderem mit Hilfe des fachsprachlichen Feigenblatts ausgefüllt werden soll (116):

... language learning is a respectable academic activity in itself, which does not need add-ons, even if it may be compatible with them.

Wenn der fachsprachliche Fremdsprachenunterricht als eigentlich unnötige Zugabe betrachtet wird, so ist er tatsächlich überflüssig. Es kommt darauf an, die beiden Felder, Fach und Sprache, als gleichwertige Partner zu verstehen, die sich gegenseitig beeinflussen. Dieser Einfluss kann negativ ausfallen, z.B. wenn die strikte Abgrenzung von Sprache und Fach behauptet und beworben wird, kann aber auch positiv gesehen oder ins Positive gewendet werden. Eine klare Grenzziehung zwischen Sprache und Fach ist ohnehin nicht möglich, und eines der Gebiete, auf denen die Fachgebiete über die Fachsprache in die Allgemeinsprache hineinreichen ist das Gebiet der Spracherneuerung. Sowohl in Hinblick auf die Lexik, als auch bei syntaktischen und Text- Diskursstrukturen erneuert sich die Sprache von den Fachsprachen her. Historisch waren es die Handwerkersprachen, welche die Differenzierung der Allgemeinsprache vorangetrieben haben. Seit den Anfängen der modernen Wissenschaften sind sie es, die – neben anderen Einflüssen, wie den Medien – die Sprachveränderungen entscheidend bestimmen. Man könnte also argumentieren, dass ein Sprachunterricht, der fachsprachliche Elemente nicht berücksichtigt, nicht auf der Höhe der Zeit ist.

Schlussfolgerung: Wenn der Unterricht von gegenseitigem Respekt zwischen Fach und Sprache und ihren jeweiligen Repräsentanten getragen ist, und wenn ihm das echte Bestreben zum Lernen bei allen Beteiligten zu Grunde liegt, ist keines dieser

beiden Gebiete dem anderen unter- oder auch nebengeordnet, sondern in diesem Fall können sie zu einer echten gegenseitigen Förderung beitragen, die im Resultat mehr als die Summe der beiden Fächer ausmacht.

### **3.1.5 Kann der fachsprachliche Fremdsprachenunterricht als Vorentlastung für Arbeit, Studium und Leben im Zielsprachenland dienen?**

Die Fachsprachen zeichnen sich nach Dodd dadurch aus, dass sie ein enorm umfangreiches Vokabular ansammeln. Den Studierenden könne für die zukünftige Anwendung ihrer Sprachkenntnisse nur dann geholfen werden, wenn man den jeweiligen Anwendungsbereich so einschränken könnte, dass das zu lernende Vokabular auf einen handhabbaren Umfang reduziert wäre. Aus gedächtnis- und lernpsychologischen Gründen ist nach Dodd der Neuerwerb von Vokabular auf etwa zwanzig Einheiten pro Tag limitiert. Bei einem Fachvokabular, das in der Elektrotechnik etwa 60.000 Termini, in der Medizin 250.000 Fachausdrücke und in der organischen Chemie allein etwa 3,5 Millionen Benennungen umfasst, sei das ein hoffnungsloses Unterfangen.

Als Ausweg schlägt Dodd selbst vor, die Vokabularaquisition und das Wortverstehen mit Hilfe von Morphologie, Etymologie und durch Einbeziehung des Kontextes zu erleichtern und zu unterstützen. Dies zu tun sei allerdings kein Privileg des Fachsprachenunterrichts und deshalb sei ein eigener fachsprachlicher Fremdsprachenunterricht nicht nötig (117):

Such techniques may be given a specific purposes slant, but are clearly a resource of great value for general purposes as well.

Wenn man solche Techniken im allgemeinsprachlichen Sprachunterricht zur Anwendung bringen muss, scheint dies ein Hinweis darauf zu sein, dass auch in der sogenannten Allgemeinsprache das Vokabular mit der täglichen Höchstdosis von zwanzig neuen Wörtern nicht erschlossen werden kann; kein Wunder, das

Vokabular einer jeglichen Sprache ist nämlich unendlich groß und auch die gelehrtesten Muttersprachler und Muttersprachlerinnen verfügen immer nur über einen Ausschnitt des in der jeweiligen Sprache vorhandenen Vokabulars. Demnach dürfte man also auch die Gemeinsprache nicht unterrichten, denn in ihr – nicht weniger als in den Fachsprachen – wird man der Fülle des Wortschatzes nie Herr werden, mit dem Unterschied, dass die Wortbildungsmuster in den Fachsprachen besser vorhersagbar, deutbar und anwendbar sind als im gemeinsprachlichen Bereich.

Schlussfolgerung: Das Erlernen von Fachsprache heißt also – auch in der Muttersprache – nicht, die täglich um Tausende ansteigende Menge von Termini zu erlernen, sondern mit Hilfe von Strukturen der Wortbildung zu analysieren und zu verstehen. Das Verstehen, Interpretieren, Anwenden von Strukturen ist über den lexikalischen Bereich hinaus eine weitere Ebene, die bei der Gleichsetzung von Fachsprache und Fachterminologie übersehen wird. Die Terminologie ist immer in einen fachtypischen Text eingebettet, der fachtypischen Textsorten angehört, die in fachtypische Diskursstrukturen eingebaut sind und dies alles muss wiederum in den Kontext von Wissen um fachliche Methoden, Prozesse, Wissensbestände, im Unterricht in pädagogisch-didaktische Fragen eingebettet werden.

Wenn man alles bisher gesagte zusammenzufassen versucht, dann lässt sich als ein Ergebnis sicherlich festhalten, dass aufgrund der immensen Breite und Tiefe dessen, was man als Fachsprache bezeichnet werden kann, tatsächlich keine Garantie auf einen erfolgreichen Fachsprachenerwerbsabschluss gegeben werden kann. In der Tat ...

... it is risky to offer any warranty of correctness of course content.

Aber ist eine Garantie wirklich das, was benötigt wird? Das Wort Garantie (*warranty*) verrät einiges über das Verhältnis von Unterrichten und Lernen, von

Lehrendem/r und Lernender/m in der Sichtweise von Dodd.<sup>262</sup> Eine Garantie kann man nur auf ein Produkt ausstellen, das – mehr oder weniger – komplett vom Hersteller oder Verkäufer an den Kunden weitergereicht wird. In dieser Wortwahl kommt eine Einstellung zum Vorschein, die für den Lernprozess, und die Rolle der Lernenden in diesem Prozess kaum Platz lässt.

Wichtig erscheint mir, dass die Studierenden lernen, in die verborgenen Strukturen des Sprechens als Experte einzudringen; dass sie mit Hilfe der (Fach)Sprache die natürliche Welt erschließen, und dass sie lernen sich selbst und ihr Selbst fachsprachlich auszudrücken.

---

<sup>262</sup> Als Fußnote: Konsequenterweise spricht Dodd in seinem Artikel über Fachsprachenunterricht an der Universität durchgehend von *pupils* (Schülern).

## **3.2 Rahmenbedingungen**

Jeder Unterricht findet innerhalb institutioneller Rahmenbedingungen statt, die das Unterrichtsgeschehen zu einem erheblichen Maß prägen. Dies betrifft ganz konkrete Umstände, wie beispielsweise Größe und Zusammensetzung der Lernergruppe, Zeitaufwand, Unterrichtsräumlichkeiten, zur Verfügung stehende Medien usw., aber auch weniger fassbare Umstände, wie Ethik und Kultur des Unterrichtsgeschehens, die ihren Ausdruck in Zielbeschreibungen, Art, Zahl, Schwierigkeitsgrad von Prüfungen oder anderen Auswertungsmethoden finden, aber auch im Ansehen und Prestige, das einem Fach (oder Teilfach) zugeschrieben wird. Solche Erwägungen finden ihr materielles Pendant in den finanziellen und materiellen Zuwendungen von Seiten der jeweiligen Institution, der Repräsentation und Gewichtung des jeweiligen Fachbereichs in Entscheidungsgremien usw. Dies alles verdichtet sich zu Bedingungen für den Fachsprachenunterricht, die teilweise bis ins Detail des konkreten Unterrichtens hineinreichen.

Für die Zwecke dieses didaktischen Abschnitts muss aber, im Interesse einer Anwendbarkeit der Ergebnisse dieser Arbeit, von solchen sehr konkreten Umständen abgesehen werden. Stattdessen werden einige allgemeinere Erwägungen angestellt, die einer pragmatischen Ausrichtung des fachsprachlichen Fremdsprachenunterrichts dienlich sein können.

Hier wird vom Unterricht auf der Hochschulebene in Irland gehandelt.

### **3.2.1 Zielgruppen**

Zielgruppen des Unterrichts, d.h. die Studierenden, welche Kursangebote aufgreifen, ändern sich relativ schnell. Wichtige Rollen spielen dabei demographische Entwicklungen (Zahl der Studienanfänger), Entwicklungen von Interessenlagen, die ihrerseits wiederum stark von wirtschaftlichen Entwicklungen

abhängen (Anstieg bzw. Abfall des Interesses an bestimmten Wissenschaftszweigen, Vorstellungen zur Studiendauer).

### 3.2.2 Institutionelle Vorgaben

Die Studierenden kommen nicht als unbeschriebene Tafeln in die Hochschule, sondern sie bringen gewisse Voraussetzungen mit, die zu einem großen Teil vom Schulsystem, aus dem sie in der Regel gerade entlassen sind, bestimmt werden.<sup>263</sup> Eine eingehende Studie zu diesem Thema (in Hinblick auf die metasprachliche Vorbildung der Studierenden) hat Annette Simon (1999) vorgelegt.<sup>264</sup>

#### 3.2.2.1 Schulausbildung

Die Schulausbildung hängt von vielen Faktoren ab. Dazu gehören beispielsweise die Fächerangebote an Schulen. In Irland werden derzeit nicht alle naturwissenschaftlichen Fächer an allen Schulen angeboten, was bedeutet, dass die Hochschulausbildung in naturwissenschaftlichen Einzelfächern bei Null beginnen muss. Die Fremdsprachenausbildung besteht zumeist aus fünf Jahren Unterricht in einer Fremdsprache, dies aber auf dem Hintergrund der Ausbildung in der Sprache Irisch, die sich über die gesamte Schulzeit (normalerweise zwölf Jahre) hinreckt und für die große Mehrheit der Schüler und Schülerinnen effektiv eine Fremdsprache ist.

Die Curricula für die naturwissenschaftlichen Fächer weisen (im Vergleich zu anderen europäischen Ländern wie Deutschland und Frankreich) einen relativ geringen mathematischen Anteil auf. In den Fremdsprachen ist eine modifizierte

---

<sup>263</sup> Auch andere soziokulturelle Bedingungen spielen eine Rolle, wie etwa die gesellschaftliche Herkunft der Studierenden (Unterrepräsentation der sog. unteren Gesellschaftsschichten), die Geschlechteraufteilung bei der Auswahl der Schul- und Studienfächer etc.

<sup>264</sup> Annette Simon, 1999, *Towards a German grammar programme for post-leaving certificate students*, Ph-D thesis, Dublin City University.



Form des kommunikativen Ansatzes typisch, was eine gewisse Schwäche auf dem Gebiet der formellen Grammatik nach sich zieht (s. hierzu wiederum Simon (1999)).

Zu weiteren Faktoren der Schulausbildung gehören die Ausbildungsbedingungen für die jeweilige Lehrergeneration, die Ausstattung von Schulen (z. B. mit Laboren für den naturwissenschaftlichen Unterricht), das Image der Schulfächer (als 'schwierig' bzw. 'leicht' wahrgenommene Fächer), das Zugangssystem zum Hochschulsektor (in Irland ein zentral verwaltetes Punktesystem), andere Entwicklungen (Wirtschaft und Politik; so haben die Ereignisse des 11. September 2001 zu einem Absturz in den Zahlen der Informatikstudierenden geführt, der sich – weniger drastisch allerdings – schon zuvor angekündigt hatte).

### **3.2.2.2 Hochschule**

Weiter gehören zum Rahmen die internen Bedingungen der Ausbildungsstätte, in diesem Fall der Universität, die einerseits auf die eben besprochenen Bedingungen reagieren muss, andererseits die Aufgabe hat, die Ausbildung der nächsten Studiengenerationen zu gestalten und in diesem Prozess selbst Parameter zu setzen. Nicht zuletzt kommt es sehr stark darauf an, ob und für welche Zwecke die Sprache letztlich benutzt wird (kommt es zu einem Auslandsaufenthalt?, dient der Aufenthalt dem Studium, einem Arbeitspraktikum, anderen Zwecken - wie z.B. Geld verdienen?), und hiervon hängt wiederum ab, welche Fähigkeiten und Fertigkeiten insbesondere gelernt und eingeübt werden sollten. Auch auf diesem Gebiet können rasche Änderungen eintreten. Letztlich sind alle Umstände so sehr im Fluss, dass man nur Bedingungen festlegen kann, die man so allgemein hält, dass Veränderungen aufgefangen werden können und so speziell, dass das didaktische Angebot nicht in allgemeiner Phraseologie versackt. Als Bedingungen werden hier angenommen (entsprechend den realen Bedingungen):

- Studiengang von vier Jahren mit durchgehendem Sprachunterricht
- Sprache als elementarer und obligatorischer Teil des Studiums

- normalerweise ein Auslandsjahr, oder zumindest ein Auslandssemester im Zielsprachenland
- gemischte Gruppen (aber mit naturwissenschaftlich-technischer Orientierung); wie in den Modulen vorgesehen (s. Anhang 1)
- Lehrpersonal mit sprachlich-didaktischem Interesse, jedoch ohne Spezialausbildung in den entsprechenden Einzelfächern

Der letzte dieser Punkte bringt uns zu einer Frage in Hinblick auf die Lehrenden.

### **3.2.2.3 Lehrperson: Experte der Sprache oder des Faches?**

Im ersten Teil dieser Arbeit wurden einige Bemerkungen zum Verhältnis zwischen Sprache und Fach gemacht. Diese Frage betrifft den Fachinhalt ebenso wie die Vermittlung. Fremdsprachenkenntnisse werden in vielen europäischen Ländern vorausgesetzt, wobei in aller Regel die Fremdsprache Englisch gemeint ist, die de facto die Verkehrssprache der internationalen Forschung geworden ist. Doch gewichtige Argumente sprechen auch für das Erlernen anderer Fremdsprachen, insbesondere durch englischsprachige ForscherInnen. In der Vermittlung bedeutet die Frage nach dem Verhältnis zwischen Sprache und Fach die Frage danach, ob die Fachsprache in der Fremdsprache von Experten des Faches oder von Experten der Sprache unterrichtet werden soll. Die pragmatische Antwort lautet: man muss das nehmen, was man gerade zur Verfügung hat. Dies hängt von vielen Faktoren ab, von denen die sozioökonomischen nicht die unbedeutendsten sind. So wird man in Zeiten schwieriger Arbeitssuche eher FachexpertInnen finden, die sich für den Einsatz in sprachlichem Unterricht interessieren. Die internationale Mobilität ist ebenfalls ein sehr wichtiger Faktor.

Zuletzt soll in diesem Abschnitt noch gefragt werden, für welche fremdsprachliche Kenntnisstufe der Fachsprachenunterricht geeignet ist.

### 3.2.2.4 Fachsprachenunterricht: für Anfänger oder Fortgeschrittene?

Fachsprachenunterricht für Fortgeschrittene oder Anfänger? Auch diese Frage muss pragmatisch gefasst werden. Es kommt auf die Umstände und Ziele des Unterrichtes an. Jedoch ist nach allem, was zur Fachsprache der Chemie gesagt wurde, ein fachsprachlicher Unterricht für Anfänger des Deutschen keineswegs undenkbar, da manche der Charakteristika der Fachsprache sich für den Anfängerunterricht geradezu anbieten. Dazu gehörten: rigide Texttypen-Strukturen, die eine hohe Prädiktabilität ermöglichen; umfassender internationaler Wortschatz, der vielfach eine einfache Synonymisierung und Paraphrasierung ermöglicht; einfache Satzstrukturen durch Nominalisierung usw. Ein praktisches Beispiel für fachsprachliches Leseverstehen im Anfängerunterricht demonstriert Lechleiter (1996).<sup>265</sup> In der Praxis hat sich jedoch herausgestellt, dass Studierende ein Kursangebot, das ein naturwissenschaftliches Fach mit einer Fremdsprache kombiniert, in der Regel nur dann aufnehmen, wenn sie schon Vorkenntnisse in der Sprache besitzen.

Hiermit sind die Rahmenbedingungen soweit nötig abgesteckt. In einem weiteren Schritt werden nun die Vorentscheidungen betrachtet, die für einen fachsprachlichen Fremdsprachenunterricht getroffen werden müssen.

---

<sup>265</sup> H. Lechleiter, 1996, „Reading with an open mind - reading for specific purposes“ in: G. Leder, N. Reiman, R. Walsh (Hg.), *Ab initio language learning*, London: CILT.

## 3.3 Vorentscheidungen

Fachsprachlicher Unterricht wird nicht nur von den Rahmenbedingungen getragen, von denen eben die Rede war, sondern läuft auf dem Hintergrund von Entscheidungen ab, die von Lehrenden, Lernenden und den beteiligten Institutionen vor, während und nach dem eigentlichen Unterrichtsgeschehen getroffen werden. Die folgenden Punkte sind grobe Wegweiser, die auf Grund von Vorentscheidungen von Seiten des Unterrichtenden axiomatisch gesetzt wurden.

### 3.3.1 Orientierung an der Fachdidaktik

Für den fremdsprachlichen Unterricht der Fachsprache der Chemie sollte man sich nicht an der fortgeschrittenen Forschungschemie orientieren, sondern eher an der Chemiedidaktik. Die Textsorten der Forschung (vorwiegend Artikel in wissenschaftlichen Zeitschriften) sind ohnehin in weit überwiegender Mehrheit auf Englisch veröffentlicht, was sie aus unserem Betrachtungsfeld weitgehend ausschließt. Zudem setzt die Lehre der Chemie gemäß den oben angeführten Rahmenbedingungen bei Null ein - bei den Studierenden werden keine fachlichen Vorkenntnisse vorausgesetzt - so dass eine Einbeziehung forschungssprachlicher Texttypen erst in einem späten Stadium in Frage kommt.

Das Erfassen von chemischer Terminologie in einer Fremdsprache kann m.E. besser in dem von Buck so genannten 'exakten' (im Gegensatz zum 'präzisen') Modus erfolgen, da es im fachsprachlichen Unterricht um die Ausarbeitung von Begriffen geht (vgl. hierzu Teil 2 *Präzision und Exaktheit in der Begriffsbildung und Definition und Elaboration*). Die 'exakte' Begriffsbildung bringt auch die Einbeziehung des Persönlichen, Subjektiven mit sich, was im Sprachunterricht von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist. 'Überblick', 'Vernetzung' und gegenseitige Abhängigkeit von Konzepten und den Ausdrucksmitteln, mit denen sie kommuniziert werden, sind weitere wichtige Schlüsselwörter in der Fach- wie in der Sprachdidaktik, die durch 'exakte' Ausführung besser erreicht werden können,

als durch die forschungssprachliche Präzision. Schließlich ist der fachsprachliche Fremdsprachenunterricht auf Universitätsebene in eine Ausbildungserfahrung einzubinden, die alle Aspekte der Entwicklung und Entfaltung von Wissen umfasst. Für rein zweckgebundenen Unterricht gibt es wertvolle Methoden, die hier aber nicht weiter interessieren.

### **3.3.2 Sprachliche Orientierung (vs. sachliche Orientierung)**

Das Ziel des fachsprachlichen Unterrichts ist die Erlernung der Fachsprache und nicht die des Faches. Idealerweise gehen beide Hand in Hand, und der Sprachunterricht sollte jederzeit davon informiert sein, was im Fachunterricht geschieht.<sup>266</sup> Der Zweitsprachenerwerb findet unter anderen lern- und wissenspsychologischen Umständen statt als der Erstsprachenerwerb, zu dem, wie wir weiter oben gesehen haben (Ebel: „Der Nachwuchs liest sich ein.“), die Erlernung der Fachsprache gehört. Die sprachliche Orientierung wird zum Beispiel dann zu einem wichtigen Thema, wenn Entscheidungen über die Textauswahl getroffen werden müssen: die Auswahl fällt im sprachbezogenen Unterricht immer zugunsten der Texte aus, welche die Studierenden sprachlich weiterbringen, auch wenn sie vom fachlichen Gehalt her Schwächen aufweisen (z. B. ist es unter Umständen besser, einen wissenschaftlich veralteten - man könnte positiver formulieren und anstelle von 'veraltet' 'historisch' einsetzen - Text zu verwenden, als einen, der auf der Höhe der Zeit steht, wenn sich sprachliche Phänomene an ihm besser demonstrieren lassen).

---

<sup>266</sup> Das Umgekehrte zu erwarten, wäre illusorisch, weil der gesamte Fachunterricht natürlich auf englisch abläuft, und die Fortschritte der Studierenden im Deutschen keinerlei Einfluss auf den fachlichen Fortschritt haben, außer in der Form, dass unter Umständen die (fremd)sprachliche Bearbeitung eines Themas einen gewissen Wiederholungs- und Verstärkungseffekt mit sich bringen kann.

### **3.3.3 Autonomes Lernen**

Das Erlernen von fachsprachlichen Strukturen sollte im Rahmen eines die Autonomie der Lernenden voraussetzenden und entwickelnden Unterrichts vorgestellt werden. Im Zentrum des Geschehens steht das Lernen (und nicht so sehr das Unterrichten). Für diesen Ansatz gibt es neben vielen lernpsychologischen auch ganz praktische Gründe. Der Sprachunterricht findet unter strikten Zeitbeschränkungen statt (durchschnittlich drei Wochenstunden pro Semester) und deshalb ist die Eigenarbeit der Studierenden für den Lernerfolg ausschlaggebend. Zudem laufen die Kontaktstunden normalerweise mit Studierenden aus unterschiedlichen Fachbereichen ab, so dass eine detaillierte Bearbeitung einzelfachlicher Fragen im Unterricht kaum möglich ist.

### **3.3.4 Übertragbare Fertigkeiten und Fähigkeiten**

Das Erlernen wissenschaftlicher Fachsprachen findet immer auf mehreren Ebenen statt, die ineinanderbettet und miteinander verwoben sind. Neben dem reinen Ausdruck von Sachverhalten durch die Fremdsprache werden im Unterricht etwa wissenschaftliche Methoden, verschiedene Arbeitsformen, Präsentationsmöglichkeiten, Kritikfähigkeit, kreativer Ausdruck, interkultureller Austausch usw. eingeübt, auch praktische Fähigkeiten und Fertigkeiten, wie Textverarbeitung mit Computer, Informationssuche und -auswertung in Bibliotheken und durch die elektronischen Medien, Entwicklung eigener Webseiten etc. Diese Ebene des Unterrichts ist sehr wichtig und Entscheidungen über Progression und Inhalt des Unterrichts müssen diese Faktoren, neben den sprachlichen, berücksichtigen.

### **3.3.5 Auseinandersetzung mit wissenschaftlichen Denkweisen und Repräsentationsformen**

Zur Auseinandersetzung mit den Methoden und Darstellungsweisen der Wissenschaft gehört in erster Linie, dass die Systematik der Wissenschaftlichkeit auf verschiedenen Ebenen reflektiert und eingeübt wird. Im Besondern umfasst dies die Stellung von Modellen und Definitionen, mit Übergangsbereichen in die Bereiche Theorie, Hypothese, Vergleich, Symbol, Paradigma und vor allem auch der Metapher, aber auch Erscheinungen wie Logik der Argumentation (Kausalität etc.), Nachvollziehbarkeit von Experimenten, die Auseinandersetzung mit dem Verhältnis von Experiment und Theorie. Diese metakognitive Ebene bringt sprachliche Erscheinungen mit sich, die im Rahmen eines fachsprachlichen Fremdsprachenunterrichts nicht vernachlässigt werden dürfen. Weiter gehört hierher auch die Auseinandersetzung mit Grundlagen- und Nachbarwissenschaften der Naturwissenschaften (wie Mathematik, Physik, aber auch Pharmazie und entfernteren Verwandte wie Materialwissenschaften, und ganz entfernt wirkende, wie etwa das Industriedesign) und ein vergleichender Einblick in die Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Natur- und Geistes- bzw. Humanwissenschaften.

### 3.4 Wissen, Kompetenz und Zeichen

Thomas Seilnacht (1998)<sup>267</sup> beschäftigt sich mit dem naturwissenschaftlichen Unterricht in der Sekundarstufe der Schule. Sehr vieles von dem, was er sagt, kann auch auf den fremdsprachlichen Fachsprachenunterricht auf der Hochschulebene übertragen werden. Dafür gibt es mehrere Gründe: Zum einen geht es bei Seilnacht um allgemeine Einsichten zur Erziehung und Ausbildung die auf alle Alters- und Ausbildungsstufen zutreffen und nur einer diesen Stufen angemessenen Differenzierung bedürfen. Des weiteren plädiert er dafür, eine „Pluralität von Wissensformen“ anzustreben, die für den hier gegebenen Kontext allein durch die Verbindung von chemischen Sachinhalten und fremdsprachlichem Unterricht schon gegeben ist. Dies wird noch deutlicher, wenn man die in Abbildung 8 *Kompetenzen nach Seilnacht* gegebene Dreiteilung auf eine Zweiteilung reduziert, indem man mit Seilnacht (1998, 6)<sup>268</sup> zwischen Ausdruck und Eindruck unterscheidet. ‘Eindruck’ steht für das rational-logische Wissen (1998, 12), das transportiert und - auch in Form des Frontalunterrichts erfolgreich - durch „Texte, Bilder, Modelle, Filme, ... Aufbauten“ usw. unterstützt (1998, 4) weitergegeben werden kann. Zu ‘Ausdruck’ gehört das Spontane, Intuitive, Emotive (1998, 12), was in der Auseinandersetzung mit der Natur vom Individuum und zusammen mit anderen erfahren und erlebt wird, und beschrieben und kreativ gestaltet werden kann. Diese Zweiteilung wird in der hier interessierenden Kombination von Fächern zwangsläufig überbrückt, denn der Fachunterricht als Frontalveranstaltung - wie in Vorlesungen - kann Studierende gegebenenfalls, wenn auch nicht idealerweise<sup>269</sup> ‘beeindrucken’, während es in einem Sprachunterricht, der seinen Namen wert ist, keine andere Wahl gibt, als sich ‘ausdrücken’ zu müssen. Weiterhin trägt die Art, wie Seilnacht die unterschiedlichen Wissensformen vorträgt, eine immense, bei ihm selbst

---

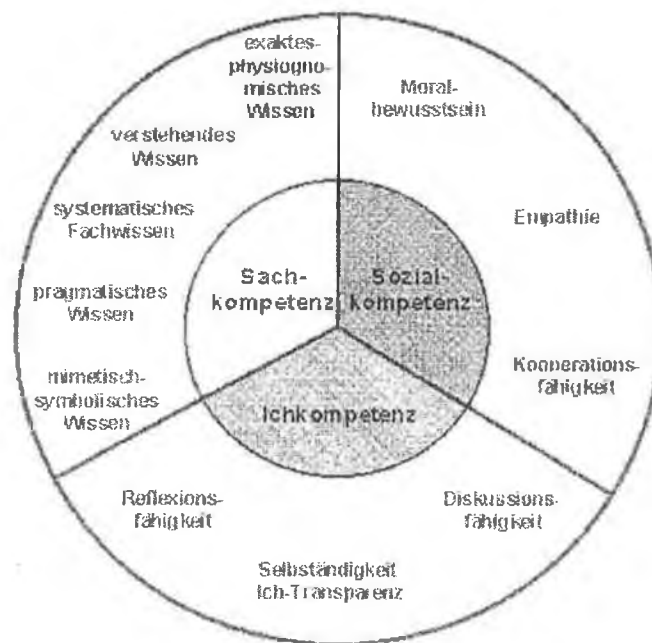
<sup>267</sup> Thomas Seilnacht, 1998, „Komplementäres Lernen und Verstehen im naturwissenschaftlichen Unterricht“, *chimica didactica* 3.

<sup>268</sup> Seilnacht beruft sich hier auf Messner, Rumpf und Buck, 1997.

<sup>269</sup> Auch in den Naturwissenschaften ist man dabei, vom Frontalunterricht abzurücken und mehr in Projektarbeit zu investieren.



nirgendwo verzeichnete Ähnlichkeit mit Bühlers Zeichen- und Kommunikationssystem, an dem wir uns hier orientieren und deckt alle dort angesprochenen Aspekte der Zeichen- und Sprachbenutzung ab. Dieses Wissens- und Kompetenzsystem soll zunächst vorgestellt werden, bevor Seilnachts Thesen im Einzelnen behandelt und aufgrund des in Teil 1 und 2 dieser Arbeit Gesagten auf den Kontext des fachsprachlichen Fremdsprachenunterrichts übertragen und angewendet werden.



**Abb. 8 Kompetenzen nach Seilnacht**

Es ist auf den ersten Blick sichtbar, dass das, was Seilnacht unter dem Zentralbegriff *Sachkompetenz* erfasst, sehr starke Ähnlichkeiten mit der referentiellen (oder darstellenden) Seite des sprachlichen Zeichens aufweist. Hier geht es um das Wissen über die Dinge in der Welt und ihren Ausdruck. Der Begriff der *Sozialkompetenz* umfasst das, was im Zeichendreieck von Bühler zum appellativen Charakter des Zeichens gesagt wird; es geht um die Hinwendung zum

jeweils anderen in der Kommunikation, um das Verhältnis zum Kommunikationspartner. Die Bühlersche Ausdrucksfunktion (oder emotive Funktion) wird schließlich in Seilnachts Darstellung durch die *Ichkompetenz* getragen. Es mag Argumente dafür geben, sich für den Sachunterricht auf die Sachkompetenz zu beschränken (wiewohl man sich eine Wissenschaft nicht vorstellen mag, der - folgt man der graphischen Darstellung - von Moralbewusstsein, Empathie und Kooperationsfähigkeit, über Diskussionsfähigkeit, Selbständigkeit bis hin zur Reflexionsfähigkeit alles fehlt), für Fremdsprachenunterricht scheint dies unvorstellbar. Seilnachts Beitrag ist ein Plädoyer dafür, im Sachunterricht diese Kompetenzen nicht zu trennen; wir haben an früherer Stelle gesagt, dass, was die Funktionen der Sprachzeichen angeht, eine Trennung gar nicht möglich ist.

### 3.4.1 Sachkompetenz

Die einzelnen Wissens- oder Kompetenzformen werden in den folgenden Abschnitten erläutert und aufgrund der in den ersten Teilen gewonnenen Erkenntnisse erweitert. In weiten Passagen beruft Seilnacht sich, für die Erläuterung des unter *Sachkompetenz* Zusammengefassten auf den nach seinen Worten „bemerkenswerten“ Beitrag von Messner, Rumpf und Buck (1997)<sup>270</sup> zu Aufgaben des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Die Erläuterungen zu den einzelnen Begriffen erfolgen immer dreischrittig: im ersten Schritt wird zusammengefasst, was Seilnacht zum Thema beiträgt; der zweite Schritt stellt die Verbindung zu dem her, was zu Hintergründen der Fachsprache der Chemie in der Arbeit bisher gesagt wurde. In einem dritten Schritt werden mögliche praktische Anwendungen für den fachsprachlichen Fremdsprachenunterricht vorgeschlagen und mit Beispielen illustriert. Es versteht sich von selbst, dass keine der in den praktischen Teilen angegebenen Tätigkeiten isoliert ist, sondern dass vorbereitende

---

<sup>270</sup> Messner, R., Rumpf, H. und Buck, P., 1997, „Natur und Bildung - über Aufgaben des naturwissenschaftlichen Unterrichts und Formen des Naturwissens“, *chimica didactica* 1, 5-32.

oder nachbereitende Aktivitäten vorangehen bzw. folgen. Dies jedoch jedes Mal auszubreiten würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen; gelegentliche kurze Hinweise in dieser Hinsicht sollen dies nur schlaglichtartig illustrieren.

### **3.4.1.1 Pragmatisches Umgangswissen**

Das pragmatische Umgangswissen umfasst nach Seilnacht vor allem die Teile des Fachwissens, die - bewusst oder unbewusst - im Alltagsleben handlungstragend sind. Dazu gehört beispielsweise der sinnvolle Umgang mit Stoffen aus der Fachpraxis der Chemie, die einem in solchen lebenspraktischen Zusammenhängen entgegentreten, wozu etwa Kenntnisse über Rohstoffe, Haushaltschemikalien, Medikamente, Nahrungsmittel etc. gehören.

Die Verbindung zum Alltag ist in unserem Zusammenhang vor allem wichtig, weil hier das Kontrastmittel für den fachlichen Gebrauch der Sprache liegt, auf Grund dessen Fachsprache, und alles was zu ihr gehört, erst sichtbar wird. Die Hin- und Herübersetzung aus der Umgangssprache in die Fachsprache und umgekehrt ist ein Prozess, der auf allen Kenntnisstufen und mit den verschiedensten Übungs- und Sozialformen im Unterrichts- und Lernprozess eingesetzt werden kann.

Zwei praktische Beispiele sollen hier angeführt werden, die im Unterricht mit großem Erfolg eingesetzt wurden.

Das erste ist die Hinführung zur Terminologisierung von Wörtern mit einem alltags-praktischen Gerät: einem einfachen Espresso-Kocher. Der Espresso-Kocher wird in den Unterricht mitgebracht und von den Studierenden begutachtet. Erstaunlich - und interkulturell höchst interessant - ist, dass der Kocher für die Mehrheit der irischen Studierenden zunächst etwas Rätselhaftes an sich hat. Die Funktionsweise des Kochers wird, je nach Zeitangebot und übrigen Unterrichtsverlauf vom Dozenten oder nach Internet-Recherche von Studierenden erklärt. Die Abläufe bei Espresso-Kochen und bei der Vorbereitung des Kochers haben starke Ähnlichkeiten mit Abläufen im Labor (vgl. Teil 2, *Labor*,

*Manipulation von Flüssigkeiten*) und die Terminologisierung setzt dort ein, wo die Fachsprache andere Begriffe benutzt als die Umgangssprache (*sieden* vs. *kochen*), Oberbegriffe einführt, die in der Umgangssprache nicht benutzt werden (*Aggregatzustand, Phase*) oder feiner differenziert (Änderung der Aggregatzustände: *kondensieren, sublimieren* etc.). Offensichtlich ist die Terminologisierung auf diese Art ein Verfahren, das sowohl fachlich als auch sprachlich auf einem sehr niederen Niveau ansetzt, dennoch unterhaltsam und lehrreich ist, und sich deshalb sehr gut für das erste Studiensemester eignet. Nebenbei bemerkt lässt sich diese Art von Übung sehr gut auch in fachlich gemischten Gruppen einsetzen, da der Espresso-Kocher auch für Physiker und Ingenieure Untersuchungs- und Versprachlichungsmöglichkeiten bietet.

Ein zweites Beispiel für die praktische Einübung des pragmatischen Umgangswissens, hier unter dem Aspekt der Übersetzung zwischen Fach- und Allgemeinsprache, wurde ebenfalls schon in mehreren - in diesem Fall fortgeschritteneren - Unterrichtsgruppen erfolgreich erprobt. Es steht unter dem Motto: *Museum für Naturwissenschaft und Technik*. In diesem Fall war es Aufgabe der Studierenden, ein wissenschaftliches Museumsobjekt ihrer eigenen Wahl zu präsentieren. Dies umfasste das Objekt selbst, sowie Begleitmaterialien, die in Form von Postern, Diavorträgen, PowerPoint-Präsentationen, Begleitbroschüren etc. erstellt wurden. Das Projekt erfordert eine äußerst intensive Beschäftigung mit einem fachlichen Themenbereich. Der Übertragungsprozess führt in diesem Fall von der Fachsprache zur Umgangssprache, da die Studierenden in der Rolle der Experten und Expertinnen ihr Fachwissen in allgemein verständlichem Deutsch erläutern. Der Clou an diesem Projekt ist, dass mit Hilfe der Objekte eine Ausstellung zusammengestellt wurde, die einen Tag lang tatsächlich für die universitätsinterne und -externe Öffentlichkeit zugänglich war. Vor- und Nachbereitung schließen in diesem Fall die Beschäftigung mit Museen nach Art des Deutschen Museums in München ein.

Das soeben ausgeführte Beispiel des Museums spielt in die nächste Untergruppe der Sachkompetenz hinein.

### **3.4.1.2 Systematisches Wissen**

Das systematische Wissen stellt das aus der experimentellen Beschäftigung mit der Welt gewonnene Wissen dar. Dazu gehören differenzierte Messmethoden, Abstrahierung und Klassifizierung der Phänomene in der Welt und die Erfassung in gesetzmäßigen Zusammenhängen. „Dabei spielt die Verwendung einer Fachsprache, welche sich von der unmittelbaren Begegnung mit der Natur löst, eine entscheidende Rolle“ (Seilnacht, 1997, 2).

Hier haben wir es also mit Fachsprache im engeren Sinne zu tun. Messungen und Methoden der Messung bilden einen wichtigen Teil der Tätigkeit im Labor. Dabei haben wir gesehen, dass die Beschreibung der statistischen Mathematik sprachlich-kulturelle Unterschiede aufweist (vgl. Teil 1, Tabelle 7, Meeres- und Landmetapher). Die Abstrahierung findet in den Naturwissenschaften weitgehend durch die Mathematik und in der Chemie zusätzlich durch den häufigen Gebrauch von Formeln statt. In der Lehrsprache der Chemie sind dies vor allem Reaktionsformeln. Sowohl mathematische als auch chemische Formeln stehen jedoch nie in Isolation, so dass sich ein ständiges Wechselspiel zwischen Formel und Sprache ergibt, was mit den Stichworten ‘Mathematisierung’ bzw. ‘Explizierung’ (auch ‘Analogisierung’ und ‘Digitalisierung’) erfasst wurde. Ebenso gehören zu diesem Bereich des systematischen Wissens die Modellvorstellungen des Faches. Zur wissenschaftlichen Klassifikation trägt in der Chemie vor allem die Nomenklatur bei. In der Terminologie des Faches haben wir uns mit den unterschiedlichen Ebenen der Terminologie beschäftigt, aus der die vier Hauptbegriffe des praktischen Teils hervorgegangen sind. Aber auch Synonym, Paraphrase und Antonym waren wiederkehrende Themen in dieser Hinsicht. Die „Erfassung der Welt in gesetzmäßigen Zusammenhängen“, in anderen Worten die Theoriebildung ist für die Chemie als theoriearme Wissenschaft nicht allzu zentral;

zum Beispiel gibt es in der Chemie keine großen theoretischen „Schulen“ die sich aneinander reiben.

In der Unterrichtspraxis können alle mit dem Messen verbundenen praktischen Tätigkeiten und Prozesse in ähnlicher Manier (und sogar auf der Grundlage des selben Textes) wie unter dem Grundbegriff *Labor* für die Manipulation von Flüssigkeiten demonstriert besprochen werden. Ein kurzer Auszug aus dem Textbeispiel, das dort schon verwendet wurde, zeigt, wie eine neue Einstellung zum Text neue Ergebnisse mit sich bringt. Die fett gedruckten Ausdrücke beziehen sich, wie wir in dem entsprechenden Abschnitt gesehen haben, auf die Manipulation von Flüssigkeiten, die fett und kursiv gedruckten auf das Messen.

Volumenmessgeräte

*Volumenmessgeräte* sind entweder auf **Auslauf** (*Ex*) oder auf **Einguss** (*In*) *kalibriert*:

*Ex*: Beim **Entleeren** erhält man die auf dem Gefäß angegebene *Flüssigkeitsmenge*. Es **enthält** aber etwas mehr, weil beim **Auslaufen** ein wenig Flüssigkeit an der Innenwand **haften bleibt**.

*In*: Nach korrekter **Füllung** **befindet sich die angegebene Menge** im Gefäß. es ist jedoch nicht möglich, sie durch **Ausgießen** vollständig zu **entnehmen**.

Bei sehr *genauen Volumenbestimmungen* muss die *Temperatur eingehalten* werden, bei der die Geräte *kalibriert* wurden, weil Volumina *temperaturabhängig* sind. Zur Volumenbestimmung und zum *exakten Abmessen* von *Flüssigkeitsmengen* sind im besonderen *Messzylinder*, *Messkolben*, *Pipetten* und *Büretten* gebräuchlich. [Abb.]

Eine Sichtung des sehr kurzen Auszugs ergibt eine ansehnliche Anzahl relevanter Ausdrucksweisen, die hier nur aufgezählt seien.

**Verben**: messen, abmessen, kalibrieren, (Temperatur) einhalten, (eine Menge) angeben, (ein Volumen) bestimmen

**Nomina**: Messgeräte, Messgefäß, Messzylinder, Messkolben

**Adjektive**: temperaturabhängig, exakt, genau.

Es liegt auf der Hand, dass sich in der Unterrichtstätigkeit die beiden Durchgänge durch den gleichen Text auf unterschiedliche Art und Weise kombinieren und beispielsweise sehr gut in Gruppenarbeit erledigen lassen. In einem dritten Durchgang könnte wiederum der gleiche Text in Hinblick auf die Klassifizierung der in ihm gebrauchten Wörter und Ausdrücke durchforstet werden, und man käme nach dem Klassifikationssystem von Vollmer (Tab. 13, Chemische Grundbegriffe) auf etwa folgendes Ergebnis:

**Stoffe:** Flüssigkeit

Prozesse:  $\emptyset$

Phänomenbegriffe:  $\emptyset$

theoretische Begriffe:  $\emptyset$

**technisch-praktische Begriffe:** Volumenmessgeräte, Messzylinder, Messkolben, Pipetten, Büretten.

Anhand dieses Ergebnisses lässt sich aufzeigen, dass ein Klassifizierungssystem, das für Redoxreaktionen erarbeitet wurde, für laborpraktische Tätigkeiten nicht optimal ist, insofern drei Gruppen der Klassifizierung unbesetzt bleiben, während zugleich ein großer Teil der Wörter im Text nicht erfasst ist, was Anlass gibt, eine neue, eigene Klassifizierung zu erstellen und Klassifizierungen insgesamt einer kritischen Annäherung zugänglich zu machen. Letzteres ist eine Lernaktivität, die mit im nächsten Abschnitt besprochenen *verstehenden* Wissen aufs Engste zusammenhängt.

Was die unterrichtspraktische Umsetzung der chemietypischen Abstrahierungen angeht, so kann man die im praktischen Teil der Arbeit zum Thema *Reaktion* angegebenen tabellarischen Übersichten zum Verhältnis von Formel und Sprache je nach Unterrichtsbedarf mehr oder weniger vorstrukturiert vorgeben oder von den Studierenden selbst erstellen lassen und die Bearbeitungsrichtung von Formel zu Sprache oder von der sprachlichen Explizierung zur Formel ändern. Zur Erinnerung soll hier eines der vielen Beispiele (Tabellen 27-33, sowie Tabelle 6) angeführt werden:

Formel	$2\text{CrO}_4^{2-}$	+	$2\text{H}_3\text{O}^+$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	+	$3\text{H}_2\text{O}$
Name	Chromat		{Hydro- niumion}		Dichromat		
Art			starke Säure				
Prozess		versetzen mit		sich bilden; Farbe ändert sich			
Farbe	gelb				orange		

**Tabelle 45: (wie Tabelle 31, Formel und Sprache, Fischer 1, 75)**

Zuletzt kann man, um das systematische Wissen bei den Studierenden zu fördern, die Durchführung von einfachen Experimenten im Unterricht selbst und allem, was an sprachlichem Begleitwerk dazugehört (Anweisungen, Beschreibungen, Versuchsprotokolle), anregen. Das Internet bietet einen großen Schatz von Vorschlägen dazu, die zumeist aus dem Schulbereich stammen und deshalb den großen Vorteil der inhaltlichen und sprachlichen Einfachheit mit sich bringen, auch dann, wenn sie recht komplexe Verfahren und Prozesse zum Inhalt haben. Die praktische Erfahrung mit der Vorführung einfacher Experimente im Unterricht (z. B. zur Chromatographie), sowie den entsprechenden Vor- und Nachbereitungsphasen (Recherche zu geeigneten Versuchen, Anwendung auf Laborpraktikum im Studium) hat sich als äußerst erfolgreich erwiesen.

### 3.4.1.3 Verstehendes Wissen

Das verstehende Wissen beschäftigt sich damit, wie das Wissen bei den Lernenden zustande gekommen ist. Es geht hier um die Vernetzung von Einzelinformationen, die im Lernprozess gewonnen werden. Die mit dem verstehenden Wissen in der Hauptsache verknüpften Stichpunkte sind 'Interpretation', 'Kritik', 'Ethik' und nicht zuletzt auch 'Kultur', da es auch darauf ankommt, den kulturalistischen Gehalt von Wissensbeständen ins Auge zu fassen.



Das verstehende Wissen kann als Stichwort neben das *deep learning* gestellt werden, wo es ebenfalls um die Durchdringung eines Themas geht, um das reflektierte und systematische Durchforschen verschiedener Wissensebenen. Der Einschluss der oben genannten Stichwörter 'Interpretation', 'Ethik' usw. gilt natürlich für die fachlich-inhaltliche Ebene, doch können diesen Untergruppen des verstehenden Wissens auch sprachliche Zusammenhänge zugewiesen werden. Zum anderen finden wir hier kulturelle Gesichtspunkte wieder, die in der Fachsprachenbetrachtung in den letzten Jahren wieder ins Gespräch gekommen sind, angefangen von Galtung, über Clyne (1991) hin zu Byram (1989), Kramsch (1993) und Fairclough (1992) u.v.a.

Auf dieser Wissensebene bieten sich für den fachsprachlich orientierten Fremdsprachenunterricht eine Reihe von Aktivitäten an, die sich mit dem naturwissenschaftlichen Sprachgebrauch auf vielen Ebenen beschäftigen. Dies reicht von der Auseinandersetzung mit Grundbegriffen der Wissenschaft über den fachsprachlichen Sprachduktus zum Sprachgebrauch im politisch-gesellschaftlichen Bereich.

Für die fachlichen Anfänger und sprachlich weniger erfahrenen Studierenden kann man beispielsweise die „Rezepthaftigkeit“ von Labortätigkeiten herausstreichen und etwa Essensrezepte und Versuchsbeschreibungen vergleichen. Dies gibt auch Gelegenheit zu Übungen, welche die Studierenden zum Staunen und zur Diskussion anregen, und eine tiefergehende Einsicht in die Bedeutung von Systemen (wie Atomen) ermöglichen. Seilnacht (1998, 3) berichtet, dass er Schülern ein „Rezept“ vorlegt, und was er damit erreicht:

40 Liter Wasser  
7 kg Fett  
8 kg Eiweiß  
200 g Traubenzucker  
100 g Kochsalz  
Mineralstoffe und Vitamine  
2 kg Kalk

Spätestens beim Kalk merken sie, dass es sich nicht um ein herkömmliches Kochrezept handeln kann. Manche sagen dann: „Das ist ein Mensch“. (...) Anhand des Beispiels und des dialogischen Gesprächs wird der Begriff „System“ bei den Schülern geklärt. (...) Auch Atome sind Systeme, welche aus Systemgliedern bestehen, (...) Die Farbe Rot ist genauso wenig eine Eigenschaft der Atome, wie die menschlichen Gefühle und Eigenschaften dem Wasser oder dem Fett zuzuordnen sind. Ich zeige den Schülern andere Systeme (Ökosysteme, Tarnung im Tierreich, das Ei, usw.) und lasse sie über die Komplexität staunen.

Ebenso sind für einen noch nicht allzu fortgeschrittenen Unterricht Übungen möglich, die sich mit Grundbegriffen der Wissenschaft auseinandersetzen und dabei u.a. auch die Zweisprachigkeit der deutschen Chemiesprache thematisieren. Im zweiten Teil haben wir uns relativ ausführlich mit der Unterscheidung der Begriffe *Stoff* und *Substanz* auseinandergesetzt; der dortige Text eignet sich gut für die Bearbeitung durch Studierende. Er kann ergänzt, oder vor- bzw. nachbereitet werden mit Texten wie den folgenden. Beide stammen aus dem gleichen Buch (Kruse, 1989, S. 97 bzw. 98), konzentrieren sich aber im ersten Auszug um den Begriff *Stoff*, im zweiten um den Begriff *Substanz*.<sup>271</sup>

---

<sup>271</sup> Harald Kruse, 1989, *Laborfibel. Hinweise und Anleitungen für den Anfänger im chemischen Laboratorium.*, Weinheim u.a.: VCH-Verlag (Zweite, überarbeitete Auflage).

### Textauszug 1

Zweck des Mischens ist es, aus zwei oder mehreren Bestandteilen ein einheitliches Stoffgemisch herzustellen.

Feststoffe lassen sich nur dann richtig mischen, wenn sie etwa die gleiche Korngröße haben.

Zerkleinern, Mischen oder Rühren erbringt folgende Vorteile:

- Chemische Reaktionen laufen mit größerer Geschwindigkeit und gleichmäßiger ab.
- Lösevorgänge werden beschleunigt.
- Zerkleinerte Feststoffe lassen sich besser dosieren.
- Feuchte Stoffe lassen sich zerkleinert besser und schneller trocknen.
- Durchschnittsmuster können besser entnommen werden.
- Durch Rühren ist die Wärmeverteilung gleichmäßiger.

### Textauszug 2

Beachte:

- Stahl-, Bronze- und Porzellanmörser nutzen sich mit der Zeit geringfügig ab, können also eine Analysesubstanz verunreinigen. Diese Gefahr besteht bei Achatmörsern praktisch nicht. Allerdings sind Achatmörser relativ klein, eignen sich also nur zum Zerkleinern kleinerer Substanzmengen.
- Fülle einen Mörser bzw. eine Reibschale nur so weit, dass beim kräftigen Arbeiten mit dem Pistill keine Substanz über den Rand gelangt.
- Mörser eignen sich nicht nur zum Zerkleinern, sondern auch zum Mischen von Substanzen bzw. zum Homogenisieren. Nachteilig ist: Beim Arbeiten mit dem offenen Gefäß können Schwierigkeiten auftreten, wenn die zu zerkleinernden Stoffe giftig, hygroskopisch oder luftempfindlich sind. (...)

In einem dritten Textauszug, der den beiden genannten im Buch im Abschnitt zu 'Lösungen' (99-108) unter der Überschrift 'Lösemittel' folgt, werden *Stoff* und *Substanz* alternierend verwendet, aber - wie im praktischen Teil der Arbeit ausführlich beschrieben - mit unterschiedlichem semantischem Wert (Kruse, 99f.).

Es soll den zu lösenden Stoff möglichst gut lösen. Es gilt die Regel:

Ähnliches löst sich in Ähnlichem

Das heißt: Lösemittel lösen solche Stoffe gut auf, die ihm [sic!] chemisch oder physikalisch ähnlich sind. Polare Stoffe lösen sich besser in polaren Lösemitteln, unpolare besser in unpolaren. Das wichtigste und billigste Lösemittel ist Wasser, besonders im Bereich der anorganischen Chemie.

#### 24.2. Löslichkeit

Unter der Löslichkeit versteht man die maximale Menge einer *wasserfreien* Substanz, die sich bei einer bestimmten Temperatur in einer definierten Menge eines Lösemittels löst.

Feststoffe

Die Löslichkeit eines Stoffes ist temperaturabhängig und nimmt in der Regel mit steigender Temperatur zu.

*Beispiele:* Löslichkeit in g Substanz pro 100 g Wasser bei unterschiedlichen Temperaturen (...).

Je nach Stand und Bedürfnissen der Lernergruppe lassen sich die obengenannten Passagen auch für eine Reihe von anderen Zwecken einsetzen:

**Vokabular:** Wortbildung mit Halbsuffixen *-frei*, *-abhängig*, *-empfindlich*;

Kollokationen wie *Reaktionen laufen ab*, *Schwierigkeiten treten auf*, *Vorteile erbringen*; eine Verwendung des Verbs 'lassen', die hier konzentriert auftritt: *sich lassen* + Verb, z.B. *sich (besser) zerkleinern lassen*;

**Grammatik:** Graduierung in fachsprachlichen Textsorten, mit Beispielen für den Superlativ (...das *wichtigste* und *billigste* Lösemittel ...), insbesondere aber auch den Komparativ in mehreren Varianten (adjektivisch, adverbial; mit explizitem Vergleich) - wozu in den Passagen keine Beispiele vorliegen, die aber als Übung aus den impliziten Vergleichen leicht zu fabrizieren sind, z.B. *Reaktionen laufen schneller ab*, transformiert zu *Reaktionen von nicht zerkleinerten Stoffen laufen langsamer ab, als solche mit zerkleinerten Stoffen* usw., Komparative ohne Vergleich wie in *kleinere Substanzmengen*; die Gerundiv-Form wie in *der zu*

*lösende/zerkleinernde Stoff*, reflexive und reziproke Verben (sich abnutzen, sich eignen, sich lösen) oder auch Verben mit Präpositionen *verstehen unter* und viel anderes mehr.

Zum Thema *Stoffe und Substanzen* sind in den vielen Lehrwerken zahlreiche geeignete Text zu finden, die sich mit anderen semantischen und grammatikalischen Schwerpunkten gut kombinieren lassen, zum Beispiel in Fanghänel u.a. (1992, 96ff), wo sich ein Vergleich von *Stoff*, *Substanz* und *Komponente* anbietet, oder der Stoffbegriff anhand einer Tabelle (1992, 98) „einiger wichtiger Stoffe“, die Beispiele für Elemente, Verbindungen und Industrieerzeugnisse wie Glas enthalten. Auch bei Latscha/Klein (1990, S. 1 und 11) findet sich die Unterscheidung von *Stoff* und *Substanz* zusammen mit *Reagenzien* als Untergruppe.

Für den Gebrauch der Sprache der Chemie im politisch-gesellschaftlichen Bereich bieten sich für die Bearbeitung im Unterricht Zeitungs- und Zeitschriftenartikel zu chemieorientierten Themen an, von besonderem Interesse sind dabei Textsorten wie Interviews oder Streitgespräche, in denen unterschiedliche weltanschauliche Orientierungen vertreten werden (z. B. Industriesprecher vs. Greenpeace).

#### **3.4.1.4 Mimetisch-symbolisches Wissen**

Das mimetisch-symbolische Wissen kommt durch kulturgeschichtliche begründete Naturerfahrung zustande, die sich nach Seilnacht (1997, 2) unter anderem durch „metaphorische Bilder“ ausdrückt, die in künstlerischer Form das Erfahrene wiedergeben. Als Beispiel wird die mögliche Erfahrung von Wasser als Symbol der Reinigung bzw. der Bedrohung angesehen.

Der künstlerische Ausdruck hat eine zweiseitige Bindung zur Kultur, da er aus kulturell bedingter Wahrnehmung hervorgeht, diese aber gleichzeitig auch prägt. Wie besonders bei Autoren wie Hoffmann, Chargaff, Schönfeld (aber auch vielen anderen) deutlich wird, hat sowohl die Darstellung chemischer Einheiten und

Vorgänge in graphischer Form eine stark künstlerische (und in gewisser Weise auch mythologisierende) Seite, als auch die Vermittlung von Fachwissen mit sprachlichen Mitteln. Dies zeigt sich auf der Seite der Stilistik und der Rhetorik, insbesondere aber in den metaphorischen Ausdrucksweisen der Chemie.

Die kulturell vermittelte Darstellung naturwissenschaftlicher Sachverhalte (aus der hier die bildende Kunst ausgeschlossen werden soll), bringt eine ganze Reihe von Möglichkeiten für den fremdsprachlichen Fachsprachenunterricht mit sich.

Dazu gehört zunächst die Möglichkeit, literarische Werke, die sich mit Problemen der Naturwissenschaften auseinandersetzen, ganz oder teilweise in den Unterricht zu integrieren. Zu denken ist dabei an Werke wie Bertold Brechts *Leben des Galilei*, Friedrich Dürrenmatts *Die Physiker*, Heiner Kipphardts *Der Fall Oppenheimer*, aber auch Werke von Kulturmittlern wie die schon genannten Primo Levi, Roald Hoffmann, Goethe, sowie Biographien über und Autobiographien von Naturwissenschaftlern, z. B. Oliver Sacks *Onkel Wolfram (Uncle Tungsten)*. Weiter sind für den Unterricht brauchbar Materialien, die beispielsweise zu deutschen Nobelpreisträgern (viele davon Chemiker) existieren, Museumsbroschüren, Webseiten zu einzelnen Personen und Themen, aber auch Filme, popularistische Medienerzeugnisse wie Fernsehserien etc., in denen die Chemie auf die eine oder andere Art thematisiert wird (z. B. über die forensische Chemie in Krimis). Der Einsatz solcher, im weitesten Sinne literarischer Medien hängt stark von vielen Faktoren ab, zu denen der jeweilige Sprachstand, mögliche Zeitaufwand, die Verfügbarkeit der Texte, Filme usw. zählen.

Hier kehren wir zu den Metaphern und ihrer Bedeutung und Aufarbeitung in der Lehrsprache der Chemie zurück. Modelle, auf welche die Wissenschaft aufgebaut ist, strahlen auf die sprachliche Gestaltung von Texten aus. Die metaphorische Ebene kann von den Studierenden am intensivsten dort wahrgenommen werden, wo die Metapher explizit und (bis zum Gleichnis) ausgebaut ist, oder wo eine

gewohnte und normalerweise nicht mehr wahrgenommene Metapher ausgebaut oder überhöht wird.

Hierfür gibt es viele Beispiele in der fachdidaktischen und popularisierenden Literatur, von denen nur einige beispielhaft angeführt - und eines (Eberhart, 2000) ein wenig weiter ausgeführt - werden sollen. Kullmann (1992, 322) benutzt in der Fachdidaktik eine ausgedehnte Analogie, um das Energiestufenmodell zu erklären:

Man vergleicht dabei die Besetzung der einzelnen Zellen der PAULING-Symbolik mit der Belegung eines vielstöckigen Hotels, das nur Doppelzimmer hat (PAULI-Verbot). Die Elektronen werden mit müden Wanderern verglichen, die möglichst schnell ihr Zimmer erreichen wollen (Prinzip des Energieminimums); die Hauptniveaux werden zu unterschiedlichen Aufzügen, die nur ganz bestimmte Stockwerksgruppen anfahren, die Unterniveaux zu diesen Stockwerken. Innerhalb eines Stockwerks werden die „Wanderer“ die Doppelzimmer zunächst alle einfach belegen (HUNDSche Regel).

In der popularisierenden Literatur findet sich ein immenser Reichtum an metaphorischen Ausdrucksweisen, die als Ausgangspunkt für die Bewusstmachung der metaphorischen Ebene verwendet werden können, weil sie sehr häufig ‘tote’ Metaphern wiederbeleben oder ‘schlafende’ Metaphern aufwecken. Ein willkürlich herausgegriffenes Beispiel für Wissenschaftsjournalismus stellt die Seite „UMWELT WISSENSCHAFT TECHNIK“ der Süddeutschen Zeitung vom 2. 4. 1998 dar, in der sich in einer einzigen Spalte so viele Beispiele für Metapherngebrauch finden, dass sie hier nur auszugsweise wiedergegeben werden können.

Überschriften: CHEMIE. Elektrisches Lasso fängt Salzteilchen ein  
Schaum vernichtet Asbestfasern  
Tesafilm speichert Deutschlands Straßennetz

Der Artikel „‘Antikörper-Test’ für Zitronensäure in Getränken“ beginnt wie folgt (Metaphern sind durch Fettdruck hervorgehoben):

Eine chemische Verbindung, die gezielt Zitronensäuremoleküle aus Gemischen anderer Stoffe **herausfischen** kann, haben texanische Chemiker entwickelt. Das Besondere daran: Der künstliche **Säurefahnder ahmt** das Funktionsprinzip von biologischen Antikörpern **nach** (*Angewandte Chemie*, Bd. 110, S. 682, 1998). Die Forscher haben **ihr** Molekül mit einer **Tasche** ausgestattet, die sie Zitronensäuremolekülen exakt auf die Gestalt „**geschneidert**“ haben. ...

Interessant - für den Einsatz im Unterricht aber erschwerend - ist die bunte Mischung von Bildern von *fischen* über *fahnden* zu *schneidern*.

Aus dem der Chemie benachbarten Gebiet der Materialwissenschaft stammt ein Artikel von Mark E. Eberhart<sup>272</sup>, der die begrenzte Nützlichkeit von Modellen thematisiert und auf vielen didaktischen Ebenen (viele der hier vorgestellten Kompetenzen streifend) verarbeitet werden kann, auch deshalb, weil er von einer sehr ausdrucksvollen graphischen Umsetzung der fachlichen Aussagen begleitet ist. Die Kerninformation befindet sich in einem Informationskasten, der in seinem Titel „Moleküle als Ladungsgebirge“ die von Johnson und Lakoff her gewohnte Formulierungsweise „X ALS Y“ wortwörtlich wiedergibt und in drei kurzen Absätzen mit zwei Abbildungen das dem Gesamtartikel zu Grunde liegende Modell erläutert. Dieser Informationskasten ist von Fließtext umgeben, in dem die gleiche Information noch einmal, umfangreicher und rein sprachlich ausgeführt wird.

Hier soll als Beispiel nur der Text im Informationskasten zitiert werden:

---

<sup>272</sup> Mark E. Eberhart, 2000, „Warum Marmor bricht und Eisen nicht“, *Spektrum der Wissenschaft* 1, 44-50. Der Titel weist den gleichen kulturellen Bezug auf wie Soentgens „Marmor, Stein und Isopropylalkohol“, nämlich das in den 60er Jahren äußerst populäre Lied mit einem Refrain der mit den Worten „Marmor, Stein und Eisen bricht, aber unsere Liebe nicht ...“ beginnt.



Wann bricht eine chemische Bindung?

Traditionell werden chemische Bindungen als Stäbchen dargestellt, die Atome miteinander verbinden. Mit diesem Modell lässt sich jedoch nicht adäquat beschreiben, warum bestimmte Festkörper zerbrechlich sind und andere nicht. In Wirklichkeit repräsentieren die Stäbe eine elektronische Ladungswolke. Entfernt man zwei Atome voneinander, wird diese Wolke immer dünner. Da sie aber nie völlig verschwindet, gibt es keinen Anhaltspunkt, wann die Bindung bricht. Um herauszufinden, was wirklich verschwindet, wenn sich die Bindung löst, betrachte ich, wie die Atome in einem Verbund über die Ladungsdichte topologisch verknüpft sind.

In zwei Dimensionen lässt sich die Ladungsdichte durch ein Gebirge veranschaulichen. Ein Gipfel repräsentiert das Ladungsmaximum an einem Atomkern, eine Kammlinie zwischen zwei Gipfeln entspricht einer chemischen Bindung, und eine Mulde verkörpert das Ladungsminimum zwischen nicht verbundenen Atomen. Die topologische Beschreibung der Ladungsdichte ist zum konventionellen Bild der Molekülstruktur äquivalent; denn die jeweiligen Komponenten lassen sich eindeutig einander zuordnen.

Wird ein Werkstoff gedehnt, bewegen sich die Atome voneinander fort, und die Ladungsdichte entlang der Bindung verringert sich. Die Bindung bricht und hört somit auf, die Atome topologisch zu verknüpfen, wenn der niedrigste Punkt der Kammlinie unter das Niveau des Muldenbodens gesunken ist.

Mit einem solchen Text lassen sich mehrere Fliegen mit einer Klappe schlagen: der Modellgebrauch kann, wie bei Bhushan und Rosenfeld gefordert, bewusst gemacht und die beschränkte Nützlichkeit von Modellen demonstriert werden, zugleich können die Mittel der Umsetzung des konzeptuellen Modells in sprachliche Ausdrucksweisen studiert werden. Die Modell-Zuordnung bzw. metaphorische Zuordnung, welche die Studierenden aus dem Text extrahieren, könnte etwa folgende Form annehmen.<sup>273</sup>

---

<sup>273</sup> Dies ist eine der vielen möglichen Bearbeitungsarten. Man könnte das Stäbchen- und das Gebirgsmodell auch direkt gegeneinander kontrastieren.

Modell	Modellteil	Zuordnung	Realität
traditionell	Stäbchen	darstellen	Bindung
wirklichkeitsgetreu <sup>274</sup> (unausgeführt)	Stäbchen (Wolke?)	repräsentieren	Ladungswolke
Textmodell (topologisch)	Gebirge	veranschaulichen	Ladungsdichte
	Gipfel	repräsentieren	Ladungsmaximum <sup>275</sup>
	Kammlinie	entsprechen	Bindung
	Mulde	verkörpern	Ladungsminimum

**Tabelle 46: Molekülmodell nach Eberhart**

Es sei darauf hingewiesen, dass in der obenstehenden Tabelle eine wichtige Textinformation nicht eingetragen ist, nämlich die vom Textautor als Äquivalenz behauptete Übereinstimmung des konventionellen und des topologischen Modells: „Die topologische Beschreibung der Ladungsdichte ist zum konventionellen Bild der Molekülstruktur äquivalent; (...)“.

Eine Aufstellung wie die obige wird im Unterricht bestenfalls einmal, als einführendes Beispiel, vorgegeben. Im übrigen Unterrichtsverlauf stellen die Studierenden solche Übersichten selbst zusammen, oder sie füllen, wenn die Texte für die studentische Eigenarbeit als zu komplex erscheinen, vorgegebene Strukturen aus, oder Lehrende und Studierende entwickeln in Zusammenarbeit ein Raster, welches dann ausgefüllt wird.

Eine weitere Bearbeitungsmöglichkeit liegt hier auch darin, die Beschreibung des Verhaltens und der Eigenschaften von chemisch-physikalischen Einheiten zu analysieren, z. B.:

---

<sup>274</sup> laut Text: „In Wirklichkeit repräsentieren die Stäbe ein elektronische Ladungswolke.“  
Wie in der Tabelle angedeutet, ergibt sich die Situation, dass das, was als die „Wirklichkeit“ bezeichnet wird, in Wirklichkeit wieder ein Modell darstellt, nur eben ein anderes.

<sup>275</sup> im Text heißt es „Ladungsdichteminimum“, jedoch – weiter oben, wie in der Tabelle gezeigt – „Ladungsmaximum“. Es ist offenbar mit der Textintention vereinbar, die beiden Begriffspaare synonym zu verwenden, was hiermit auch geschieht.

Eigenschaften		
Festkörper	sind	zerbrechlich
		unzerbrechlich
Atome	sind	verknüpft

**Tabelle 47: Eigenschaften von Materialien und Atomen nach Eberhart**

Verhalten	
Wolke	wird dünn(er)
	verschwindet (nicht)
Bindung	bricht
	hört auf (+Inf.)
	verknüpft (Atome)
Atome	bewegen sich
Kammlinie (= Bindung)	sinkt

**Tabelle 48: Verhalten chemischer Einheiten nach Eberhart**

In einer kontrastiven Betrachtung dieses Texts können die Lernenden feststellen, welche Textmerkmale eher dem populärwissenschaftlichen Bereich zuzurechnen sind. Dazu gehört in diesem Beispiel etwa die Benutzung der Ich-Form, sowohl im Kasten als auch im Fließtext. Man kann es bei einer solchen Feststellung belassen, man kann aber auch Umformungsübungen anschließen, in denen der Text auf Lehrbuchformat umgeschrieben wird. Schließlich kann man mit geeigneten Parallelbeispielen auch den umgekehrten Weg einschlagen, und ein wissenschaftliches Modell sprachlich und sachlich popularisieren.<sup>276</sup> Für die Studierenden ergibt sich dadurch die Situation, dass sie sich zum fachsprachlichem Verständnis mit Textsorten aus der Fachsprache im engeren Sinne beschäftigen müssen, bei der eigenen Sprachanwendung jedoch auf allgemeinsprachliche Lexik und Strukturen zurückgreifen können, und das Wissen zu Grundlagen und Anwendung von Modellen und Metaphern praktisch anwenden können. Soweit das Beispiel von Eberhart.

---

<sup>276</sup> vgl. hierzu das weiter oben erwähnte *naturwissenschaftliche Museum*.

Die Fülle von Beispielen in dieser Hinsicht ist so groß, dass hier nur noch ein paar der interessanteren Beispiele angeführt werden sollen, die in der didaktischen Praxis viele Möglichkeiten eröffnen.

- Donald J. Bauhs<sup>277</sup> (1999) vergleicht das Verhalten eines Enzyms mit dem Verhalten eines Gastgebers bei einer Party.
- Crummet und Western<sup>278</sup> setzen am Anfang ihres umfangreichen Lehrwerks zur Physik die Physik einem Spiel gleich (Hervorhebungen, nach Goatlys Metaphernanalyse, von mir; H.L.):

*Physics is a game.* Any number may play ..., oder zu deutsch (meine Übersetzung, H.L.):

*Die Physik ist ein Spiel. Die Zahl der Spieler ist beliebig ...* Das Bildfeld (kursiv in der deutschen Version) wird dann gründlich ausgearbeitet.

- Arni (1990, 22) motiviert die Entscheidung zwischen zwei Modellen nach visuellen Gesichtspunkten, was offensichtlich für Unterrichtszwecke gute Möglichkeiten eröffnet:

Da das *Kugelmodell* eines Gitters den Blick ins Innere verwehrt, wählt man oft das *Gittermodell* ...

### 3.4.1.5 Exaktes, physiognomisches Wissen

Das exakte, physiognomische Wissen handelt weniger von Naturerlebnissen (wie das mimetisch-symbolische Wissen) als von der „portraithaften Beschreibung“ von Naturdingen. In dieser Hinsicht ist von besonderer Bedeutung, dass es viele unterschiedliche Beschreibungen ein und desselben Objekts geben kann, die sehr

---

<sup>277</sup> Donald J. Bauhs Jr., 1999, „The enzyme's party: an analogy“, *Biochemical Education* 27, 135-136.

<sup>278</sup> William P. Crummet und Arthur B. Western, 1994, *University Physics. Models and Applications*, New York: Wm. C. Brown Publishers, 3.

unterschiedlich ausfallen, jedoch alle gleichermaßen „richtig“ sind. Als Beispiel bieten Messner, Rumpf und Buck wiederum das Wasser an, das als Teil des Ökosystems, der Kultur (s. Bedrohung vs. Reinigung), als Molekül usw. beschrieben werden kann.

Hier wird der Unterschied zwischen Beschreibung und Ding, zwischen Ding und Repräsentation hervorgehoben. Auch dieser Aspekt betrifft wieder die Modellvorstellung und ihren sprachlichen Ausdruck in der Chemie, wie gerade im Abschnitt zum mimetisch-symbolischen Wissen abgehandelt wurde.

Die Beschreibung aufgrund von genauer Beobachtung ist, wie in Teil 2 der Arbeit unter den Stichworten *Labor* und *Reaktion* demonstriert, bei der Versuchsdurchführung und in der Erstellung von Versuchsprotokollen eine sprachliche Fähigkeit, die im fremdsprachlichen Fachunterricht gründlich analysiert und eingeübt werden muss. An vielen Textbeispielen im Grundlagentext von Fischer zeigt sich, dass etwa die farbliche Beschreibung ein zentrales Merkmal der Chemiesprache bildet, im zitierten Abschnitt (Fischer, 1994, 120) wird die Beschreibung - was typisch ist - von Bezeichnung chemischer Stoffe in Trivialnomenklatur (*Blutlaugensalz*) begleitet:

$\text{Fe}^{2+}$  wird in  $\text{H}_2\text{O}$  leicht durch Luftsauerstoff zu  $\text{Fe}^{3+}$  oxidiert.  $\text{Fe}^{3+}$  ergibt mit Base braunes  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , weiter umgewandelt zu Rost. Mit gelbem Blutlaugensalz  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  ergibt  $\text{Fe}^{3+}$  Berlinerblau, siehe Versuch 2G, mit rotem  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  ergibt  $\text{Fe}^{2+}$  Turnbells Blau. Thiocyanat liefert tiefrotes  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6\text{-(SCN)}_n]^{3-n}$ , aber  $\text{Co}^{2+}$  stört. Mit NaF und  $\text{H}_3\text{PO}_4$  bilden sich farblose Komplexe, vgl. Versuch 6A.

Beachtenswert sind in diesem Abschnitt auch wieder die Verben, mit denen Umwandlungen angezeigt werden: *ergeben*, *(sich) umwandeln*, *liefern*, *sich bilden*.

Damit ist der Abschnitt zur Sachkompetenz abgeschlossen und wir wenden uns den beiden anderen Kompetenzen, der Sozialkompetenz und der Ich-Kompetenz zu. Die Aufarbeitung für die praktische Unterrichtsverwendung wird eher

stichwortartig und mit weniger Beispielen erfolgen, da sie sich insbesondere auf die Unterrichtsgestaltung in Hinblick auf Arbeitsformen beziehen.

## **3.4.2 Sozialkompetenz**

Die Sozialkompetenz schließt das Moralbewusstsein, die Fähigkeit zur Empathie sowie die Kooperationsfähigkeit ein.

### **3.4.2.1 Moralbewusstsein**

Moralbewusstsein ist der erste mit der Sozialkompetenz verknüpfte Bereich. Hier geht es darum, das Wissen in die moralisch vertretbare Tat umzusetzen. Das „Wissen von der Natur“ darf nicht nur zur „Nutzbarmachung“ und „Ausbeutung“ der Natur benutzt werden (1998, 5), sondern es gehe darum, in und mit der Natur, „der wir selbst angehören“ zusammenzuleben. Seilnacht selbst stellt Analogien zum Sprachgebrauch und zur Religion her. Im religiösen Bereich, sei es nicht ausreichend, die zehn Gebote zu kennen, sondern wichtiger sei es, sich daran zu halten. Ebenso dürfe es bei der Sprache nicht nur darum gehen, sie in „Rechtschreibregeln, Zeichensetzungsregeln, Ausspracheregeln, Grammatik- und Stilregeln“ zu zergliedern und mit diesen Regeln eine „Vorgehentechnik, um Sprache zu benutzen“ (1998, 5) zu lernen, sondern es gehe darum, mit ihrer Hilfe „Erlebnisfähigkeit“, „emotionalen Bezug“ herzustellen und auszudrücken.

Für den Bereich der Chemie ist dies insofern von höchstem Interesse, als wahrscheinlich nur wenige andere Wissenschaften im Leben der Menschen so präsent und sowohl potentiell als auch tatsächlich lebenserleichternd und bedrohlich sind. Teile dieses Bereichs (die ‘Überschneidungsmenge’ zwischen Wissenschaft und Alltag am Beispiel des Espresso-Kochers und des Naturkundlichen Museums) wurden unter *pragmatisches Umgangswissen* schon dargelegt. Dieser Bereich bietet sehr viele weitere solche Überschneidungsmengen, wie Haushaltschemikalien, Pharmazeutika, Kunststoffe. Hierhin gehört auch das öffentliche Bild von der Chemie auf wirtschaftlicher, politischer, sozialer,

ökologischer Ebene, das durch die verschiedenen Medien erzeugt wird, und das man kritisch erfassen und beleuchten kann.

In praktischer Hinsicht wird die Ebene des Moralbewusstseins also viel mit der Auswahl von Texten und einer Textkritik im Rahmen der Möglichkeiten zu tun haben. Ein erster Schritt in dieser Richtung ist das Grundlagenwerk von Hanns Fischer, das im Untertitel - *ein umweltschonendes Programm* - die ökologische Verantwortung der Universitätsausbildung in der Chemie einschließt. Dies kann mit dem Status ökologischer Gesichtspunkte in der laboratoriumspraktischen Ausbildung an der (in unserem Fall irischen) Heimuniversität verglichen werden. Man kann sich auch die beruflichen Aussichten der Studierenden in Hinsicht auf die Abwägung z. B. finanzieller und moralischer Gesichtspunkte ansehen.

### **3.4.2.2 Empathie**

Die Empathie besagt, dass man sich „aus dem eigenen, egozentrischen Standpunkt löst“ (11) und, wie unter dem Stichpunkt mimetisch-symbolischen Wissen aufgeführt, dass man Naturdinge „nicht mehr als tote Objekte, sondern als ‘eine Art antlitzhaftes Gegenüber’ erlebt“ (2), wodurch man lernen kann „über die Vielfalt und Widersprüchlichkeit der Natursysteme zu staunen“ (1998, 11). Es geht hier, wie Seilnacht auch sagt, um die komplementären Beziehungen zwischen ‘Selbständigem’ und ‘Einbezogenem’, was er anhand des Ökosystems veranschaulicht. Selbständige Systeme halten sich im Gleichgewicht, wenn nicht eine Rasse oder Tierart ihre Interessen so egoistisch verhält, dass sie damit ihre eigenen Lebensgrundlagen zerstört, was natürlich auch „auf den Menschen des Industriezeitalters“ zutrifft (1998, 11).

In anderen Worten heißt das für die Studierenden, mit denen man im Unterricht zu tun hat, dass Möglichkeiten, über den eigenen (fachlichen) Tellerrand hinwegzusehen erforscht werden müssen. Hier rückt das Bewusstsein über und die Akzeptanz von anderen Kulturen in den Vordergrund, und zwar in mehrfacher Hinsicht. Es geht um die Unterscheidung und das Zusammenbringen von

unterschiedlichen Wissenschaftszweigen (vgl. Kretzenbacher, 1994, der von der Überbrückung von naturwissenschaftlicher und humanwissenschaftlicher Kultur handelt; weiter oben war von unterschiedlichen Nationalkulturen und intellektuellen Stilen die Rede), aber auch um das Verhältnis zu den Objekten der Wissenschaft, d.h. den Dingen in der Natur und damit der Natur selbst.

Zur Akzeptanz von Kulturen gehört eine Kenntnis der eigenen Kultur, deshalb sind hier Sichtweisen von 'außen' und Vergleiche hilfreich. Als Vergleichspunkte bieten sich die Stellung des Faches in der jeweiligen Sprachgemeinschaft an, wie sie sich zum Beispiel in der Ausbildung in Schule und Hochschule, in Prestige-Skalen (von Fachberufen), im Verhältnis zu anderen Wissens- oder Tätigkeitssparten ausdrückt (z. B. die Berufsbezeichnung 'LaborassistentIn', zu der in Irland kein Gegenstück existiert), aber auch feinere Unterschiede in der Chemieausbildung in der Hochschule, wo etwa in Deutschland von den Studierenden für Laborpraktika zum Teil mit nicht unbeträchtlichem Aufwand Geräte aufgebaut und Chemikalien bestellt werden müssen, die in Irland von den *technicians* bereitgestellt werden. Ebenso gibt es in der deutschen Chemieausbildung sogenannte 'Vortestate', eine Art mündlicher Prüfung, die bestanden werden muss, damit die Studierenden einen Versuch überhaupt durchführen dürfen. Dies ist in Irland unbekannt. Größere Unterschiede bestehen auch in der Zeiteinteilung und dem Grad der Selbständigkeit, mit dem Studierende arbeiten.

Auf der sprachlichen Seite bieten sich Möglichkeiten an, die mit einer Terminologisierung verbundenen 'Empathieverluste' anzusehen. Schöne, wenn auch in diesem Fall nicht chemisch orientierte Beispiele finden sich in Oliver Sacks Buch *The Man Who Mistook his Wife for a Hat*<sup>279</sup>, in dessen Titelgeschichte auf unvergessliche Weise dargestellt wird, wie sehr die wissenschaftliche (oder zumindest wissenschaftlich anmutende) Beschreibung von Objekten an der 'Seele'

---

<sup>279</sup> Oliver Sacks, 1986, *The Man who Mistook His Wife for a Hat*, London: Pan Books (Picador),



dieser Objekte vorbeigehen kann. Die Stellen beschreiben Zwiesgespräche zwischen Sacks und einem Patienten, der an visueller Agnosie leidet (Sacks, 1986, 12).

#### Textbeispiel 1

‘About six inches in length,’ he commented. ‘A convoluted red form with a linear green attachment.’

‘Yes,’ I said encouragingly, and what do you think it *is*, Dr P.?’

‘Not easy to say.’ He seemed perplexed. ‘It lacks the simple symmetry of the Platonic solids, although it may have a higher symmetry of its own ... I think this could be an inflorescence or flower.’

#### Textbeispiel 2

‘May I examine it?’ he asked, and, taking it from me, he proceeded to examine it (...)

‘A continuous surface,’ he announced at last, ‘infolded on itself. It appears to have’ - he hesitated - ‘five outpouchings, if this is the word.’

‘Yes,’ I said cautiously. ‘You have given me a description. Now tell me what it is.’

‘A container of some sort?’<sup>280</sup>

Ein chemisches Parallelbeispiel findet sich in Fischer (1994, 79) mit Beschreibungen für harte bzw. weiche Lewis-Säuren und harte bzw. weiche Lewis-Basen.

Harte Lewis-Säuren:

Hohe positive Ladung, kleiner Ionenradius, geringe Tendenz zur

Elektronenaufnahme = Reduktion, z. B.  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Co^{3+}$  und  $Cr^{3+}$ .

Für die didaktisierte Form können die Kurzbeschreibungen in diesem Stil vorgelegt werden, und diesen Kurzbeschreibungen können die (metaphorischen) Termini (*Harte Lewis-Säuren* etc.) zugewiesen werden. Dies gibt auch Anlass zur

---

<sup>280</sup> Auflösung: Im ersten Beispiel untersucht der Patient eine Rose, im zweiten einen Handschuh.

Beschäftigung mit dem Gebrauch der Adjektive *hart* und *weich* in einem chemischen Kontext.

Für die Naturwissenschaft als Ganzes, aber auch für die Chemie im Speziellen können durch spielerischen Umgang mit den Möglichkeiten des Fachs und der Sprache Strukturen offengelegt werden, die „zu tieferer Einsicht in fachliche Sprache und Kommunikation verhelfen“ können (Roelcke, 1999, 205). Hier existieren viele Materialien, die sich für solche Zwecke hervorragend eignen, wie z.B. Thorsten Roelkes eigene Beispiele (aus der Geisteswissenschaft, der Zoologie und der Medizin) in seinem Kapitel „Fröhliche Wissenschaft“. Für die Chemie gibt es eine ganze Reihe von Persiflagen auf die Periodische Tafel der Elemente. Bei Schoenfeld (1989) findet sich die Analogisierung von chemischen Verbindungen mit linguistischen Strukturen (Syntax).<sup>281</sup> Nicht zu vergessen sind Sammlungen von Witzen, Anekdoten oder auch Cartoons mit chemischer Thematik, von denen es sehr viele gibt.

Ein interessantes Beispiel für ungewollte Kreativität im Sprachgebrauch (spezifischer: im fremdsprachlichen Sprachverstehen) aus dem Bereich der Chemie stammt von Johnson und Lakoffs Buch *Metaphors we live by* (1980, 143f). Bei dem Beispiel handelt es sich - in der Terminologie von Goatly - um eine asymmetrische Metapher: der Student versteht, dass es sich beim Ausdruck ‘die Lösung meines Problems’ um eine Metapher handelt, er interpretiert sie aber nicht im intendierten Sinn (PROBLEM ALS KNOTEN o.ä.), sondern im *chemischen* Sinn (PROBLEM ALS IN FLÜSSIGKEIT GELÖSTER STOFF). Als Resultat ergibt sich eine neue Metapher, die nach Johnson und Lakoff sowohl schön als auch tiefschürfend ist. Sie wird hier ausführlich zitiert, weil sie ein Beispiel dafür bilden kann, wie absichtlich in die Asymmetrie überführte Metaphern im fremdsprachlichen Fachsprachenunterricht eingesetzt werden könnten, wobei Studierende sowohl über das Thema ‘Lösung’

---

<sup>281</sup> Robert Schoenfeld, 1989, *The Chemist's English*, Weinheim: VCH-Verlag; darin Kapitel 34: „A Chemical Analysis of the English Sentence“, 150-161.

als auch seine sprachliche Umsetzung und außerdem über kulturelle Hintergründe viel lernen können.

Another example of how a metaphor can create new meaning for us came about by accident. An Iranian student, shortly after his arrival in Berkeley, took a seminar on metaphor from one of us. Among the wondrous things that he found in Berkeley was an expression that he heard over and over and understood as a beautifully sane metaphor. The expression was "the solution of my problems" - which he took to be a large volume of liquid, bubbling and smoking, containing all of your problems, either dissolved or in the form of precipitates, with catalysts constantly dissolving problems (for the time being) and precipitating out others. He was terribly disillusioned to find that the residents of Berkeley had no such chemical metaphor in mind. And well he might be, for the chemical metaphor is both beautiful and insightful. It gives us a view of problems as things that never disappear utterly and that cannot be solved once and for all. All of your problems are always present, only they may be dissolved and in solution, or they may be in solid form. The best you can hope for is to find a catalyst that will make one problem dissolve without making another one precipitate out. And since you do not have complete control over what goes into the solution, you are constantly finding old and new problems precipitating out and present problems dissolving, partly because of your efforts and partly despite anything you do.

The CHEMICAL metaphor gives us a new view of human problems. It is appropriate to the experience of finding that problems which we once thought were "solved" turn up again and again. The CHEMICAL metaphor says that problems are not the kind of things that can be made to disappear forever. To treat them as things that can be "solved" once and for all is pointless. To live by the CHEMICAL metaphor would be to accept it as a fact that no problem ever disappears for ever. Rather than direct your energies toward solving your problem once and for all, you would direct your energies toward finding out what catalysts will dissolve your most pressing problems for the longest time without precipitating out worse ones. The re-appearance of a problem is viewed as a natural occurrence rather than a failure on your part to find "the right way to solve it."

To live by the CHEMICAL metaphor would mean that your problems have a different kind of reality for you. A temporary solution would be an accomplishment rather than a failure. Problems would be part of the natural order of things rather than disorders to be "cured." The way you would understand your everyday life and the way you would act in it would be different if you lived by the CHEMICAL metaphor.

Beispiele für den spielerischen und kreativen Umgang mit der Fachsprache können von den Unterrichtenden vorgelegt, von den Studierenden in der Fachsprache aufgesucht werden, oder im Umgang mit der Sprache auch angefertigt werden.

### **3.4.2.3 Kooperationsfähigkeit**

Mit Kooperationsfähigkeit ist gemeint, dass die Wissensaufnahme eine Gemeinschaftserfahrung sein soll, in der Probleme miteinander gelöst werden, wie - immer unter der Bedingung der Rücksichtnahme auf andere - eigene Bedürfnisse erkannt, eingebracht und ausgelebt werden können (1998, 6). All dies ist sehr stark verknüpft mit der zur Ich-Kompetenz zusammenhängenden Diskussionsfähigkeit, auf die wir sehr bald zu sprechen kommen werden.

In einem Fach wie der Chemie, in der Teamarbeit zum täglichen Brot gehört, braucht die Betonung der Kooperationsfähigkeit nicht mit vielen Argumenten begründet zu werden. Die Einübung kooperativer Arbeitsformen unter Berücksichtigung der eigenen Bedürfnisse muss ein zentrales Anliegen jeden Fachsprachenunterrichts sein. Die Formulierung eigener sprachlicher, fachlicher und persönlicher Bedürfnisse ist dabei im Rahmen des Unterrichts an einer Institution der dritten Bildungsebene keineswegs so selbstverständlich, wie man annehmen könnte, wenn man sich mit allgemeinsten Aussagen wie „Ich möchte Deutsch lernen“ als Bedürfnisformulierung für den sprachlichen Teil nicht zufrieden gibt. Dies wurde vom Autor dieser Arbeit mit einem ausgedehnten Versuch unter dem Akronym CORE (*Class on Request*) getestet, in dem es zum Verfahren gehörte, dass die Studierenden detaillierte schriftliche Anforderungen für die jeweils folgenden Unterrichtsstunden abzugeben hatten. Einer der Haupterfolge des Versuchs war, dass die Studierenden auf diese Art erkannt haben, wie wichtig und hilfreich genaue Vorstellungen zum eigenen Stand, zu Zielen und Wegen zum Ziel sind.

### 3.4.3 Ich-Kompetenz

Zur Ich-Kompetenz werden bei Seilnacht die Diskussionsfähigkeit, Selbständigkeit und Reflexionsfähigkeit gezählt.

#### 3.4.3.1 Diskussionsfähigkeit

Die *Diskussionsfähigkeit* hängt, wie eben schon gesagt, aufs Engste mit der Kooperationsfähigkeit zusammen. Im Zentrum von Seilnachts Betrachtungen zu verschiedenen Aspekten der Diskussionsfähigkeit gehört der Begriff *Dialog*. Zunächst tritt er in Form der dialogischen Kompetenz auf (1998, 3). Er beruft sich auf Habermas' Diskursethik, in der sich - äußerst verkürzt ausgedrückt - gleichwertige Gesprächspartner durch argumentative Auseinandersetzung und kommunikatives Handeln auf zustimmungsfähige Normen einigen. Dies heißt nach Seilnacht unter anderem, dass der Unterricht Gelegenheit zum Dialog geben muss, in denen „Einstellungen und Erwartungen“ mitgeteilt werden können (1998, 6), aber auch, in ganz konkreter fachsprachlicher Anwendung, dass „tragende Fachbegriffe“ nicht einfach nur gesetzt werden dürfen, sondern im Sinne des dialogischen Prinzips in einem „sokratischen Aushandlungsprozess“ erarbeitet werden sollen (1998, 7).

Diskussionsfähigkeit bedeutet in unserem Zusammenhang zunächst einmal Gesprächsfähigkeit in sprachlicher und inhaltlicher Hinsicht. Studierende werden auf das Auslandsjahr vorbereitet und müssen sich in einer Vielzahl von nicht-fachlichen und fachlichen Situationen zurechtfinden können. Das Gespräch ist situationsgemäß im Labor von größerer Bedeutung als in einer Vorlesungssituation, und auch vom Ablauf des Auslandsjahres her (Labortätigkeit in der Hochschule, aber auch im berufspraktischen Einsatz) wichtiger. Die tiefer greifende Diskussionsfähigkeit kann in unserem Zusammenhang unter anderem durch das In-Frage-Stellen auch von absoluten und von Studierenden meist unangefochtenen

Grundbegriffen geübt werden (Stoff, Reaktion, Atom<sup>282</sup>). Die Transparentmachung von Modellen und Metaphern dient ebenfalls diesem Zweck. Schließlich muss man in diesem Zusammenhang auch an die Hin- und Herbewegung zwischen der digitalen und der analogen Ausdrucksform denken (Kretzenbacher, 1994). Die dialogische Form steuert nicht nur zur demokratischeren Gestaltung der Unterrichts sondern auch zur Motivation der Studierenden einen großen Anteil bei. Im Zusammenhang mit Stichwörtern wie 'Demokratisierung', 'Dialog', 'Aushandeln von Begriffen' usw. stellt sich die Frage nach der Rolle der Unterrichtenden, die unter dem nächsten Stichwort (Selbständigkeit) ein wenig genauer betrachtet wird.

Das dialogische Prinzip beruht auf dem Prinzip der kommunikativen Dyade. Sie besteht nach Weinrich (1993, 1) aus

einem Sprecher und einem Hörer, die im Gespräch miteinander ständig ihre Rollen tauschen. Auch der schriftliche Sprachverkehr, der sich zwischen einem Schreiber (Autor) und einem Leser abspielt soll dialogisch verstanden werden.

Insofern muss ein Dialog nicht unbedingt in einem Gespräch ausgehandelt werden, sondern kann auch in der Auseinandersetzung mit geschriebenen Texten verwirklicht werden. In ihrem Aufsatz zum impliziten Dialog in der Wissenschaft verweist Rosemarie Gläser hier auf populärwissenschaftliche Texte, die wie didaktisierte Fachtexte kommunikative Strategien und Stilmittel einsetzen, zu denen Veranschaulichung (z. B. durch das Analogieprinzip) und metakommunikative Strategien gehören (Gläser, 1995, 754/54).

---

<sup>282</sup> Ein sehr gut geeigneter Text dazu ist etwa: Hartmann Römer, 1992, „Atome, Teilchen, Teilbarkeit. Zum Paradox von Ausgedehtheit und Teilbarkeit“, In: H.-D. Ebbinghaus und G. Vollmer (Hg.), 1992, *Denken unterwegs. Fünfzehn naturwissenschaftliche Exkursionen*, Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft (Edition UNIVERSITAS), auch veröffentlicht in *Universitas* 12 (1992), 1170-1184.

Metakommunikative Äußerungen treten auf bei der Themenangabe, häufig bei der Begründung und Einschränkung des Themas; ferner bei Zwischenzusammenfassungen und Ankündigungen eines neuen Teilthemas; bei Vor- und Rückverweisen im Text, bei der Definition von Fachbegriffen und sehr häufig auch bei der Relativierung schlussfolgernder und verallgemeinernder Aussagen, wobei der Textautor zusätzlich Heckenausdrücke zu Hilfe nimmt.

Diese Elemente können ergänzt werden durch jene, welche die Umsetzung von zugrundeliegenden Modellen in zugehörige sprachliche Ausdruckweisen anzeigen, wie oben am Beispiel der Materialwissenschaften gezeigt wurde.

Für fachsprachliche Texte in der Fremdsprache hat es sich im Unterricht als besonders hilfreich erwiesen, Texte systematisch in Dialogform nach dem Frage und Antwort-Prinzip zu zerlegen. Dies wird wie ein Gespräch mit dem Autor des Textes aufgebaut, und kann von längeren Texteinheiten, die dann beispielsweise absatzweise „befragt“ werden und textsortenspezifische Strukturen sichtbar machen, bis zu einzelnen Sätzen in Texten reichen und hilft im letzteren Fall, Vokabular zu paraphrasieren und Satzstrukturen zu entwirren. Ein beliebiges Textbeispiel, bestehend aus nur einem Satz, mit einer Muster-Dialogisierung sieht folgendermaßen aus (Fischer, 1994, 42):

In wässrigen Lösungen von Ionen liegen die Ionen nicht frei vor, sondern sind an Wassermoleküle durch Ion-Dipol-Wechselwirkungen gebunden.

## Dialogform

Frage	Textinformation
Wo findet man Ionen?	In wässrigen Lösungen von Ionen.
Liegen die Ionen frei vor?	Nein.
Wenn die Ionen nicht frei sind, in welcher Form existieren sie dann?	Sie sind an Wassermoleküle gebunden.
Wie sind sie an die Wassermoleküle gebunden?	Durch Ion-Dipol-Wechselwirkungen.

**Tabelle 49: Dialogisierung von Fachtexten**

Das Augenmerk sei kurz darauf gerichtet, wie verb-bestimmt dieser kurze Abschnitt wiederum ist (die relevanten Verben sind: *vorliegen (als)*, *binden* und als Grundlage des nominalen Kompositums *wechseln, wirken (als)*; das erste dieser vier ist - was mit korpuslinguistischen Methoden noch zu prüfen wäre - nach meinen Erfahrungen eines der häufigeren Verben in der chemischen Fachsprache und in der fremdsprachendidaktischen Situation eines der schwierigsten, auch weil es in verschiedenen Bedeutungen verwendet wird.<sup>283</sup>

Erweiterungsmöglichkeiten bieten sich durch Fragen, die über den vorgegebenen Text hinausgehen und Wissenslücken in fachlicher oder sprachlicher Hinsicht sichtbar machen können, wie etwa wenn Fragen nach Informationen gestellt werden, die aus dem vorliegenden Text heraus nicht beantwortet werden können, in diesem Fall z. B.: „Was sind Ion-Dipol-Wechselwirkungen?“. Auf diese Art ergeben sich Möglichkeiten, Ko- und Kontext in die Bearbeitung mit einzubeziehen. Durch dieses Verfahren können auf studentenfreundliche Art unter Umständen Argumentations- oder Informationslücken im Text sichtbar gemacht werden, was in eine Textkritik einmündet.

---

<sup>283</sup> In diesem Kontext auf Englisch etwa: *occur* (auch z.B. Fromherz/King, 95/95a; in anderen Kontexten *to be due to* (Fromherz/King, 88/89a),



### 3.4.3.2 Selbständigkeit

Mit Selbständigkeit ist natürlich die Selbständigkeit der Studierenden gemeint, wiewohl es (an anderer Stelle) durchaus sinnvoll wäre anzusehen, was die Selbständigkeit der Unterrichtenden ist und was sie mit sich bringt. Seilnacht macht darauf aufmerksam, dass in einer Unterrichtssituation „nicht alle Werte und Normen dialogisch ausgehandelt werden können“ (1998, 3), was natürlich in gleichem Maß für das Fachvokabular gilt. Die Selbständigkeit der Lernenden kann dennoch in einer offenen Unterrichtssituation unterstrichen werden, das zentrale Konzept hier ist das vom semi-autonomen oder autonomen Lernen. Die praktische Entwicklung der Selbständigkeit wird laut Seilnacht durch ausführliche Dokumentationen in Projektarbeit gefördert, die in drei Schritten geschehen kann (1998, 7):

- Selbständiges Sammeln und Auswerten von Sachinformationen
- Selbständige Planung von Vorhaben in Abstimmung mit Gruppenpartnern
- Reflexion über eigene Lernerfolge und eigenes Verhalten

Die Betonung der studentischen Autonomie beinhaltet eine Umwertung der Rolle von Lernenden und Lehrenden, falls man als Ausgangsposition den traditionellen Frontalunterricht an der Universität und die Normverteilung Unterrichtender : Experte : : Unterrichteter : Laie annimmt. Wie aus den Bedingungen für den fachsprachlichen Unterricht, die hier als Ausgangslage dienen, deutlich wird, kehrt sich in der konkreten Unterrichtssituation die Rollenverteilung in gewissem Ausmaß um: die (fortgeschritteneren) Studierenden sind die Fachexperten und -expertinnen (Chemie), die Unterrichtenden sind (informierte) Laien in der Chemie. Insofern besteht zumindest hierin durchaus die Möglichkeit zu Austausch und Dialog, der eine größere Balance erreicht, als dies in anderen Unterrichtssituationen möglich ist. Im Grunde ist die Situation ideal, denn dem naturwissenschaftlichen Fachexpertentum der Studierenden steht das fach- und

fremdsprachliche Expertentum der Unterrichtenden gegenüber, wodurch ideale Bedingungen für einen echten Dialog bestehen.

In der praktischen Tätigkeit wird diese Umkehrung der Rollen in einem Projekt wie dem *Naturwissenschaftlichen Museum* in die Tat umgesetzt. In dieser Hinsicht bilden Gruppen, die der Fächerzusammensetzung nach gemischt sind (wie in der Unterrichtspraxis des Autors: Studierende der Chemie, Physik, Informatik und Ingenieurwissenschaften) eine gute Möglichkeit für Studierende, Teilbereiche ihres Fachs dem Dozenten anderen Studierenden und zu vermitteln.

### **3.4.3.3 Reflexionsfähigkeit**

Die Reflexionsfähigkeit ist im vorausgehenden Absatz schon angesprochen. Es geht bei Seilnacht um die Anregung zum eigenständigen Denken. Er entwickelt seine Gedanken hierzu in einer These, welche die „Kritische Hinterfragung des Erkenntnisweges im Hinblick auf das Modelldenken im naturwissenschaftlichen Unterricht“ zum Thema hat (1998, 9ff). Das Hauptproblem bei der Einführung von Modellen in den Schulunterricht ist, dass sie „einfache Wahrheiten und Erklärungen“ zu vermitteln scheinen, die ein „zu einfaches und bequemes Bild von der Wirklichkeit“ erzeugen. Im Schulunterricht hängt dies hauptsächlich mit der altersbedingten Abstraktionsfähigkeit (bzw. dem Mangel an Abstraktionsfähigkeit) der Schülerinnen und Schüler zusammen.

Wie wir im ersten Teil gesehen haben, liegt das Problem in dem hier vorliegenden Rahmen eher im Zusammenspiel von Sprache und Wissen, das bei Naturwissenschaftlern oft von einer gewissen Naivität gekennzeichnet ist. Reflexion sollte also dieses Verhältnis erfassen und darüber hinaus alle Einzelkategorien der drei Kompetenzen, von denen wir hier gehandelt haben.

Ein ausgezeichnetes Beispiel für eine textkritische Bearbeitung, die sich insbesondere mit der Entfaltung der wissenschaftlichen Argumentation beschäftigt,

dabei aber viele weitere Aspekte mit einbezieht, stammt von Dermot McElholm.<sup>284</sup> Er kommt nach der Analyse des Textes zu folgender Schlussfolgerung (2000, 226/27):

We can now see how an apparently neutral scientific text is in fact highly rhetorical and argumentative; we can also see how the logical, rhetorical, semantic and grammatical aspects of a text are interlocked. (...) ... one feature that recurs is the use of analogy and metaphor for illustrative or explanatory purposes by comparison with everyday phenomena, for example the 'stairs' analogy in *Heart of the atom* [sein Grundlagentext] to explain excited states.

McElholms Aussage erinnert an das, was im ersten Teil dieser Arbeit zum ideologischen Charakter, auch der Fachsprachen, gesagt und anhand der „Überbewertung der eigenständigen Struktur der Atome“ exemplifiziert wurde. Dort wurde der Zusammenhang zwischen dem Atomismus im wissenschaftlichen Teilchenmodell und dem „Egozentrismus unseres Gesellschaftssystems“ hergestellt.

Eine letzte Bemerkung ist anzufügen: bei Seilnacht geht es um den Unterricht in der Mittelstufe des deutschen Bildungssystems, dies sollte jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass – z.B. von Kate Cadman<sup>285</sup> – auf ganz ähnliche Problemstellungen auch im Bereich des Postgraduiertenstudiums hingewiesen wird, insbesondere wenn sich Fach und (Fremd)Sprache miteinander verknüpfen. Sie sagt zum Thema der Reflexion in der und über die Fachlichkeit in der Fremdsprache (1997, 12):

---

<sup>284</sup> Dermot McElholm, 2000, „Argumentative analysis of an EST text: *Heart of the atom*“, In: Mary Ruane und Dónall P. Ó Baoill, *Integrating Theory and Practice in LSP and LAP*, Dublin: ALC and IRRAL, 217-233. Die im Textauszug angesprochene 'Treppenalogie' weist Ähnlichkeiten mit der oben vorgestellten 'Hotelanalogie' von Kullmann auf.

<sup>285</sup> Kate Cadman, 1997, „Thesis Writing for International Students: A Question of Identity?“, *English for Specific Purposes* 16, 3-14.

... reflexivity offers these students a valuable opportunity to develop a more confident English language identity and to gain greater control over their entry into the discourse communities of their choice.

Der größte Unterschied zwischen Cadman und Seilnacht liegt darin, dass für erstere aus der Beobachtung von Studierenden eine unerwartete und komplexe Wechselwirkung zwischen Individuum, Fach und Sprache offensichtlich wird, während zweiterer die Problematik aus einem erzieherischen Impetus heraus aufgreift.

## 4. Zusammenfassung und Ausblick

In der Arbeit wurde gezeigt, dass die in der Fachsprachenbetrachtung oft vernachlässigten Merkmale des sprachlichen Zeichens für die fremdsprachliche Fachsprachendidaktik von großer Bedeutung sein können. Die bisherige Fachsprachenforschung hat ihren Schwerpunkt auf die Referenzfunktion des Zeichens gelegt, wodurch es sich ergeben hat, dass die besonderen Merkmale der Chemiesprache aus der sogenannten Theoriesprache, die sich insbesondere in Artikeln in den zahlreichen Fachzeitschriften der verschiedenen Zweige der Chemie niederschlägt, extrahiert wurden. Für die Didaktik des Faches und für die Didaktik der zweitsprachlichen Fachsprache sind jedoch auch die anderen beiden Seiten des sprachlichen Zeichens nach Georg Bühler von großer Bedeutung. In ihnen kommt sowohl die appellative Seite des Zeichens (z.B. im anwendungsbezogenen Teil des Laborhandbuchs), wie auch die emotive Seite (z.B. im Einsatz von Humor und Metapher im Universitätskript) zum Ausdruck und mit ihnen auch sprachliche Erscheinungen, die in der Analyse der chemischen Theoriesprache eine untergeordnete Rolle spielen. Diese untergeordnete Rolle hat nur zum Teil etwas damit zu tun, dass bestimmte Phänomene quantitativ in der Theoriesprache weniger auffällig sind als in der Lehrsprache (wie zum Beispiel das Vorkommen der Vergangenheitstempora in der Textsorte Versuchsprotokoll, das subjektive verwendete Modalverb bei der Anleitung zum Schlüsseziehen aus Versuchsdaten oder Anhäufungen von Adjektiven in beschreibenden Textpassagen). Die Analyse fachsprachlicher Verfahren für den fremdsprachlichen Unterricht bringt auch zum Vorschein, dass besonders auf der Ebene der allgemeinen Wissenschaftssprache, die, wie wir gesehen haben, in den Diskussionsteilen der Zeitschriftenartikel (also der Theoriesprache im engeren Sinn), ganz besonders aber in der Lehrsprache vorkommt, ästhetische, stilistische, rhetorische, ideologische, kulturelle Züge erscheinen, die für die Lernenden der Chemiesprache Deutsch Schwierigkeiten und Chancen mit sich bringen.

Die Natur der hier präsentierten Arbeit hat es mit sich gebracht, dass das Erscheinen solcher Züge konstatiert und ihre Auswirkung an einzelnen Fallbeispielen demonstriert wurde, doch keiner dieser Züge konnte erschöpfend behandelt werden. Insofern dient die Arbeit in der Hauptsache dazu, Fragestellungen zu eröffnen und in manchen Fällen Ansätze zu ihrer Lösung zu zeigen. Einige Aspekte, die es genauer zu erforschen gilt sind die im Folgenden aufgeführten:

Der gesamte Bereich der Lehrsprache der Chemie (und anderer naturwissenschaftlicher Fächer) muss genauer erfasst werden. Die Unsicherheit der Einschätzung der Lehrsprache wurde insbesondere im Zusammenhang mit der Textsortenforschung deutlich, was nicht nur eine Zeichen dafür ist, dass die Lehrsprache sich schwer einordnen lässt, sondern auch dafür, dass in der Textsortenanalyse Kriterien ausgearbeitet werden müssen, welche die Einordnung von Lehrtexten möglich machen. Dies wurde im Rahmen dieser Arbeit insofern in Angriff genommen als ein Versuch zu einer allgemeinen Charakterisierung von Lehrtexten in der von Halliday und Martin kommenden und für hiesige Zwecke adaptierten Terminologie vorgenommen wurde. Innerhalb dieses Bereichs der Lehrsprache ist offensichtlich geworden, dass einige der Textsorten der Lehrsprache bisher praktisch unerforscht geblieben sind. Dazu gehören in erster Linie Handbücher zur universitären Chemieausbildung im Labor, und Universitätsskripten. Erstere wurden anhand der Untersuchung eines weit verbreiteten Laborhandbuchs einer genaueren Bearbeitung zugänglich gemacht. Für diese Textsorte, wie auch die Universitätsskripten, scheint eine genauere Auswertung der lexikalischen und syntaktischen, textuellen und diskursiven Strukturen mit corpuslinguistischen Methoden sehr vielversprechend zu sein, besonders in Hinblick auf die Aspekte, die über die Fachsprachenbetrachtung in rein referentieller Hinsicht hinausgehen. Was für die Handbücher gesagt wurde, trifft auf die Universitätsskripten nicht minder zu. Sie sind bisher kaum erforscht, und sind doch in praktischer Hinsicht (für ausländische Studierende in deutschsprachigen Ländern als wichtigste Textsorte, für die überdies, im Gegensatz

zu Lehrbüchern, in der Regel keine Übersetzungen oder muttersprachlichen Äquivalente zur Verfügung stehen) sehr wichtig und in theoretischer Hinsicht (in ihrer Stellung zwischen Mündlichkeit und Schriftlichkeit und in ihrer kulturellen Eingebundenheit) sehr interessant.

Neben den Textsorten der Lehrsprache selbst hat die Analyse von Beispielen der studentischen Beschäftigung mit diesen Textsorten Perspektiven eröffnet, die zu verfolgen sich nach meiner Ansicht lohnen sollte. Die Sammlung und Auswertung von studentischen fremdsprachlichen Äußerungen (der schriftlichen Art) wird, unter anderen von meinen Kolleginnen Françoise Blin und Christine Appel, schon systematisch betrieben. Wie aus den Analysen der Fallbeispiele, die sich mit Übersetzungen von fachbezogenen Texten durch eine (kleine) Zahl von Studierenden befassen, und ebenso aus studentisch-fremdsprachlichen Annotationen in universitätstypischen Textsorten hervorgeht, könnte eine genauere und umfassende Betrachtung solcher Aktivitäten im fachsprachlichen Bereich interessante Einsichten zum Lernprozess des fachsprachlichen Fremdspracherwerbs ergeben.

Die Beschäftigung mit der wissenschaftlichen Alltagssprache läuft in manchem der modernen Tendenzen der Fachsprachenforschung insofern entgegen, als sie die Betonung von der Lexik (von der lexikgebundenen Terminologie, die insbesondere durch die Corpuslinguistik einen Aufschwung genommen hat) entfernt und andere, nicht-lexikalische Sprachstrukturen stärker betont. Damit hängt die Verlagerung vom Nomen auf das Verb zusammen, für die hier plädiert wird, vor allem aus fremdsprachendidaktischen Erwägungen heraus. Nicht zuletzt sind es die Naturwissenschaftler selbst, die von der „Körperlichkeit“ ihrer Erfahrungs- und Ausdrucksweise nicht allzu gerne hören, denn sie läuft – so zumindest wird befürchtet – dem Objektivitätsanspruch ihrer Wissenschaften entgegen. In dieses Weltbild passt auch die Tatsache nicht, dass die Wissenschaft sich nicht nur gelegentlich und widerstrebend metaphorischer Ausdrucksweisen bedienen muss, sondern dass eine solche Ausdrucksweise als zentrales Element des Sprechens über

die Welt unumgänglich und unverzichtbar ist. Auch hier wieder steht die didaktische Ausformung der Sprache an der vordersten Linie der Berührung zwischen Welt und Wissen und stellt den Beweis dafür dar, dass die allgemeine Wissenschaftssprache mit ihren Verben, Metaphern und körperlichen Ausdrucksweisen den erfolgreichen Übergang vom Laientum zum Expertentum ermöglicht. Auch diejenigen, welche den Ausweg in Richtung Objektivität der Wissenschaft in der Mathematisierung sehen, haben ja ihre Wissenschaft durch das Medium der Lehrsprache erwerben müssen.

Es mag gegen eine Arbeit wie die vorliegende eingewendet werden, dass sie im Grunde genommen um 50 Jahre hinter der Zeit herhinkt. Denn das Englische hat sich auf dem Gebiet der Naturwissenschaften und insbesondere der Chemie, wie in der Arbeit mehrmals erwähnt, schon seit geraumer Zeit fest als *Lingua Franca* etabliert. Doch ist dies ein Prozess, der neben dem Vorteil der scheinbar oder anscheinend effektiveren Kommunikation zwischen Chemikern unterschiedlicher Herkunft andere Vorteile übersieht, die eine Überwindung des englischsprachigen Monolingualismus und Monokulturalismus der Naturwissenschaften mit sich bringen würde. Dies genauer auszuführen bedürfte einer ausgedehnten Arbeit, deshalb sollen in Übereinstimmung mit Konrad Ehlich und in Ergänzung zu ihm, nur einige dieser Vorteile erwähnt werden, die von anderen schon vor langem und so geschickt formuliert wurden, dass eine Umformulierung meinerseits nichts verbessern könnte.

Historisch gesehen haben die Naturwissenschaften ihren größten, mit dem Ansbuch der Aufklärung beschleunigten Fortschritt gemacht, als das Lateinische als *Lingua Franca* an Einfluss verlor und die unterschiedlichen Nationalsprachen auch für Forschungszwecke eingesetzt wurden. Die Sprachen (und die ihnen unterliegenden Kulturen) führten eine Vielfalt in die Forschungswelt ein, die von wissenschaftlichen Giganten sehr schön gesehen und formuliert wurde, wie sich im



folgenden Ausspruch zeigt, in dem der führende Physiker seiner Zeit den führenden Philosophen seiner Zeit zitiert<sup>286</sup>:

HErr Kant (wie mir HErr Lehmann erzählte) pflegte zu sagen, wenn er vom Verdienst der Nationen um die Wissenschaften redete: Der Deutsche besorgte die Wurzel und den Stamm, der Franzose die Blüten, die Engländer die Früchte und die Italiäner die Blätter.

Die Sprache hat nicht nur die Funktion, Information weiterzureichen, sondern sie ist auch für die Informationsfindung von Bedeutung, sie hat epistemologischen Wert. Betrachtet man die Welt nur durch eine einzige Sprache, begibt man sich somit der Möglichkeit, verschiedene Perspektiven einzunehmen. Für das Englische bringt dies sehr schön der irische Physiker John Tyndall (1820-1893) zum Ausdruck, von dem es heißt, er habe ein außerordentlich hoch entwickeltes Raumgefühl besessen, das ihm bei seiner Arbeit zur natürlichen Strahlung geholfen habe. Dieses Raumgefühl hat sich, wie Gillian Beer<sup>287</sup> es ausdrückt, durch die Übung im kosmischen und syntaktischen Raum von Miltons *Paradise Lost* herausgebildet. In der folgenden kurzen Passage werden Züge des Englischen erwähnt, die man heute wohl eher mit dem Deutschen assoziieren würde:

English grammar was the most important discipline of my boyhood. The piercing through the involved and inverted sentences of *Paradise Lost*, the linking of the verb to its often distant nominative, of the relative to its transitive verb, of the preposition to the noun or pronoun which it governed, the study of variations in mood or tense, the transpositions often necessary to bring out the true grammatical structure of a sentence, all this was to my young mind a discipline of the highest value, and a source of unflagging delight.

---

<sup>286</sup> Georg Christoph Lichtenberg (1742-1799).

<sup>287</sup> Gillian Beer, 1996, *Open Fields: Science in Cultural Encounter*, Oxford: Oxford University Press. Hierin wird zitiert (155) John Tyndall, 1868, *Fragments of Science for Unscientific People* Vol.II, London, 92.

Die Übernahme einer einzigen Sprache (Englisch in seiner US-amerikanischen Ausprägung) bringt letztlich auch die Übernahme der durch diese Sprache ausgedrückten wissenschaftlichen, kulturellen, geschäftlichen Werte mit sich. Dieses Thema kann hier nicht weiter verfolgt werden, doch sollte es offensichtlich sein, dass wissenschaftliche Sachverhalte und ihre Folgen für die jeweilige Gesellschaft auf ganz unterschiedliche Weise (und in manchen Fällen überhaupt nicht) diskutiert werden, je nach dem, wo man sich befindet. Ersetzt man all diese unterschiedlichen Perspektiven durch eine einzige, so kann dies nur zu einer Verarmung der wissenschaftlichen, und damit der gesamten anderen Welt beitragen.

In diesem Sinne soll die ganze Arbeit verstanden werden als Teilaspekt eines Plädoyers für Methodenpluralität, Interdisziplinarität der Wissenschaften und Sprachenvielfalt ganz im Sinne von Georg Christoph Lichtenberg (1963, 118), dem hiermit das letzte Wort überlassen sei:

Man findet Spuren aller Wissenschaften in den Sprachen und umgekehrt vieles in den Sprachen, das in den Wissenschaften nützen kan.

## Bibliographie

### *Wörterbücher der Chemie*

- Gross, H., 1976, *Wörterbuch Chemie und chemischen Technik. Englisch-Deutsch, mit etwa 55 000 Fachbegriffen*, Zürich und Frankfurt/M.: Verlag Harri Deutsch (Herausgeber: Technische Universität Dresden).
- Gross, H. u.a., 1984, *Dictionary of chemistry and chemical technology, English-German*, Amsterdam und New York, NY: Elsevier.
- Kryt, Dobromila (Hg.) 1980, *Dictionary of chemical terminology : in five languages, English, German, French, Polish, Russian*, Amsterdam; New York: Elsevier.
- Maludzinska. G., (Hg.) 1990, *Dictionary of analytical chemistry : English, German, French, Polish, Russian*, Amsterdam und New York: Elsevier (Polyglot Dictionaries).
- Patterson, A. M. (bearbeitet von James C. Cox; herausgegeben von George E. Condoyannis), 1992, *Patterson's German-English dictionary for chemists*, vierte verb. Aufl., New York: Wiley.
- Römpps Chemie-Lexikon*, 1990, achte Aufl., hrsg. Von Otto-Albrecht Neumüller, 6 Bände, Stuttgart: Thieme Verlag.
- Sobecka, Z., Choinski, W., Majorek, P., (Hg.) 1966, *Dictionary of chemistry and chemical technology, :in six languages: English, German, Spanish, French, Polish, Russian*, Oxford, New York: Pergamon Press (Polyglot Dictionaries).
- Wenske, G., 1993, *Wörterbuch der Chemie / Dictionary of Chemistry. Deutsch-Englisch / English-German*, 2 Bde., Weinheim: VCH-Verlag.

## Primärquellen

- Arni, A., 1990, *Grundwissen Chemie. Allgemeine und Anorganische Chemie*, Stuttgart: Klett.
- Atkins, P.W., 1990, *Physikalische Chemie*, korrigierter Nachdruck der 1. Auflage 1987, Weinheim: VCH-Verlag (Übersetzt und ergänzt von A. Höpfner).
- Bock, R. u.a. (Hg.), *Analytiker-Taschenbuch* 2 Bde., Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- Beilsteins Handbuch der Organischen Chemie*, jetzt *Beilstein Handbook of Organic Chemistry*, Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Christen, H.R., 1984, *Einführung in die Chemie*, Frankfurt a.M.: Diesterweg und Aarau, Frankfurt a.M.: Sauerländer.
- Cotton, F.A., Wilkinson, G., Gaus, P.L., 1990, *Grundlagen der Anorganischen Chemie*, Weinheim: VCH-Verlag (Übersetzt von Andreas Sprafke, Ekkehard Diemann, Achim Müller).
- Crummet, W.P. und Western, A.B. Western, 1994, *University Physics. Models and Applications*, New York: Wm. C. Brown Publishers.
- Frank, L., Jank, I., 1982, *Deutsch komplex Chemie. Aufbaukurs zur Studienvorbereitung für Ausländer*, Leipzig: VEB Verlag Enzyklopädie.
- Fanghänel, E. u.a., 1992, *Einführung in die chemische Laboratoriumspraxis*, Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.
- Fischer, H. (Hg.), 1994, *Praktikum in Allgemeiner Chemie. Ein umweltschonendes Programm für Studienanfänger mit Versuchen zur Chemikalien-Rückgewinnung* 2Bd., zweite überarb. Aufl., Basel: Verlag Helvetica Chimica Acta und Weinheim: VCH.
- Fromherz, H., King, A., 1968, *English-German Chemical Terminology. An Introduction to Chemistry in English and German. Fifth revised Edition. Englische und deutsche chemische Fachausdrücke. Ein Leitfaden der Chemie in englischer und deutscher Sprache. Fünfte, neubearbeitete Auflage*, Weinheim: Verlag Chemie.
- Geschke, D. (Hg.), 1998, *Physikalisches Praktikum*, Stuttgart und Leipzig: Teubner.
- Gmelins Handbuch der Anorganischen Chemie*, jetzt *Gmelin's Handbook of Inorganic Chemistry*, Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Götz, H.-P., 1998, *Physik. Pocket Teacher*, Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Heil, G., Heering, K.-H., o. J., *Chemische Versuche mit VISOCOLOR und NANOCOLOR. Theorie und Anwendung industrieller Schnellanalysensysteme und ihr Gebrauch im Schulunterricht*, zweite erw. Auflage, Düren: Macherey-Nagel.
- Held, M., 1988, *Chemiepolitik: Gespräch über eine neue Kontroverse. Beiträge und Ergebnisse einer Tagung der Evangelischen Akademie Tutzing, 4. bis 6. Mai 1987*, Weinheim: VCH-Verlag.
- Henly, R.L., 1983, *Chemistry for to-day*, Dublin: Folens.

- Jenette, A., Franik, R., 1984, *Chemie 2. Organische Chemie, Biochemie und Kernchemie*, München: Bayerischer Schulbuch-Verlag.
- Kruse, H., 1989, *Laborfibel. Hinweise und Anleitungen für den Anfänger im chemischen Laboratorium*, zweite überarbeitete Auflage, Weinheim: VCH Verlag.
- Kuballa, M., Schorn, J., 1998, *Chemie. Pocket Teacher*, Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Latscha, H.P., Klein, H.A., 1990, *Analytische Chemie*, zweite Auflage, Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag (Chemie – Basiswissen III).
- Lexikon der Chemie. Grundlagen, Chemische Elemente, Organische Chemie, Grundstoffe und Verfahren* (Unter Mitarbeit von Ch. Eppelsheim u.a.), 1987, München: Lexikographisches Institut.
- McCarthy, J., 1983, *Comprehensive Chemistry*, Dublin: The Educational Company.
- Morrison, R.T. und Boyd, R.N., 1986, *Lehrbuch der Organischen Chemie*, dritte, völlig neu bearbeitete Auflage, Weinheim: VCH-Verlag (Übersetzung von Christiane Beitzke).
- Morrison, R.T., Boyd, R.N., 1992, *Organic Chemistry*, 6th edition, New York: Prentice Hall.
- Praktikum Quantitative Instrumentelle Analytik. Grundlagen und Versuchsinhalte*, 1999, Vorlesungsskript Universität Leipzig.

## Sekundärliteratur

- Achinstein, P., 1968, *Concepts of science. A philosophical analysis*, Baltimore and London: John Hopkins Press.
- Ammon, U., 1998, *Ist Deutsch noch internationale Wissenschaftssprache? Englisch auch für die Lehre an den deutschsprachigen Hochschulen*, Berlin und New York: de Gruyter.
- Ammon, U. (Hg.), 2001, *The dominance of English as a language of science. Effects on other languages and language communities*, Berlin und New York: de Gruyter.
- Baars, G., Christen, H.R., 1995, Die Teilchenvorstellung - ein Unmodell?, *Chemie in der Schule* 41.3, 113-114.
- Bachelard, G., 1974, Die chemische Symbolik, In: *Epistemologie. Ausgewählte Texte*, Frankfurt a. M., Berlin, Wien: Ullstein, 97-101.
- Baldauf, Ch.-J., 1996, Konzept und Metapher – Präzisierung einer vagen Beziehung, *Linguistische Berichte* 166, 461-482.
- Bambrough, R., 1960/61, Universals and family resemblances, *Proceedings of the Aristotelian Society* 61, 207-222.
- Barkhoff, J., 1997, Metaphors of the environment and the environment of metaphor in Johann Gottfried Herder's 'Ideen', In: Debatin, B., Jackson, T. R., Steuer, D. (Hg.), *Metaphor and rational discourse*, Tübingen: Niemeyer, 39-49.
- Bauhs, D.J. Jr, 1999, The enzyme's party: an analogy, *Biochemical Education* 27.3, 135-136.
- Baumann, K.-D., Kalverkämper, H. (Hg.), 1992, *Kontrastive Fachsprachenforschung*, Tübingen: Narr (Forum für Fachsprachenforschung; 20).
- Bausch, K.-R., Christ, H., Hüllen, W., Krumm, H.-J., 1991, *Handbuch Fremdsprachenunterricht*, zweite unveränd. Aufl., Tübingen und Basel: Francke.
- Beer, G., 1996, *Open fields: science in cultural encounter*, Oxford [England]: Clarendon Press und New York: Oxford University Press.
- Beier, R., 1980, *Englische Fachsprache*, Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: Kohlhammer.
- Beneš, E., 1966, Syntaktische Besonderheiten der deutschen wissenschaftlichen Fachsprache, *Deutsch als Fremdsprache* 3.3, 26-36.
- Beneš, E., 1967, Nominalisierungstendenzen in der deutschen wissenschaftlichen Fachsprache, *Wissenschaftliche Zeitschrift der pädagogischen Hochschule „Karl Liebknecht“ Potsdam. Gesellschafts- und sprachwissenschaftliche Reihe* 11.2, 147-154.
- Beneš, E., 1969, Zur Typologie der Stilgattungen in der wissenschaftlichen Prosa, *Deutsch als Fremdsprache* 6.3, 225-233.
- Bentzinger, R., Meyer, M., 1994, Modelle für das Unsichtbare – Vom Nutzen von Atommodellen, *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie* 43.7, 24-29.

- Bhushan, N., Rosenfeld, S., 1995, „Metaphorical models in chemistry“, *Journal of Chemical Education* 72.7, 578-582.
- Black, M., 1993, „More about metaphor“, In: Ortony, A. (Hg.), *Metaphor and thought*, 2nd ed., Cambridge: Cambridge University Press, 19-41.
- Bowen, C. W., 1992, Myths and metaphors: Their influence on chemistry instruction, *Journal of Chemical Education* 69.6, 479-482.
- Boyd, R., 1993, Metaphor and theory change: What is 'metaphor' a metaphor for?, In: A. Ortony, *Metaphor and thought. Second edition*, Cambridge: Cambridge University Press, 481-532.
- Bramki, D., Williams, R., 1984, Lexical familiarization in economic textbooks, *Reading in a foreign language* 2.1, 169-181.
- Brand, K., 1995, Gänsefüßchen und Elefantennüßel. Zur Metaphorik in der Fachsprache des Schriftsetzers, *Fachsprache. International Journal of LSP* 17.1-2, 2-16.
- Braunert, J., 2000, Die Handlungsfelder der beruflichen Kommunikation. Bericht über die Erhebung des Sprachbedarfs am Arbeitsplatz, *Fachsprache. International Journal of LSP* 22.3-4, 153-166.
- Brown, R., 1958, *Words and things*, New York: The Free Press.
- Buck, P., 1994, Wie kann man die Andersartigkeit der Atome lehren?, *Chemie in der Schule* 41, 12.
- Buck, P., 1996, Präzise und exakte Begriffsbildung - oder: Was die Chemiker mit ihrer Formel- und Fachsprache notorisch übersehen und terminologisch unberücksichtigt lassen, In: P. Janich und N. Psarros, *Die Sprache der Chemie. Erlenmeyer-Kolloquium zur Philosophie der Chemie*, Würzburg: Königshausen und Neumann, 3-12.
- Budin, G. (Hg.), 1995, *Multilingualism in specialist communication*, Vol. 1 und 2, Wien: International Network for Terminology.
- Bühler, K., 1968 [1934], *Sprachtheorie. Die Darstellungsfunktion der Sprache*, Stuttgart: Gustav Fischer.
- Byram, M., 1989, *Cultural studies in foreign language learning*, Clevedon: Multilingual Matters.
- Cameron, L., Low, G., 1999, Metaphor, *language teaching. The international abstracting journal for second language teachers, educators and researchers* 32, 77-96.
- Cadman, K., 1997, Thesis writing for international students: A question of identity? *English for Specific Purposes* 16.1, 3-14.
- Chambers, A., Ó Baoill, D. P., 1999, *Intercultural Communication and Language learning*, Dublin: IRAAL with Royal Irish Academy.
- Chaudron, C., 1982, Vocabulary elaboration in teachers' speech to L2 learners, *Studies in Second Language Acquisition* 4.2, 170-180.
- Clyne, M., 1991, Zu kulturellen Unterschieden in der Produktion und Wahrnehmung englischer und deutscher wissenschaftlicher Texte, *Informationen Deutsch als Fremdsprache* 18.4, 376-383.
- Connor, U., Kaplan, R. B. (Hg.), 1987, *Writing across languages: Analysis of L2-text*, Reading, MA et al.: Addison-Wesley.

- Cordes, J. F., 1981, Größen- und Einheitensysteme; SI-Einheiten, In: R. Bock et al., 3-29.
- Cramer, F., 1995, *Gratwanderungen – Das Chaos der Künste und die Ordnung der Zeit*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Cronin, M., 2000, *Across the lines. Travel, language, translation*, Cork: Cork University Press.
- Crosland, M. P., 1962, *Historical studies in the language of chemistry*, London: Heinemann.
- Crummet, W. P., Western, A. B., 1994, *University physics. Models and applications*, Dubuque, Iowa: Wm.C. Brown Publishers.
- Darian, S., 2000, The language of quantifying in introductory science texts, *Fachsprache. International Journal of LSP* 22.1-2, 59-71.
- Davidson, D., 1984, *Truth and interpretation*, Oxford: Oxford University Press.
- Dessauer, F., 1958, *Naturwissenschaftliches Erkennen. Beiträge zur Naturphilosophie*, Frankfurt a.M.: Josef Knecht.
- Dickens, Ch., 1992, *Great Expectations*, Ware, Hertfordshire: Wordsworth Editions.
- Divasson, L., Rodriguez, R., Hernandez, J., 1995, Negotiation competence and the non-native speaker, In: G. Budin (Hg.), Vol. 1, 169-182.
- Dodd, St., 2000, In: M. Ruane, D. Ó Baoill (Hg.), 2000, *Integrating theory and practice in LSP and LAP. Papers from the ALC/IRAAL conference*, March 1998, Part 1 and 2, 115-121.
- Duden Grammatik der deutschen Sprache*, 1984, Mannheim, Wien, Zürich: Bibliographisches Institut.
- Duden Herkunftswörterbuch*, 1963, Mannheim, Wien, Zürich: Bibliographisches Institut.
- Duncan, A. M., 1981, Styles of language and modes of chemical thought, *Ambix* 28, 83-107.
- Duszak, A. (Hg.), 1997, *Culture and styles of academic discourse*, Berlin und New York: Mouton de Gruyter (Trends in Linguistics. Studies and Monographs; 104).
- Ebel, H. F., 1998, Die neuere Fachsprache der Chemie unter besonderer Berücksichtigung der Organischen Chemie, In: L. Hoffmann, H. Kalverkämper, H.E.Wiegand (Hg.), *Fachsprachen. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft*, Berlin: de Gruyter, 1235-1259.
- Eberhart, M. E., 2000, Warum Marmor bricht und Eisen nicht, *Spektrum der Wissenschaft* 1, 44-50.
- Eckkrammer, E. M., 1995, Are texts of daily use really useful? A contrastive analysis of text-creation strategies in German and Portuguese patient package inserts, In G. Budin, Vol.1, 183-203.
- Ehlich, K., 1994, Die Lehre der deutschen Wissenschaftssprache, In: Kretzenbacher, H.-L., Weinrich, H., *Linguistik der Wissenschaftssprache*, Berlin: 325-351.
- Ehlich, K., 2000, Deutsch als Wissenschaftssprache für das 21. Jahrhundert, *gfl-journal* 1, 1-20.



- Eliasmith, C., Thagard, P., 1997, Waves, particles and explanatory coherence, *British Journal for the Philosophy of Science* 48, 1-19.
- Eschbach, A. (Hg.), 1984, *Bühler-Studien*, 2 Bände, Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Eßer, R., Little, R., 2000, German for academic purposes: A comparison of English and German lecture notes for students of mechanical engineering, In: M. Ruane, D. Ó Baoill (Hg.), 2000, 1-13.
- Fairclough, N., 1992, *Critical language awareness*, London: Longman.
- Fauconnier, G., 1997, *Mappings in thought and language*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Flowerdew, J., 1991, Pragmatic modification on the 'representative' speech act of defining, *Journal of Pragmatics* 15, 253-264.
- Flowerdew, J., 1992, Definitions in science lectures, *Applied Linguistics* 13.2, 202-221.
- Flowerdew, J., 1994, Saliency in the performance of one speech act: the case of definitions, *Discourse Processes* 15, 165-181.
- Fluck, H.-R., 1985, *Fachsprachen. Einführung und Bibliographie*, Tübingen: Francke.
- Forster, E.M., 1976, *Aspects of the Novel*, Harmondsworth: Penguin.
- Galtung, J., 1981, Structure, culture and intellectual style: An essay comparing saxon, teutonic, gallic and nipponic approaches, *Social Science Information* 20.6, London and Beverly Hills: SAGE, 817-856.
- Gibbon, M., 1996, The discourse of infertility treatment. A French-English comparison, In: Hickey, T. und Williams, J. (Hg.), *Language, education and society in a Changing World*, Clevedon: Multilingual Matters, 170-176.
- Gläser, R. (Hg.), 1985, *Fachsprachliche Textlinguistik*, Berlin: Akademie der Wissenschaften.
- Gläser, R., 1990, *Fachtextsorten im Englischen*, Tübingen: Narr.
- Gläser, R., 1995, Der implizite Dialog in populärwissenschaftlichen Texten im Englischen und Deutschen, In: G. Budin (Hg.), 1995, Vol. 2, 751-770.
- Gläser, R., 1999, Buchbesprechung zu Stalhammar, 1997, Fachsprache. *International Journal of LSP* 19.3-4, 182-184.
- Goatly, A., 1997, *The language of metaphor*, London und New York: Routledge.
- Goldschmidt, G. A., 1999, *Als Freud das Meer sah. Freud und die deutsche Sprache*, Zürich: Ammann Verlag (Originalfassung: 1988, *Quand Freud voit la mer – Freud et la langue allemande*, Paris: Chastel).
- Goodman, N., 1968, *Languages of art: An approach to a theory of symbols*, Indianapolis: Bobbs-Merrill.
- Göpferich, S., 1992, Eine pragmatische Typologie von Fachtextsorten der Naturwissenschaft und Technik, In: Baumann und Kalverkämper, 190-210.
- Granger, S., Dagneaux, E., Denness, E., 1998, Computer-aided error analysis, *System. An International Journal of Educational Technology and Applied Linguistics* 26.2, 163-174.

- Gruber, H. E., 1987, Ensembles of metaphors in creative scientific thinking, *Cahiers de la Fondation Archives Jean Piaget* 8, 235-254.
- Hahn, W. von (Hg.), 1981, *Fachsprachen*, Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Hahn, W. von, 1983, *Fachkommunikation. Entwicklung, linguistische Konzepte, betriebliche Beispiele*, Berlin, New York: Springer.
- Halliday, M. und Martin, J. R., 1993, *Writing Science. Literacy and discursive power*, Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Hallpap, P., 1992, Die Fachsprache im Chemieunterricht, In: Pfeifer, K. Häusler, B. Lutz (Hg.), *Konkrete Fachdidaktik Chemie*, München: Oldenbourg, 86-103.
- Hannaway, O., 1975, *The chemists and the word. The didactic origins of chemistry*, Baltimore, London: John Hopkins University Press.
- Hartmann, R.K., 1980, *Contrastive textology. Comparative discourse analysis in Applied Linguistics*, Heidelberg: Groos (Studies in Descriptive Linguistics; 5).
- Haupt, P., 1995, Chemikalienmodelle, *Praxis der Naturwissenschaften -Chemie* 42.8, 44.
- Hedrich, R., 1994, Analogien in der Welt oder im Geiste?, *Praxis der Naturwissenschaften -Physik* 43.5, 16-23.
- Heisenberg, W., 1973, *Schritte über Grenzen. Gesammelte Reden und Aufsätze*, München: Piper. Darin insbesondere: Sprache und Wirklichkeit in der modernen Physik, 160-181.
- Helbig, G. und Buscha, J., 1980, *Deutsche Grammatik. Ein Handbuch für den Ausländerunterricht*, Leipzig: VEB Verlag Enzyklopädie.
- Hellekjaer, G.O., 1998, Teaching LSP: methods and misconceptions, *Fachsprache. International Journal of LSP* 20.3-4, 149-154.
- Hermann, U., 1996, *Die neue deutsche Rechtschreibung*, völlig neu bearb. und erw. von Lutz Götze, München: Bertelsmann Lexikon Verlag.
- Herrmann, F., und Job, G. 1997, Altlasten der Physik - Artikelreihe in Physik in der Schule Karlsruher Physikkurs, CD-ROM, Karlsruhe: Didaktik der Physik, Universität Karlsruhe, erschienen in gedruckter Form in *Physik in der Schule* von 1994 bis 1997.
- Hesse, M. A., Arbib, M.B., 1986, *The construction of reality*, New York: Cambridge University Press.
- Hoffmann, L. (Hg.), 1973, *Fachwortschatz Chemie. Häufigkeitswörterbuch Russisch, Englisch, Französisch*, Leipzig: VEB Verlag Enzyklopädie.
- Hoffmann, L., 1987, *Kommunikationsmittel Fachsprache: eine Einführung*, 3. durchges. Aufl., Berlin: Akademie-Verlag (Sammlung Akademie-Verlag; 44: Sprache)
- Hoffmann, L., 2000, Objekt, System und Funktion in der wissenschaftlich-technischen Fachkommunikation, *Fachsprachen. International Journal of LSP* 22.1-2, 28-37.
- Hoffmann, L., Kalverkämper H., Wiegand H.E. (Hg.), 1998, *Fachsprachen. Ein internationales Handbuch zur Fachsprachenforschung und Terminologiewissenschaft*, Berlin: de Gruyter.

- Hoffmann, R., 1988, Under the surface of the chemical article, *Angewandte Chemie. International Edition in English* 27.12, 1593-1602.
- Hoffmann, R., 1992, How the models in chemistry vie, *PSA 1990 Proceedings*, Vol.1, East Leasing: Philosophy of Science Association, 405-419.
- Hoffmann, R., 1993a, How should chemists think?, *Scientific American*, February 1993, 40-49.
- Hoffmann, R., 1993b, Die Chemie zwischen Natur und Ideal, *Spektrum der Wissenschaft*, April 1993, 68-77.
- Hoffmann, R., Laszlo, P., 1991, Representation in chemistry, *Angewandte Chemie* 30.1, 1-16.
- Hogben, L. T., 1970, *The vocabulary of science*, New York: Stein and Day.
- Hong Kong Polytechnic University, 1997, *Graduate students' language proficiency assessment report Part 2*, Hong Kong: Hong Kong Polytechnic University.
- Hörmann, H., 1978, *Meinen und Verstehen*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Horsella, M., 1995, Synthesis in scientific English, In: Budin, G. (Hg.), 1995, Vol.1, 215-224.
- Hums, L., 1988, Zur Problematik metaphorischer Benennungen in Wissenschaft und Technik, *Zeitschrift für Germanistik* 9, 43 - 56.
- Hund, E., 1998, naheliegend und weit hergeholt – unterrichtspraktische Überlegungen zu Raum und Körper in der Wissenschaftssprache, In: H. Barkowski, A. Wolff, *Alternative Vermittlungsmethoden auf dem Prüfstand. Beiträge der 26. Jahrestagung Deutsch als Fremdsprache vom 4. bis 6. Juni 1998*, Regensburg: Fachverband Deutsch als Fremdsprache (Materialien Deutsch als Fremdsprache; 52).
- Hyland, K., 2000, Hedges, boosters and lexical invisibility: Noticing modifiers in academic texts, *Language Awareness* 9.4, 179-197.
- Ickler, Th., 1983, Zur Semantik der Fachsprachen, In: H. P. Kelz (Hg.), *Fachsprache*, Bonn, 143-153.
- Ickler, Th., 1993, Zur Funktion der Metapher, besonders in Fachtexten, *Fachsprache. International Journal of LSP* 15.3-4, 94-110.
- Ickler, Th., 1997, *Die Disziplinierung der Sprache. Fachsprachen in unserer Zeit*, Tübingen: Narr (Forum für Fachsprachen-Forschung; 33)
- Jakob, K.-H., 1991, *Maschine, Mentales Modell, Metapher. Studien zur Semantik und Geschichte der Techniksprache*, Tübingen: Max Niemeyer (Reihe Germanistische Linguistik; 13).
- Jakobson, R., 1960, Concluding statement: Linguistics and poetics, In: T.A. Sebeok (Hg.), *Style in Language*, Cambridge, Mass.: The M. I. T.- Press, 350-377.
- Janich, P., 1996, *Konstruktivismus und Naturerkenntnis. Auf dem Weg zum Kulturalismus*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Janich, P., Psarros, N. (Hg.), 1996, *Die Sprache der Chemie. Erlenmeyer-Kolloquium zur Philosophie der Chemie*, Würzburg: Königshausen und Neumann.
- Januschek, F., 1986, *Arbeit an der Sprache. Konzept für die Empirie einer politischen Sprachwissenschaft*, Opladen: Westdeutscher Verlag.

- Johnson, M., 1987, *The body in the mind. The bodily basis of meaning, imagination and reason*, Chicago: Chicago University Press.
- Kars, J. und Häussermann, U., 1989, *Grundgrammatik Deutsch*, Frankfurt a. M.: Diesterweg und Wien: Österreichischer Bundesverlag und Aarau: Sauerländer.
- Keller, G., 1977, *Über das Denken in Modellen: ein Beitrag zur Didaktik der Chemie*, Frankfurt a. M., Berlin, München: Diesterweg.
- Kelz, H. P. (Hg.), 1983, *Fachsprache 1. Sprachanalyse und Vermittlungsmethoden*, Sankt Augustin: Asgaard.
- Kettle, M., 2002, Two cultures still, *The Guardian*, 2.2.02.
- Key, M. R. (Hg.), 1980, *The relationship of verbal and nonverbal communication*, The Hague, Paris, New York: Mouton.
- Klaus, G., 1963, *Semiotik und Erkenntnistheorie*, Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Krampen, M., 1981, *Die Welt als Zeichen. Klassiker der modernen Semiotik*, Berlin: Severin und Siedler.
- Kramsch, C., 1993, *Context and Culture in Language Teaching*, Oxford: Oxford University Press.
- Kretzenbacher, H.-L., 1994, Bemerkungen eines Philologen zum Dialog zwischen Chemie und Geisteswissenschaften, In: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (verantwortlich: Ekkehard Winter), *Selbstbilder und Fremdbilder der Chemie. Dokumentation eines Werkstattgesprächs 15. bis 17. September 1993*, Essen: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, 157-185.
- Kretzenbacher, H.-L., 1997, Mind your metaphors! Historical and theoretical notes toward a constructivist theory of metaphor in scientific communication, In: A. Duszak (Hg.), 1997, 131-140.
- Kretzenbacher, H.-L., Thurmair, M., 1992, Textvergleich als Grundlage zur Beschreibung einer wissenschaftlichen Textsorte: Das Peer Review, In: K.-D. Baumann und H. Kalverkämper, 1992, 135-146.
- Kretzenbacher, H.-L., Weinrich, H. (Hg.), 1995, *Linguistik der Wissenschaftssprache*, Berlin, New York: de Gruyter (Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Forschungsberichte; 10).
- Kubli, F., 1987, *Interesse und Verstehen in Physik und Chemie*, Köln: Aulis-Verlag Deubner.
- Kuhn, Th. S., 1970, *The structure of scientific revolutions*, 2nd ed., Chicago: University of Chicago Press.
- Kuhn, Th. S., 1993, Metaphor in science, In: A. Ortony, 1993, 409-419.
- Kullmann, K., 1992, *Hypothese, Theorie, Modell. Bestimmung dieser Begriffe und ihre Anwendung in der Chemie in Wissenschaft und Lehre*, Dissertation, Universität Köln – Erziehungswissenschaftliche Fakultät.
- Lakoff, G., Johnson, M., 1980, *Metaphors we live by*, Chicago und London: Chicago University Press.
- Laurén, Ch., Nordmann, M., 1995, Scientific technolects and popularization, In: Budin, G. (Hg.), 1995, Vol. 2, 823-831.

- Lechleiter, H., 1996, Reading with an open mind – reading for specific purposes, In: G. Lederer, N. Reimann, R. Walsh, 54-60.
- Lechleiter, H., Denby, D., Simon, A., 1999, Language learning and critical thinking, In: A. Chambers, D. P. Ó Baoill: 59-69.
- Lederer G., Reimann, N., Walsh, R. (Hg.): 1996, *Ab initio language learning. A guide to good practice*, London: CILT.
- Leech, G., 1992, Corpora and theories of linguistic performance, In: J. Svartvik, 105-122.
- Lepenies, W., 1985, *Die drei Kulturen*, München: Hanser.
- Lepenies, W., 1988, *Between literature and science: The rise of sociology*, Cambridge, NY: Cambridge University Press.
- Levi, P., 1991, The language of chemistry (I+II), In: *Other peoples' trades*, London: Abacus, 100-110.
- Liang, Y., 1993, Fremdheitsproblematik in der interkulturellen Fachkommunikation, In: A. Wierlacher (Hg.), 1993, 153-171.
- Lichtenberg, G. Ch., 1963, *Gedankenbücher. Mit einem Nachwort von Franz H. Mautner*, Frankfurt a.M.: Fischer (Exempla Classica).
- Lightbown, P. M., Spada, N., 2000, Do they know what they're doing? L2 learners' awareness of L1 influence, *Language Awareness* 9.4, 198-217.
- Luzón Marco, M.J., 2000, Author's comment verbs in the experimental biomedical paper, *Fachsprache. International Journal of LSP* 22.3-4, 133-144.
- Macheiner, J., 1995, *Übersetzen. Ein Vademecum*, Frankfurt a. M.: Eichborn.
- Macheiner, J., 1998, *Das grammatische Varieté oder Die Kunst und das Vergnügen deutsche Sätze zu bilden*, Frankfurt a. M.: Eichborn.
- Mayer, R., 1993, The instructive metaphor: Metaphoric aids to students' understanding of science, In: A. Ortony (Hg.), 561-578.
- McElholm, D., 2000, Argumentative analysis of an EST text: 'Heart of the atom', In: Mary Rouane und Dónall P. Ó Baoill, 217-233.
- Mentrup, W., 1978, *Fachsprachen und Gemeinsprache*, Düsseldorf: Pädagogischer Verlag Schwann (Jahrbuch 1978 des Instituts für Deutsche Sprache).
- Messner, R., Rumpf, H., Buck, P., 1997, Natur und Bildung – über Aufgaben des naturwissenschaftlichen Unterrichts und Formen des Naturwissens, *chimica didactica* 1, 5-32.
- Milton, J., Hales, T., 1997, Applying a lexical profiling system to technical English, In: Ryan, A., Wray, A. (Hg.), *Evolving Models of Language*, Clevedon: Multilingual Matters (British Studies in Applied Linguistics Series 12).
- Mittelstraß, J., Stock, G. (Hg.), 1992, *Chemie und Geisteswissenschaften: Versuch einer Annäherung*; Berlin: Akademie.
- Morgenroth, K., 1999, Psycho- und soziolinguistische Implikationen der Debatte um den Gegensatz von Fachsprache und Gemeinsprache, *Fachsprache. International Journal of LSP* 21.3-4, 125-140.

- Mühlhaus, S., Lawlor, T., 1999, Languages for Specific Purposes for undergraduate and postgraduate courses: A case study, *Fachsprache. International Journal of LSP* 21.1-2, 53-60.
- Munsberg, K., 1993, Mündliche Fachkommunikation in der Chemie. Analyseverfahren für empirisches Datenmaterial, In: H. Schröder (Hg.), *Fachtextpragmatik*, Tübingen: Narr (Forum für Fachsprachen-Forschung; 19), 359-394.
- Naess, A., 1952, Towards a theory of interpretation and preciseness, In: L. Linsky (Hg.): *Semantics and the Philosophie of Language*, Urbana: University of Illinois Press, 248-269.
- Obst, H., 1968, Leistungssteigerung durch Arbeit mit Algorithmen, *Chemie in der Schule* 15, 475-481.
- Ortony, A. (Hg.), 1993, *Metaphor and thought*, 2nd ed., Cambridge: Cambridge University Press.
- Paul, H., 1909, *Prinzipien der Sprachgeschichte*, Halle a. S.: Max Niemeyer, [Erste Auflage 1884].
- Pelz, H., 1982, *Linguistik für Anfänger*, Hamburg: Hoffmann und Campe (Kritische Wissenschaft).
- Péter, M., 1984, Das Problem des sprachlichen Gefühlsausdrucks in besonderem Hinblick auf das Bühlersche Organon-Modell, In: A. Eschbach, 1984, 239-260.
- Pinker, S., 1994, *The Language Instinct. The New Science of Language and Mind*, London et al.: Penguin Books.
- Pöckl, W., 1995, Nationalstile in Fachtexten? Vom Tabu- zum Modethema, *Fachsprache - International Journal of LSP* 17, 3-4, 98 - 107.
- Pörksen, U., 1994, *Wissenschaftssprache und Sprachkritik. Untersuchungen zur Geschichte und Gegenwart*, Tübingen: Narr.
- Preuß, H., 1976, *Struktur der Materie und Chemische Bindung: eine elementare Einführung*, Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag.
- Reinart, S., 1993, *Terminologie und Einzelsprache. Vergleichende Untersuchung zu einzelsprachlichen Besonderheiten der fachsprachlichen Lexik mit Schwerpunkt auf dem Sprachenpaar Deutsch-Französisch*, Frankfurt a.M.: Peter Lang (Reihe Europäische Hochschulschriften).
- Roelcke, Th., 1999, *Fachsprachen*, Berlin: Erich Schmidt Verlag (Grundlagen der Germanistik; 37).
- Rohrer, J., 1984, *Zur Rolle des Gedächtnisses beim Sprachenlernen*, Bochum: Kamp.
- Römer, H., 1992, Atome, Teilchen, Teilbarkeit. Zum Paradox von Ausgedehnthheit und Teilbarkeit, In: H.-D. Ebbinghaus und G. Vollmer (Hg.), *Denken unterwegs. Fünfzehn naturwissenschaftliche Exkursionen*, Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft (Edition UNIVERSITAS).
- Ruane, M., Ó Baoill, D. (Hg.), 2000, *Integrating theory and practice in LSP and LAP. Papers from the ALC/IRAAL conference. March 1998, Part 1 and 2*, Dublin: IRAAL.

- Sacks, O., 1986, *The man who mistook his wife for a hat*, London: Pan Books (Picador).
- Sager, J. C., Dungworth, D., McDonald, P. F., 1980, *English special languages. Principles and practice in science and technology*, Wiesbaden: Oscar Brandstetter Verlag.
- Savigny, E. von, 1981, Inwiefern ist die Umgangssprache grundlegend für die Fachsprache?, In: von Hahn, 1981, 320-349.
- Savory, T. H., 1967, *The language of science*, revised ed., London: Andre Deutsch
- Schmidt, H.-J., Seitz, H., 1976, *Denken und Experimentieren. Experimentieren und Denken*, Köln: Aulis-Verlag Deubner.
- Schmitt, P. A., 1994, Die 'Eindeutigkeit' von Fachtexten: Bemerkungen zu einer Fiktion, In: M. Snell-Hornby (Hg.), *Übersetzungswissenschaft. Eine Neuorientierung*, Tübingen und Basel: Francke, 252-282.
- Schoenfeld, R., 1989, *The chemist's English. Third revised edition*, Weinheim, Basel, Cambridge: VCH-Verlag.
- Schriefer, H.J., 1987, Die Entwicklung einer didaktisch sinnvollen und fachwissenschaftlich korrekten Definition der Reaktionsgeschwindigkeit, *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie* 36.5, 24-25.
- Schröder, H. (Hg.), 1993, *Fachtextpragmatik*, Tübingen: Narr (Forum für Fachsprachen-Forschung; 19).
- Schröder, S., 1995, *Fachsprachliche Kommunikationsarten des Französischen: ein Vergleich gesprochener und geschriebener Texte aus dem Bereich der Chemie*, Diss. Univ. Duisburg.
- Schrödinger, E., 1967, *Was ist ein Naturgesetz?* Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Schummer, J., 1994, *Referenzrealismus, Referenzmethodologie und Chemie. Wissenschaftstheoretische Untersuchungen der Chemie im Anschluß an Rom Harrés „Varieties of Realism“*, Karlsruhe (Phil.-Diss.).
- Schwarz, H., 1998, Bildungsziele bei Chemikern aus der Sicht der chemischen Industrie, 25. November 1998, <http://www.vci.de/suche/DateiAnsicht.asp?DokNr=58781> (eingesehen am 2.11.2000).
- Searle, J., 1969, *Speech acts*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Seboek, Th. A., 1981, Karl Bühler, In: M. Krampen, 205-232.
- Seibicke, W., 1959, Fachsprache und Gemeinsprache, *Muttersprache* 69.1, 70-84.
- Seibicke, W., 1975, Zur Lexik der Fachsprachen und ihrer Vermittlung in der Lehre des Deutschen als Fremdsprache, In: *Jahrbuch Deutsch als Fremdsprache* 1, 66-79.
- Seilnacht, Th., 1998, Komplementäres Lernen und Verstehen im naturwissenschaftlichen Unterricht, *chimica didactica* 3, hier zitiert aus der Webseite <http://www.seilnacht.tuttlingen.com> (eingesehen am 4. 3. 2002).

- Seilnacht, Th., 1998, Der Positionenstreit um den Atombegriff im Chemieunterricht, *Chemie in der Schule* 2, hier zitiert aus der Webseite <http://www.seilnacht.tuttlingen.com> (eingesehen am 4. 3. 2002).
- Sieper, G., 1980, *Fachsprachliche Korpusanalyse und Wortschatzauswahl. Untersuchungen zur Lexik englischer Fachtexte der Chemie*, Frankfurt a. M.: Lang.
- Simon, A., 1999, *Towards a German grammar programme for post-leaving certificate students*, Dissertation, Dublin City University.
- Snell-Hornby, 1994, M. (Hg.), *Übersetzungswissenschaft. Eine Neuorientierung. Zur Integrierung von Theorie und Praxis*, 2. durchges. Aufl., Tübingen und Basel: Francke (UTB; 1415) (1. Aufl. 1986).
- Snow, C.P., 1993, *The Two Cultures*, Cambridge, Mass.: Cambridge University Press.
- Soentgen, J., 1997, Marmor, Stein und Isopropylalkohol. Ein Vorschlag für einen phänomenologischen Stoffbegriff, *Scheidewege. Jahresschrift für skeptisches Denken* 27.8, 125-144.
- Sonneveld, H.B., Loening, K.L. (Hg.), 1993, *Terminology. Applications in interdisciplinary communication*, Amsterdam und Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.
- Spratt, Th., 1958 [1667], *History of the Royal Society*, herausgeg. Von Jackson I. Cope und Harald Whitmore Jones, London. Nachdruck: St. Louie, Mo.: Washington University.
- Stachowiak, H., 1973, *Allgemeine Modelltheorie*, Wien: Springer.
- Stalhammar, M., 1997, *Metaforernas mönster I fachspråk och allmänspråk*, Stockholm: Carlsson Bokförlag.
- Studel, J., 1943, Der vorvesalische Beitrag der anatomischen Nomenklatur, *Sudhoffs Archiv Geschichte der Medizin und Naturwissenschaft* 36, 1-43.
- Sticht, Th. G., 1993, Educational use of metaphor, In: A. Ortony, 621-632.
- Stolze, R., Deppert, A., 1998, Übersetzung und Verständlichkeit deutscher und englischer Wissenschaftstexte, *Fachsprachen. International Journal of LSP* 20.3-4, 116-130.
- Strehlow, R., 1993, Terminology standardization in the physical sciences, In: Sonneveld, H. and Loening, K. (Hg.), *Terminology. Applications in interdisciplinary communication*, Amsterdam / Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 127-140.
- Sumfleth, E., Schüttler, S., 1994, Chemische Inhalte und verständliche Texte – ein Widerspruch in sich?, *Fachsprache* 16.3-4, 141-158.
- Svartvik, J. (Hg.), *Directions in Corpus Linguistics*, Berlin: Mouton de Gruyter.
- Swift, J., 1971, *Gulliver's Travels and Other Writings*, Toronto, New York, London: Bantam Books [Original 1726].
- Tatje, R., 1995, Morphosyntaktische und textuelle Charakteristika der Fachsprache der Mineralogie, In: G. Budin (Hg.), Bd. 1, 319-341.
- Veale, T., 1995, The logic of literal meaning, expressibility and anomaly in metaphor comprehension, <http://www.compapp.dcu.ie/~tonyv/trinity/logic.html> (19.6.1996).



- Vögtle, F., 1989, *Reizvolle Moleküle der Organischen Chemie*, Stuttgart, Leipzig: Teubner.
- Vollmer, G., 1980, *Sprache und Begriffsbildung im Chemieunterricht*, Frankfurt a.M.: Moritz Diesterweg und Verlag Sauerländer.
- Walker, R. A., Johnston, H., 1967, *The language of chemistry*, Englewood Cliffs/N.J.:
- Weinrich, H., 1976, *Sprache in Texten*, Stuttgart: Klett.
- Weinrich, H., 1985, *Wege der Sprachkultur*, Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt.
- Weinrich, H., 1994, *Textgrammatik der deutschen Sprache*, Mannheim: Duden-Verlag.
- Weinrich, H., 1997, *Lethe - Kunst und Kritik des Vergessens*, München: C.H. Beck.
- Weise, G., 1985, Textsorten und Texttypen in der wissenschaftlichen Fachsprache, In: R. Gläser (Hg.): *Fachsprachliche Textlinguistik*, Berlin: Akademie der Wissenschaften, 20-30.
- Weise, G., 1993, Criteria for the classification of ESP texts, *Fachsprache. International Journal of LSP* 15.3-4, 36-41.
- Weise, G., 1998, Die englische Fachsprache der Chemie, In: L. Hoffmann, H. Kalverkämper, H. E. Wiegand, 1429-1438.
- Weisgerber, L., 1958, Der Mensch im Akkusativ, *Wirkendes Wort* 1957/58, 193-205.
- Widdowson, H.G., 1985, *Explorations in Applied Linguistics*, Oxford: Oxford University Press.
- Wierlacher, A. (Hg.), 1993, *Kulturthema Fremdheit. Leitbegriffe und Problemfelder kulturwissenschaftlicher Fremdeitsforschung*, München: Iudicium.
- Wieser, J., 1986, Zur Parallelektüre im fachbezogenen Fremdsprachenunterricht am Beispiel des Periodensystems der Elemente, In: *Jahrbuch Deutsch als Fremdsprache* 12, 264-282.
- Wilden, A., 1980, *System and Structures: Essays in Communication and Exchange*, London: Tavistock.
- Wilkinson, A.M., 1991, *The scientists' handbook for writing papers and dissertations*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Wimmer, R., 1978, Das Verhältnis von Fachsprachen und Gemeinsprache in Lehrtexten, In: W. Mentrup (Hg.), 246-275.
- Winter, H., 1980, Verben mit fachspezifischer Bedeutung in der chemischen Fachsprache des Englischen, *Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Jena* 29, 755-763.
- Winter, H., 1987, Zweiworttermini in der chemischen Fachsprache des Englischen, *Berichte der Sektion Fremdsprachen der Universität Leipzig* 2, 73-82.
- Winter, H., 1993, Kommunikationsverfahren in den Textsorten chemische Synthese und chemische Analyse des Englischen, *Linguistische, sprachpsychologische und methodische Grundlagen der Textproduktion*, Universität Jena, 47-55.

- Wünsch, G., Ulrich, N., 1996, Unbewusste Regeln der Problembeschreibung in der Chemie, In: P. Janich und N. Psarros, 13-23.
- Zimmer, E., 1964, *Umsturz im Weltbild der Physik*, München: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- Zwicky, A. M., 1980, The analogy of linguistics with chemistry, In: Key, 1980, 319-326.

# Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

## *Verzeichnis der Abbildungen*

Abb. 1	Bühler Zeichenmodell (nach H. Pelz, 1982, 47).....	8
Abb. 2	Fachsprachenvariation nach Ickler.....	24
Abb. 3	Didaktische Texte nach Ickler.....	28
Abb. 4	Fachwortschatz nach Ickler.....	37
Abb. 5	Mathematik in englisch- und deutschsprachigem Skript .....	98
Abb. 6	Balance-Schema nach Johnson .....	143
Abb. 7	Punkt-Gleichgewicht im BALANCE-Schema nach Johnson.....	144
Abb. 8	Kompetenzen nach Seilnacht.....	374

## *Verzeichnis der Tabellen*

Tabelle 1:	subjektbezogene und subjektentbundene Sprachakte .....	10
Tabelle 2:	Fachsprache und Gemeinsprache .....	13
Tabelle 3:	Wissenschaftssprache nach Wilkinson.....	33
Tabelle 4:	Charakteristika einzelner Textteile nach Rolf Tatje .....	35
Tabelle 5:	Zweisprachigkeit der deutschen Chemiesprache.....	60
Tabelle 6:	Formel und Sprache 1 (Fischer 1, 76) .....	94
Tabelle 7:	Meeres- und Landmetapher ( Fromherz/King, 450/51) .....	101
Tabelle 8:	Vertikale Gliederung der Fachsprache nach Roelcke, 1999, S. 40. ....	114
Tabelle 8a:	Ergänzung zu Tabelle 8 Vertikale Gliederung der Fachsprache nach Roelcke, 1999, S. 40 .....	115
Tabelle 9:	S. Göpferichs Gliederung von Fachtextsorten (nach Roelke, 1999, 48; ergänzt durch Göpferich (1992)).....	117
Tabelle 10:	R. Gläser's Gliederung von Fachtextsorten nach Roelcke (1999, 46) .....	119
Tabelle 11:	Modellmatrix nach Keller (1977, 5).....	136
Tabelle 12:	Metaphertheorien nach Bhushan und Rosenfeld.....	137
Tabelle 13:	Wörtliches und metaphorisches Modell .....	138

Tabelle 14:	Fischer, Praktikum Vol. 1, KapiteleinleitungenI .....	82
Tabelle 15:	Fischer, 1994, Thema: WärmetönungI .....	86
Tabelle 16:	Verhalten von Dingen der Natur, Beispiel bei FischerI .....	89
Tabelle 17:	Chemische Grundbegriffe nach Vollmer (1980).....	202
Tabelle 18:	Definitionsarten nach Janich .....	208
Tabelle 19:	Stoffdefinition nach Soentgen.....	211
Tabelle 20:	Stoffmerkmale nach Vollmer (1980, 66/67) .....	213
Tabelle 21:	Elaboration von Begriffen.....	216
Tabelle 22:	Adjektivische Wortbildungsmuster .....	227
Tabelle 23:	Atommodell und sprachlicher Ausdruck nach Keller .....	236
Tabelle 24:	Verben des Verhaltens: englisch.....	254
Tabelle 25:	Verben des Verhaltens: deutsch .....	258
Tabelle 26:	Antonymienpaar Analyse - Synthese .....	275
Tabelle 27:	Redoxreaktion: Terminologie .....	279
Tabelle 28:	Elektronenbewegung.....	281
Tabelle 29:	Teilchen, Komponente, Spezies .....	283
Tabelle 30:	Einführung von Reaktionsgleichungen (Fischer, 1994, 20).....	289
Tabelle 31:	Formel und Sprache 2 (Fischer 1, 75) .....	294
Tabelle 32:	Formel und Sprache 3 (Fischer 1, 76) .....	294
Tabelle 33:	Formel und Sprache 4 (Fischer 1, 78) .....	295
Tabelle 34:	Formel und Sprache 5 (Fischer 1, 159).....	296
Tabelle 35:	Formel und Sprache 6 (Fischer 1, 159).....	297
Tabelle 36:	Formel und Sprache 7 (Fischer 1, 52) .....	299
Tabelle 37:	Formel und Sprache 8 (Fischer 1, 159).....	303
Tabelle 38:	Annotationen 1 (Nomina und Verben).....	316
Tabelle 39:	Annotationen 2 (Verbform).....	318
Tabelle 40:	Annotationen 3 (Verben).....	329
Tabelle 41:	Annotationen 4 (Nomina).....	330
Tabelle 42:	Annotationen 5 (andere Wortarten).....	331
Tabelle 43:	Annotationen 6 (Funktionsverbgefüge) .....	338
Tabelle 44:	Verb im Zusammenhang mit Flüssigkeiten .....	346

Tabelle 45:	(wie Tabelle 31, Formel und Sprache, Fischer 1, 75) .....	381
Tabelle 46:	Molekülmodell nach Eberhart .....	391
Tabelle 47:	Eigenschaften von Materialien und Atomen nach Eberhart.....	392
Tabelle 48:	Verhalten chemischer Einheiten nach Eberhart .....	392
Tabelle 49:	Dialogisierung von Fachtexten.....	405

# Anhang 1

Module: *German for Science and Technology (Dublin City University)* A1: 1-14

# MODULE SPECIFICATION

DUBLIN CITY UNIVERSITY

<b>Module Title:</b> French/ German/ Spanish for Science and Technology 1	
<b>Module Code:</b> GE119	
<b>School:</b> School of Applied Language and Intercultural Studies	
<b>Module Co-ordinator:</b> Heinz Lechleiter	<b>Office Number:</b> C1 119
<b>Level:</b> 1	<b>Credit Rating:</b> 5
<b>Pre-requisite(s):</b> Leaving Certificate or equivalent (German)	
<b>Co-requisite(s):</b>	
<p><b>Module Aims:</b>            This module introduces to students to the language for the specific purposes of science and technology. It aims, firstly, at developing</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• an ability to recognise and appreciate the difference between general language and LSP in the field of specialism</li> <li>• an ability to recognise, and appreciate LSP-typical features on lexical, syntactical, pragmatic levels</li> <li>• a cultural awareness in terms of national <i>and</i> academic cultures (science vs. humanities)</li> </ul> <p>Secondly, it aims at laying the foundation and developing</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• scientific (vs. common sense) reasoning and logic</li> <li>• personal learning skills and strategies</li> <li>• use of different media for course related tasks (ranging from dictionaries to ICT)</li> </ul>	
<p><b>Learning Outcomes:</b>            At the end of the semester, students will be expected to demonstrate their ability to identify, understand and use basic LSP-structure and vocabulary, in particular</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• produce a simple glossary of core terms</li> <li>• understand and respond to simple instructions (e.g. safety regulations, manuals, handbooks)</li> <li>• describe subject-related objects and processes</li> </ul> <p>Furthermore, students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• use different media for LSP-related activities</li> <li>• use co-text and context</li> <li>• make meaningful contributions to group and class work</li> </ul>	
<b>Indicative Time Allowances (hours):</b>	
Lectures/ Laboratories:	12 x 2 = 24
Tutorials:	
Independent Learning Time:	51
TOTAL:	75

**Indicative Syllabus:**

Teaching methods and syllabus are based on the introduction of students to principles of autonomous and self-directed learning and LSP methodologies. This module will contain an introduction to

- specialist situations (e.g. laboratories, handling of equipment or computers)
- core subject-related vocabulary (e.g. terminology, nomenclature)
- cognitive strategies (e.g. intelligent guessing)
- metacognitive strategies (e.g. goal setting, self-evaluation)
- independent work (group and individual)
- exercises in task setting and fulfilling
- proper use of learning aids (e.g. dictionaries, electronic media, library)

**Assessment:**

Continuous Assessment :	100%
of which	
Written Production	60%
Oral Presentation in class	40%

**Indicative Reading List:**

A wide range of resources will be used, including manuals, handbooks, dictionaries. Also electronic texts retrieved from the Internet, databases, CD-ROMs etc.

Interaction with native speakers will be encouraged and promoted.

**Programme or List of Programmes:**

BME, CA, CG, CL, ES, PG

Programme Reference Number
----------------------------

**Date of Last Revision:** 07 October 2002



## MODULE SPECIFICATION

### DUBLIN CITY UNIVERSITY

<b>Module Title: French/ German/ Spanish for Science and Technology 2</b>	
<b>Module Code: GE129</b>	
<b>School: SALIS</b>	
<b>Module Coordinator: Heinz Lechleiter</b>	<b>Office Number: C1 119</b>
<b>Level: 1</b>	<b>Credit Rating: 5</b>
<b>Pre-requisite(s):</b> Leaving Certificate or equivalent (German)	
<b>Co-requisite(s):</b>	
<p><b>Module Aims:</b></p> <p>This module introduces students to and expands on the language for the specific purposes of science and technology. It aims, firstly, at developing the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● competency in expressing, orally and in writing, basic concepts and principles relevant to students' specialism (e.g. physics, chemistry, electronics, computing, linguistics, etc.);</li> <li>● awareness of differences in cultural representations of same between Ireland and target culture;</li> <li>● awareness of impact of science, engineering and computing on everyday life in both countries;</li> </ul> <p>Secondly, it aims at consolidating and enhancing the skills previously acquired. More specifically it aims at further developing:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● strategies for successful collaborative learning;</li> <li>● metacognitive learning strategies;</li> <li>● basic IT skills (e.g. information retrieval, use of electronic dictionaries and corpora, word processing for language learning, web publishing, Computer Mediated Communication, etc.);</li> <li>● skills for successful team work, initiative;</li> <li>● creativity.</li> </ul>	
<p><b>Learning Outcomes:</b></p> <p>At the end of the semester, students will be expected to demonstrate a marked improvement in their ability to communicate in the target language, in particular to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● reflect, through the medium of the target language, on their learning experience and outcomes, in terms of language competency and skills, LSP and cultural awareness;</li> <li>● contribute effectively and constructively to group learning activities;</li> </ul> <p>Furthermore, students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● use generic IT applications for language learning (e.g. effective use of spell and grammar checker, Tandem E-mail or computer conferencing, basic HTML, etc.).</li> </ul>	
<b>Indicative Time Allowances (hours):</b>	
Lectures/ Laboratories:	2 x 12
Tutorials:	
Independent Learning Time:	51
<b>TOTAL: 75</b>	

**Indicative Syllabus:**

The teaching methods and the prescribed syllabus follow principles of learner-centred approaches, learner autonomy and LSP methodologies.

The syllabus will be organised around subject-related topics and will take the form of a group project. It will be carried out by small teams and through the medium of the target language.

Within each team, students will be required to take on specific roles (e.g. project manager, secretary, technician, etc.). The task given to each team will be broken into sub-tasks designed to help students in the following areas:

- a) setting of goals
- b) decision-making and problem-solving
- c) critical information retrieval
- d) recording work in progress
- e) producing and revising written documents
- f) presentation skills
- g) self- and peer- evaluation of objectives, methods and results

**Assessment:**

Continuous Assessment	100 %
of which	
Written Production	50 %
Oral Presentation in class	50 %

**Indicative Reading List:**

A wide range of authentic resources will be used, including electronic texts retrieved from the Internet, databases, CD-ROMs, etc.

As far as possible, students will be encouraged to seek information from native speakers.

**Programme or List of Programmes:**

BME, CA, CG, CL, ES, PG

Programme Reference Number
----------------------------

**Date of Last Revision:** 04 November 2002

## MODULE SPECIFICATION

### DUBLIN CITY UNIVERSITY

<b>Module Title:</b> French/ German/ Spanish for Science and Technology 3	
<b>Module Code:</b> GE239	
<b>School:</b> School of Applied Language and Intercultural Studies	
<b>Module Co-ordinator:</b> Heinz Lechleiter	<b>Office Number:</b> C1 119
<b>Level:</b> 2	<b>Credit Rating:</b> 5
<b>Pre-requisite(s):</b> GE129 or equivalent	
<b>Co-requisite(s):</b>	
<p><b>Module Aims:</b>  This module introduces students to the relationships between language and specialised knowledge. It aims, firstly, at developing</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• an ability to appreciate interrelatedness of language and other modes of communication (e.g. mathematics, chemical formulae and symbols, graphics, icons, etc.)</li> <li>• an ability to appreciate form and functions of different subject-typical text types</li> <li>• a cultural awareness in terms of administrative and academic environment in target language countries</li> </ul> <p>Secondly, it aims at developing the ability to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• communicate in social, academic and professional environment in target language countries</li> <li>• put to good use personal learning skills and strategies, as well as self-appraisal skills</li> <li>• use different media for course related tasks (ranging from dictionaries to ICT)</li> </ul>	
<p><b>Learning Outcomes:</b>  At the end of the semester, students will be expected to demonstrate their ability to understand (written and audio-visual) subject related material and to produce subject related texts in writing and/or orally. In particular, students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• produce a glossary of specialised terms</li> <li>• produce a mini-corpus of parallel or comparable texts</li> <li>• analyse and use (in reception and production) underlying dialogue structure in specialised texts</li> </ul> <p>Furthermore, students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• critically appraise own strengths and weaknesses</li> <li>• use co-text, context and pragmatics in text comprehension</li> <li>• express own positions, needs etc. through the medium of the target language</li> <li>• interpret others' positions, needs etc. expressed through the target language</li> </ul>	
<b>Indicative Time Allowances (hours):</b>	
Lectures/ Laboratories :	12 x 2 = 24
Tutorials:	
Independent Learning Time:	51
<b>TOTAL:</b>	<b>75</b>

### **Indicative Syllabus:**

Teaching methods and syllabus are based on the introduction of students to principles of autonomous and self-directed learning and LSP methodologies. This module will contain

- analysis of LSP in various media and forms of presentation (oral: lectures; audio-visual: TV, video; ICT: Internet, CD-ROMs)
- preparation of synopsis of relatively confined topic (incl. glossary)
- introduction to "Intellectual styles" in home and target academic community
- independent work (group and individual)
- exercises in task setting and fulfilling
- development of self- and peer-evaluation

---

### **Assessment:**

Continuous Assessment :	100%
of which	
Written Production	60%
Oral/Aural	40%

---

### **Indicative Reading List:**

A wide range of resources will be used, including TV-programmes, subject related videos. Also electronic texts retrieved from the Internet, databases, CD-ROMs etc.

Interaction with native speakers and Irish students returned from abroad will be encouraged and promoted.

<b>Programme or List of Programmes:</b>
---

BME, CAIS, CASE, CG, CL, ES, PG
---------------------------------

Programme Reference Number
----------------------------

**Date of Last Revision:** 07 October 2002

## MODULE SPECIFICATION

### DUBLIN CITY UNIVERSITY

<b>Module Title: French/ German/ Spanish for Science and Technology 4</b>	
<b>Module Code: GE249</b>	
<b>School: SALIS</b>	
<b>Module Coordinator: Heinz Lechleiter</b>	<b>Office Number: C1 119</b>
<b>Level: 2</b>	<b>Credit Rating: 5</b>
<b>Pre-requisite(s): GE129 or equivalent</b>	
<b>Co-requisite(s):</b>	
<p><b>Module Aims:</b></p> <p>This module introduces students to intercultural awareness and skills. It aims, firstly, at enabling them to rapidly integrate a multicultural social or academic environment in the target country or in Ireland. In particular to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● position themselves in relation to the target society operations and values (socially or academically),</li> <li>● seek information from and to deal appropriately with various administrative agencies in the target country,</li> </ul> <p>Secondly, it aims at consolidating and enhancing the skills previously acquired. More specifically it aims at further developing the ability to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● communicate orally and in writing with native speakers of the target language,</li> <li>● reflect on own experience and cultural background;</li> <li>● critically analyse documents and "conversations" in the target language;</li> <li>● use ICTs for language learning, information retrieval and communication;</li> <li>● learn with others.</li> </ul>	
<p><b>Learning Outcomes:</b></p> <p>At the end of the semester, students will be expected to demonstrate their ability:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● to initiate and to respond to requests in a variety of contexts,</li> <li>● to express themselves in a manner appropriate to the situation in which they find themselves,</li> </ul> <p>Furthermore, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● reflect on and to self-appraise, through the medium of the target language, their learning experience and outcomes in terms of intercultural knowledge and skills,</li> <li>● use IT applications for language learning, communication, information retrieval and production.</li> </ul>	
<p><b>Indicative Time Allowances (hours):</b></p> <p style="text-align: right;">Lectures/ Laboratories: 2 x 12</p> <p style="text-align: right;">Tutorials:</p> <p style="text-align: right;">Independent Learning Time: 51</p> <p style="text-align: right;"><b>TOTAL: 75</b></p>	

**Indicative Syllabus:**

Teaching methods and syllabus are based on the introduction of students to principles of autonomous and self-directed learning and LSP methodologies.

The syllabus is organised around the following topics:

- **Language competence:** reading and listening to a variety of text types (social, administrative, and/or professional); responding to and initiating, orally and in writing, a variety of requests in social, administrative and/or professional domains
- **Intercultural awareness:** identifying, understanding and critically appraise societal representations of subject matter in own and target country (e.g. educational system and combination of disciplines, status and roles of scientists, engineers and technologists in home and target culture, etc.);
- **Intercultural skills:** interpreting and using appropriately non verbal communication (e.g. gestures, time and space), making friends, avoiding or resolving conflicts, dealing with foreign administration, etc.

**Assessment:**

Continuous assessment	100 %
of which	
Individual portfolio	50 %
Aural/ Oral in class	50 %

**Indicative Reading List:**

A wide range of authentic resources will be used, including electronic texts retrieved from the Internet, databases, CD-ROMs, etc.

As far as possible, students will be encouraged to seek information from native speakers and from Irish students currently studying or working abroad.

**Programme or List of Programmes:**

BME, CASE, CAIS CG, CL, ES, PG

Programme Reference Number
----------------------------

**Date of Last Revision:** 07 October 2002

# MODULE SPECIFICATION

DUBLIN CITY UNIVERSITY

<b>Module Title: French/ German/ Spanish for Science and Technology 5</b>	
<b>Module Code: GE359</b>	
<b>School: School of Applied Language and Intercultural Studies</b>	
<b>Module Co-ordinator: Heinz Lechleiter</b>	<b>Office Number: C1 119</b>
<b>Level: 3</b>	<b>Credit Rating: 5</b>
<b>Pre-requisite(s):</b> GE249 or equivalent	
<b>Co-requisite(s):</b>	
<p><b>Module Aims:</b>          This module introduces students to professional skills in an intercultural environment. It aims, firstly, at the</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• appreciation of interconnectedness between content, aim, target audience and language</li> <li>• familiarity with and use of professional forms of discourse</li> <li>• ability to relate to members of target language scientific community in social, academic and professional environment</li> <li>• ability to recognise, critically appraise and participate in ongoing subject related debates</li> </ul> <p>Secondly, it aims at developing the ability to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• promote oneself on a social and professional level</li> <li>• use different media for course related tasks (ranging from dictionaries to ICT)</li> </ul>	
<p><b>Learning Outcomes:</b>          At the end of the semester, students will be expected to demonstrate their ability to produce texts for their own professional development (in writing and/or orally), and their ability to integrate into a multicultural environment. In particular, students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understand industry and professional environment in target language countries</li> <li>• complete tailor-made job application (e.g. CV, letter of application, portfolio etc.)</li> <li>• access and evaluate target language specific scientific/technical PR-materials</li> </ul> <p>Furthermore, students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• critically evaluate own strengths and weaknesses</li> <li>• read between the lines</li> </ul>	
<b>Indicative Time Allowances (hours):</b>	
Lectures/ Laboratory:	12 x 2 = 24
Independent Learning Time:	51
<b>TOTAL:</b>	<b>75</b>

**Indicative Syllabus:**

This module will contain

- comparison of rituals and rites of passage in scientific and technological communities
- history, sociology of subject specific industries
- discussion of topical themes in science/technology
- anecdotes, jokes
- etc.

---

**Assessment:**

Continuous Assessment :	100%
of which	
Written Production	50%
Oral in class	50%

---

**Indicative Reading List:**

A wide range of resources will be used, including TV-programmes, subject related videos. Also electronic texts retrieved from the Internet, databases, CD-ROMs etc.

Interaction with native speakers and Irish students returned from abroad will be encouraged and promoted.

**Programme or List of Programmes:**

BME, CG, CL, ES, PG

Programme Reference Number

**Date of Last Revision:** 07 October 2002



# MODULE SPECIFICATION

DUBLIN CITY UNIVERSITY

<b>Module Title:</b> French/ German/ Spanish LSP for Science and Technology 7a	
<b>Module Code:</b> GE479	
<b>School:</b> School of Applied Language and Intercultural Studies	
<b>Module Co-ordinator:</b> Heinz Lechleiter	<b>Office Number:</b> C1 119
<b>Level:</b> 4/5	<b>Credit Rating:</b> 5
<b>Pre-requisite(s):</b> GE359 or a semester in a German speaking university or Fachhochschule	
<b>Co-requisite(s):</b>	
<b>Module Aims:</b> This module introduces students to advanced features of professional communication in their area of specialism. It aims, firstly, at developing the ability of students to <ul style="list-style-type: none"><li>• communicate professionally in writing and speaking within a multi-cultural environment</li><li>• communicate successfully in various situations (i.e. within peer group, across subject field, across specialist – non-specialist divide)</li><li>• "translate" from one environment to the other</li></ul> Furthermore, students will develop the ability to <ul style="list-style-type: none"><li>• plan, conduct and present in a professional project</li><li>• maintain, practise and enhance cultural mediation skills, abilities and techniques</li></ul>	
<b>Learning Outcomes:</b> At the end of the semester, students will be expected to demonstrate their ability to <ul style="list-style-type: none"><li>• find and use subject related information for a variety of professional purposes</li><li>• recognise and solve problems in transition between native and target language (LSP)</li><li>• recognise and use rhetorical and stylistic devices of target language LSP</li><li>• author a text on a subject specific topic (in at least one characteristic medium)</li></ul> Furthermore, students will be able to <ul style="list-style-type: none"><li>• position target language authors in wider context</li><li>• place own (group and individual) work in wider context</li><li>• clarify implicit knowledge and positions (e.g. underlying theories, models, definitions)</li></ul>	
<b>Indicative Time Allowances (hours):</b>	
Lectures/ Laboratories:	12 x 2 = 24
Independent Learning Time:	51
<b>TOTAL:</b>	<b>75</b>

**Indicative Syllabus:**

This module will contain

- study of a variety of subject related texts
- study of relevant background features (e.g. history, culture, literature, art, society)
- comparative studies of L1 and target language and culture
- preparation of a sophisticated project

**Assessment:**

Continuous Assessment :	100%
of which	
Written Production	75%
Oral presentation in class	25%

**Indicative Reading List:**

A wide range of resources will be used, including newspapers, journals, magazines, literary texts. Also electronic texts retrieved from the Internet, databases, CD-ROMs etc. Interaction with native speakers will be encouraged and promoted.

**Programme or List of Programmes:**

CG, CL, ES, PG

Programme Reference Number
----------------------------

**Date of Last Revision:** 07 October 2002

# MODULE SPECIFICATION

DUBLIN CITY UNIVERSITY

<b>Module Title: French/ German/ Spanish for Science and Technology 8a</b>	
<b>Module Code: GE489</b>	
<b>School: SALIS</b>	
<b>Module Coordinator: Heinz Lechleiter</b>	<b>Office Number: C1 119</b>
<b>Level: 4</b>	<b>Credit Rating: 5</b>
<b>Pre-requisite(s):</b> GE359 or a semester in a German speaking university or Fachhochschule	
<b>Co-requisite(s):</b>	
<b>Module Aims:</b> This module introduces students to and expands on advanced features of professional communication in their area of specialism. It aims, firstly, at developing the ability of students to: <ul style="list-style-type: none"><li>• express themselves accurately and fluently in the context of professional and technical writing and publishing.</li></ul> Secondly, it aims at preparing them for their future career by enabling them to develop or consolidate: <ul style="list-style-type: none"><li>• large group work skills;</li><li>• leadership attributes;</li><li>• lifelong learning skills.</li></ul>	
<b>Learning Outcomes:</b> At the end of the semester, students will be expected to demonstrate their ability to: <ul style="list-style-type: none"><li>• present, orally and in writing, high quality domain specific texts;</li><li>• target oral and written productions to a specific audience;</li><li>• use a large domain specific vocabulary;</li><li>• understand and apply technical texts structures;</li></ul> Furthermore, students will be able to <ul style="list-style-type: none"><li>• contribute to and manage complex projects;</li><li>• take full responsibility for the successful completion of a complex task;</li><li>• identify their own strengths and weaknesses.</li></ul>	
<b>Indicative Time Allowances (hours):</b>	
Lectures/ Laboratories: 12 x 2	
Independent Learning Time: 51	
<b>TOTAL: 75</b>	

**Indicative Syllabus:**

Students will engage in a complex project in a domain closely related to their specialism and requiring a number of small teams to cooperate. Assisted by their teacher and peers, they will be producing and revising high quality texts. They will also prepare professional presentations of their work (e.g. delivery of conference papers, Show and Tell demonstrations, poster exhibitions, etc.)

**Assessment:**

Continuous assessment	100 %
of which	
Written production	50 %
Oral presentation	50 %

**Indicative Reading List:**

A wide range of authentic resources will be used, including electronic texts retrieved from the Internet, databases, CD-ROMs, etc, relevant to the project undertaken

**Programme or List of Programmes:**

CG, CL, ES, PG

Programme Reference Number
----------------------------

**Date of Last Revision:** 04 November 20022

## Anhang 2

**Skript: Praktikum Quantitative Instrumentelle Analytik.  
Grundlagen und Versuchsinhalte. 5. Semester Diplomstudiengang  
Chemie/Umweltchemie**

Detailliertes Inhaltsverzeichnis\*

A2a: 1-4

Originalskript

A2b: 1-64

---

\* Das detaillierte Inhaltsverzeichnis wurde von mir zusammengestellt. Es bildet *nicht* Teil des Originalskripts. H.L.

## **Inhalt\***

1. Praktikumsordnung	<n.a.>
2. Betriebsanweisung	<n.a.>
3. Alarmplan	<n.a.>
4. Qualitative und quantitative Elementanalytik (Einführung)	16
4.1. Atomemissionsspektrographie mit Bogenanregung	18
4.1.1. Einführung	
4.1.2. Theoretische Grundlagen	
4.1.2.1. Charakterisierung einer Spektrallinie - Grundlage für die qualitative Analyse	19
4.1.2.2. Anregung, Emission und Absorption	19
4.1.2.3. Intensität der Lichtemission	21
4.1.2.4. Intensität der Lichtabsorption	22
4.1.2.5. Störungen der quantitativen atomspektroskopischen Analytik	23
4.1.3. Apparative Grundlagen	24
4.1.3.1. Atomemissionsspektroskopie mit Bogenanregung	24
4.1.3.1.1. Allgemeines	24
4.1.3.1.2. Charakterisierung der Bogenentladung	25
4.1.3.1.3. Vorteile und Nachteile	25
4.2. Atomemissionsspektrometrie mit dem induktiv gekoppelten Plasma	26
4.2.1. Einführung	26
4.2.2. Theoretische Grundlagen	26
4.2.3. Apparative Grundlagen	27
4.2.3.1. Allgemeines	27
4.2.3.2. Einlasssystem (Zerstäuber)	27
4.2.3.3. Anregung (Brenner/ Torch)	27
4.2.3.4. Spektrometer mit Lichtleiteroptik	28
4.2.4. Auswertung und Fehlerbetrachtung	29
4.2.5. Versuchsbeschreibung	30
4.3. Atomabsorptionsspektrometrie in Flammen	31
4.3.1. Einführung	31

4.3.2. Theoretische Grundlagen (vgl. S. 19ff.)	32
4.3.2.1. Charakterisierung einer Spektrallinie - Grundlage für die qualitative Analyse	32
4.3.2.2. Anregung, Emission und Absorption	33
4.3.2.3. Intensität der Lichtabsorption	34
4.3.3. Apparative Grundlagen	36
4.3.3.1. Atomabsorption mit Atomerzeugung in chemischen Flammen	36
4.3.3.1.1. Allgemeines	36
4.3.3.1.2. Prinzip der Methode	36
4.3.3.1.3. Spektrale Lichtquellen	36
4.3.3.1.4. Absorptionsplasma	37
4.3.3.1.5. Vorteile und Nachteile der Flammen AAS	37
4.3.4. Versuchsbeschreibung	37
4.3.4.1. Aufgabe	37
4.3.4.2. Geräte	37
4.3.4.3. Durchführung	37
4. 4. Atomabsorptionsspektrometrie mit elektrothermischer Atomisierung	40
4.4.1. Einführung	40
4.4.2. Theoretische Grundlagen	40
4.4.3. Apparative Grundlagen	41
4.4.3.1. Allgemeines	41
4.4.3.2. Elektrothermischer Atomisator	41
4.4.3.3. Untergrundkompensation	42
4.4.3.4. Vorteile und Nachteile	42
4.4.4. Versuchsbeschreibung	42
4. 5. Atomabsorptionsspektrometrie - Hydridtechnik	43
4.5.1. Theoretische Grundlagen	43
4.5.2. Apparativer Aufbau	43
4.5.3. Probenvorbereitung	44
4.5.4. Meßbedingungen und Geräteparameter	44
4.5.5. Durchführung der Messungen	45

5. 1. Röntgenfluoreszenzanalyse	46
5.1.1. Einleitung	46
5.1.2. Theoretische Grundlagen	46
5.1.2.1. Röntgenstrahlen und RFA	46
5.1.2.2. Qualitative Analysen mit RFA	48
5.1.2.3. Quantitative Aussagen	48
5.1.3. Apparative Grundlagen	48
5.1.3.1. Charakterisierung der Geräte	48
5.1.3.2. Aufbau des Gerätes VRA-20	49
5.1.4. Versuchsbeschreibung	51
5.1.4.1. Ablauf des Versuchs	51
5.1.4.2. Auswertung der Messdaten	51
5.1.4.2.1. Reproduzierbarkeit der Intensitätsmessungen	51
5.1.4.2.2. Zusammenhang zwischen Intensität der charakteristischen Röntgenstrahlung und Konzentration der entsprechenden Elemente	51
5.1.4.2.3. Auswahl einiger Auswertemethoden	52
5.1.4.3. Analyse eines Zweikomponentengemisches	53
5.1.4.4. Analyse eines Mehrkomponentensystems	53
5.1.5. Literatur	54
5. 2. Differentielle Puls-Polarographie	55
5.2.1. Aufgabenstellung	55
5.2.2. Vorbemerkungen	55
5.2.3. Theoretische Grundlagen	55
5.2.3.1. Pulstechniken in der Polarographie	55
5.2.3.2. Elektrochemisches Verhalten der zu untersuchenden Vitamine	57
5.2.4. Experimentelle Durchführung	58
5.2.4.1. Herstellung der Lösungen	58
5.2.4.2. Polarographische Bestimmung	58
5.2.5. Auswertung	59
5.3. Amperometrische Enzymelektrode	60



5.3.1. Einführung	60
5.3.2. Theoretische Grundlagen	61
5.3.3. Apparative Grundlagen	62
5.3.4. Aufgabenstellung und Versuchsdurchführung	64

Student name  
pl. no. 110.  
2045756

**PRAKTIKUM**  
**“QUANTITATIVE INSTRUMENTELLE**  
**ANALYTIK”**  
**Grundlagen und Versuchsinhalte**

5. Semester Diplomstudiengang Chemie/Umweltchemie

**Inhalt**

- Arbeitsschutz (Praktikumsordnung, Betriebsanweisung, Alarmplan)
- Qualitative und quantitative Elementanalytik (Einführung)
- Atomspektroskopie
  - Atomemissionsspektrographie mit Bogenanregung
  - Atomemissionsspektrometrie mit dem induktiv gekoppelten Plasma (ICP-OES)
  - Atomabsorptionsspektrometrie in Flammen (FAAS)
  - Atomabsorptionsspektrometrie mit elektrothermischer Atomisierung (ETA-AAS)
  - Atomabsorptionsspektrometrie - Hydridtechnik (H-AAS)
- Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)
- Differentielle Puls-Polarographie (DPP)
- Amperometrische Enzymelektrode (EEL)

## Praktikumsordnung

### Allgemeine Grundsätze

1. Jeder Aufenthalt und jede Tätigkeit in den Praktikumsräumen kann nur unter strikter Einhaltung der "Hausordnung", der "Richtlinien für Laboratorien" und der "Gefahrstoffverordnung" in Form der TRGS 451 - Umgang mit Gefahrstoffen im Hochschulbereich - erfolgen.  
Aus der Gefahrstoffverordnung leitet sich auch die "Allgemeine Laborordnung" ab. Die "Allgemeine Laborordnung" und die "Hausordnung" sind Bestandteil der Praktikums-Kladde.
2. Vor Beginn des Praktikums muß eine Belehrung über diese Bestimmungen nachweispflichtig erfolgen.
3. Um Unfälle und gesundheitliche Schäden zu vermeiden, hat sich jeder Student vor Versuchsbeginn mit der Bedienungsweise der Geräte und der dazu nötigen Hilfsmittel vertraut zu machen.  
Ferner wird jeder über evtl. Giftigkeit, leichte Entzündbarkeit und Explosivität der einzusetzenden und anfallenden Chemikalien informiert.
4. Vor Praktikumsbeginn hat sich jeder Student über den Standort der Feuerlöscher, des Erste-Hilfe-Schranks und der Absperrorgane für die Medien im Praktikums-Raum zu informieren.
5. Grundsätzlich ist eine Schutzbrille mit Seitenschutz zu tragen, nötigenfalls Gummihandschuhe. Beim Umgang mit Stoffen, deren Handhabung nicht als gefahrlos erwiesen ist, sind entsprechende Schutzmaßnahmen zu treffen. Mit giftigen und übelriechenden Stoffen muß im Abzug gearbeitet werden. Die Lagerung, Handhabung und Vernichtung muß mit größter Sorgfalt erfolgen (siehe Richtlinien für Laboratorien).
6. Ordnung und Sauberkeit am Arbeitsplatz sowie gegenseitige Rücksichtnahme sind Grundbedingungen für die Arbeit in chemischen Laboratorien.
7. Rauchen, Essen und Trinken ist in den Praktikumsräumen grundsätzlich verboten. Die Möglichkeit des Rauchens besteht im Treppenhaus vor dem Lastenaufzug und in der Cafeteria. Lebensmittel, Getränke und Tabakerzeugnisse dürfen nur so aufbewahrt werden, daß sie mit Gefahrstoffen nicht in Berührung kommen.
8. Die Garderobe ist außerhalb der Praktikumsräume aufzubewahren.

9. Unbefugten Personen ist der Aufenthalt in den Praktikumsräumen untersagt.
10. Den Anweisungen des diensttuenden Assistenten ist unbedingt Folge zu leisten.

### **Arbeitszeit**

1. Das Praktikum findet nach Praktikumsplan bzw. nach Vereinbarung mit dem Versuchsbetreuer statt, und ist an Arbeitstagen in der Zeit von 08.00 - 18.00 Uhr möglich.
2. Das Arbeiten im Praktikumsraum ist nur gestattet, wenn mindestens zwei Personen anwesend sind. Außerdem wird ein für die Studenten jederzeit erreichbarer, diensttuender Assistent benannt.

### **Arbeitsplätze**

1. Die Arbeiten sind erst dann aufzunehmen, wenn der betreuende Assistent eine Einweisung in den durchzuführenden Versuch und, u. U., eine spezielle Arbeitsschutzbelehrung durchgeführt hat.
2. Alle für Chemikalien zugelassenen Gefäße, auch kurzfristig benutzte, sind zu beschriften (Etikett mit der Stoffbezeichnung nach der IUPAC-Nomenklatur und/oder dem Trivialnamen, dem Gefahrensymbol und der Gefahrenbezeichnung).
3. In Betrieb befindliche Apparaturen und Geräte unterliegen der ständigen Aufsichtspflicht.
4. Unbrauchbare Chemikalien sind unter Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen sofort zu vernichten (vgl. die Entsorgungsratschläge in den Katalogen der Firmen Merck und Roth).
5. Giftige und sehr giftige Stoffe sind entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen unter Verschuß - übelriechende Substanzen sind gut verschlossen unter dem Abzug aufzubewahren.
6. Brennbare Flüssigkeiten der Gefahrenklasse A I und der Gefahrenklasse B nach der Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF) dürfen an Arbeitsplätzen für den Handgebrauch nur in Gefäßen von höchstens 1 Liter Fassungsvermögen aufbewahrt werden. Die Anzahl der Gefäße ist auf das unbedingt nötige Maß zu beschränken.
7. Altlösungsmittel sind nach halogenhaltig und halogenfrei in den dafür vorgesehenen Entsorgungseinheiten zu sammeln.

8. Das Entsorgen von Lösungsmitteln und ähnlichen Substanzen über das Abwassernetz ist untersagt.

### **Unfälle, Brände, Schäden**

Der zuständige bzw. diensttuende Assistent ist sofort zu unterrichten über

- a) Unfälle jeglicher Art im gesamten Laboratoriumsbereich
- b) Explosionen und Brände
- c) die Benutzung von Feuerlöschern
- d) den Gebrauch der Notbrause
- e) defekte Einrichtungen oder Geräte, z. B. Gas- und Wassernetz und elektrische Einrichtungen

### **Reinigung**

1. Eine über das Normale hinausgehende Verschmutzung des Saales ist durch den Verursacher zu beseitigen. Chemikalienreste werden vom Verursacher grundsätzlich sofort beseitigt. Papierkörbe sind täglich zu entleeren.
2. Für die Säuberung der Arbeitsplätze ist der jeweilige Nutzer verantwortlich (das trifft auch auf die zeitweilige Nutzung anderer Arbeitsplätze, z. B. Abzüge, zu). Mit Beendigung von Versuchen sind alle benutzten Geräte und Einrichtungen gründlich zu reinigen. Nicht benutzte Chemikalien sind zurückzugeben.

Prof. Dr. W. Engewald  
Institutsdirektor

**Universität Leipzig • Fakultät für Chemie und Mineralogie**

Betriebsanweisung gem. § 20 GeStoffV.

**Arbeitsbereich: Laborsäle**

Gültig im Zusammenhang mit der Laborrichtlinie vom Oktober 1993

Stand: Mai 1996

1. Tätigkeit/Arbeitsbereich:

Diese Betriebsanweisung ist für Arbeitnehmer gültig, die in **Laborsälen** chemisch arbeiten. Die für die Tätigkeit erforderliche sicherheitstechnische Sachkunde wird durch die jährlichen Unterweisungen (erneute Unterweisung bei Instituts- bzw. Arbeitsgebietwechsel), die stoffbezogenen Betriebsanweisungen (Anforderungen beim Sicherheitsbeauftragten bzw. TA- Computerpool) und durch die Sicherheitsdatenblätter (Chemikalienausgabe) garantiert.

2. Gefahrstoffbezeichnung:

Im Rahmen der Ausbildung und Forschung kommen eine Vielzahl von Gefahrstoffen vor. Die folgenden Gefahrensymbole/-bezeichnungen können sich auf den Gebinden befinden und lassen die Gefährdung, die von den Chemikalien ausgeht, erkennen:



sehr giftig T+  
giftig T



gesundheitsschädlich X<sub>n</sub>  
reizend X<sub>i</sub>



ätzend C



hochentzündlich F+  
leichtentzündlich F



brandfördernd O



explosionsgefährlich E



umweltgefährdend N

Folgende Hinweise auf besondere Gefahren (R-Sätze) und Sicherheitsratschläge (S-Sätze) sind unbedingt zu beachten:

### R-Sätze

- 1 In trockenem Zustand explosionsgefährlich.
- 2 Durch Schlag, Reibung, Feuer oder andere Zündquellen explosionsgefährlich.
- 3 Durch Schlag, Reibung, Feuer oder andere Zündquellen besonders feuergefährlich.
- 4 Bildet hochempfindliche explosionsgefährliche Metallverbindungen.
- 5 Beim Erwärmen explosionsgefährlich.
- 6 Mit und ohne Luft explosionsfähig.
- 7 Kann Brand verursachen.
- 8 Feuergefahr bei Berührung mit brennbaren Stoffen.
- 9 Feuergefahr bei Mischung mit brennbaren Stoffen.
- 10 Entzündlich.
- 11 Leichtentzündlich.
- 12 Hochentzündlich.
- 13 Hochentzündliches Flüssiggas.
- 14 Reagiert heftig mit Wasser.
- 15 Reagiert mit Wasser unter Bildung leicht entzündlicher Gase.
- 15 | Reagiert mit Säure unter Bildung leicht entzündlicher Gase.
- 16 Explosionsgefährlich in Mischung mit brandfördernden Stoffen.
- 17 Selbstentzündlich an der Luft.
- 18 Bei Gebrauch Bildung explosiver/leichtentzündlicher Dampf-Luftgemische möglich.
- 19 Kann explosionsfähige Peroxide bilden.
- 20 Gesundheitsschädlich beim Einatmen.
- 21 Gesundheitsschädlich bei Berührung mit der Haut.
- 22 Gesundheitsschädlich beim Verschlucken.
- 23 Giftig beim Einatmen.
- 24 Giftig bei Berührung mit der Haut.
- 25 Giftig beim Verschlucken.
- 26 Sehr giftig beim Einatmen.
- 27 Sehr giftig bei Berührung mit der Haut.
- 28 Sehr giftig beim Verschlucken.
- 29 Entwickelt bei Berührung mit Säuren giftige Gase.

- 14/15 Reagiert heftig mit Wasser unter Bildung leicht entzündlicher Gase.
- 30 Kann bei Gebrauch leicht entzündlich werden.
- 31 Entwickelt bei Berührung mit Säure giftige Gase.
- 31.1 Entwickelt bei Berührung mit Alkalien giftige Gase.
- 32 Entwickelt bei Berührung mit Säuren sehr giftige Gase.
- 33 Gefahr kumulativer Wirkungen.
- 34 Verursacht Verätzungen.
- 35 Verursacht schwere Verätzungen.
- 36 Reizt die Augen.
- 37 Reizt die Atmungsorgane.
- 38 Reizt die Haut.
- 39 Ernste Gefahr irreversiblen Schadens.
- 40 Irreversibler Schaden möglich.
- 41 Gefahr ernster Augenschäden.
- 42 Sensibilisierung durch Einatmen möglich.
- 43 Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich.
- 44 Explosionsgefahr bei Erhitzen unter Einschluss.
- 45 Kann Krebs erzeugen.
- 45.1 Kann Krebs erzeugen (Gefahrstoffverordnung, Gruppe I).
- 45.2 Kann Krebs erzeugen (Gefahrstoffverordnung, Gruppe II).
- 45.3 Kann Krebs erzeugen (Gefahrstoffverordnung, Gruppe III).
- 46 Kann vererbare Schäden verursachen.
- 47 Kann Mißbildungen verursachen.
- 48 Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition.
- 14/15 Reagiert heftig mit Wasser unter Bildung leicht entzündlicher Gase.
- 15/29 Reagiert heftig mit Wasser unter Bildung giftiger und leicht entzündlicher Gase.
- 20/21 Gesundheitsschädlich beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut.
- 20/22 Gesundheitsschädlich beim Einatmen und Verschlucken.
- 20/21/22 Gesundheitsschädlich beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut.
- 21/22 Gesundheitsschädlich bei Berührung mit der Haut und beim Verschlucken
- 23/24 Giftig beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut.
- 23/25 Giftig beim Einatmen und Verschlucken.
- 23/24/25 Giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut.
- 36/37/38 Reizt die Augen, Atmungsorgane und die Haut.
- 36/38 Reizt die Augen und die Haut.
- 26/27/28 Sehr giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berühren mit der Haut.
- 36/37 Reizt die Augen und die Atmungsorgane.
- 57 Giftig für Bienen.
- 49 Kann Krebs erzeugen beim Einatmen.
- 50 Sehr giftig für Wasserorganismen.
- 51 Giftig für Wasserorganismen.
- 52 Schädlich für Wasserorganismen.
- 53 Kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.
- 54 Giftig für Pflanzen.
- 55 Giftig für Tiere.
- 56 Giftig für Bodenorganismen.
- 58 Kann längerfristig schädliche Wirkungen auf die Umwelt haben.
- 59 Gefährlich für die Ozonschicht.



- 25 Giftig bei Berührung mit der Haut und beim Verschlucken.
- 27 Sehr giftig beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut.
- 28 Sehr giftig beim Einatmen und Verschlucken.
- 28 Sehr giftig bei Berührung mit der Haut und beim Verschlucken.
- 38 Reizt die Atmungsorgane und die Haut.
- 23 Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen.
- 24 Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut.
- 25 Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Verschlucken.
- 23/25 Giftig: ernste Gefahr irrev. Schadens durch Einatmen und durch Verschlucken.
- 23/24 Giftig: ernste Gefahr irrevers. Schadens durch Einatmen u. Berühr. m. der Haut.
- 24/25 Giftig: ernste Gefahr irrevers. Schadens bei Berührung mit der Haut und Verschlucken
- 23/24/25 Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens bei Einatmen, Hautberührung und Verschlucken.
- 26 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen.
- 27 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens bei Hautberührung.
- 28 Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Verschlucken.
- 26/27 Sehr giftig: ernste Gefahr irrev. Schadens durch Einatmen und Hautberührung.
- 26/28 Sehr giftig: ernste Gefahr irrev. Schadens durch Einatmen und Verschlucken.
- 27/28 Sehr giftig: ernste Gefahr irrev. Schadens bei Hautberührung und Verschlucken.
- 26/27/28 Sehr giftig: ernste Gefahr irrev. Schadens bei Einatmen, Hautberühr., Verschlucken.
- 20 Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irrev. Schadens durch Einatmen.
- 21 Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irrev. Schadens durch Hautberührung.
- 22 Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irrev. Schadens durch Verschlucken.
- 20/21 Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irrev. Schadens bei Einatmen und Hautberührung.
- 20/22 Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irrev. Schadens durch Einatmen und Verschlucken.
- 21/22 Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irrev. Schadens bei Hautberührung und Verschlucken
- 20/21/22 Gesundheitsschädlich: Möglichk. irrev. Schadens durch Einatmen, Hautberührung und Verschlucken.
- 2/43 Sensibilisierung durch Einatmen und Hautkontakt möglich.
- 8/20 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei läng. Exposition und Einatmen.
- 8/20/22 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen und Verschlucken.
- 8/21/22 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernst. Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Hautberührung und Verschlucken.
- 18/20/21/22 Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen, Hautberührung und Verschlucken.
- 18/23 Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen.
- 18/24 Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Hautberührung.
- 18/25 Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Verschlucken.

- 48/23/24 Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen und Hautberührung.
- 48/23/25 Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäd. bei längerer Exposition durch Einatmen und Verschlucken.
- 48/24/25 Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Hautberührung und Verschlucken.
- 48/23/24/25 Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen, Hautberührung und Verschlucken.

### S-Sätze

- 1 Unter Verschuß aufbewahren.
- 2 Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.
- 3 Kühl aufbewahren.
- 4 Von Wohnplätzen fernhalten.
- 5 Unter...(geeignete Flüssigkeit)...aufbewahren.
- 5.1 Unter Wasser aufbewahren.
- 5.2 Unter Petroleum aufbewahren.
- 6 Unter...(geeignetes Schutzgas)...aufbewahren.
- 6.1 Unter Stickstoff aufbewahren.
- 6.2 Unter Argon aufbewahren.
- 6.3 Unter Kohlendioxid aufbewahren.
- 7 Behälter dicht geschlossen halten.
- 8 Behälter trocken halten.
- 9 Behälter an einem gut gelüfteten Ort aufbewahren.
- 10 Inhalt feucht halten.
- 11 Zutritt von Luft verhindern.
- 12 Behälter nicht gasdicht verschließen.
- 13 Von Nahrungsmitteln, Getränken und Futtermitteln fernhalten.
- 14 Von...(inkompatible Substanz)...fernhalten.
- 14.1 Von Reduktionsmitteln, Schwermetallverbindungen, Säuren und Alkalien fernhalten
- 14.2 Von oxidierenden und sauren Stoffen sowie Schwermetallverbindungen fernhalten.
- 14.3 Von Eisen fernhalten.
- 14.4 Von Wasser fernhalten.
- 14.5 Von Säuren fernhalten.
- 14.6 Von Laugen fernhalten.
- 14.7 Von Metallen fernhalten.
- 14.8 Von oxidierenden und sauren Stoffen fernhalten.
- 14.9 Von brennbaren organischen Stoffen fernhalten.
- 14.10 Von Säuren, Reduktionsmitteln und brennbaren Materialien fernhalten.
- 14.11 Von brennbaren organischen Substanzen fernhalten.
- 15 Vor Hitze schützen.
- 16 Von Zündquellen fernhalten - Nicht rauchen.
- 17 Von brennbaren Stoffen fernhalten.
- 18 Behälter mit Vorsicht öffnen und handhaben.

- 17 Von brennbaren Stoffen fernhalten.
- 18 Behälter mit Vorsicht öffnen und handhaben.
- 20 Bei der Arbeit nicht essen und trinken.
- 21 Bei der Arbeit nicht rauchen.
- 22 Staub nicht einatmen.
- 23 Gas/Rauch/Dampf/Aerosol nicht einatmen.
- 23.1 Gas nicht einatmen.
- 23.2 Dampf nicht einatmen.
- 23.3 Aerosol nicht einatmen.
- 23.4 Rauch nicht einatmen.
- 23.5 Dampf/Aerosol nicht einatmen.
- 24 Berührung mit der Haut vermeiden.
- 25 Berührung mit den Augen vermeiden.
- 26 Bei Berührung mit den Augen gründlich mit Wasser abspülen und Arzt konsultieren.
- 27 Beschmutzte, getränkte Kleidung sofort ausziehen.
- 28 Bei Berührung mit der Haut sofort abwaschen mit viel...
- 28.1 Bei Berührung mit der Haut sofort abwaschen mit viel Wasser.
- 28.2 Bei Berührung mit der Haut sofort abwaschen mit viel Wasser und Seife.
- 28.3 Bei Berührung mit der Haut sofort abwaschen mit viel Wasser und Seife, möglichst auch mit Polyethylenglykol 400.
- 28.4 Bei Berührung mit der Haut sofort abwaschen mit viel Polyethylenglykol 300 und Ethanol(2:1) und anschließend mit viel Wasser und Seife.
- 28.5 Bei Berührung mit der Haut sofort abwaschen mit viel Polyethylenglykol 400.
- 28.6 Bei Berührung mit der Haut sofort abwaschen mit viel Polyethylenglykol 400 und anschließend Reinigung mit viel Wasser.
- 28.7 Bei Berührung mit der Haut sofort abwaschen mit viel Wasser und saurer Seife.
- 29 Nicht in die Kanalisation gelangen lassen.
- 30 Niemals Wasser hinzugießen.
- 33 Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladungen treffen.
- 34 Schlag und Reibung vermeiden.
- 35 Abfälle und Behälter müssen in gesicherter Weise beseitigt werden.
- 35.1 Abfälle und Behälter müssen durch Behandeln mit 2 prozentiger Natronlauge beseitigt werden.
- 36 Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung tragen.
- 37 Geeignete Schutzhandschuhe tragen.
- 38 Bei unzureichender Belüftung Atemschutzgerät anlegen.
- 39 Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen.
- 40 Fußboden und verunreinigte Gegenstände mit ... reinigen.
- 40.1 Fußboden und verunreinigte Gegenstände mit Wasser reinigen.
- 41 Explosions- und Brandgase nicht einatmen.
- 42 Bei Räuchern/Versprühen geeignetes Atemschutzgerät anlegen.
- 43 Zum Löschen ... verwenden (wenn Wasser die Gefahr erhöht, anfügen "Kein Wasser verwenden!").
- 43.1 Zum Löschen Wasser verwenden.
- 43.2 Zum Löschen Wasser oder Pulverlöschmittel verwenden.
- 43.3 Zum Löschen Pulverlöschmittel - kein Wasser - verwenden.
- 43.4 Zum Löschen Kohlendioxid - kein Wasser - verwenden.
- 43.5 Zum Löschen Halone - kein Wasser - verwenden.
- 43.6 Zum Löschen Sand - kein Wasser - verwenden.
- 43.7 Zum Löschen Metallbrandpulver - kein Wasser - verwenden.

- 43.8 Zum Löschen Sand, Kohlendioxid oder Pulverlöschmittel - kein Wasser - verwenden.
- 44 Bei Unwohlsein ärztlichen Rat einholen (wenn möglich das Etikett vorzeigen).
- 45 Bei Unfall oder Unwohlsein sofort Arzt zuziehen (wenn möglich das Etikett vorzeigen).
- 46 Bei Verschlucken sofort ärztlichen Rat einholen und Verpackung oder Etikett vorzeigen.
- 24/25 Berührungen mit den Augen und mit der Haut vermeiden.
- 53 Exposition vermeiden - vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen.
- 36/37 Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzkleidung tragen.
- 36/37/39 Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen.
- 7/9 Behälter dicht geschlossen an einem gut gelüfteten Ort aufbewahren.
- 7/8 Behälter trocken und dicht geschlossen halten.
- 3/7/9 Behälter dicht verschlossen halten und an einem kühlen, gut gelüfteten Ort aufbewahren.
- 37/39 Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen.
- 47 Nicht bei Temperaturen über ...°C aufbewahren.
- 48 Feuchthalten mit ...
- 49 Nur im Originalbehälter aufbewahren.
- 50 Nicht mischen mit ...
- 51 Nur in gut gelüfteten Bereichen verwenden.
- 52 Nicht großflächig für Wohn- und Aufenthaltsräume zu verwenden.
- 54 Vor Ableitung in Kläranlagen Einwilligung der zuständigen Behörden einholen.
- 55 Vor Ableitung in die Kanalisation oder in Gewässer nach dem Stand der Technik behandeln.
- 56 Nicht in die Kanalisation oder in die Umwelt ableiten, an genehmigte Sondermüllsammelstelle abgeben.
- 57 Durch geeigneten Einschluß Umweltverschmutzungen vermeiden.
- 58 Als gefährlichen Abfall entsorgen.
- 59 Informationen zur Wiederverwendung/Wiederverwertung beim Hersteller/Lieferanten erfragen.
- 60 Dieser Stoff und/oder sein Behälter sind als gefährlicher Abfall zu entsorgen.
- 1/2 Unter Verschluss und für Kinder unzugänglich aufbewahren.
- 3/9 Behälter an einem kühlen, gut gelüfteten Ort aufbewahren.
- 3/9/14 An einem kühlen, gut gelüfteten Ort entfernt von ... aufbewahren.
- 3/9/14/49 Nur im Originalbehälter an einem kühlen gut gelüfteten Ort, entfernt von ... aufbewahren.
- 3/9/49 Nur im Originalbehälter an einem kühlen, gut gelüfteten Ort aufbewahren.
- 3/14 An einem kühlen, von ... entfernten Ort aufbewahren.
- 20/21 Bei der Arbeit nicht essen, trinken, rauchen.
- 36/39 Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen.
- 47/49 Nur im Originalbehälter bei einer Temperatur von nicht über ...°C aufbewahren.
- 50.1 Nicht mischen mit Säuren.
- 50.2 Nicht mischen mit Laugen.
- 50.3 Nicht mischen mit starken Säuren, starken Basen, Buntmetallen und deren Salzen.

### 3 Gefahren für Mensch und Umwelt:

Chemikalien dürfen grundsätzlich nicht in das Abwassernetz oder in das Grundwasser gelangen. Sie werden nur in den dafür vorgesehenen Lagern gelagert. Der Transport in nicht

bruchssichere Behältnisse in andere Räume darf nur mit Traghilfen (Eimer, Tragkästen) erfolgen (vgl. Pkt. 5.3.4. der Laborrichtlinie).

Chemikalien dürfen in Laborsälen bereitgehalten und unter bestimmten Bedingungen auch gelagert werden. Besonders zu beachten ist:

- die menschliche Gesundheit und die Umwelt dürfen nicht gefährdet werden;
- Behältermaterial darf nicht mit den Chemikalien reagieren;
- Standflaschen für den Handgebrauch sind zu kennzeichnen:
  - Bezeichnung des Stoffes
  - Gefahrensymbol
  - Gefahrenbezeichnung
- das Aufbewahren darf nur bis Griffhöhe erfolgen;
- sehr giftige/ giftige Stoffe sind so aufzubewahren, daß nur sachkundige oder unterwiesene Personen Zugriff haben;
- Chemikalien, die gesundheitsschädliche Dämpfe abgeben können, sind an dauerabgesaugten Orten aufzubewahren;
- brennbare Flüssigkeiten der Klassen AI, AII und B dürfen an Arbeitsplätzen nur bis 1 l Nennvolumen aufbewahrt werden;
- an geschützter Stelle dürfen brennbare Flüssigkeiten in nicht bruchssicheren Behältern bis 5 l und in bruchssicheren Behältern bis 10 l bereitgehalten werden. Die Anzahl der Behältnisse ist auf das unbedingt nötige Maß zu beschränken (vgl. Pkt. 4.10 der Laborrichtlinie).

Die Brandschutzordnung der Fakultät für Chemie und Mineralogie vom 1.4.1996 ist strikt einzuhalten.

#### 4. Schutzmaßnahmen, Verhaltensregeln und hygienische Maßnahmen:

Die Abzüge sind beim Betreten der Laborsäle sofort anzustellen.

Grundsätzlich sind Arbeitskleidung und Schutzbrille gegebenenfalls Schutzhandschuh zu tragen. U u. ist eine Schutzmaske mit entsprechendem Filter vorrätig zu halten. Weitere Information beim Sicherheitsbeauftragten (Tel. 36033).

Die Arbeitnehmer haben sich über den Standort der Sicherheitseinrichtungen (Feuerlöscher, Körper- und Augendusche) zu informieren. Die Handhabung muß bekannt sein. Körper- und Augenduschen sind monatlich nachweisbar vom Saalnutzer zu kontrollieren.

Die Einnahme von Speisen, Getränken und das Rauchen sowie das Aufbewahren von Lebensmitteln (auch in Kühlschränken) ist in den Laborsälen grundsätzlich untersagt.

Mit Lösemitteln und gefährlichen Chemikalien verunreinigte Arbeitskleidung ist sofort zu wechseln.

Schwangere Arbeitnehmerinnen dürfen Arbeiten in Laborsälen nicht ausführen.

#### 5. Verhalten im Gefahrenfall:

Bei Bränden ist entsprechend der Brandschutzordnung der Fakultät für Chemie und Mineralogie vom 1.4.1996 und dem Alarmplan zu verfahren.

Verschüttete Chemikalien sind ohne Gefahr für den Mitarbeiter aufzunehmen (vgl. Pkt. 4) und ggf. zur Entsorgung zu geben (Tel. 36033).

#### 6. Erste Hilfe:

Die Mitarbeiter der Fakultät leisten Erste Hilfe.

Bei Augenverletzungen oder bei einem Kleidungsbrand sind die jeweiligen Duschen zu benutzen.

Ansonsten sind die Kliniken in der Liebigstraße aufzusuchen

7. Sachgerechte Entsorgung:

Bereich Liebigstraße, Talstraße und Brüderstraße :

Chemikalien, kontaminierte Betriebsmittel und Glas: freitags 13.00 Uhr - 13.15 Uhr

Hof Liebigstr. 18

Lösemittel: täglich "

Plastmaterial: täglich "

Altpapier: täglich "

Bereich Linnestraße 2/3:

Chemikalien, kontaminierte Betriebsmittel, Lösemittel, Plastmaterial:

montags-donnerstags (vormittags)

Bereich Scharnhorststraße:

nach Absprache mit dem Sicherheitsbeauftragten (Tel. 36033)

# Universität Leipzig

## Fakultät für Chemie und Mineralogie

### Alarmplan Gebäude Linne´strasse 2

(Stand: Dezember 1999)

#### Maßnahmen bei Notfall / Brand

1. Feueralarm wird über Handfeuermelder signalisiert.
2. Alle Mitarbeiter und Studenten haben das Haus auf den vorgeschriebenen Fluchtwegen zu verlassen.
3. In den Laboratorien ist das "Not-Aus" zu betätigen.
4. Am Ereignisort ist Schadensbegrenzung mit den zur Verfügung stehenden Mitteln (Betätigung "Not-Aus", Feuerlöscher, Etagenfeuerlöscheinrichtung) durchzuführen.
5. Ist Schadensbegrenzung nicht möglich oder besteht Gefahr für Leben und Gesundheit der Mitarbeiter/Studenten muss das Haus auf den vorgeschriebenen Fluchtwegen verlassen werden.

#### Sammelplatz

Gegenüber dem Institut (Neuer Johannisfriedhof); zweckdienliche Hinweise sind den verantwortlichen Leitern mitzuteilen. Sonstige Notfälle und technische Havarien, die Personen- und Sachschäden nach sich ziehen, sind sofort den Dispatchern (Tel.: 34444) zu melden, und es ist Schadensbegrenzung durchzuführen. Macht sich die Evakuierung des Gebäudes erforderlich, sind wie im Brandfall die Druckknopfmelder zu betätigen. Alle Mitarbeiter und Studenten haben sich mit den Fluchtwegplänen und den darin enthaltenen Informationen über Standorte von Alarmierungs- und Feuerlöscheinrichtungen vertraut zu machen. Auch jeder Kleinbrand, der nicht zur Auslösung von Feueralarm führt, insbesondere aber die Benutzung von Feuerlöscheinrichtungen nach sich zieht, ist zu melden an:

Dekan	Prof. Dr. Welzel	Tel.: 97 36000
Institutsdirektor	Prof. Dr. Reinhold	Tel.: 97 36500
Verwaltungsleiter	Dr. Richter	Tel.: 97 36011
Sicherheitsbeauftragter	Dr. Reifegerste	Tel.: 97 36033

#### **Weiter wichtige Rufnummern:**

Polizei	Tel.: 110
Rettungsleitstelle:	Tel.: 112

ambulante ärztl. Hilfe  
Toxikologischer Dienst

Tel.: 97  
24666

Klinikum  
Auskunft immer  
möglich.

dex

op



# QUALITATIVE und QUANTITATIVE ELEMENT - ANALYTIK

## Einführung

Die am häufigsten in der Analytik vorkommenden Aufgaben sind die qualitative Ermittlung der Elementzusammensetzung und die quantitative Bestimmung der Elementkonzentrationen. Die Lösung dieser Aufgabenstellungen ist oftmals die Voraussetzung für die Lösung weiterer analytischer Probleme, wie Strukturaufklärung (Strukturanalytik), der Untersuchung von Zeiteinflüssen (Prozeßanalytik) und Ermittlung von Bindungszuständen.

Die erste der genannten Hauptaufgaben - die qualitative Elementanalytik - wird durchgeführt, wenn man keine, oder nur wenige Vorinformationen über die Probe besitzt.

Man wendet zur Lösung dieser Aufgabe solche Verfahren an, die es gestatten, eine möglichst große Anzahl von Elementen gleichzeitig selektiv zu erfassen.

Solche Verfahren leiten sich aus den analytischen Prinzipien der Atomspektrometrie der äußeren und inneren Elektronenniveaus (z.B. Atomemissionsspektrometrie und der Röntgenfluoreszenzspektrometrie) und der Massenspektrometrie ab.

Je nach der konkreten Aufgabenstellung ist auch das Nachweisvermögen dieser Methoden wichtig. Wenn gefordert wird, Spurenelemente qualitativ zu erfassen (z.B. für die geologische Prospektion), dann benötigt man nachweisstarke Verfahren.

Es gibt allerdings auch qualitative analytische Probleme, die einfacher sind, weil es Vorinformationen über die Probe gibt. Solche Probleme reduzieren sich im Extremfall auf die Frage, ob ein bestimmtes Element in einer Probe vorhanden ist oder nicht.

In diesem Fall kann man praktisch alle analytischen Verfahren verwenden, die es gestatten, das gesuchte Element selektiv oder spezifisch zu erfassen. Infolge ihrer Einfachheit und unter dem gegebenen Gesichtspunkt auch ihrer Schnelligkeit sind es vielfach chemische Methoden, die für einen solchen Test herangezogen werden.

Die zweite der genannten Aufgaben - die quantitative Elementanalytik (oder auch Konzentrationsanalytik) - wird meistens für Stoffe bedeutungsvoll, deren qualitative Zusammensetzung man bereits gut kennt.

Sehr häufig ist es erforderlich, in einer Substanz zum Zwecke ihrer Charakterisierung, nur ein Element (oder Ion) quantitativ zu bestimmen. Ebensohäufig steht das Problem der quantitativen Bestimmung einiger Elemente (Ionen) an.

Seltener ist es erforderlich, eine exakte quantitative Gesamtanalyse durchzuführen. Am häufigsten kommt der zuletzt genannte Gesichtspunkt bei der quantitativen Elementanalyse reiner organischer Verbindungen vor, durch die praktisch die qualitative Strukturaufklärung begonnen wird.

Die Auswahl eines bestimmten Verfahrens für die Lösung einer quantitativen analytischen Aufgabe erfolgt nach seinen Kriterien unter Berücksichtigung dieser konkreten Aufgabenstellung.

Die wichtigsten Kriterien analytischer Verfahren sind:

Die Zuverlässigkeit der Meßwerte

(Richtigkeit - systematischer Fehler

Genauigkeit - zufälliger Fehler)

und

das Nachweisvermögen

(bestimmt durch Empfindlichkeit und Reproduzierbarkeit)

Je nach der Aufgabenstellung ist das eine oder das andere Kriterium wichtiger.

Da es eine äußerst große Vielzahl unterschiedlicher Aufgabenstellungen gibt, können diese hier nicht alle abgehandelt werden. Aus diesem Grund wird die genannte Problematik nur an einem Beispiel - der quantitativen Bestimmung von Elementen in unterschiedlichen Konzentrationsbereichen - behandelt.

Man unterscheidet: Hauptkomponenten (Konzentrationsbereich 100 - 10 %); Nebenbestandteile (Konzentrationsbereich 10 - 0,01 %) und Spuren (Konzentrationsbereich < 0,01 %).

Das Kriterium Nachweisvermögen des Verfahrens ist besonders wichtig für die Spurenanalyse.

Das Kriterium Zuverlässigkeit ist zwar für alle Konzentrationsbereiche wichtig, weil durch „falsche“ Analysen sicher immer Schwierigkeiten entstehen können. Aber besondere Anforderungen gibt es doch für den Konzentrationsbereich 100 - 10 %, in dem solche Verfahren gesucht werden, deren Zuverlässigkeitskriterien Abweichungen von etwa 1 Prozent zulassen.

Die für die qualitative und quantitative Elementanalytik eingesetzten Analyseprinzipien sind sehr vielfältig. Sie gründen sich auf chemische Reaktionen, vielfach kombiniert mit physikalisch-chemischen oder physikalischen Messungen (z.B. Spektralphotometrie); elektrochemische Reaktionen, die letztlich fast immer mit physikalisch-chemischen oder physikalischen Messungen verknüpft sind (z.B. Voltametrie, Potentiometrie); Wechselwirkungen von Elementen und Ionen mit elektromagnetischer Strahlung, vor allem im sichtbaren, ultravioletten, Röntgen- und  $\gamma$ -Strahlungsgebiet und deren Wellenlängen- und Intensitätsmessungen (z.B. Atomspektroskopie, Röntgenspektrometrie, Neutronenaktivierungsanalyse) und auf die Aussendung oder Absorption von Teilchen wie Elektronen,  $\alpha$ -Teilchen oder den Elementen selbst (z.B. Radiometrie, Massenspektrometrie).

In der Reihenfolge dieser Aufzählung ist eine Tendenz vom chemischen zum physikalischen Effekten zu erkennen. Es ist jedoch völlig falsch, wenn man allein diese Tendenz sowohl in der einen als auch in der anderen Richtung mit irgendwelchen Geräteparametern hinsichtlich der Kriterien der aus den Prinzipien ableitbaren Verfahren verbindet.

Es ist immer ausgehend vom analytischen Problem die genaue Kenntnis der Verfahren hinsichtlich der genannten und weiterer Kriterien (wie Anwendbarkeit, Kalibrationsmöglichkeiten usw.) erforderlich, um eine richtige Wahl für ein bestehendes Problem treffen zu können.

Die im folgenden beschriebenen Versuche sollen einen Beitrag zur Vermittlung von Grundkenntnissen zur Analytik liefern.

Atom spectroscopy analysing methods can be applied for quantitative and qualitative analysing. It is necessary to pass the sample through the energy supply in the plasma state. The sample (carrier) in the form of free atom, which can themselves transmit electromagnetic stream or such, the VIS and UV can absorb.

# ATOMSPEKTROSKOPIE - ATOMEMISSIONSSPEKTROGRAPHIE MIT BOGENANREGUNG und ATOMABSORPTIONSSPEKTROMETRIE MIT ATOMISIERUNG IN PLASMEN

## 1. Einführung

Atomspektroskopische Analysenverfahren können für die qualitative und quantitative Stoffanalyse eingesetzt werden. Es ist in jedem Falle erforderlich, die Probe (Feststoff, Lösung, Gas) durch Energiezufuhr in den Plasmazustand (hocherhitztes, teilweise ionisiertes Gas) zu überführen. Die Probe liegt dann in Form freier Atome vor, die selber elektromagnetische Strahlung aussenden oder solche, die VIS und UV absorbieren können. Die Tabelle 1 vermittelt einen Überblick über oft angewandte atomspektroskopische Analysenverfahren.

Tabelle 1: Übersicht über atomspektroskopische Analysenmethoden

Probenzustand	Plasmaerzeugung	Messung (vorwiegend)	Methode	hauptsächliche Anwendung
fest	elektr. Bogen	Lichtemission	Atomemissions- spektrometrie und Atomemissions- spektrographie	Gesteinsanalyse
	elektr. Funken	Lichtemission		Metallanalysen
	elektr. Glimmentladung	Lichtemission		Metallanalysen
	Laserstrahlung	Lichtemission		alle Feststoffe Metallanalyse
flüssig (Lösungen)	phys. Flammen, z.B. induktiv gekoppeltes Hochfrequenzplasma (ICP)	Lichtemission	Atomemissions- spektrometrie (OES)	gesamte anorganische Analytik
	chem. Flammen	Lichtabsorption	Atomabsorptions- spektrometrie (AAS)	gesamte anorganische Analytik
	mikrowelleninduziertes Plasma (MIP)	Lichtemission	OES	Nichtmetallanalytik
	elektrothermische Atomisierung in Graphitrohrküvetten	Lichtabsorption	ETA-AAS	Spurenanalyse in Mikroproben
gasförmig	elektrische Glimmentladung im ETA- System	Lichtemission	FANES (furnace atomic nonthermal excitation spectro- metry)	Spurenanalyse in Mikroproben
	vorwiegend wie die genannten Lösungstechniken			

Every spectral line of an Atomic spectrum corresponds to the energy difference between two specific atomic states.

## 2. Theoretische Grundlagen

### 2.1 Charakterisierung einer Spektrallinie - Grundlage für die qualitative Analyse

Jede Spektrallinie eines Atomspektrums entspricht der Energiedifferenz von zwei bestimmten Atomzuständen (Terme). Als Term bezeichnet man den durch  $h \cdot c$  dividierten Energiewert des entsprechenden Zustandes. Die Terme der Atome sind eindeutig durch 3 Quantenzahlen beschrieben:

- 1) Hauptquantenzahl  $n$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ )
- 2) Nebenquantenzahl (Bahndrehimpulsquantenzahl)  $l$  (Symbole: (s, p, d, f...) bzw. L (Symbole: S, P, D, F...)) ( $l = 0, 1, 2, 3 \dots l \leq n-1$ )
- 3) Eigendrehimpulsquantenzahl (Spinquantenzahl)  $s$  bzw. S oder deren Kombination mit  $l$  bzw. L - die Gesamtdrehimpulsquantenzahl  $j$  bzw. J (innere Quantenzahl) ( $s = 1/2, 3/2, \dots, 1, 0, -1, \dots (l-1), -l$ )

Für die Beschreibung der Terme verwendet man bestimmte Symbole. Der Grundterm des Natriumatoms (nichtangeregter Zustand) ist z.B. gegeben durch:

$$3^2 S_{1/2}$$

Es bedeutet:  $3: n = 3; S: L = 0; 1/2; J = 1/2$ ; (daraus folgt:  $S = 1/2$ : Multiplizität (in diesem Fall / Dublett) der Spektren  
(Gegeben durch  $2S + 1$ ;  $S$  in dieser Formel entspricht Gesamteigendrehimpulsquantenzahl)

Der Energiewert der Terme beruht auf der Wechselwirkung der Kernladung mit der Elektronenladung. Dieser Wert und somit auch die Differenz zwischen 2 Werten lassen sich als Funktion der Ordnungszahl, der Abschirmung durch andere (innere) Elektronen und der Quantenzahlen darstellen:

$$\bar{\gamma} = R \cdot (Z - C)^2 \cdot (1/n_1^2 - 1/n_2^2) \quad (1)$$

$\bar{\gamma}$  = Wellenzahl einer Spektrallinie

$R$  = Rydberg-Konstante

$Z$  = Ordnungszahl

$n_1, n_2$  = Hauptquantenzahl des 1. (höher angeregten) und 2. Zustandes

$C$  = Abschirmkonstante,  $f$  (Elektronenzahl und -konfiguration)

$$\frac{1}{\lambda} = R \cdot (z \cdot c)^2 \cdot \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

Diese Gleichung (1) ist die theoretische Grundlage für die qualitative Analytik durch Atomspektroskopie. Infolge der vielen Einflußfaktoren ist eine Auswertung nicht absolut sondern nur relativ nach entsprechender Kalibration möglich.

### 2.2 Anregung, Emission und Absorption

Ein Atom, welches sich im Grundzustand befindet, kann durch Energiezufuhr (z. B. Übertragung von Wärmeenergie durch Stoßprozesse) in den angeregten Zustand übergehen. Nach kurzer Zeit (ca.  $10^{-8}$  s) wird diese aufgenommene Energie wieder abgegeben. Es bestehen hierfür 2 Möglichkeiten:

- 1) Emission eines Photons
- 2) strahlungslose Abgabe (Energieübertragung durch Stoß 2. Art)

Freie Atome können auch durch Aufnahme eines Photons bestimmter Energie in den angeregten Zustand übergehen, wenn diese Energie der Energiedifferenz von zwei Termen des Atoms entspricht (Absorption). Die Energie kann wieder durch Stoß 2. Art (strahlungslos) oder in Form eines Photons (Atomfluoreszenz) abgegeben werden.

Wird ein sehr großer Energiebetrag (bei hohen Temperaturen) übertragen, kann auch eine ein- bzw. mehrfache Ionisation erfolgen. Die so entstandenen Ionen können wie Atome nach weiterer Anregung Photonen emittieren (Ionenemission) oder auch absorbieren (Ionenabsorption). Die Verteilung der Atome auf den Grund-, den angeregten und den ionisierten Zustand ist eine Funktion der Temperatur des Plasmas und der Eigenschaften des Atoms.

Liegen Plasmatemperaturen bis zu 4000 K vor, kann man den ionisierten Zustand bei den meisten Elementen vernachlässigen und für die Verteilung auf den Grund- und angeregten Zustand (in Wirklichkeit viele unterschiedliche angeregte Zustände) eine einfache Boltzmann-Verteilung annehmen:

$$\frac{N_a}{N_g} = \frac{g_a}{g_g} \cdot e^{-\frac{E_a}{kT}} \quad (2)$$

- $N_a$  = Konzentration der Atome im angeregten Zustand;
- $N_g$  = Konzentration der Atome im Grundzustand;
- $g_a, g_g$  = statistische Gewichte ( $2J + 1$ ) des angeregten bzw. Grundzustandes;
- $J$  = Gesamtdrehimpulsquantenzahl;
- $E_a$  = Anregungsenergie;
- $k$  = Boltzmannsche Konstante;
- $T$  = absolute Temperatur;

Für diesen Fall führt eine quantitative Betrachtung zu dem Ergebnis, daß der überwiegende Teil der Atome im Grundzustand vorliegt (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Temperaturabhängigkeit des Verhältnisses  $N_a/N_g$  (nach WALSH)

Element	Wellenlänge / nm	$N_a/N_g$ -Verhältnisse bei		
		2000 K	3000 K	4000 K
Zn	213,9	$7 \cdot 10^{-15}$	$6 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-7}$
Ba	422,7	$1 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-4}$
Na	589,0	$1 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-3}$	

Demzufolge kann man die Atome, die sich im Grundzustand befinden, näherungsweise mit der Gesamtatomzahl gleichsetzen.

Liegen viel höhere Plasmatemperaturen (z.B. in elektrischen Funken bei 5000 K) vor, so findet starke Ionisation statt (vgl. Gl. (3)).

$$\frac{N_i \cdot N_e}{N_{II}} = f(T) \quad (5.000K) \quad (3)$$

$N_i$  = Anzahl der Ionen;

Low plasma temps are advantageous for light absorption



$N_e$  = Anzahl der Elektronen;

$N_{at}$  = Anzahl der Atome;

Folgende Schlußfolgerungen lassen sich ziehen:

Niedrige Plasmatemperaturen sind vorteilhaft für die Lichtabsorption, da der Grundzustand hoch besetzt ist, und für die Lichtemission von Linien, die zwischen dem Grundzustand und dem niedrigen angeregten Zuständen entstehen können (chemische Flamme, tlw. Elektrischer Lichtbogen).

Die Absorptionsspektren sind sehr linienarm (unkompliziert). Die Emissionsspektren sind linienreicher, aber noch nicht kompliziert. Hohe Plasmatemperaturen (ICP, Funken, tlw. MIP) erzeugen komplizierte Spektren. Einfache Spektren sind für die qualitative Analyse besser geeignet.

*Simple spectrum are better suited for qualitative analysis*

### 2.3 Intensität der Lichtemission

Die Intensität der Strahlung kann man wie folgt angeben:

$$I = h \cdot \nu \cdot N_a \cdot A \quad (4)$$

$h \cdot \nu$  = Energie des Photons;

$N_a$  = Konzentration der angeregten Atome;

$A$  = Einsteinsche Übergangswahrscheinlichkeit des Überganges  $N_a \rightarrow N_g$ ;

Durch Einsetzen von Gleichung (2) ergibt sich:

$$I = h \cdot \nu \cdot \frac{g_a}{g_g} N_g \exp - \frac{E_a}{kT} A \quad (5)$$

Hieraus ist ersichtlich, daß die Intensität von der Konzentration der Atome im Plasma abhängt. Unter der Voraussetzung, daß die Konzentration der Atome im Plasma der Konzentration des Elementes in der Probe direkt proportional ist, kann die Intensität einer Spektrallinie als Maß für die Konzentration eines Bestandteiles der Probe verwendet werden. Die Intensität einer Spektrallinie wird außerdem von der Temperatur des Plasmas beeinflusst. Sie durchläuft mit zunehmender Temperatur ein Maximum (optimale Temperatur, Normtemperatur). Die Temperatur des Plasmas ist folglich konstant zu halten. Außerdem können noch folgende Prozesse Einfluß auf die Intensität nehmen: Selbstabsorption, strahlungslose Übergänge, Ionisationsprozesse, Dissoziationsprozesse, Verdampfungsprozesse. Diese Prozesse werden oft von der Matrix beeinflusst (Matrixeffekte). (s.u.)

Trotz dieser vielen Einflußfaktoren ist die Gleichung (5) die Grundlage für die quantitative Analyse durch die Atomemission.

Die Auswertung dieser Gleichung ist für die praktische Analytik nicht möglich. Man muß Kalibrationsverfahren (relative Methoden) für die quantitative Analytik durch die Atomemissionsspektrometrie anwenden. Zu diesem Zweck kann man Gleichung (5) in einer einfachen Form

$$I = a \cdot c^b$$

schreiben. Für spezielle Kalibrationen im Falle  $b \neq 1$  wird auch die logarithmierte Form verwendet:

$$\lg I = Y = \lg a + b * \lg c$$

## 2.4 Intensität der Lichtabsorption

Tritt ein Lichtstrahl durch ein absorbierendes Medium, z.B. eine farbige Lösung, so vermindert sich seine Intensität <sup>exponentiell</sup>. Daraus folgt z.B. das Lambert-Beer'sche Gesetz für die Spektralphotometrie von Lösungen:

$$E = \lg \frac{I_c}{I_D} = k_r C l$$

$$E = \lg \frac{I_0}{I} = k \cdot c \cdot l \quad (6)$$

- E = Extinktion;
- $I_c$  = eingestrahle Intensität;
- $I_D$  = durchgelassene Intensität;
- $k_r$  = Absorptionskoeffizient (wellenlängenabhängig), auch Extinktionskoeffizient genannt;
- C = Konzentration der absorbierenden Teilchen;
- l = Länge des Absorptionsweges

Dieses Gesetz <sup>Principle</sup> gilt nur für <sup>dilute</sup> verdünnte Lösungen und monochromatisches Licht <sup>only for dilute solutions and monochromatic light</sup>.

Im Fall der Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) <sup>follows/take place</sup> erfolgt die Lichtabsorption durch freie Atome, die durch einen thermischen <sup>process</sup> Vorgang <sup>produce</sup> erzeugt worden sind. Da sich der Hauptteil der erzeugten Atome bei niedrigen Plasmatemperaturen im Grundzustand <sup>located</sup> befindet, ist der Anfangszustand für die praktische AAS fixiert. Somit <sup>curved</sup> ergeben sich einfache Absorptionsspektren. Für die analytische <sup>Application</sup> Anwendung ist es wiederum wichtig, daß Proportionalität <sup>is not/linear</sup> zwischen der Konzentration C in der Probe und der Konzentration N im Plasma herrscht. <sup>curved</sup> Abweichung <sup>lead to</sup> führen zu gekrümmten E - C - Beziehungen (Kalibrationskurven).

Eine dem LAMBERT-BEER-schen Gesetz entsprechende Beziehung für die AAS lautet demzufolge:

$$E = k_r N_g l = a k_r C l$$

$$E = k \cdot N_g \cdot l = a \cdot k \cdot c \cdot l \quad (7)$$

- $N_g$  = Konzentration der Teilchen im Grundzustand;
- a = Konstante;
- c = Konzentration in der Lösung (Abhängig von Verdampfung, Dissoziation, Transport u.a.)

Der Absorptionskoeffizient ist nach

$$k_r = \frac{h \nu}{C} B_{g,a}$$

$$k_r = \frac{h \nu}{C} B(g,a)$$

(8)

gegeben.

- h = Plancksches Wirkungsquantum;
- $\nu$  = Frequenz;
- $B_{g,a}$  = Einsteinsche Übergangswahrscheinlichkeit in Absorption für den Übergang  $g \rightarrow a$ .

Für die praktische Analyse <sup>possess</sup> besitzt diese Beziehung keine Bedeutung, d.h. eine rechnerische Auswertung kann nicht erfolgen.

Ähnlich wie bei der Spektralphotometrie von Lösungen will man die Absorption an ihrer maximalen Stelle messen.

Im Falle der Spektralphotometrie sind die Absorptionsbanden viele Nanometer breit, so daß bereits Licht mit einer spektralen Breite von 1 nm als monochromatisches Licht gilt. Mit Hilfe von Kontinuumslichtquellen und guten Monochromatoren kann man derartig monochromatisches Licht erzeugen.

Im Falle der Absorption durch freie Atome liegen Absorptionslinien vor, deren Breite nur etwas  $10^{-2}$  nm beträgt. Will man auch in diesem Fall an der Stelle der maximalen Absorption messen, darf man nur im Zentrum der Linie, z.B. in einer spektralen Breite von etwa  $10^{-3}$  nm messen. Eine solche „hohe Monochromasie“ kann man mit Kontinuumslichtquellen und einfachen Monochromatoren nicht erzeugen. Deshalb verwendet man spezielle, elementspezifische Lichtquellen, die bereits spektrales Licht aussenden und deren einzelne Spektrallinien nur eine Halbwertsbreite von  $10^{-3}$  nm haben (Methode nach WASH). Solche Lichtquellen sind z.B. die Hohlkathodenlampen (s. Abschnitt 3.).

Werden diese Bedingungen realisiert, so gelten die Gleichungen (6)-(8) auch für die AAS und sind somit Grundlage für die quantitative Analytik durch die AAS. Auch in diesem Fall sind Kalibrationsverfahren erforderlich, da eine Absolutauswertung unmöglich ist.

2.5 Störungen der quantitativen atomspektroskopischen Analytik

Vergegenwärtigen wir uns den Vorgang der analytischen Atomspektroskopie, so kann man folgende Einteilungen vornehmen:

Substanz		Vorgang Process
Probe	→	Transport in das Plasma
Probe im Plasma	→	Verdampfung
freie Moleküle	→	Dissoziation
freie Atome	→	Anregung / Absorption Ionisation
angeregte freie Atome und Ionen	→	Lichtemission / Atomfluoreszenz strahlungslose Deaktivierung

Jeder der genannten Vorgänge ist von der Plasmatemperatur abhängig. Sie muß konstant gehalten werden.

Die Vorgänge sind bei einer gegebenen Temperatur und von der Art des Stoffes und den Begleitstoffen abhängig (z.B. unterscheidet man zwischen leicht und schwer verdampfbar Stoffen). Liegt ein schwer verdampfbarer Stoff vor, so wird die Verdampfung aller Stoffe behindert, d.h. ein Matrixeffekt auf die Verdampfung liegt vor, denn im Ergebnis werden weniger freie Atome als vorher gebildet.

Dieselbe Ableitung ist für die Dissoziation möglich. Es gibt sehr stabile 2-atomige Moleküle, z.B. Monometallfluoride (MF), das CN-Radikal, die bei gegebenen Temperaturen und Konzentrationsverhältnissen schlecht dissoziieren, d.h. es können sich Matrixeffekte auf die Dissoziation auswirken.

Man faßt diese beiden Arten der Matrixeffekte unter dem Begriff „chemische Matrixeffekte“ zusammen.

Auch die Ionisation, die mehr oder weniger freie Atome <sup>use/consume</sup> verbraucht, kann durch die Matrix beeinflusst werden, weil die Matrix durch ihre Hauptkomponenten und deren Ionisierungsenergien den Elektronendruck im Plasma bestimmt. <sup>determine</sup> Somit können Gleichgewichte, wie sie sich aus Gleichung (3) <sup>result</sup> ergeben, durch die Matrix <sup>move/shift</sup> verschoben werden. Dies ist ein physikalischer Matrixeffekt. Alle diese Matrixeffekte <sup>cause</sup> bewirken eine Veränderung der Zahl der Teilchen, die das Signal (Lichtemission oder Lichtabsorption) <sup>produce</sup> erzeugen. <sup>Matrix effect</sup> Causes a change in the no. of <sup>parts</sup> that the signal produces. <sup>Additional/extra</sup> Zusätzlich gibt es noch Störungen durch die Beeinflussung des Untergrundes, der an der Stelle einer Spektrallinie <sup>interference</sup> ebenfalls <sup>result</sup> vorliegt. Dieser Untergrund entsteht durch: <sup>result from</sup>

- Emission von Kontinuas (freie Elektronen)
- Lichtstreuung durch Partikel (Quasi-Absorption)
- Bandenemission und -absorption (freie Moleküle)
- Lichtemission und -absorption (freie andere Atome und Ionen)
- (Linienkoinzidenzen)

Solche Störungen können auf unterschiedliche Art und Weise apparativ kompensiert werden.

### 3. Apparative Grundlagen

#### 3.1 Atomemissionsspektrographie mit Bogenanregung

##### 3.1.1 Allgemeines

Ein Spektrograph besteht aus:

- Anregungsgerät
  - für den Betrieb des elektrischen Lichtbogens (3-20A, 50-100V)
- 2 Elektroden (oftmals aus Graphit) zur <sup>Production</sup> Erzeugung des Lichtbogens (Abstand 2-5mm)
  - zur Erzeugung der freien Atome aus der Probe und deren Anregung
- Optik
  - zur Fokussierung eines Teiles des emittierten Licht auf den <sup>Entrance gap</sup> Eintrittsspalt des Spektrographen
- Spektrograph
  - zur spektralen <sup>Decomposition?</sup> Zerlegung des Lichtes (mit <sup>Grating</sup> Gitter oder Prisma) und Abbildung auf einer Photoplatte oder Diodenarray

Die Belichtung einer Photoplatte für die <sup>Production/Output</sup> Gewinnung eines Spektrum dauert je nach Anregungsbedingungen und Elementkonzentrationen in der Probe zwischen 10 und 200s.

Danach muß die Photoplatte entwickelt und fixiert werden.

Auf der Photoplatte werden die Spektrallinien als <sup>illuminated</sup> Abbilder des beleuchteten Eintrittsspalt <sup>visible</sup> sichtbar. Eine Wellenlängenbestimmung mit Hilfe einer Kalibration und eines Wellenlängenstandards (z.B. Eisenatlas usw.) ermöglicht eine quantitative Analyse.

Die Schwärzung ist proportional zur <sup>shining</sup> eingestrahelten Photonenzahl (= Intensität • Zeit):

<sup>radiate</sup>

$$S = \left( \text{contrast factor} \right) \times \left( \log \text{intensity} \right) \times (t)$$

$$S = \gamma \cdot \lg I \cdot t$$

$$S = (\gamma) \log I \cdot t. \text{ basis for quantitative analysis}$$

$\gamma$  = Kontrastfaktor

Die Schwärzungsmessung einer Spektrallinie, die an einem Schnellphotometer erfolgen kann (Weißlichtphotometer), ist die Basis für eine quantitative Bestimmung eines Elementes. take place.

Selbstverständlich müssen ganz besonders für die quantitative Auswertung, (die auch über eine Kalibration erfolgen muß,) alle Bedingungen: Anregung, Belichtungszeit, Photoplattenart, Entwicklerkonzentration usw. konstant gehalten werden.

Neben der photographischen Registrierung ist auch eine photoelektrische Registrierung möglich. Registration / Entry.

Durch Ausnutzung des äußeren (Photozellen, Sekundärelektronenvervielfacher) oder inneren (Photodioden-Arrays) lichtelektrischen Effektes wird eine bestimmte spektrale Beleuchtungsstärke (Intensität) in ein entsprechendes Stromsignal umgewandelt und analog oder digital angezeigt. transform / convert  
indicate Im Gegensatz zur Photoplatte ergibt sich eine einfache Proportionalität, die nur durch steigende Selbstabsorption (Gl. 5) begrenzt wird.

### 3.1.2 Charakterisierung der Bogenentladung

Für die Erzeugung von Bogenplasmen kann sowohl Gleich- als auch Wechselstrom eingesetzt werden. Die üblichen Stromstärken liegen zwischen (3 und 20A), die Temperatur im Plasma zwischen 4000 und 7000K. Der elektrische Lichtbogen wird zwischen zwei Kohleelektroden, von denen entweder eine oder beide die Probenbestandteile apply / use. enthalten, mit einem Tesla-Funken gezündet. Der Elektrodenabstand liegt in der Regel zwischen 2 und 8 mm. Im Falle des Gleichgewichtsbogen dient controll vorwiegend predominantly die Anode als Probenträger (höhere Elektroden temperatur).

As a result Infolge des hohen Energieumsatzes im Bogen werden die Elektroden sehr stark erhitzt. Dies ermöglicht die Verdampfung und damit die Analyse schwer verdampfbarer Stoffe. Sollen leicht verdampfbare Stoffe analysiert werden, muß man für Kühlperioden sorgen (Metallelektroden, Abreißbogen). Die hohe Temperatur des Plasmas führt auch dazu, daß viele Teilchen angeregt werden. Diese Tatsache und der starke Materialabbau führen dazu, daß diese Anregungsquelle für die Spurenanalyse geeignet ist. Neben diesem Anwendungsgebiet ist die Analyse von Nebenbestandteilen give rise to sinnvoll. Hauptkomponentenanalyse ist wegen der geringen Reproduzierbarkeit nur crop ex bedingt möglich (RSD: 10-20%). Im Spektrum selbst treten in der Hauptsache nur Atomlinien auf. Dadurch sind die Spektren relativ einfach und eine qualitative Auswertung ist möglich.

### 3.1.3. Vorteile und Nachteile

**Vorteile:** Gutes Nachweisvermögen, gute Selektivität, simultane Multielementanalyse möglich, große Anwendungsbreite (70 Elemente).

**Nachteile:** Mittlerer Kostenaufwand, hoher Zeitaufwand Time involved. (besonders bei Spektrographie), matrixanfällig, Temperatureinfluß

Matrix prone  
liable

Trace couple high frequency plasma

# Spurenanalyse mit dem induktiv gekoppelten Hochfrequenzplasma (ICP-OES)

## 1. Einführung

Die ICP-OES ist eine moderne Methode der analytischen Atomspektroskopie, die seit den 70er Jahren eine äußerst große Verbreitung in der Welt gefunden hat. Sie dient vorwiegend der quantitativen Analyse von Lösungen; qualitative Analysen sind jedoch auch möglich, da die emittierte Strahlung bezüglich ihrer Wellenlängen elementspezifisch ist.

## 2. Theoretische Grundlagen

Eine von hochfrequentem Wechselstrom durchflossene Induktionsspule umfaßt den oberen Teil eines speziell gestalteten Brenners, der von Argon durchströmt wird. Durch einen Funkenstoß (Teslafunken) werden wenige freie Elektronen und wenige Argonionen erzeugt.

Eine Spule, welche sich um den Brenner befindet, erzeugt ein elektromagnetisches Wechselfeld. Dieses Wechselfeld koppelt induktiv in den Argonstrom mit den wenigen Elektronen und Ionen ein. Es kommt zu einer lawinenartigen Erzeugung weiterer Elektronen, Ionen und metastabiler Argonatome, die ein ringförmiges „torroidales“ Plasma von 6000 bis 8000 K mit hoher Elektronendichte erzeugen (physikalische Plasmaflamme). Die Zufuhr von Analysenproben erfolgt zumeist als Lösungsaerosol über Zerstäuber. Prinzipiell ist aber auch die Untersuchung gasförmiger und fester Proben möglich.

Die Anregung der Analysenatome zur spontanen Emission erfolgt durch energieübertragende Stöße mit metastabilen Argonatomen sowie Argonionen höherer kinetischer Energie. Obwohl teilweise Abweichungen von der Boltzmann-Verteilung beobachtet werden, können die Emissionsprozesse im wesentlichen mit der Gleichung:

$$I = h \cdot \nu \cdot \left( \frac{g_a}{g_g} \right) \cdot N_g \cdot \left[ \exp \left( - \frac{E_a}{kT} \right) \right] \cdot A$$

$I = h\nu \left( \frac{g_a}{g_g} \right) \cdot N \left( \exp - \frac{E_a}{RT} \right) \cdot A$

I : Intensität der Strahlung

$h \cdot \nu$  : Energie des Photons

$g_a/g_g$  : statistische Gewichte des angeregten- bzw. des Grundzustandes

$N_g$  : Konzentration der Atome im Grundzustand

A : Einsteinsche Übergangswahrscheinlichkeit des Übergangs  $N_a \rightarrow N_g$

beschrieben werden.

Die ICP-OES ist extrem nachweisstark (ng/mL-Bereich). Bezogen auf eine zu lösende Feststoffprobe liegen die erreichbaren Nachweisgrenzen im unteren µg/g-Bereich.

Der lineare Kalibrationsbereich kann bis zu 6 Größenordnungen betragen. Die RSD ist kleiner 3% und die Matrixeffekte sind relativ gering.

Aufgrund des hohen Ionisierungsgrades der Analyte entsteht ein linienreiches Spektrum, indem es zu Überlagerungen einzelner Spektrallinien kommen kann (spektrale Interferenzen).

Das beschriebene Argonplasma erreicht bei gleichbleibender Energiezufuhr die ansonsten nur von chemischen Verbrennungsflammen bekannte Konstanz der Plasmaparameter.

Die hohe Temperatur gewährleistet die vollständige Verdampfung und Dissoziation der dem Plasma zugeführten Analyte und trägt somit entscheidend zur merklichen Verminderung der chemischen Matrixeffekte, wie sie bei Verbrennungsflammen bekannt sind, bei.

Die erwähnte hohe Elektronendichte verhindert größere Störungen des Ionisationsgleichgewichtes. Die Verschiebung der Konzentration an freien Elektronen (und damit eine

Änderung der Plasmabedingungen) bei der Zufuhr leichtionisierbarer Substanzen (z. B. Alkalien) kann somit vernachlässigt werden.

### 3.Apparative Grundlagen

#### 3.1.Allgemeines

Ein ICP-Spektrometer besteht aus:

Hochfrequenzerzeuger	zum Betrieb des Plasmas
Zerstäuber	zur Erzeugung eines stabilen Lösungsaerosols
Plasma	Erzeugung der freien Atome/Ionen durch Verdampfung, Dissoziation und teilweise Ionisation der Probe
Optik	zur Fokussierung eines Teils des emittierten Lichtes auf den Eintrittsspalt des Spektrometers
Spektrometer	zur spektralen Zerlegung des Lichtes (fast ausschließlich durch hochauflösende Gitter) a) sequenziell arbeitender Monochromator b) simultan arbeitender Polychromator (z.B. Rowlandkreis)
Detektor	Sekundärelektronenvervielfacher (SEV) CCD-Chips

#### 3.2. Einlaßsystem (Zerstäuber)

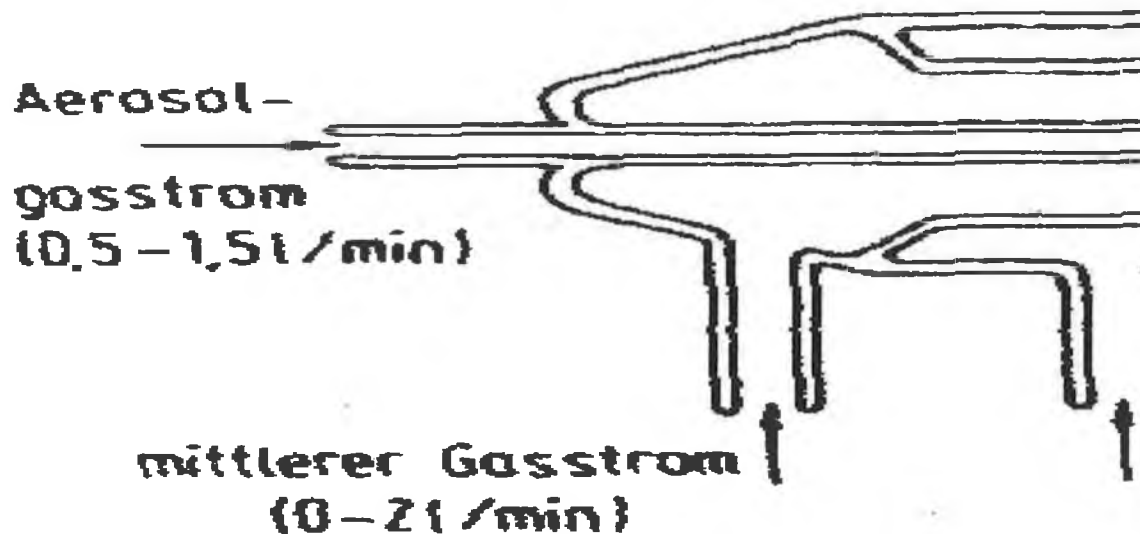
Die ICP-OES ist vorwiegend zur Analyse von <sup>meistly</sup> <sup>liquide</sup> Lösungen geeignet. Die Aufgabe des Zerstäubers ist die Überführung der <sup>Task</sup> flüssigen Probe in ein Aerosol. Folgende Gesichtspunkte sollten bei der Bewertung eines Zerstäubers berücksichtigt werden:

- Der Zerstäuber sollte eine hohe Effektivität besitzen (hoher Wirkungsgrad bei geringem Lösungsmittelverbrauch).
- Der Zerstäuber muß reproduzierbar arbeiten (Lösungsmittelverbrauch und erzeugte Aerosolmenge sollen konstant sein, homogenes Tröpfchenspektrum soll vorliegen).
- Der Zerstäuber soll schnell arbeiten (hohe Probefrequenz durch geringes Totvolumen).
- Der Zerstäuber soll möglichst hohe Salzlasten verkraften können.

Vorwiegend werden cross-flow-Zerstäuber (Winkel-Zerstäuber) <sup>WZ</sup> verwendet. Die Effektivität der Überführung der Lösung in das Plasma ist mit 1-2 % sehr klein.

#### 3.3.Anregung (Brenner/Torch)

Das im Zerstäuber erzeugte Aerosol wird durch ein Injektorrohr, welches sich in der Mitte des Brenners befindet, in das ICP-Plasma geleitet.



Schema eines ICP-Brenners

Der Brenner besteht aus 3 konzentrischen Quarzrohren, durch deren Zwischenräume Ar mit unterschiedlichen Durchflußraten strömt (siehe Skizze).

Der äußere Ar - Strom (Plasmagas; ca. 15 L/min) liefert den Hauptanteil zur Erzeugung des Plasmas und hält außerdem das heiße Plasmagas von der Quarzwand des Brenners fern.

Der mittlere Gasstrom dient als gelegentlich notwendiger Hilfsgasstrom (0-2 l/min).

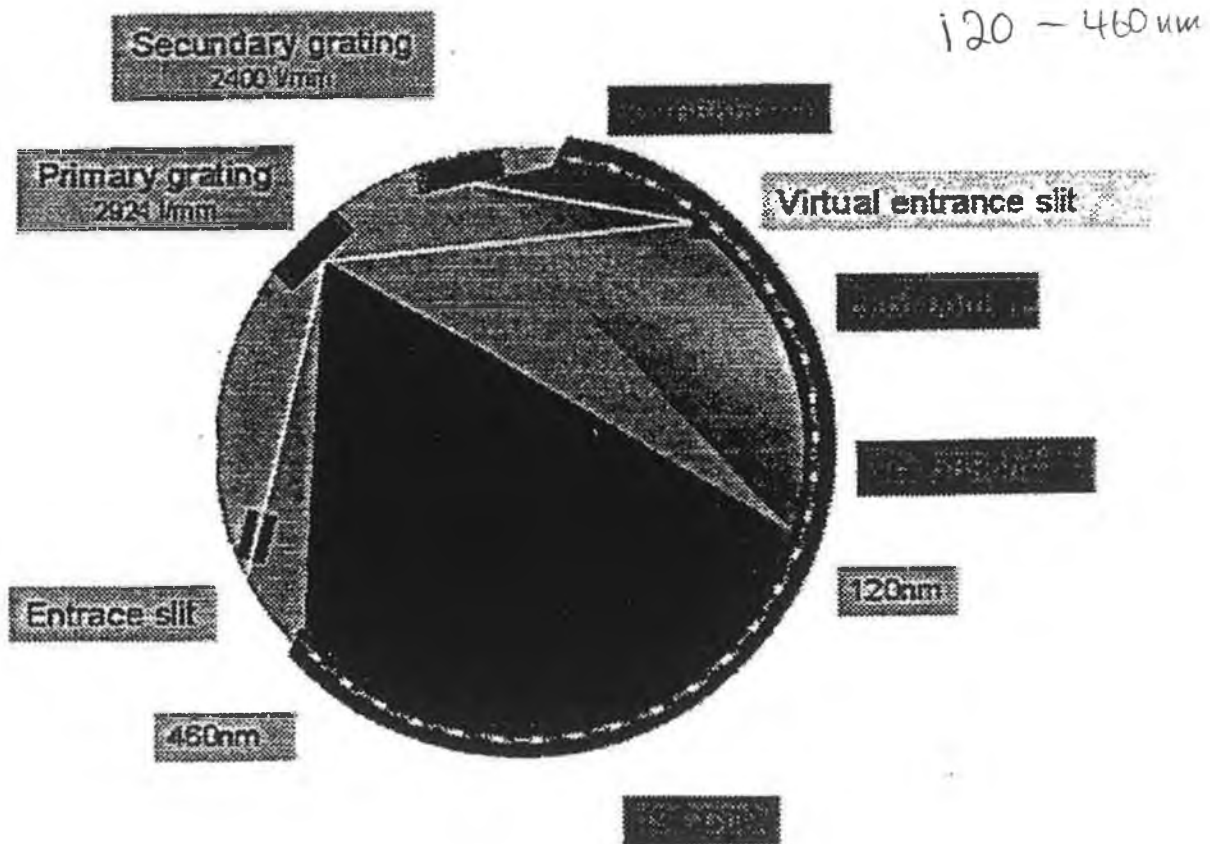
Der innere, durch das Injektorrohr geführte Gasstrom (ca. 1 L/min) transportiert wie oben beschrieben das Aerosol in das Plasma. Neben der hier gezeigten waagerechten Einbauposition, die eine achsiale Betrachtung ermöglicht, gibt es auch senkrechte Einbaupositionen der Torch.

Das induktiv gekoppelte Plasma wird durch einen Teslafunken gezündet. Durch ihn entstehen wenige freie Ladungsträger im Ar. Eine Spule, welche sich um den Brenner befindet, wird durch einen Hochfrequenzgenerator (HF) gespeist. Der HF-Strom koppelt über die Spule induktiv in den Ladungsträgerstrom des Ar ein. Dies bewirkt eine lawinenartige Ionisation des Ar und das quasistationäre Plasma wird aufgebaut. Es hat infolge der definierten Eindringtiefe des HF-Stroms (Skin-Effekt) im Ar eine rotationssymmetrische Torroid-Struktur.

### 3.4. Spektrometer mit Lichtleiteroptik



Spektrometer mit Lichtleiteroptik erlauben eine günstige Anordnung der einzelnen Bauelemente, da das Licht nicht geradlinig geführt werden muß. Der Lichtleiter (Eintrittsöffnung) wird unmittelbar neben dem Plasma angebracht. Die Austrittsöffnung des Lichtleiters befindet sich am Eintrittsspalt des Polychromators bzw. Monochromators. Das Spektrometer des hier verwendeten Ciroc CCD der Fa. Spectro nutzt einen Rowlandkreis (s. Abb nächste Seite), der mit insgesamt 19 CCD-Chips bestückt ist. Mit zwei Gittern und einem Spiegel, die die spektrale Auflösung gewährleisten, können Wellenlängen im Bereich von 120-460 nm digital mit einer Auflösung von 9 pm erfaßt werden. Im Wellenlängenbereich bis 766 nm ist außerdem die Bestimmung der Elemente K, Li, und Na möglich.



Rowlandkreis des Spectro Ciroc CCD

#### 4. Auswertung und Fehlerbetrachtung

Die Intensität der emittierten elementspezifischen Strahlung ist im sogenannten linearen Kalibrationsbereich der Konzentration der untersuchten Elemente direkt proportional. Die Kalibration erfolgt bei der ICP-OES mit Lösungen bekannter Konzentrationen der zu untersuchenden Elemente. Aus einer Auftragung der Intensität der Strahlung gegen die Konzentration erhält man durch lineare Regression die Kalibrationsgerade.

Die Nachweisgrenze  $C_L$  ist definiert als:

$$C_L = 3 \sqrt{2} \sigma_B / S$$

$$3 \sqrt{2} \sigma / S$$

$\sigma$  = standard  
 $S$  = sensitivity

Mit:

Empfindlichkeit (Steigung der Kalibriergeraden):  $S = dI/dc$   
Standardabweichung des Blindwertes:  $\sigma_B$

Standardabweichung eines Meßwertes allgemein:  $\sigma = \sqrt{(\sum (x_i - \bar{x})^2) / (n-1)}$

Wobei  $\bar{x}$  den Mittelwert der Messung darstellt.

Als Maß für die Präzision wird oft die relative Standardabweichung (RSD) angegeben:

$$\sigma_{rel} = \sigma/\bar{x}$$

### **5. Versuchsbeschreibung**

Die Detailbeschreibung des Spektrometers, sowie eine Einweisung wird vom Betreuer am Versuchstag vorgenommen.

Kalibration, Analyse der Probe und Auswertung:

Die in den Probelösungen zu bestimmenden Elemente werden vom Betreuer festgelegt. In Abhängigkeit von diesen Elementen werden die apparativen Parameter ausgewählt. Nach der Präparation der Standardlösungen sind die Spektren der Analysenlösungen zusammen mit den Spektren der Kalibrationsstandards aufzunehmen.

Im Protokoll ist zunächst die Kalibrationsgerade zu erstellen. Mit deren Hilfe sind die Nachweisgrenzen der zu untersuchenden Elemente, die Konzentration der Probelösungen, sowie deren RSD zu bestimmen. Abschließend ist eine Bewertung der Versuchsergebnisse vorzunehmen.

# Atomspektroskopie - Atomabsorptionsspektrometrie mit Atomisierung in Flammen

## 1. Einführung

Atomspektroskopische Analysenverfahren können für die qualitative und quantitative Stoffanalyse eingesetzt werden. Es ist dabei in jedem Falle erforderlich, die Probe (Feststoff, Lösung, Gas) durch Energiezufuhr in den Plasmazustand (hocherhitztes, teilweise ionisiertes Gas) zu überführen. Die Probe liegt dann in Form freier Atome vor, die selbst elektromagnetische Strahlung aussenden oder solche des VIS- oder UV- Bereiches absorbieren können.

Die Tabelle 1 vermittelt einen Überblick über oft angewandte atomspektroskopische Analysenverfahren.

Tabelle 1: Übersicht über atomspektroskopische Analysemethoden

Probenzustand	Plasmaerzeugung	Messung (vorwiegend)	Methode	hauptsächliche Anwendung
fest	elektr. Bogen	Lichtemission	Atomemissions- spektrometrie und Atomemissions- spektrographie	Gesteinsanalyse
	elektr. Funken	Lichtemission		Metallanalysen
	elektr. Glimmentladung	Lichtemission		Metallanalysen
	Laserstrahlung	Lichtemission		alle Feststoffe Metallanalyse
flüssig (Lösungen)	phys. Flammen, z.B. induktiv gekoppeltes Hochfrequenzplasma (ICP)	Lichtemission	Atomemissions- spektrometrie (OES)	gesamte an- organische Analytik
	chem. Flammen	Lichtabsorption	Atomabsorptions- spektrometrie (AAS)	gesamte an- organische Analytik
	mikrowelleninduziertes Plasma (MIP)	Lichtemission	OES	Nichtmetallanalytik
	elektrothermische Atomisierung in Graphitrohrküvetten	Lichtabsorption	ETA-AAS	Spurenanalyse in Mikroproben
	elektrische Glimmentladung im ETA- System	Lichtemission	FANES (furnace atomic nonthermal excitation spectrometry)	Spurenanalyse in Mikroproben
gasförmig	vorwiegend wie die genannten Lösungstechniken			

## 2. Theoretische Grundlagen

### 2.1. Charakterisierung einer Spektrallinie - Grundlage für die qualitative Analyse

Jede Spektrallinie eines Atomspektrums entspricht der Energiedifferenz von zwei bestimmten Atomzuständen (Terme). Als Term bezeichnet man den durch  $h \cdot c$  dividierten Energiewert des entsprechenden Zustandes. Die Terme der Atome lassen sich eindeutig durch drei Quantenzahlen beschreiben:

1. Hauptquantenzahl  $n$
2. Nebenquantenzahl, auch Bahndrehimpulsquantenzahl  $l$  (Symbole: s, p, d, f...) bzw. L (Symbole: S, P, D, F...)
3. Eigendrehimpulsquantenzahl, auch Spinquantenzahl  $s$  bzw. S oder deren Kombination mit  $l$  bzw. L - die Gesamtdrehimpulsquantenzahl  $j$  bzw. J (innere Quantenzahl).

Für die Beschreibung der Terme verwendet man bestimmte Symbole.

Der Grundterm des Natriumatoms (nichtangeregter Zustand) ist z.B. gegeben durch:

$$\boxed{3^2 S_{1/2}}$$

Es bedeutet: 3:  $n=3$

S:  $L=0$

$1/2$ :  $J=1/2$  (daraus folgt  $S=1/2$ )

2 : Multiplizität (in diesem Fall: Dublett) der Spektren, gegeben durch  $2S+1$ ; S in dieser Formel entspricht Gesamtdrehimpulszahl

Der Energiewert der Terme <sup>depends on</sup> beruht auf der Wechselwirkung der Kernladung mit der Elektronenladung. Dieser Wert und somit auch die Differenz zwischen zwei Werten lassen sich als Funktion der Ordnungszahl, der Abschirmung durch andere (innere) Elektronen und der Quantenzahlen darstellen.

$$\boxed{\nu = R (Z - \sigma)^2 \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)}$$

Qualitativ Formula (1)

$\nu$  = Wellenzahl einer Spektrallinie

$R$  = Rydberg-Konstante

$Z$  = Ordnungszahl

$n_1, n_2$  = Hauptquantenzahl des 1. (höher angeregten) und 2. Zustandes

$\sigma$  = Abschirmkonstante,  $f$  (Elektronenzahl und -konfiguration).

Die Gleichung (1) ist die theoretische Grundlage für die qualitative Analytik auf der Basis der Atomspektroskopie. Infolge der vielen Einflußfaktoren ist eine Auswertung nicht absolut, sondern nur relativ nach entsprechender Kalibration möglich.

## 2.2. Anregung, Emission und Absorption

Ein Atom, welches sich im Grundzustand befindet, kann durch Energiezufuhr (z.B. Übertragung von Wärmeenergie durch Stoßprozesse) in den angeregten Zustand übergehen. Nach kurzer Zeit (ca.  $10^{-8}$  s) wird diese aufgenommene Energie wieder abgegeben. Es bestehen hierfür zwei Möglichkeiten:

1. Emission eines Photons
2. strahlungslose Abgabe (Energieübertragung durch Stoß 2. Art).

Freie Atome können auch durch Aufnahme eines Photons bestimmter Energie in den angeregten Zustand übergehen, wenn diese Energie der Energiedifferenz von zwei Termen des Atoms entspricht (Absorption). Die aufgenommene Energie kann durch Stoß 2. Art (strahlungslos) oder in Form eines Photons (Atomfluoreszenz) abgegeben werden. Wird ein sehr großer Energiebetrag (bei hohen Temperaturen) übertragen, kann auch eine ein- bzw. mehrfache Ionisation erfolgen. Die so entstandenen Ionen verhalten sich wie Atome, d.h. sie können nach weiterer Anregung Photonen emittieren (Ionenemission) oder auch absorbieren (Ionenabsorption). Die Verteilung der Atome auf den Grund-, den angeregten und den ionisierten Zustand ist eine Funktion der Temperatur des Plasmas und der Eigenschaften des Atoms.

Liegen Plasmatemperaturen bis zu 4000 K vor, kann man den ionisierten Zustand bei den meisten Elementen vernachlässigen und für die Verteilung auf den Grund- und angeregten Zustand (in Wirklichkeit viele unterschiedliche, angeregte Zustände) eine einfache Boltzmann-Verteilung annehmen:

$$N_a / N_g = g_a / g_g e^{-E_a / kT}$$

$$N_a / N_g = g_a / g_g e^{-E_a / kT} \quad (2)$$

- $N_a$ : Konzentration der Atome im angeregten Zustand  
 $N_g$ : Konzentration der Atome im Grundzustand  
 $g_a, g_g$ : statistische Gewichte des angeregten- bzw. Grundzustandes  
 $E_a$ : Anregungsenergie  
 $k$ : Boltzmann-Konstante  
 $T$ : absolute Temperatur.

Für diesen Fall führt eine quantitative Betrachtung zu dem Ergebnis, daß der überwiegende Teil der Atome im Grundzustand vorliegt (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Temperaturabhängigkeit des Verhältnisses  $N_a / N_g$  (nach Walsh).

Element	Wellenlänge	$N_a / N_g$ - Verh.		
		2000 K	3000 K	4000 K
Zn	213,9 nm	$7 \cdot 10^{-15}$	$6 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-7}$
Ca	422,7 nm	$1 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-4}$
Na	589,0 nm	$1 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-3}$	

Demzufolge kann man die Atome, die sich im Grundzustand befinden, näherungsweise mit der Gesamtatomzahl gleichsetzen.

Liegen viel höhere Plasmatemperaturen (z.B. im elektrischen Funken bei ca. 50 000 K) vor, so findet starke Ionisation statt (vgl. Gleichung 3).

$$N_i * N_e / N_{at} = f(T)$$

(3)

$N_i$  : Anzahl der Ionen

$N_e$  : Anzahl der Elektronen

$N_{at}$  : Anzahl der Atome

### **Folgende Schlußfolgerungen lassen sich ziehen:**

Niedrige Plasmatemperaturen sind vorteilhaft für die Lichtabsorption, da der Grundzustand hoch besetzt ist und somit für Linien, die zwischen dem Grundzustand und den niedrigen angeregten Zuständen entstehen können, günstige Voraussetzungen bestehen.

Die Absorptionsspektren sind linienarm (unkompliziert). Die Emissionsspektren sind linienreicher, aber noch nicht kompliziert.

Hohe Plasmatemperaturen (ICP, Funken, teilweise MIP) erzeugen komplizierte Spektren. Einfache Spektren sind für die qualitative Analyse besser geeignet.

### 2.3. Intensität der Lichtabsorption

Tritt ein Lichtstrahl durch ein absorbierendes Medium, z.B. eine farbige Lösung, so vermindert sich seine Intensität exponentiell. Daraus folgt z.B. das **Lambert-Beer'sche Gesetz** für die Spektralphotometrie von Lösungen:

$$E = \lg I_0 / I_D = k_v * c * l$$

(4)

E : Extinktion

$I_0$  : eingestrahlte Intensität

$I_D$  : durchgelassene Intensität

$k_v$  : Absorptionskoeffizient (wellenlängenabhängig), auch Extinktionskoeffizient genannt

c : Konzentration der absorbierenden Teilchen

l : Länge des Absorptionsweges.

**Dieses Gesetz gilt nur für verdünnte Lösungen und monochromatisches Licht.**

Im Fall der Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) erfolgt die Lichtabsorption durch freie Atome, die durch einen thermischen Vorgang erzeugt worden sind. Da sich der Hauptteil der erzeugten Atome bei niedrigen Plasmatemperaturen im Grundzustand befindet, ist der Anfangszustand für die praktische AAS fixiert. Somit ergeben sich einfache Absorptionsspektren. Für die analytische Anwendung ist es wiederum wichtig, daß Proportionalität zwischen der Konzentration c in der Probe und der Konzentration N im Plasma herrscht. Abweichungen führen zu gekrümmten E-c-Beziehungen (Kalibrationskurven).

Eine dem **Lambert-Beer'schen Gesetz** entsprechende Beziehung für die AAS lautet demzufolge:

(5)

$$E = k_v * N_g * l = a * k_v * c * l$$

$N_g$  : Konzentration der Teilchen im Grundzustand

$a$  : Konstante

$c$  : Konzentration in der Lösung (abhängig von Verdampfung, Dissoziation, Transport u.a.).

Der Absorptionskoeffizient ist gegeben nach

(6)

$$k_v = (h * \nu / c) * \beta_{g,a}$$

$h$  : Planck'sches Wirkungsquantum

$c$  : Lichtgeschwindigkeit

$\beta_{g,a}$  : Einstein'sche Übergangswahrscheinlichkeit in Absorption für den Übergang  $g \rightarrow a$

$\nu$  : Frequenz.

Für die praktische Analyse besitzt diese Beziehung keine Bedeutung, d.h. eine rechnerische Auswertung kann nicht erfolgen.

Im Falle der Spektralphotometrie sind die Absorptionsbanden viele Nanometer breit, so daß bereits Licht mit einer spektralen Breite von 1nm als monochromatisches Licht gilt. Mit Hilfe von Kontinuumlichtquellen und guten Monochromatoren kann man derartig monochromatisches Licht erzeugen.

Ähnlich wie bei der Spektralphotometrie von Lösungen will man die Absorption an ihrer maximalen Stelle messen. Im Falle der Absorption durch freie Atome liegen Absorptionslinien vor, deren Breite nur etwa  $10^{-2}$  nm beträgt. Will man auch in diesem Fall an der Stelle der maximalen Absorption messen, darf man nur im Zentrum der Linie, z.B. in einer spektralen Breite von etwa  $10^{-3}$  nm messen. Eine solche „hohe Monochromasie“ kann man mit Kontinuumlichtquellen und einfachen Monochromatoren nicht erzeugen. Deshalb verwendet man spezielle, elementspezifische Lichtquellen, die bereits spektrales Licht aussenden und deren einzelne Spektrallinien nur eine Halbwertsbreite von  $10^{-3}$  nm haben (Methode nach **Walsh**). Solche Lichtquellen sind z.B. die Hohlkatodenlampen (siehe Abschnitt 3).

Werden diese Bedingungen realisiert, so gelten die Gleichungen 4-6 auch für die AAS und sind somit Grundlage für die quantitative Analytik durch die AAS. Auch in diesem Fall sind Kalibrationsverfahren erforderlich, da eine Absolutauswertung nicht möglich ist.

### 3. Apparative Grundlagen

#### 3.1. Atomabsorption mit Atomerzeugung in chemischen Flammen ( Flammen-AAS )

##### 3.1.1. Allgemeines

Ein Atomabsorptionsspektrometer besteht aus :

<b>Spektraler Lichtquelle</b>	zur Erzeugung des spektralen Lichtes (einer Spektrallinie $\Delta\lambda = 10^{-3}$ nm und Einstellung des $I_0$ -Wertes).
<b>Zerstäuber-Brenner - Kombination</b>	zur Überführung der gelösten Probe in ein Aerosol und deren Transport zur Flamme, in der die Verdampfung und Dissoziation (Atomisierung) abläuft.
<b>Monochromator</b>	zur Auswahl der empfindlichsten Spektrallinie (Grund: erster angeregter Zustand).
<b>Empfänger</b>	Sekundärelektronenvervielfacher Im Sekundärelektronenvervielfacher erzeugt ein Photon durch den äußeren photoelektrischen Effekt primär ein Elektron. Durch sekundäre Verstärkung erzielt man pro Photon bis zu $10^8$ Elektronen.

$$E = \lg \frac{I_0}{I_D}$$

Extinction value  $\propto$  Concentration of one element

Es wird die Extinktion  $E = \lg I_0 / I_D$  durch aufeinanderfolgende Messungen eingestrahlt Lichtes  $I_0$  und des nach Absorption durchgelassenen Lichtes  $I_D$  ermittelt.

Dieser Extinktionswert ist der Konzentration eines Elementes proportional. Nach Kalibration ermöglicht dies die quantitative Analyse. Grundsätzlich ist auch die qualitative Analyse möglich. Dies wird jedoch nicht praktiziert, weil keine simultane Multielementanalyse möglich ist.

##### 3.1.2. Prinzip der Methode

Die AAS ist geeignet für die quantitative Bestimmung von Metallen, Halbmetallen und einigen Nichtmetallen, die in gelöster Form vorliegen müssen. Bei der Flammen-AAS werden die Lösungen pneumatisch zerstäubt. Die entstandenen Aerosole werden in der Flamme verdampft und entstehende Moleküle dissoziiert. Das erhaltene Atomplasma wird mit dem Licht einer speziellen Lichtquelle bestrahlt. Die Strahlung wird mit einem Sekundärelektronenvervielfacher aufgenommen. Die Extinktion wird direkt oder nach Umrechnung aus der Absorption ermittelt.

##### 3.1.3. Spektrale Lichtquellen

Als Lichtquellen werden in der AAS im allgemeinen Hohlkathodenlampen (HKL) und elektrodenlose Entladungslampen (EDL) eingesetzt. Die elektrische Versorgung der HKL erfolgt mit Gleichstrom (ca. 600V; 5-30 mA spannungs-stromstabilisiert). Die geringen Stromstärken sind erforderlich, weil andernfalls (Doppler-Verbreiterung infolge Temperaturerhöhung der Kathode) keine genügend schmalen Linien erhalten werden.



### 3.1.4. Absorptionsplasma

Bei der Flammen-AAS kommt in den meisten Fällen die  $C_2H_2$ /Luft-Flamme zum Einsatz (etwa  $2200^\circ C$ ). Für schwer verdampfbare Elemente hat sich die heißere  $C_2H_2/N_2O$ -Flamme (etwa  $2800^\circ C$ ), die ebenfalls laminar brennt, durchgesetzt.

Die Energie der Flamme reicht für die Verdampfung und Dissoziation der meisten anorganischen Substanzen aus. Die erhaltenen Atome befinden sich im allgemeinen im Grundzustand. Für Absorptionsprozesse ist das ausreichend, so daß sich ein Vorteil der Flammen-AAS gegenüber der Flammenspektralphotometrie (Emissionsmethode nur für Alkalien, einige Erdalkalien und wenige andere Elemente) durch eine breitere Anwendbarkeit ergibt. Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus der geringeren Temperaturabhängigkeit der Absorption gegenüber dem thermischen Anregungsprozeß.

### 3.1.5. Vorteile und Nachteile der Flammen AAS

**Vorteile:** geringerer Zeitaufwand, ausreichendes Nachweisvermögen, sehr gute Selektivität, geringe Kosten, anwendbar für 70 Elemente, gute Reproduzierbarkeit, sowohl für HB, NB und Spurenanalyse einsetzbar

**Nachteile:** Matrixanfälligkeit, keine Multielementmethode.

## 4. Versuchsbeschreibung: Quantitative Analyse durch Flammen-AAS

### 4.1. Aufgabe

Konzentrationsbestimmung eines Elementes in Realproben (Lösung) durch Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) mit der  $C_2H_2$ /Luft-Flamme unter Anwendung einer

- externen Kalibration
- internen Kalibration.

### 4.2. Geräte

Atomabsorptionsspektrometer 1100 B ( Fa. Perkin Elmer)

### 4.3. Durchführung

Bei der zu vermessenden Probelösung handelt es sich um eine Realprobe, die im meßbereiten Zustand zur Verfügung gestellt wird. Die Lösung ist 1M an  $HNO_3$ .

Die Bestimmung der Konzentration eines ausgewählten Elementes in dieser Lösung soll durch Anwendung verschiedener analytischer Meßverfahren erfolgen. Zunächst wird für das betreffende Element mit Hilfe einer Standardlösung ( $c=1000mg/l$ ) eine Kalibrationskurve aufgenommen (**externe Kalibration**). Dazu wird die Standardlösung bis zu einer Konzentration verdünnt, die ein Signal von 0,02 Extinktion liefert. Diese Konzentration wird als kleinster Kalibrationsstandard genutzt, und darauf aufbauend eine Kalibration von 5 Konzentrationsstufen in einem Konzentrationsumfang von 1,5 Zehnerpotenzen aufgenommen. Die Konzentrationslösungen werden jeweils dreimal vermessen, die Analysenlösung fünfmal. Anhand des Extinktionswertes (Mittelwert) der Probe und der Kalibrationskurve wird der Elementgehalt in der Probe ermittelt. Es wird geprüft, in welchem Konzentrationsbereich eine lineare Regression möglich ist. Diese wird zur Bestimmung der Empfindlichkeit und des

Blindwertes durchgeführt. Mit der inversen Analysenfunktion wird das Ergebnis berechnet. Es wird sowohl die Verfahrens-standardabweichung als auch die Standardabweichung des Analysenergebnisses ermittelt.

Als weiteres Kalibrationsverfahren wird eine Standardadditionsmethode (**interne Kalibration**) durchgeführt. Diese Kalibrationsart ist dann von Nutzen, wenn die chemische Zusammensetzung der zu vermessenden Probe nicht mehr durch die Zusammensetzung der verwendeten externen Standards repräsentiert wird, d.h. die Probenmatrix erheblich von der Standardmatrix (meist Analyt + Säure) abweicht und sich die aufwendige Erarbeitung eines angepaßten Analysenverfahrens nicht lohnt (z.B. zu geringe Probenzahl). Durch die Matrixgegenwart kann das Analytsignal relativ zur matrixfreien Lösung erhöht oder gesenkt werden. Weiterhin kann sich auch ein Untergrundsignal ergeben. Die Folge ist ein systematischer Fehler der Konzentrationsbestimmung. Da solche Matrixeffekte nicht auf die Atomspektroskopie beschränkt sind, ist das Kalibrationsverfahren durch Addition ein grundlegendes analytisch-methodisches Meßprinzip aller Relativmethoden.

Ursachen der Matrixeffekte:

Wenn man sich eine Übersicht über mögliche Matrixeffekte in einem Analysenverfahren verschaffen will, muß man die einzelnen zum Gesamtprozeß gehörenden Vorgänge genau betrachten und bewerten. In der Flammen-AAS sind dies:

Zerstäubung  
Verdampfung  
Atomisierung  
(Ionisation).

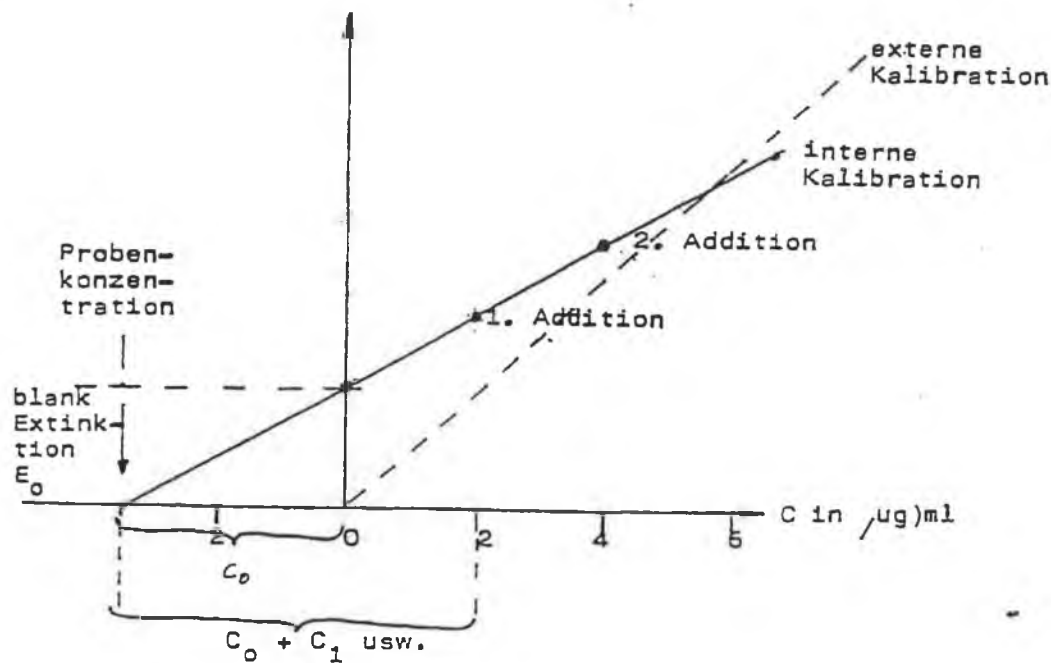
In der Flammen-AAS können Matrixeffekte bereits durch veränderte Zerstäubung (wird verursacht durch veränderte Viskosität, Oberflächenspannung und Dichte der Lösung, durch z.B. erhöhten Gesamtsalzgehalt) auftreten. Die Verdampfung und Atomisierung des Analyten in der nur etwa 2000°C heißen Flamme wird meist durch die Gegenwart der anorganischen Matrix behindert. Nur bei sehr leicht ionisierbaren Elementen (z.B. K, Rb, Cs) muß noch die Beeinflussung des Ionisationsgrades des Analyten durch die Matrix als möglicher Matrixeffekt untersucht werden. Beeinflussung der Verdampfung und Atomisierung faßt man als chemische Matrixeffekte zusammen.

Ein erstes Hilfsmittel für die Ausschaltung der Matrixeffekte besteht in der Anwendung der Standardadditionsmethode.

Zur Durchführung der Analyse werden der Probelösung vier gleiche Volumenteile entnommen. Der erste Teil wird mit Lösungsmittel (verdünnte HNO<sub>3</sub>) auf ein bestimmtes Volumen aufgefüllt. Die Verdünnung ist so zu wählen, daß ca. 0,05 Extinktion erreicht werden (Orientierung: Probenkonzentration aus externer Kalibrierung). Die beiden anderen Teile werden mit geeigneten steigenden Volumina der Analyt-Standard-Lösung versetzt und auf das gleiche Volumen aufgefüllt. Für jede dieser Lösungen wird dreimal die Extinktion bestimmt (günstig sind:  $E_0 : E_1 : E_2 : E_3 \approx 1 : 2 : 4 : 6$ ).

Die Auswertung erfolgt graphisch (Abb. 1). Die Probenkonzentration wird durch Extrapolation der Kalibrationsfunktion auf die Abszisse erhalten. Zum Vergleich ist eine mögliche Kalibrationsgerade für das externe Kalibrationsverfahren in der folgenden Abbildung dargestellt.

Abb. 1: Kalibrationsfunktionen für externe und interne Kalibration



Die durch das Kalibrationsverfahren (externe Kalibration) und Standardadditionsverfahren (interne Kalibration) erhaltenen Konzentrationswerte werden wahrscheinlich voneinander abweichen. Welcher Wert ist richtig? Nach den Darlegungen zum Matrixeffekt sollte der Wert der internen Kalibrierung dem wahren Wert näher kommen. Dies gilt jedoch nur dann, wenn der Meßwert der nicht dotierten Analysenprobe ausschließlich auf das zu bestimmende Element und nicht auf einen unspezifischen Blindwert zurückgeht.

Zur Untersuchung der Matrixeffekte wird die Abhängigkeit des Analytsignales von der Matrixkonzentration festgestellt. Dafür wird eine bereitgestellte Lösung benutzt, die die Matrixelemente (Ca, Mg) in für Realproben typischen Konzentrationen enthält. Mit Hilfe der Standardlösung des Elementes wird durch Verdünnen mit verd.  $\text{HNO}_3$  eine Lösung hergestellt, die etwa eine Extinktion von 0,3 liefert. Dieser Lösung werden vier Volumenteile entnommen. Diese werden mit steigender Menge Matrixlösung versetzt und alle Lösungen auf das gleiche Volumen aufgefüllt. Die Konzentrationswerte der Matrix sollen über mehrere Zehnerpotenzen verteilt sein und bis über die realen Konzentrationswerte, die sich durch die Analysenprobe ergeben, hinausreichen. Die Messung der Lösungen erfolgt in Reihenfolge steigender Matrixkonzentrationen.

Die Auswertung dieses Versuchsteiles erfolgt durch grafische Darstellung der Extinktionswerte (Mittelwerte) in Abhängigkeit steigender Matrixkonzentration (z.B. auf Ca-Konzentration bezogen). Die Ergebnisse werden diskutiert.

# Atomspektroskopie - Elektrothermische Verdampfung in der ETA-AAS

## 1. Einführung

Für die extreme Spurenbestimmung hat in den letzten 20 Jahren die AAS mit elektrothermischer Atomisierung (ETA-AAS) sehr große Verbreitung gefunden. Neben einem ausgezeichneten Nachweisvermögen benötigt diese Methode nur Probemengen zwischen 0.01 und 0.1 mL, so daß sie für die Mikroanalyse eingesetzt werden kann.

## 2. Theoretische Grundlagen

Alle theoretischen Grundlagen, die zur Atomabsorption im obligatorischen Versuch (Atomabsorption mit Atomisierung in Flammen) gemacht worden sind, behalten ihre volle Gültigkeit, d.h. es werden Plasmen mit relativ niedrigen Temperaturen (2000-3000°C) verwendet, damit sich die Mehrzahl der erzeugten freien Atome im Grundzustand befindet. Als Lichtquellen werden Hohlkathodenlampen zur Anwendung gebracht, deren emittierte Spektrallinien eine geringe Halbwertsbreite besitzen und somit die Messung der Absorption im Zentrum der Absorptionsspektrallinie (Halbwertsbreite  $10^{-2}$  nm) d.h. an der Stelle der maximalen Absorption ermöglichen.

Unterschiedlich gegenüber der Flammen-AAS verhält sich die Erzeugung der freien Atome nach folgendem Prinzip: Die Probelösung wird in ein Graphitrohr mit einer Mikropipette (bzw. Mikropipettiereinrichtung) dosiert. Es kann ein Programm erstellt werden, mit dem über ein entsprechendes Vorschaltgerät das Graphitrohr durch Widerstandserhitzung (0-10 V; 0-1000 A) aufgeheizt werden kann (bis 3000°C).

In der ersten Phase (Trocknung) wird die zugegebene Lösung innerhalb von 15-60s bei 80-120°C (entsprechend geringem Stromfluß) getrocknet.

In der zweiten Phase (Veraschung) wird der Rückstand innerhalb von 10-20 s bei 500-2000°C thermisch überarbeitet. Es erfolgt dabei z.B. die Verdampfung organischer Reste und leicht verdampfbarer organischer Matrices.

In der dritten Phase (Atomisierung) wird durch möglichst blitzartige Erwärmung (ca. 2-3 s) auf 2000-3000°C die gesamte Substanz im Inneren des Graphitrohres atomisiert.

Zum Schutz wird das Rohr mit Argon umspült. Die erzeugten freien Atome verbleiben nur eine bestimmte Zeit im Inneren der Graphitrohrküvette. Durch Konvektion und Diffusion verschwinden die Atome.

Somit wird die Absorption als Funktion der Zeit gemessen (transientes Signal). Die Proportionalität zur Konzentration ist durch zwei Werte gegeben:

1. die Peakhöhe, gemessen als Extinktion
2. die Peakfläche, gemessen als Extinktion  $\times$  s.

Von diesen beiden Signalen ist das zweite reproduzierbarer, das erste manchmal das Empfindlichere.

Wie im obligatorischen Versuch bereits festgestellt wurde, spielen auch bei dieser Methode die Matrixeffekte, die durch Beeinflussung der Verdampfung und Dissoziation hervorgerufen werden, eine große Rolle.

Es kommt dabei sowohl zur Veränderung des Signals durch eine veränderte Atombildung als auch zur Veränderung des Untergrundes durch starke Lichtstreuung (Partikel im Graphitrohr) und starke Molekülabsorption (hohe Teilchenkonzentration im Graphitrohr).

Durch Optimierung der thermischen, chemischen und Gasbedingungen und durch Anwendung effektiver Untergrundkompensationstechniken bemüht man sich, die Störungen zu minimieren.

Folgende Richtlinien für die thermische Optimierung können gegeben werden:

- Trocknungsphase: geringe Temperaturen, um eine gleichmäßige Trocknung zu ermöglichen
- Veraschungsphase: Temperatur so hoch wie möglich: Begleitsubstanzen sollen abgetrennt werden, Spuren dürfen sich noch nicht verflüchtigen
- Atomisierungsphase: Aufheizungsgeschwindigkeit so hoch wie möglich, denn es ergeben sich maximale Atomkonzentrationen.  
Endtemperatur so niedrig wie möglich, so wird das Rohr geschont.
- Gasbedingungen: Gasstop in der Atomisierungsphase zur Verminderung der Konvektion.

Die chemischen Bedingungen können durch chemische Matrixmodifizierungen verändert werden. Man setzt Stoffe zu, die z.B. die Verdampfung der Matrix erleichtern, damit störende Matrixbestandteile abgetrennt werden können. Zum Beispiel kann  $\text{Cl}^-$  durch  $\text{MCl}$ -Molekülbildung stören (Analytik von Meerwasser). Man setzt  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  zur Probe zu und entfernt in der Veraschungsphase das  $\text{Cl}^-$  als leicht flüchtiges  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . In umgekehrter Weise kann man auch die thermische Stabilität des Analyten durch Zugabe von Substanzen erhöhen: z.B.  $\text{Se} + \text{Ni} \rightarrow \text{NiSe}$  (thermisch stabil). Zur Abtrennung von Matrixbestandteilen aus einer Probe, in der das leichtflüchtige Se bestimmt werden soll, können durch diese Stabilisierung höhere Temperaturen verwendet werden.

### 3. Apparative Grundlagen

#### 3.1 Allgemeines

Die im Grundversuch „Flammen-AAS“ gemachten Ausführungen haben weiterhin volle Gültigkeit. <sup>Implementieren</sup> Zusätzlich zu den dort angegebenen Gesichtspunkten <sup>point of view angle</sup> müssen zwei neue apparative Baugruppen betrachtet werden:

- 1.) Elektrothermische Atomisation im Graphitrohr
- 2.) Untergrundkompensationseinrichtung

Es wird das Gerät 4100 ZL, Fa. Perkin-Elmer verwendet.

#### 3.2. Elektrothermischer Atomisator

Der elektrothermische Atomisator <sup>replaced</sup> ersetzt die Flamme (siehe Grundversuch).

Im <sup>prevalent</sup> überwiegenden Maße werden Graphitrohre verwendet. Diese Graphitrohre haben i.a. folgende Dimensionen: Länge 40-20 mm, Innendurchmesser 3-10 mm.

Diese Rohre werden aus reinstem Elektrographit hergestellt und können zur Verminderung der Porosität mit Graphit <sup>coated</sup> pyro beschichtet werden. Zum Schutz vor dem Sauerstoff der Luft werden die Rohre mit Argon <sup>flushed</sup> umspült. Die Aufheizung des Rohres erfolgt durch direkten Stromfluß (elektrische Widerstandsaufheizung). Das Rohr soll eine möglichst konstante Temperatur über die Länge haben. Aufgrund der hohen Temperaturen ist eine Kühlung

erforderlich. Dazu ist die Metallhalterung des Graphitrohres <sup>cooled</sup> wassergekühlt. Aufgrund dieser Kühlung an den Enden des Rohres kann eine <sup>regular</sup> gleichmäßige Temperaturverteilung im Rohr nicht ideal <sup>realized</sup> verwirklicht werden. Eine Weiterentwicklung bilden die <sup>cross heat</sup> querbeheizten Graphitrohre mit Endkappen. Bei dieser <sup>Arrangement</sup> Anordnung ist eine gleichmäßige Temperaturverteilung gegeben.

### 3.3 Untergrundkompensation

Die Kompensation des unspezifischen Untergrundes kann auf unterschiedlichem Wege erfolgen. Gebräuchliche Methoden sind hierbei die Zeemann-Untergrundkompensation durch Anwendung von Magnetfeldern und die Zweiliniemethode mit Kontinuumslichtquellen (Deuteriumlampe). Beim hier verwendeten 4100 ZL wird mit einer Zeemann-Untergrundkompensation gearbeitet.

### 3.4. Vorteile und Nachteile

Vorteile: absolute Nachweisgrenze im pg-Bereich  
relative Nachweisgrenze im ng/mL Bereich (100-1000 mal empfindlicher als  
Flammen-AAS)  
Mikrovolumina können dosiert werden.

Nachteile: viele chemische Matrixeffekte auf Verdampfung und Dissoziation.

## 4. Versuchsbeschreibung

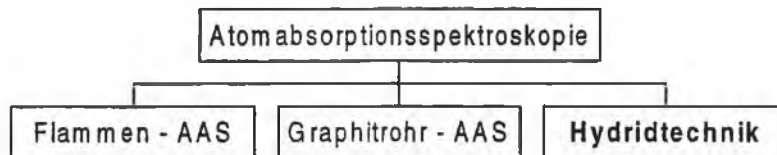
Die Detailbeschreibung des Spektrometers wird vom Betreuer vorgenommen.

Messung der Probe, Verfahrenseichung und Auswertung:

Die in den Probelösungen zu bestimmenden Elemente werden vom Betreuer festgelegt. In Abhängigkeit von diesen Elementen werden die apparativen Parameter ausgewählt. Die Spektren der Analysenlösungen sind zusammen mit den Spektren der Kalibrationsstandards aufzunehmen. In der resultierenden Kalibrationsgerade ist die Probenlösung quantitativ zu bestimmen. Die Nachweisgrenzen und die RSD-Werte sind zu berechnen.

# Atomabsorptionsspektroskopie - Die Hydridtechnik als Methode zur Bestimmung von hydridbildenden Elementen in der AAS

## 1. Theoretische Grundlagen:



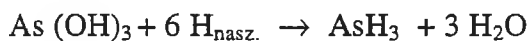
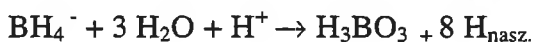
Die in diesem Praktikumsversuch gewählte Form der Atomabsorptionsspektroskopie dient zur Bestimmung einer kleinen Gruppe von Elementen der IV., V. und VI. Hauptgruppe des Periodensystems, die gasförmige Hydride bilden.

Die Hydrierzeugung folgender Elemente ist möglich:

As, Sb, Bi, Te, Pb, Sn, Se.

Der Vorteil dieser Verflüchtigung liegt ganz klar in einer effektiven chemischen Spur/Matrix-Trennung und in der Anreicherung der zu bestimmenden Elemente und der damit verbundenen Reduzierung oder dem völligen Ausschalten von möglichen Störeinflüssen.

Eine flüssige saure Probe wird mit einem Reduktionsmittel, in diesem Fall mit  $\text{NaBH}_4$  in einem speziell geformten Probengefäß, dem Gas-Flüssigkeits-Separator zusammengebracht.



Das während einer definierten Reaktionszeit entstehende Hydrid des jeweiligen Elementes wird im Argon-Trägergasstrom auf eine mit Iridium präparierte, pyrolytisch beschichtete Graphitplattform gebracht und nach Durchlaufen eines Ofentemperaturprogrammes bei der dem Element entsprechenden Wellenlänge detektiert.

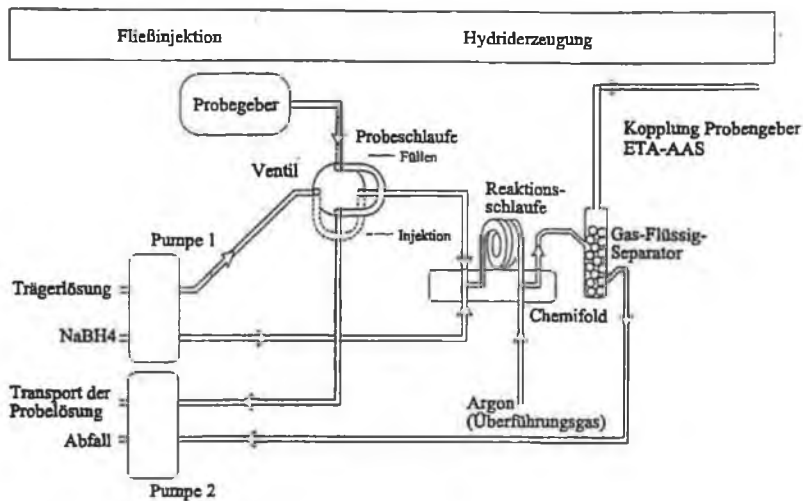
## 2. Apparativer Aufbau:

Die in diesem Praktikumsversuch durchzuführenden Messungen erfolgen am AAS 4100 der Firma Perkin-Elmer.

Dieses Grundgerät ist mit einem Fließinjektionssystem FIAS 200, über ein Interface gekoppelt.

Weitere Zusatzgeräte sind ein automatischer Probengeber AS 90 sowie ein EDL (elektrodenlose Entladungslampen)- Vorschaltgerät, welches die Regelung einer stabilen Lampenenergie ermöglicht.

Den schematischen apparativen Aufbau zeigt folgende Abbildung:



### 3. Probenvorbereitung:

Folgende Tabelle soll für die Elemente As, Se und Hg die unterschiedlichen Schritte zur Vorbereitung der eigentlichen Messung zeigen.

Schritte	As	Se	Hg
Reduktion der Kalibrationsstandards und Proben	x ml Probe(max.2)+ 1 ml 5% KJ/Asc.sre+ 1 ml 30% HCl <sub>supr.</sub> <b>30 min. Raumtemp.</b>  Auffüllen auf 10 ml (mit H <sub>2</sub> O <sub>tri.</sub> )	x ml Probe(max.2)+ 1 ml H <sub>2</sub> O <sub>tri.</sub> + 1 ml HCl <sub>supr.</sub> <b>30 min. 80°C</b> (Thermostat) Auffüllen auf 10 ml (mit 1M HCl <sub>supr.</sub> )	nein
Konz. des NaBH <sub>4</sub>	0,2%	0,2%	0,02%
Konz. des HCl	1M	1M	1M
Argongasstrom	geregelt auf 4%	geregelt auf 4%	geregelt auf 4%

### 4. Meßbedingungen und Geräteparameter:

Für alle drei Elemente wurde ein mit Iridium (c=1mg/ml) präpariertes Graphitrohr verwendet. Das Iridium wirkt in diesem Fall als Modifier, um die Hydride auf der Graphitoberfläche zu fixieren. Eine Freisetzung der so gebundenen Hydride erfolgt thermisch während des Atomisierungsprozesses.

Die Geräteparameter sind folgender Tabelle zu entnehmen.

Geräteparameter	As	Se	Hg
Wellenlänge	193,7nm	196nm	253,7nm
spektrale Spaltbreite	2,0nm low	2,0nm low	2,0nm low
Zeeman- Untergr.-korrektur	ja	ja	ja
Signaltyp	Peakfläche	Peakfläche	Peakfläche
Probenschleife	2ml	2ml	2ml
Read Time	3,0	3,0	3,0
Read Delay	1,0	1,0	0,0
Boc Time	2,0	2,0	2,0
FIAS Programm	siehe Programm	siehe Programm	siehe Programm
Furnace Programm	siehe Programm	siehe Programm	siehe Programm
Injektionstemp.	200°C	100°C	20°C



## 5. Durchführung der Messungen am AAS 4100 ZL:

Vor dem Analysieren der Proben ist eine Kalibration durchzuführen.

Dazu wird eine Stammlösung des jeweiligen Elementes (Fa. Merck) in mehreren Stufen mit 1M HCl verdünnt, bis daraus die Kalibrationsstandards hergestellt werden können.

### Kalibrationsdaten:

	As	Se	Hg
Kalibrationstyp	linear	linear	linear
Kalibrationsstandards:	0.1 / 0.2 / 0.5 / 1.0 mg/ml	0.1 / 0.2 / 0.5 / 1.0 / 2.0 mg/ml	0.5 / 1.0 / 2.0 / 5.0 mg/ml
Anstieg	0.1183	0.078	
Korrelationsk.	0.99981	0.99966	
Nachweisgrenze	0.005 mg/ml	0.025mg/ml	

Nach erfolgreicher Kalibration, die Regressionsgerade wird über eine entsprechende Software vom Gerät selbst erstellt, wird die Richtigkeit der Methode mittels Messungen von Standardreferenzmaterialien geprüft.

Standardreferenzmaterialien sind Zertifikate mit definierten Gehalten, die in einem angegebenen Fehlerintervall schwanken dürfen.

Man wählt diese zertifizierten Proben nach der Art der Matrix und den Gehalten des jeweiligen Elementes aus, um den Bedingungen der Realproben so nahe wie möglich zu kommen.

Folgende Standardreferenzmaterialien, mit den in der folgenden Tabelle angegebenen Zertifikaten werden bestimmt:

	As	Se	Hg
NIST 1643C	82.1± 1.2 ng/ml	12.7± 0.7 ng/ml	-
NIST 1641C	-	-	1.47± 0.04 ng/ml
Pine Needles	0.21± 0.04mg/kg	-	0.15± 0.05mg/kg
Apple Leaves	0.038 ± 0.007 mg/kg	0.05 ± 0.009 mg/kg	0.044 ± 0.004 mg/kg

Abschließend sind die erhaltenen Ergebnisse zu interpretieren und zu dokumentieren.

# RÖNTGENFLUORESZENZANALYSE (RFA)

## 1. Einleitung

In zunehmendem Maße wird die RFA neben anderen Analyseverfahren für Forschungszwecke und zur laufenden Produktionskontrolle eingesetzt.

Dieses Verfahren ist ausgezeichnet geeignet, qualitative und quantitative Analysen durchzuführen, da diese zerstörungsfrei und weitgehend unabhängig von der chemischen Bindung in der Probe erfolgen. Die Untersuchung kann an flüssigen, pulverisierten oder massiven festen Proben durchgeführt werden. Die RFA hat heute einen festen Anwendungsbereich bei der Analyse von Stahl, von Speziallegierungen in der Leichtmetallindustrie, in der Zement- und Gesteinschemie, bei der Analyse von Reaktormetallen und -brennstoffen sowie von Erdölprodukten.

## 2. Theoretische Grundlagen

### 2.1. Röntgenstrahlen und RFA

Beim Beschuss von Atomen mit energiereichen Photonen- (Röntgenstrahlen) oder Teilchenstrahlen (Elektronen, Ionen) können Elektronen aus inneren Schalen der Elektronenhülle der Atome herausgeschlagen werden. Eine solche Vakanz in einer inneren Schale wird jedoch sehr schnell durch Elektronen von energetisch höher liegenden Niveaus aufgefüllt. Dabei wird ein Photon der Wellenlänge  $\lambda = c/v$  emittiert, dessen Energie  $h\nu$  gleich der Bindungsenergie differenz zwischen den beteiligten Elektronenniveaus ist. Da eine Vakanz, etwa in der K-Schale, unter Beachtung der quantenmechanischen Auswahlregeln von vielen darüber liegenden Niveaus her aufgefüllt werden kann, kommt es zur Herausbildung von Serien solcher Röntgenemissionslinien (K-Serie, L-Serie usw.). Die Röntgenübergänge werden im einfachsten Fall durch den Namen der Serie und einen nachfolgenden griechischen Buchstaben bezeichnet. Beispielsweise kennzeichnet  $\alpha$  die Auffüllung einer Vakanz aus der folgenden Schale. Die Abbildung 1 gibt einen Überblick über erlaubte Röntgenübergänge und deren Bezeichnung. Es gelten Dipolauswahlregeln:  $\Delta l = 1, \Delta j = 0, 1$ . Die auf die beschriebene Weise erzeugten Linienspektren sind charakteristisch für die jeweiligen Elemente. Voraussetzung für die Anregung dieser charakteristischen Röntgenstrahlung ist, daß die Anregungsenergie zum Entfernen der Elektronen aus den inneren Schalen der Elektronenhülle ausreicht, d.h. daß sie energetisch über dem Wert der entsprechenden Absorptionskanten liegt.

Bei der Anregung über energiereiche Teilchenstrahlen, insbesondere Elektronen, tritt noch ein weiterer Mechanismus auf, der zur Entstehung der Röntgenbremsstrahlung führt. Die eingeschossenen schnellen Elektronen werden als Folge verschiedener Wechselwirkungen im Material abgebremst und senden deshalb entsprechend den Gesetzen der Elektrodynamik ein kontinuierliches Röntgenspektrum aus. Die Maximalenergie dieses Bremsstrahlungsspektrums ergibt sich nach der Duane-Huntschen Beziehung  $h\nu = eU_B$  ( $e$ -Elementarladung,  $U_B$ -Beschleunigungsspannung für die Elektronen) direkt aus den Anregungsbedingungen und ist somit unabhängig vom Material.

Für die RFA nutzt man zur Anregung der Proben Röntgenstrahlung, die in einer Röntgenröhre durch Beschuss einer Metallanode (W, Mo, Rh) mit hochbeschleunigten Elektronen erzeugt werden. Das Spektrum dieser Primärstrahlung setzt sich zusammen aus dem Röntgenbremspektrum und dem charakteristischen Spektrum des Anodenmaterials. Entsprechend den oben dargelegten Zusammenhängen wird damit von der Probe nur noch

Compositen

Diese Übergangswahrscheinlichkeiten ändern wenig mit der Ordnungszahl der Elemente. So beträgt die relative Stärke innerhalb der  $K$ -Serie  $K_{\alpha_1}:K_{\alpha_2}:K_{\beta_1} \approx 4:2:1$  und innerhalb der  $L$ -Serie  $L_{\alpha_1}:L_{\alpha_2}:L_{\beta_1}:L_{\beta_2}:L_{\beta_3} \approx 10:1:6:2:1$ .

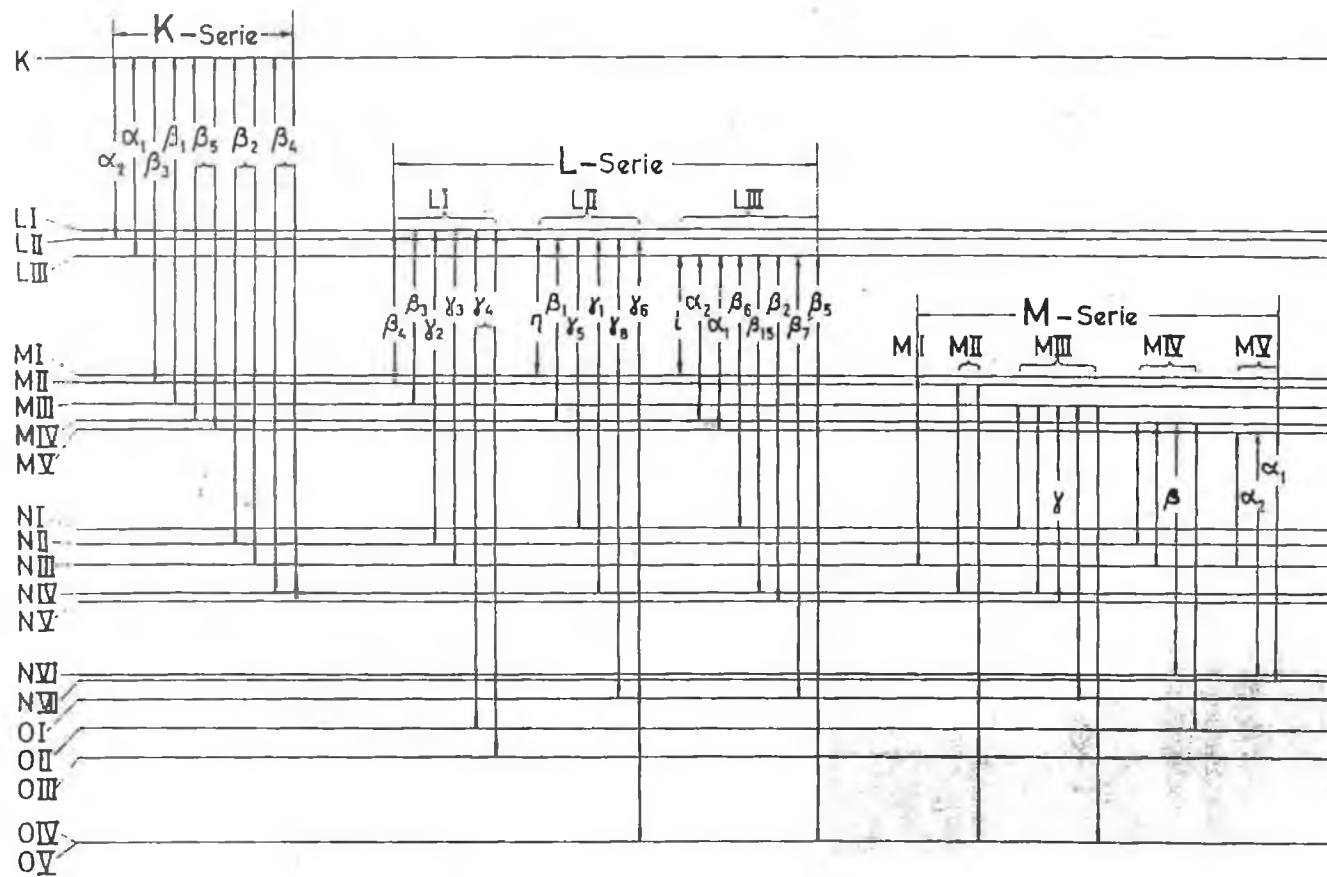


Bild 7

Niveauschema. Die Elektronenübergänge, welche häufig auftretenden Linien entsprechen, sind durch Pfeile veranschaulicht.  $K$ -,  $L$ -,  $M$ -Serie von Uran. (Nach RICHTMYER u. KENNARD, 1942).

t4

deren charakteristisches Röntgenspektrum emittiert. Diese Strahlung heißt sekundäre oder Fluoreszenzstrahlung.

Bei der methodisch eng <sup>related</sup> verwandten Elektronenstrahlmikroanalyse (ESMA) <sup>irradiate</sup> bestrahlt man die Probe direkt mit Elektronen. Die Probe emittiert dann ein Röntgenspektrum, <sup>überlagerung</sup> das sich aus ihrem charakteristischen Spektrum und der überlagerten Bremsstrahlung zusammensetzt. Dem Nachteil des schlechteren Verhältnisses Signal/Untergrund gegenüber der RFA und der damit etwas <sup>decreasing</sup> verringerten <sup>sensitivity</sup> Empfindlichkeit steht der aus der <sup>opposite</sup> Fokussierbarkeit der Elektronenstrahlen resultierende Vorteil der lokalen Analyse (Bereiche von  $\mu\text{m}$  und geringer) gegenüber.

## 2.2 Qualitative Analysen mit RFA

Der für die qualitative Analyse <sup>essential</sup> wesentliche <sup>connection</sup> Zusammenhang zwischen Ordnungszahl und Wellenlänge der emittierten Röntgenstrahlen ist durch das Moseleysche Gesetz <sup>Atomic no</sup> gegeben:

$$1/\lambda = k(Z-\sigma)^2 \quad (1)$$

mit: Z - Ordnungszahl  
k - von der Spektralserie abhängige Konstante  
 $\sigma$  - Abschirmkonstante

$$\frac{1}{\lambda} = k(Z - \sigma)^2$$

Das von der untersuchten Probe <sup>emit</sup> ausgesendete Fluoreszenzspektrum wird durch <sup>bedingt/diffraktion</sup> Beugung an den Netzebenen eines Analysatorkristalls nach verschiedenen Wellenlängen  $\lambda$  zerlegt. Die <sup>decomp</sup> Verknüpfung von  $\lambda$  und der Meßgröße, dem Wert  $2\theta$  für den doppelten Glanzwinkel, <sup>fundamental equation</sup> basiert <sup>diffraction</sup> auf der <sup>based</sup> grundlegenden Gleichung für die Beugung von Röntgenstrahlen an Kristallen nach Bragg:

$$n\lambda = 2d \sin\theta \quad (2)$$

mit: d - Abstand der Netzebenen, an denen die Beugung stattfindet  
 $\theta$  - Glanz- oder Bragg-Winkel (zwischen Netzebenen und einfallendem Strahl)  
n - Beugungsordnung

## 2.3 Quantitative Aussagen

Der quantitativen Analyse liegt der Zusammenhang zwischen den mit dem Detektor gemessenen Intensitäten und den Konzentrationen der Elemente zugrunde. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß die Intensität auch durch die Zusammensetzung der Probe verändert wird, <sup>as well as</sup> sowie von <sup>equivalent</sup> geräteechnischen Größen abhängt. Im <sup>in particular</sup> einzelnen wird darauf bei der Diskussion verschiedener Auswerteverfahren in der Beschreibung des Versuchsablaufes <sup>deal with</sup> eingegangen. <sup>show an interest</sup> Bei Spezialanalysen und laufenden Produktionskontrollen können, in Abhängigkeit vom zu untersuchenden Element und der Matrix, <sup>concentration</sup> Gehalte im Bereich von 1 ppm bis zu 100% bestimmt werden. Für die Spurenbestimmung ist das System „schweres Element in leichter Matrix“ besonders günstig.

## 3. Apparative Grundlagen

### 3.1. Charakterisierung der Geräte

Für die RFA werden sowohl Sequenz- als auch Simultangeräte <sup>applied</sup> verwendet. Ein Sequenzgerät besteht aus einem Meßkanal, so daß die verschiedenen Fluoreszenzlinien <sup>angle adjustment</sup> nacheinander gemessen werden. Meß- und Zählbedingungen sind für jede Winkeleinstellung <sup>changeable</sup> frei wählbar. Die totale Dauer der Probenmessung ergibt sich aus der Summe der Meßzeiten für die <sup>such</sup> einzelnen Linien. Ein derartiges Gerät ist das im Praktikum eingesetzte VRA-20. <sup>particular</sup>

Simultan- oder Mehrkanalgeräte besitzen mehrere Meßkanäle, die sich um die zentral gelagerte Probe gruppieren. Jeder Meßkanal hat einen eigenen Analysatorkristall und ein eigenes Zählrohr. Die Zählbedingungen sind für jeden Kanal frei wählbar. Die totale Meßdauer richtet sich nach der Messzeit für die schwächste Linie.

Die quantitative und qualitative RFA ist auch mit Geräten ohne Analysatorkristall möglich, wenn ein Halbleiterdetektor (meist Si(Li), Ge(Li) oder High Purity Germanium: HPGe) eingesetzt wird und die Röntgenstrahlung energiedispersiv gemessen wird (EDRFA oder EDAX). Mit Hilfe einer speziellen Elektronik und eines Vielkanalanalysators werden die aufbereiteten Impulse ihrer Amplitude nach geordnet und kontinuierlich gespeichert. Jede Kanalnummer des Vielkanalanalysators entspricht einem bestimmten Energiebereich der Fluoreszenzstrahlung, ihre jeweilige Intensität kann durch Linienintegration bestimmt werden. Die Steuerung und Auswertung der Daten erfolgt mit einem PC.

Für mobile Spektrometer (z. B. für den Einsatz in der Geologie, Marsmobil!) werden anstelle der Röntgenröhre radioaktive Isotope für die Erzeugung der Primärstrahlung eingesetzt.

### 3.2 Aufbau des Gerätes VRA-20

Das im Betrieb „Freiberger Präzisionsmechanik“ gebaute Gerät VRA-20 ist zur qualitativen und quantitativen Analyse der Elemente mit einer Ordnungszahl  $\geq 9$  geeignet.

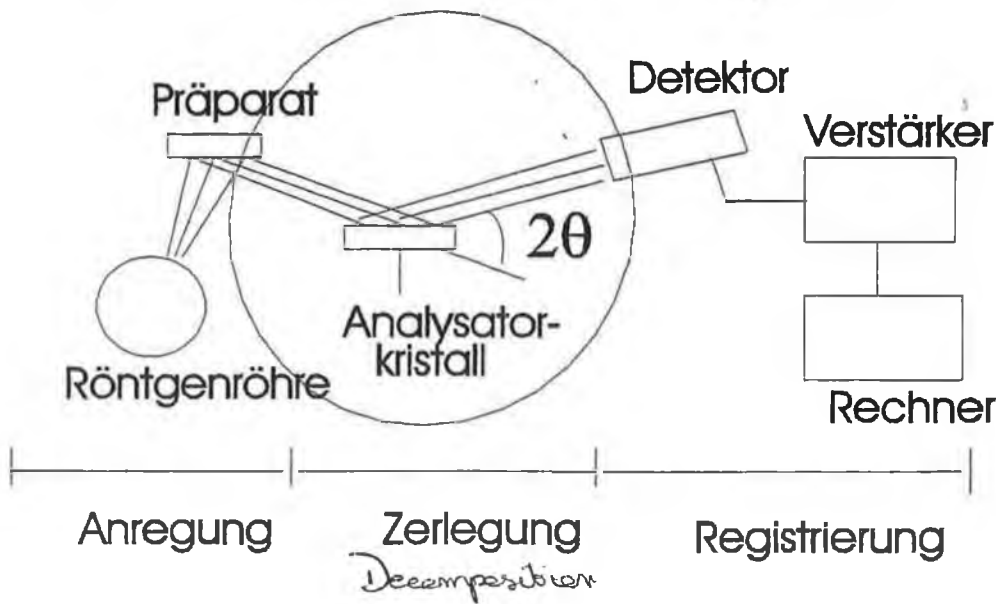


Abb. 2: Prinzipskizze eines wellenlängendispersiven RFA-Gerätes

Die primäre Strahlung einer Röntgenröhre trifft auf die Probe und erregt die Fluoreszenzstrahlung, die einen Kollimator durchquert und am Analysatorkristall gebeugt wird (Bragg-Reflexion). Nachdem diese Strahlung einen zweiten Kollimator passiert hat, wird sie mit dem Detektor registriert. In die Spektrometerkammer ragt das Strahlenaustrittsfenster der Röntgenröhre so hinein, daß die auf einem Probenteller in Meßposition befindliche Probe bestrahlt wird. Weiterhin sind in der Spektrometerkammer der Kollimatorwechsler, der Kristallwechsler sowie der Durchflußzähler enthalten, dahinter, aber außerhalb der Kammer, befindet sich der Szintillationszähler. Der jeweils gewählte Kristall und die Detektoren sind um eine gemeinsame Achse drehbar. Die Detektoren laufen bei einer Messung im Vergleich zum Kristall mit doppelter Winkelgeschwindigkeit. Das Spektrometer kann in einem Bereich  $6^\circ < 2\theta < 148^\circ$  messen.

Als Primärstrahlungsquellen können kommerzielle, abgeschmolzene Röntgenröhren mit Wolfram-(z. Zt. montiert), Rhodium-, Molybdän- oder Chromanode eingesetzt werden. Der Hochspannungsgenerator liefert die Röhrenspannung (bis 75 kV) und den Röhrenstrom (bis 70 mA), beide stabilisiert bis auf 0,03 %. Die jeweils möglichen Maximalwerte hängen von der eingesetzten Röntgenröhre ab und sind am Steuerteil des Generators vermerkt.

Die Probenküvetten sind für feste bzw. flüssige Proben (im Praktikum meist Presslinge) geeignet. Diese werden außen in den Probenwechsler eingesetzt, auf dem Probenteller abgesetzt und anschließend intern in die Meßposition geschwenkt.

Die eingesetzten Kollimatoren bestehen aus längeren parallelen Lamellen mit jeweils unterschiedlichem Abstand und dienen dazu, die Richtung der Fluoreszenzstrahlung genau festzulegen. Die hierdurch festgelegte Strahlungsdivergenz ( $0,15^\circ$ ,  $0,4^\circ$  bzw.  $0,7^\circ$ ) ermöglicht es, zwischen höherer Auflösung bzw. Intensität zu wählen.

Auf dem Kristallwechsler befinden sich unterschiedliche Analysatorkristalle, die von außen in den Strahlengang gedreht werden können. Der LiF (200)-Kristall erlaubt es, die Elemente, schwerer als Kalium zu untersuchen. Für Elemente mit kleinerer Ordnungszahl und spezielle analytische Zwecke stehen weitere Kristalle zur Verfügung.

Kristall	$2d/\text{\AA}$	Reflexions- ebene	Bemerkungen/Einsatzbereich ( $\text{\AA}$ )
LiF Lithiumfluorid	2,848	(220)	sehr gutes Auflösungsvermögen/ 0,248-2,72
LiF	4,027	(200)	gebräuchlichster Kristall für Bereich 19 K-92 U/ 0,351-3,84
PET Pentaerythritol	8,742	(002)	für leichte Elemente, beginnend mit Al/ 0,762-8,34
ADP Ammoniumdi- hydrogenphos- phat	10,648	(200)	schwaches Reflexionsvermögen, meist nur für Mg/0,928-10,15
RbAP Rubidiumhydro- genphthalat	26,121	(100)	für leichte Elemente sehr gut geeignet/ 2,28-24,98

Als Detektor dient zum Nachweis der weichen Strahlung bis etwa 4,5 keV ( $\lambda = 2.749 \text{ \AA}$ ) das Proportionaldurchflußzählrohr (PZ). Es befindet sich in der evakuierbaren Spektrometerkammer, so daß auch Strahlung, die an der Luft stark geschwächt würde, registriert werden kann. Zählgas ist eine Mischung aus Argon und 10% Methan. Für die härtere Strahlung  $\lambda \leq 2 \text{ \AA}$  steht der Szintillationszähler zur Verfügung. Da beide Detektoren hintereinander angeordnet sind, können im Übergangsbereich auch beide gleichzeitig zur Strahlungsmessung verwendet werden.

Die Nachweiselektronik dient zur Umformung und Verstärkung der von den Detektoren gelieferten Impulse. Mit Hilfe eines Steuerrechners wird ein gewählter Spektralbereich schrittweise abgetastet und die Intensität digital registriert. Die so gewonnenen Daten müssen dann durch Abspeichern auf eine Diskette gesichert werden. Anschließend kann eine Auswertung hinsichtlich der Peaklagen, des Untergrundes und der jeweiligen Intensitäten mit Hilfe des Rechnerprogrammes vorgenommen werden (Operationen entsprechend der im Menü angebotenen Buchstabencodes).

## 4. Versuchsbeschreibung

### 4.1 Ablauf des Versuches

Nachdem eine Probe über die Schleuse in die Messposition gebracht wurde, werden Hochspannung und Stromstärke der Röntgenröhre eingestellt und die Detektor-Hochspannung überprüft. Anschließend werden die Parameter für die Aufnahme eines Übersichtsspektrums entsprechend des Menüs „Spektrenaufnahme“ am Steuerrechner eingegeben. Dann wird die Messung gestartet.

Bei der Analyse eines Übersichtsspektrums beginnt man zweckmäßig mit der intensivsten Linie. Hat man diesen charakteristischen Übergang identifiziert, ist zunächst nach weiteren Übergängen des betreffenden Elements zu suchen. Eine Möglichkeit besteht hierbei in der Verwendung des beim Versuch zur Verfügung stehenden Tabellenwerkes, welches für eine Anzahl von Kristallen die bestimmten  $2\theta$ -Werten entsprechenden Übergänge enthält. Dabei ist zu beachten, daß es entsprechend der Braggschen Bedingung zu Überlagerungen der Spektren durch höhere Reflexionsordnungen ( $n > 1$ ) kommen kann. Außerdem sei darauf hingewiesen, daß bei konstanter Kollimatoröffnung die Auflösung des Spektrometers mit steigender Reflexionsordnung zunimmt. Es können in erster Ordnung nicht aufgelöste Linien (z. B.  $K\alpha_{1,2}$ -Dublett) in höheren Reflexionsordnungen aufgelöst erscheinen.

Ist die qualitative Zusammensetzung der Probe geklärt, können die Intensitäten der interessierenden Linien (Peakfläche oder -höhe) durch Messungen mit geringerer Schrittweite und ggf. längerer Meßzeit bestimmt werden.

### 4.2 Auswertung der Meßdaten

#### 4.2.1 Reproduzierbarkeit der Intensitätsmessungen

Die Messung der Fluoreszenzintensität ist nur mit einer begrenzten Genauigkeit möglich. Ursachen hierfür sind:

- Zeitliche Schwankungen der Impulsrate als Folge der Impulsstatistik, d.h. die Gesamtzahl der während gleicher Zeitspannen gemessenen Impulse ist in der Regel unterschiedlich, die gemessene Gesamtzahl der Impulse ist mit einem gewissen Fehler behaftet. Als Maß für den Fehler wird die Standardabweichung gewählt die für N gemessene Impulse  $\sqrt{N}$  beträgt (prozentuale Abweichung  $(\sqrt{1/N}) \cdot 100\%$ ).  $\sqrt{N}$
- Beschränkung der Meßgenauigkeit durch kurz- und langfristige Apparatedrift sowie durch apparativ bedingte Ungleichheit von Messung zu Messung. Hierfür sind z. B. verantwortlich: Temperatur- und Druckabhängigkeit der Zählrohrbeute des PZ, Temperaturabhängigkeit der Gitterkonstanten, Schwankungen in der Leistung der Röntgenröhre.

#### 4.2.2 Zusammenhang zwischen Intensität der charakteristischen Röntgenstrahlung und Konzentration der entsprechenden Elemente

Zahlreiche Faktoren verhindern eine lineare Intensitäts-Konzentrationsbeziehung. Die Fluoreszenzintensität eines Elements hängt auch von den Konzentrationen und Eigenschaften der Begleitelemente sowie der Probenpräparation ab (Matrixeffekt):

- Absorption eines Teils der primären Röntgenstrahlung, Schwächung der Fluoreszenzstrahlung (Selbstabsorption).
- Begleitelemente können dann, wenn ihre Fluoreszenzstrahlung kurzwelliger als die Absorptionskante des anzuregenden Elementes ist, dieses zusätzlich anregen (Inter-elementanregung).

$t$  . ~~30~~  $\sqrt{N}$

Ca no. error.

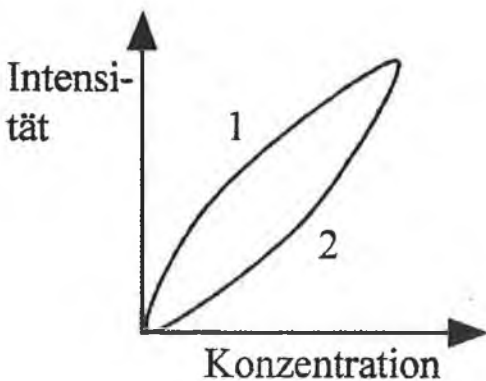


- Um Einflüsse der Probenpräparation konstant zu halten, muß eine homogene Verteilung der Elemente gemäß ihrem globalen Mischungsverhältnis vorliegen, die Probenoberfläche muß glatt sein. Ebenso muß im Falle von Pulvern der Einfluß der Korngröße konstant gehalten werden.
- Um die Wechselwirkung der einzelnen Komponenten untereinander zu verringern, erfolgt gegebenenfalls eine Verdünnung durch das Zumischen einer Puffersubstanz (z.B. Stärke, Zellulose).

#### 4.2.3 Auswahl einiger Auswertemethoden

##### 1.) Zweikomponentengemisch

Der Zusammenhang zwischen der Intensität einer Komponente der zu analysierenden Substanz und der Konzentration wird als Kurve graphisch dargestellt. Der Einfluß des Begleitelements auf die Fluoreszenzintensität äußert sich darin, daß man anstelle einer Geraden eine gekrümmte Kurve erhalten kann.



Eichkurven für die Bestimmung von  $\text{Nb}_2\text{O}_5$

1. Nioboxid im Gemisch mit Titanoxid
2. im Gemisch mit Tantaloxid



##### 2.) Methode des inneren Standards

Diese Methode dient zur Bestimmung des Einflusses der Begleitkomponente auf die Fluoreszenzintensität einer Komponente. Das Verfahren eignet sich besonders gut, wenn in einem Gemisch nur wenige Elemente bestimmt werden sollen. Als Standard wird ein Element in bekannter Konzentration der Analysesubstanz beigemischt, das durch die Begleitkomponenten ähnlich wie das zu bestimmende Element beeinflusst wird. Besonders ist zu beachten, daß die beiden zu messenden Fluoreszenzlinien stets auf der gleichen Seite der Absorptionskanten der verschiedenen Begleitelemente liegen.

Die Konzentration der zu bestimmenden Komponente ist proportional zum Intensitätsverhältnis der beiden Fluoreszenzlinien.

##### 3.) Methode des äußeren Standards

Die Analysesubstanz wird mit einigen bereits gut analysierten Proben ähnlicher Zusammensetzung verglichen. Ausgangspunkt bei der Auswertung ist die Annahme, daß kleine Unterschiede in der Fluoreszenzintensität einer Komponente auf unterschiedliche Gehalte dieser Komponente in der Probe zurückzuführen sind und nicht auf den Einfluß der Begleitelemente. Für die Berechnung wird das Verhältnis der Fluoreszenzintensitäten der Probe und der reinen Substanz verwendet.

### 3.) Andere Methoden

Die Konzentrationsbestimmung in einem Mehrkomponentengemisch ist auch möglich, indem die Probe aufgeschlossen und Verdünnt wird. Dadurch wird die Wechselwirkung zwischen den einzelnen Komponenten herabgesetzt. Die Fluoreszenzintensität in den verdünnten Gemischen ist dann nahezu proportional zur Konzentration der Komponenten.

Die Gehaltsbestimmung eines Mehrkomponentengemischs ist auch durch die Lösung eines mathematischen Gleichungssystems möglich, wodurch die Wechselwirkung zwischen den Komponenten berücksichtigt wird. Diese mathematischen Lösungsansätze sind in modernen Analyseprogrammen implementiert, wobei verschiedene Näherungen eingeführt werden.

In Abhängigkeit von der Analysenaufgabe (notwendige Genauigkeit, Schnelligkeit, Anzahl der zu analysierenden Elemente) werden die Auswertemethoden optimiert.

#### 4.3 Analyse eines Zweikomponentengemisches

In einem Zweikomponentengemisch ist der Anteil an der schwereren Komponente zu bestimmen.

- Das Übersichtsspektrum ist auszuwerten, alle Übergänge sind zu identifizieren und zu bezeichnen.
- Nachdem so die Komponenten des Systems bekannt sind, sind die Fluoreszenzintensitäten der intensivsten Linie des zu analysierenden Elements in den Eichproben auszuwerten, es ist eine Eichkurve zu zeichnen, der Verlauf der Kurve ist zu diskutieren.
- Mit Hilfe der Eichkurve ist der Gehalt an einer Komponente in einem Gemisch unbekannter Konzentration zu bestimmen.

Hinweis:

Die Eichkurve für ein Zweikomponentengemisch läßt sich angenähert durch die sogenannte Regressionsfunktion  $R(c_A) = N_A/N_{A100}$  darstellen. (Sie berücksichtigt den Zusammenhang zwischen anregender polychromatischer Strahlung, austretender monochromatischer Fluoreszenzstrahlung und der dabei vor sich gehender Absorption.)

$$\frac{N_A}{N_{A100}} = \frac{c_A \cdot \text{unknowen}}{c_A + (1 - c_A) \Gamma_{AB}} \quad (3)$$

$c_A$  - Konzentration des Elementes A

$N_A$  - Fluoreszenzintensität für die Komponente A im Gemisch

$N_{A100}$  - Fluoreszenzintensität für die reine Komponente A

$\Gamma_{AB}$  - Regressionskoeffizient (Verhältnis der mittleren kombinierten Massenabsorptionskoeffizienten der Komponenten A und B). Er wird mit Hilfe von Eichproben bestimmt und ist über den gesamten Konzentrationsbereich konstant.

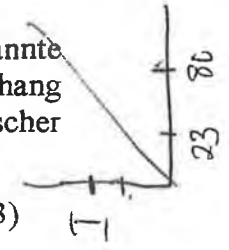
der zu fe.  $\Gamma_{AB} = \frac{c_A \cdot N_{A100} - N_A}{N_A \cdot (1 - c_A)}$  *Handwritten note: "Erreicht" and "N(4)"*

Nun kann  $\Gamma_{AB}$  in (3) eingesetzt und die Eichkurve  $\frac{N_A}{N_{A100}} = f(c)$  konstruiert werden.

#### 4.4 Analyse eines Mehrkomponentensystems

Das Übersichtsspektrum eines Mehrkomponentensystems ist auszuwerten.

- Alle Übergänge sind zu deuten und zu bezeichnen.
- Die Probe ist nach der mit Linien der größten Intensität vorkommenden Komponente nach der Methode des inneren Standards zu analysieren.



### Hinweis:

Zur Bestimmung des gesuchten Gehaltes verwendet man die Formel

$$c_A = c_S \frac{N_A}{N_S} \cdot \frac{k N_{S100}}{N_{A100}} \quad (5)$$

- $c_A, c_S$  -Konzentration von zu bestimmendem Element (A) und Standard (S)  
 $N_A, N_S$  -entsprechende Fluoreszenzintensitäten  
 $N_{A100}, N_{S100}$  -Fluoreszenzintensitäten der reinen Proben A und S  
 $k$  -Konstante, die durch Eichproben bestimmt wird, d. h. für bekannte Werte von  $c_A$  wird aus (3)  $k$  bestimmt, welches dann zur Berechnung der Konzentration in der zu analysierenden Substanz verwendet wird.

### 5. Literatur

- Bloch, M.A. Methoden der Röntgenspektroanalyse, Leipzig 1959  
Müller, R.O. Spektrochemische Analysen mit Röntgenfluoreszenz, München 1967  
Ehrhardt, H. Röntgenfluoreszenzanalyse, Leipzig, 1981  
Hahn-Weinheimer, P., Hirner, A., Weber-Diefenbach, K. Röntgenfluoreszenzanalytische Methoden, Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden, 1995

## Praktikumsversuch

### „Bestimmung von Vitaminen in Multivitaminpräparaten mittels Differentieller Puls-Polarographie“ (DPP)

#### 1. Aufgabenstellung

In einem Multivitaminpräparat sollen die Vitamine Ascorbinsäure, Nicotinamid und Riboflavin quantitativ untersucht werden.

#### 2. Vorbemerkungen

Vitamine sind essentielle Nahrungsbestandteile, die im Stoffwechsel an enzymatischen oder regelnden Funktionen beteiligt sind. Sie werden von Mensch und Tier nicht oder in nicht genügender Menge selbst synthetisiert. Ist ihre Zufuhr über die Nahrung nicht ausreichend, kommt es zu seit langem bekannten Mangelkrankungen /1/. Vitamine gehören zu den weltweit am meisten verwendeten pharmazeutischen Produkten. Sie finden Anwendung als Arzneimittel und in der Lebensmittelindustrie. So werden z.B. Obst-, Frucht- und Gemüsesäfte oftmals mit Vitaminen angereichert. Durch die vielfältigen Anwendungsbereiche wird die Bedeutung der Konzentrationsanalytik dieser Stoffklasse deutlich. Hierfür kommen neben anderen Analysemethoden auch elektrochemische Bestimmungsverfahren wie die Polarographie, Potentiometrie und Coulometrie zum Einsatz. Im Folgenden wird auf die Polarographie näher eingegangen.

#### 3. Theoretische Grundlagen

##### 3.1. Pulstechniken in der Polarographie

Unter Polarographie versteht man Strommessungen in Abhängigkeit von der Spannung (Voltammetrie), wobei die verwendete Arbeitselektrode eine sich ständig oder periodisch erneuernde Elektrodenoberfläche besitzt (Quecksilbertropfelektrode).

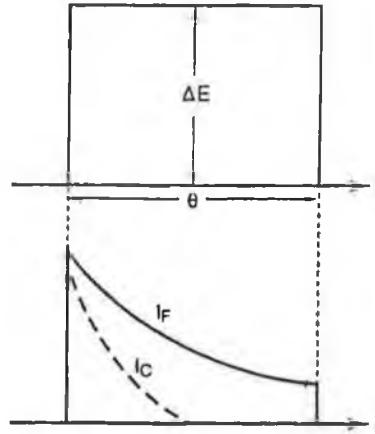
In der klassischen Gleichstrompolarographie überlagert der kapazitive Strom  $I_C$  den für die Konzentrationsbestimmung wesentlichen Faraday-Strom  $I_F$  und begrenzt somit das Nachweisvermögen auf  $10^{-5}$  molare Lösungen. Ziel der Pulstechniken in der Polarographie ist es deshalb, das Nutzsignal/Störsignal-Verhältnis  $I_F/I_C$  zu vergrößern, wobei die unterschiedliche Zeitabhängigkeit von  $I_C$  und  $I_F$  ausgenutzt wird.

Da im Laufe eines „Tropfenlebens“ der kapazitive Strom ab und der Faraday-Strom zunimmt, wird im einfachsten Fall (Gleichstromtastpolarographie) am Ende eines „Tropfenlebens“ gemessen.

Bei der Normalpuls-polarographie wird die Arbeitselektrode nicht mehr durch eine sich linear ändernde Spannung sondern durch rechteckförmige Potentialimpulse  $\Delta E$  wachsender Amplitude polarisiert (Abb. 2a). Zwischen den Meßpulsen liegt ein konstantes Potential  $E_0$  an, bei dem keine Redoxreaktion stattfindet.

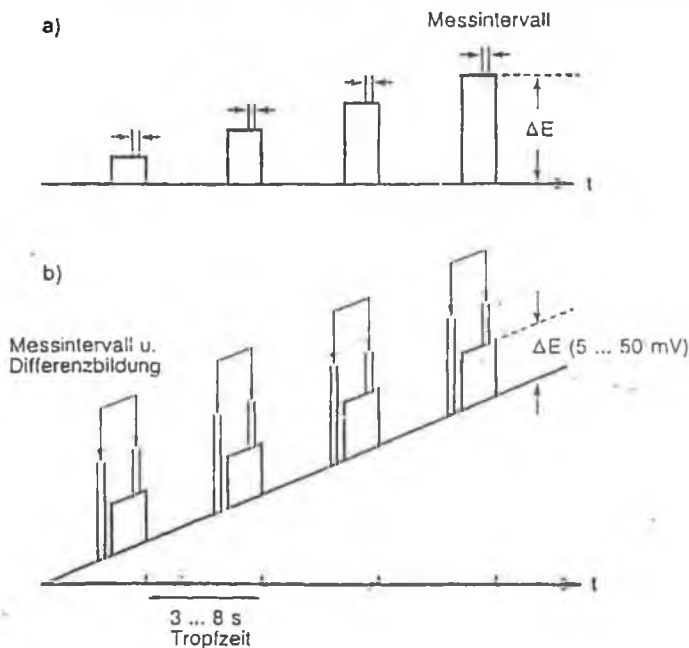
Da das Zeitverhalten von  $I_F$  und  $I_C$  auch bei sprunghafter Veränderung des Potentials unterschiedlich ist (Abb. 1), wird am Ende eines Pulses gemessen (Verringerung der Nachweisgrenze auf ca.  $10^{-7}$  M).

**Abb. 1:**  
**Puls - Polarographie**  
 oben:  
 angelegter Rechteckimpuls der Spannung  $\Delta E$



unten:  
 Abnahme des Faradaystroms  $I_F$  und des Ladestroms  $I_C$

Zur weiteren Verringerung analytisch störender Restströme wurde die Differentielle Puls-Polarographie entwickelt, bei der ein zusätzlicher Puls der Höhe  $\Delta E_p$  einer Treppenspannung überlagert wird (Abb. 2b). Durch Differenzbildung der Ströme vor Anlegen von  $\Delta E_p$  sowie am Ende des Pulses zeigt das Polarogramm im Gegensatz zur klassischen Stufenform Peakgestalt. Die Verbesserung des Nachweisvermögens auf ca.  $10^{-8}$  M und die Möglichkeit der besseren Auftrennung bei Simultanbestimmungen von Reaktanden machen die Differentielle Puls-Polarographie zu einer der analytisch wichtigsten elektrochemischen Meßtechniken [2].



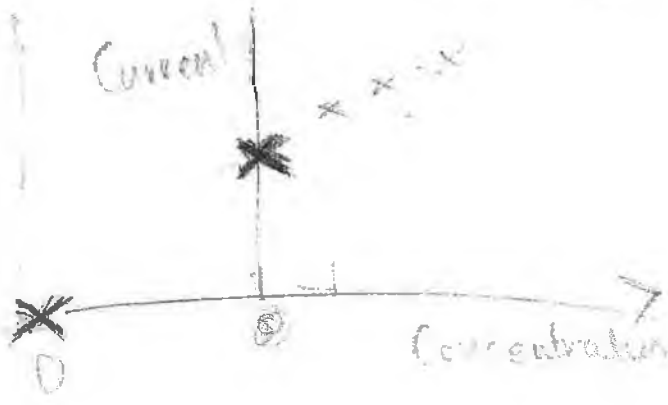
**bb. 2: Puls - Polarographie: Verfahren der Impulsgebung und Messung**

- a) Normalpuls-polarographie
- b) Differentielle Puls-Polarographie

9844052  
 98450646

$$\frac{0.50}{156} = \underline{\underline{0.0032}}$$

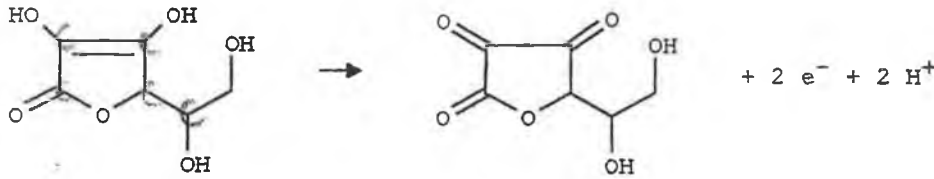
~~0.0032~~  
0.0032



7

**3.2. Elektrochemisches Verhalten der zu untersuchenden Vitamine**

**- Vitamin C / L(+)-Ascorbinsäure**



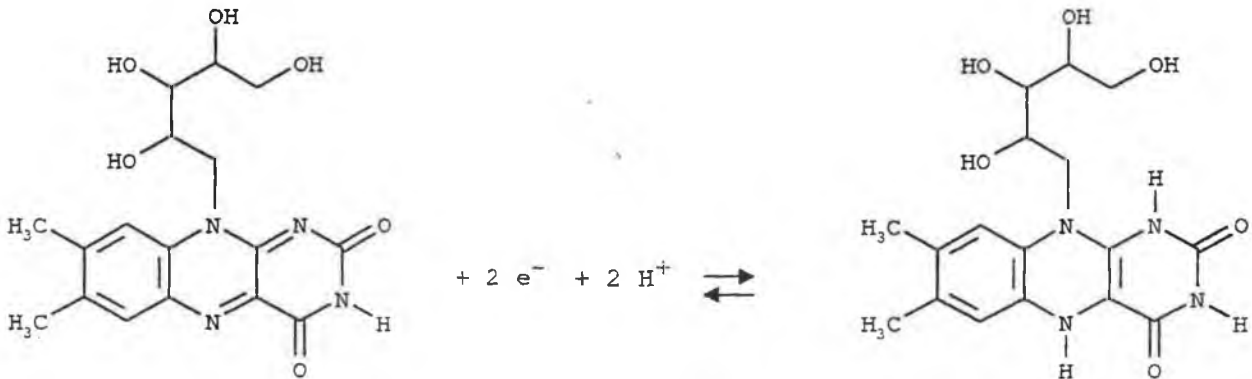
*0,5 ml Salt  
0,5g/l of Ascorbic acid  
0,5g in 1000 cm<sup>3</sup>  
156*

Ascorbinsäure

Dehydroascorbinsäure

Es findet eine Oxydation der an der Doppelbindung befindlichen OH - Gruppen statt.

**- Vitamin B<sub>2</sub> / Riboflavin**



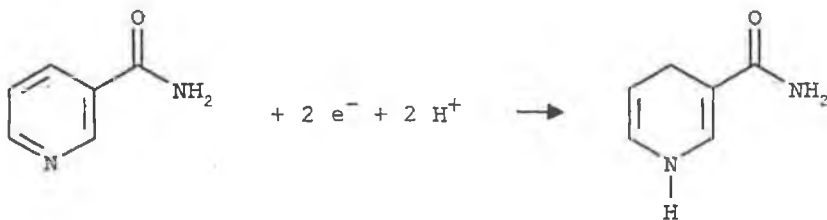
Riboflavin

Dihydroriboflavin

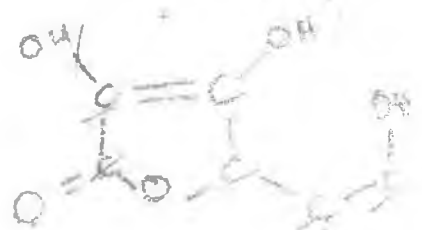
Riboflavin wird an der Hg - Elektrode zu Dihydroriboflavin reduziert. Die Reaktion ist reversibel.

**- Nicotinamid / Niacinamid**

Nicotinamid wird an der Hg - Elektrode gemäß folgendem Schema reduziert:



*6 C  
5 Oxygen  
4 Hydrogen*



Die Reaktion ist nicht reversibel.

## 4. Experimentelle Durchführung

### 4.1. Herstellung der Lösungen

#### - Probelösung:

Die Multivitamin-tablette wird <sup>weighed</sup> gewogen, anschließend <sup>following</sup> in einem Mörser zerrieben und eine bestimmte Menge des <sup>ascorbic</sup> entstandenen Pulvers zur <sup>Manufacture</sup> Herstellung der Probelösung eingewogen. Mit entlüftetem dest. H<sub>2</sub>O wird das Tablettenpulver in einem 100 ml-Maßkolben aufgefüllt.

<sup>exhausts</sup>  
the air from

#### - Standardlösungen:

Ascorbinsäurestandard: 50 mg Ascorbinsäure werden in 0,01 M Oxalsäurelösung gelöst und in einem 100 ml-Maßkolben aufgefüllt ( $c = 0,5 \text{ g/l}$ ).

Riboflavinstandard: 50 mg Riboflavin werden mit 4 ml 0,2 M KOH unter Verwendung von entlüftetem dest. H<sub>2</sub>O im 50 ml-Maßkolben gelöst ( $c = 1 \text{ g/l}$ ). Der Maßkolben wird mit Alu-Folie umwickelt und an einem kühlen Ort im Dunkeln aufbewahrt.

Nicotinamidstandard: Über Nacht werden 0,5 g Nicotinamid im Exsikkator getrocknet und davon kommen 120 mg zur Einwaage. Im 50 ml-Maßkolben wird mit dest. H<sub>2</sub>O gelöst und anschließend bis zur Eichmarke aufgefüllt ( $c = 2,4 \text{ g/l}$ ).

#### - Weitere Lösungen:

- Grundlösung: 0,2 M Acetatpuffer (pH = 4,5)
- 2 M NaOH
- 0,2 M KOH

### 4.2. Polarographische Bestimmung

Es ist günstig, die Vitamine in der Reihenfolge Ascorbinsäure, Riboflavin und Nicotinamid zu bestimmen, um so in der gleichen Meßlösung unter Variation der Meßbedingungen arbeiten zu können.

#### Ascorbinsäurebestimmung:

Acetat

Zur Ascorbinsäurebestimmung werden 20 ml 0,2 M Acetatpufferlösung in das Polarographiergefäß pipettiert. Die Lösung muß sehr gut entlüftet werden (ca. 15 min Argon durchleiten), um den störenden Sauerstoff vollständig zu entfernen. Anschließend kann die Grundkurve aufgenommen werden.

Die Meßparameter für die einzelnen Bestimmungen sind der Tab.1 zu entnehmen.

Liefert das Polarogramm eine leere Grundkurve, können 500 µl Probelösung dazugegeben werden. Nach einer zwei- bis dreimaligen Wiederholung der Meßwertaufnahme für die Probe erfolgt ein mehrfacher Zusatz der Ascorbinsäurestandardlösung. Dabei sollte durch Wahl des

Addition



Volumens der Standardlösung jeweils ein etwa 1,5 facher Signalzuwachs erreicht werden.

### Riboflavinbestimmung:

*Recording*  
Nach Aufnahme der Grundkurve werden dem Analysengefäß weitere 5 ml Probelösung zugefügt, da der Gehalt an Riboflavin in der Probe wesentlich geringer ist als an Ascorbinsäure.

*clear*  
Nachdem die Probe einen eindeutigen Meßwert geliefert hat, wird eine Standardaddition wie zuvor beschrieben durchgeführt.

### Nicotinamidbestimmung:

*record*  
Für diese Bestimmung wird der pH - Wert der Grundlösung verändert. Man gibt in das Untersuchungsgefäß 5 ml 2 M NaOH und zeichnet anschließend das Polarogramm für die Probe auf. Es folgt ebenfalls eine Standardaddition.

Tab. 1: Übersicht der Meßparameter für die Bestimmung der Vitamine

Meßparameter	Ascorbinsäure	Riboflavin	Nicotinamid
Elektrode	DME	DME	DME
$U_{\text{start}}$ (Anfangspotential)	-0,2 V	-0,2 V	-1,6 V
$U_{\text{end}}$ (Endpotential)	+0,2 V	-0,6 V	-2,0 V
$\Delta U$ (Spannungsdiff.)	+2,0 V	-2,0 V	-3,0 V
$t_{\text{drop}}$ (Tropfzeit)	0,6 s	1,4 s	0,6 s
mm/ $t_{\text{drop}}$	0,5	0,5	0,5
$U_{\text{DP}}$ (Pulsamplitude)	25 mV	25 mV	25 mV

## 5. Auswertung

*Determination*  
Die Ermittlung der Vitamingehalte in der Meßlösung kann graphisch oder rechnerisch erfolgen (Standardaddition). Letztlich sind die ermittelten Konzentrationen auf die ursprünglich eingesetzte Probemenge umzurechnen und der Gehalt der betrachteten Vitamine im Multivitaminpräparat anzugeben.

### Literarnachweis:

- /1/ Macholz, Lewerenz, „Lebensmitteltoxikologie“, Akademie-Verlag, Berlin 1989
- /2/ Henze, Neeb, „Elektrochemische Analytik“, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York 1989

## Praktikumsversuch

### „Glucosebestimmung mittels amperometrischer Enzymelektrode“

1. Einführung
2. Theoretische Grundlagen
3. Apparative Grundlagen
4. Aufgabenstellung und Versuchsdurchführung

#### 1. Einführung

Die kontinuierliche Bestimmung der Konzentrationen verschiedener Substanzen ist eine zentrale Aufgabe der klinischen Chemie, der Umweltanalytik und der Prozeßkontrolle in der Biotechnologie. In diesem Zusammenhang gewinnen sogenannte Biosensoren eine zunehmende Bedeutung. *increasing*

Unter einem Biosensor (Abb. 1) versteht man die unmittelbare Kombination einer biologisch aktiven Substanz (Rezeptor R, z.B.: Enzyme, Antikörper) mit einem Signalumwandler (Transducer T, z.B.: Thermistoren, ionensensitive Elektroden, amperometrische Elektroden, Feldeffekttransistoren). *direct/immediate* *signal* *converter/transformer*

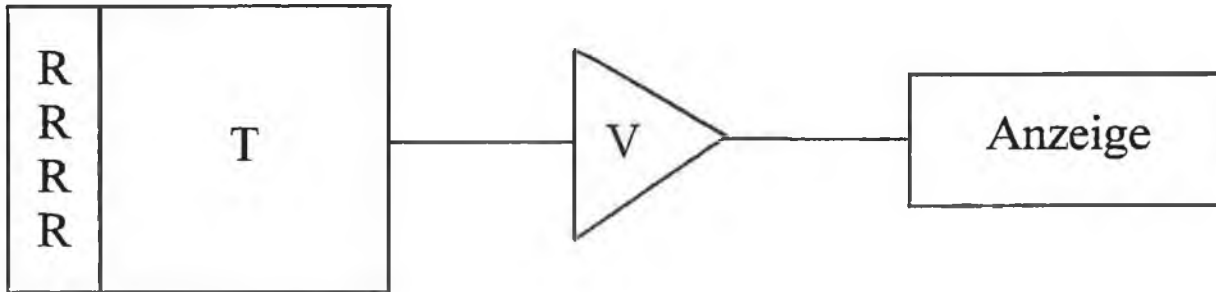


Abb. 1: Prinzip eines Biosensors

Biosensoren zeichnen sich durch eine hohe Selektivität für die zu analysierende Verbindung aus, die auf der biologisch vorgegebenen Komplementarität von Biomolekülen, d.h. auf der spezifischen Erkennung von Molekülen (Enzym-Substrat, Antigen-Antikörper) beruht. Die Aufnahme einer Meßgröße und die Produktion eines elektronisch verstärkbaren Signals wird durch den Transducer bewerkstelligt. *distinguish* *complementary* *based on* *amplified* *managed/arranged* *immobilized* *same* *series* *available*

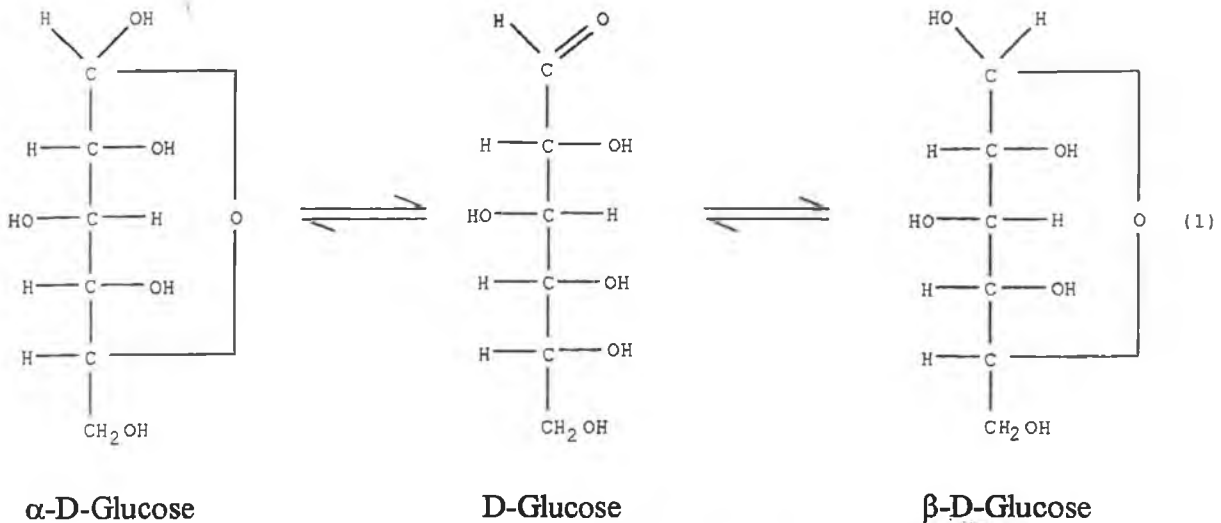
Bereits relativ weit verbreitet in der Routineanalytik sind heute Methoden, die immobilisierte Enzyme für die Analytik nutzen. Enzymelektroden wurden für ein breites Spektrum von Substraten und Inhibitoren entwickelt. Für eine Reihe von Substraten (z.B. Glucose, Lactat, Harnstoff, Harnsäure,  $\alpha$ -Amylase) sind solche Instrumente auch kommerziell erhältlich und werden in klinischen Laboratorien in breitem Umfang genutzt.

*Affinity of an enzyme (immobilized) for a substrate*  
*Establishing of a measurement out by transducer* 60

## 2. Theoretische Grundlagen

Enzyme = GOD  
 Substrate =  $\beta$ -D-Glucose

Das spezifische Substrat für das in diesem Versuch benutzte Enzym Glucoseoxidase (GOD) ist  $\beta$ -D-Glucose:



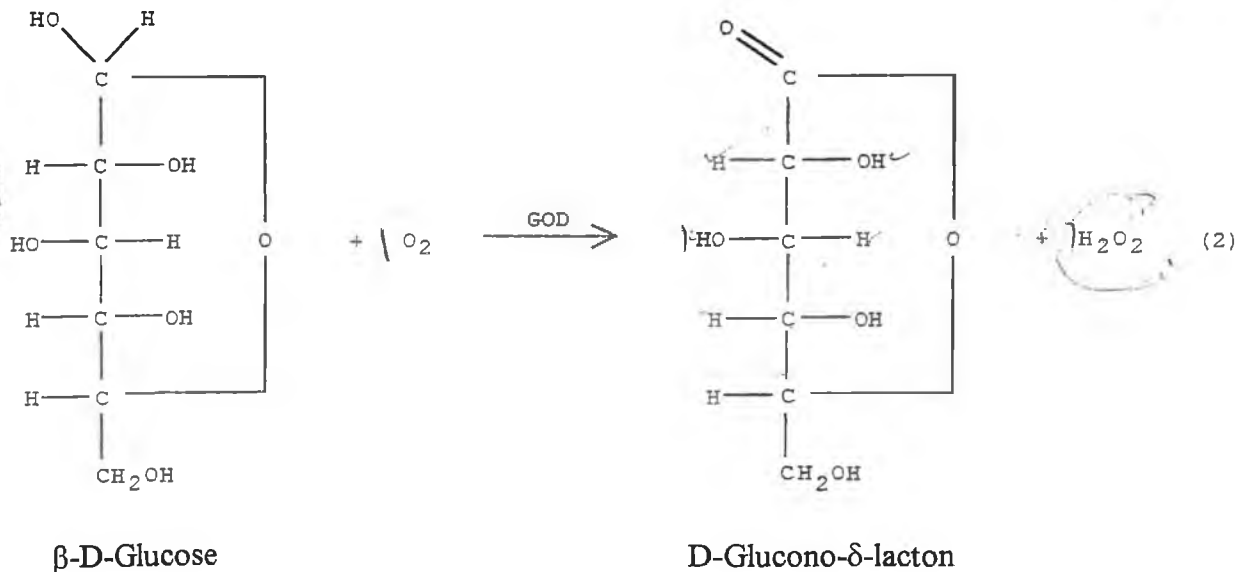
*Armchairform*

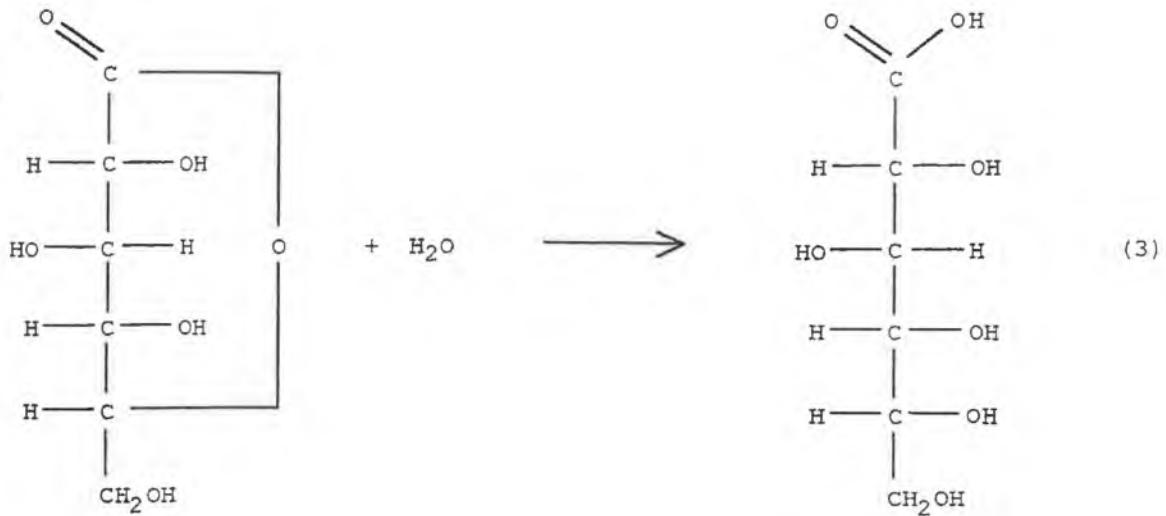
Versuchen Sie,  $\alpha$ - und  $\beta$ -D-Glucose auch in der Sesselform darzustellen und Aussagen hinsichtlich der Stabilität zu treffen!

*concentration in reagent*

*produkt - aktiviert*

Die nach Gleichung (2) ablaufende enzymatische Reaktion liefert zunächst D-Glucono- $\delta$ -lacton, das sich in Gegenwart von  $H_2O$  zu Gluconsäure umsetzt (3):





Um diese enzymatische Reaktion zu verfolgen, kann man entweder die Bildung eines der beiden Reaktionsprodukte ( $\text{H}_2\text{O}_2$ , Gluconsäure) oder den Verbrauch des Reaktanden ( $\text{O}_2$ ) bestimmen. Dafür wurden verschiedene Bestimmungsmethoden entwickelt (amperometrische, potentiometrische, pH-Messungen [Bildung von Gluconsäure]), wobei sich die amperometrischen Verfahren an Pt-Elektroden eindeutig als die besten herausgestellt haben. Hier kommen die Vorteile amperometrischer Detektoren (niedrige Nachweisgrenzen, hohe Empfindlichkeit, großer linearer dynamischer Bereich) zur Geltung.

Wiederholen Sie in diesem Zusammenhang Strom-Spannungs-Kurven, Halbstufenpotential, Diffusionsgrenzstrom und das Prinzip der Amperometrie!

Einer amperometrischen Bestimmung gut zugänglich sind die elektroaktiven Substanzen  $\text{O}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Dabei kann entweder der  $\text{O}_2$ -Verbrauch durch Reduktion des  $\text{O}_2$  bei ca. -700 mV oder die Bildung des  $\text{H}_2\text{O}_2$  durch Oxidation dieser Verbindung bei ca. 700 mV bestimmt werden. Da die Löslichkeit des Sauerstoffs in wässrigen Lösungen stark temperaturabhängig ist und die Messung des  $\text{O}_2$ -Verbrauchs deshalb eine sehr exakte Thermostatisierung erfordert, wird in diesem Experiment die  $\text{H}_2\text{O}_2$ -Konzentration durch direkte anodische Oxidation des  $\text{H}_2\text{O}_2$  an einer Pt-Elektrode bei einem konstanten Potential gemessen. Da die  $\text{H}_2\text{O}_2$ -Konzentration nach Gleichung (2) der Glucose-Konzentration in der Lösung direkt proportional ist, ist auf diesem Wege eine Glucose-Analytik möglich.

### 3. Apparative Grundlagen

Abbildung 2 zeigt den Aufbau des zur  $\text{H}_2\text{O}_2$ -Bestimmung benutzten Sensors. Der Sensor besteht aus einer Pt-Anode (Arbeitselektrode, AE) und einer mit einer AgCl-Schicht bedeckten Ag-Kathode (Referenzelektrode, RE). Zwischen beiden Elektroden wird ein konstantes Potential von 700 mV angelegt.

Was versteht man unter 3-Elektroden-Technik?

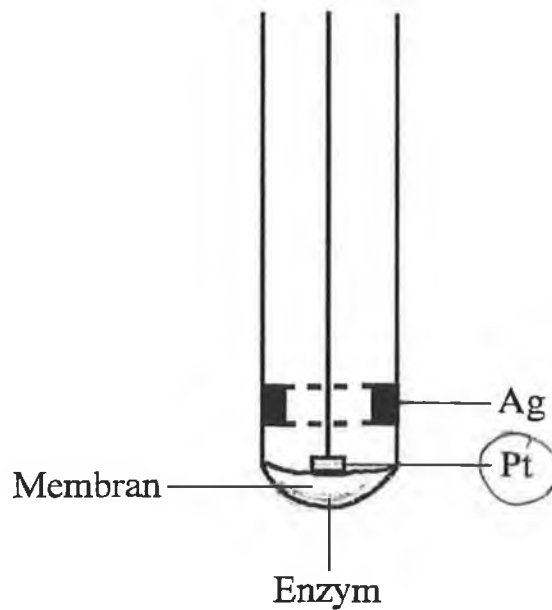
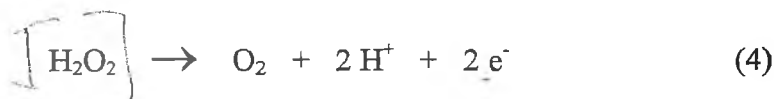


Abb. 2

Das Enzym GOD ist in eine PUR-Membran eingeschlossen (kommerzielle Membran der Firma BST Bio Sensor Technologie Berlin GmbH), die so auf die Sensorspitze <sup>enclosed</sup> aufgebracht wird, daß ein unmittelbarer <sup>direct</sup> Kontakt zwischen Pt-Elektrode und <sup>open</sup> enzymhaltigem Membranteil besteht. Taucht der Sensor in eine Glucose-Lösung, so <sup>Strom erzeugt</sup> diffundiert Glucose durch die äußere Membranschicht in die Enzymschicht. Dort wird sie gemäß Gleichungen (2) und (3) zu Gluconsäure umgewandelt. Dabei wird gleichzeitig  $H_2O_2$  gebildet, das zur Pt-Anode diffundiert. Dort wird es nach Gleichung (4) oxidiert:



Der dabei fließende Strom wird gemessen und aufgezeichnet. Es ergibt sich eine Strom-Zeit-Kurve nach Abbildung 3.

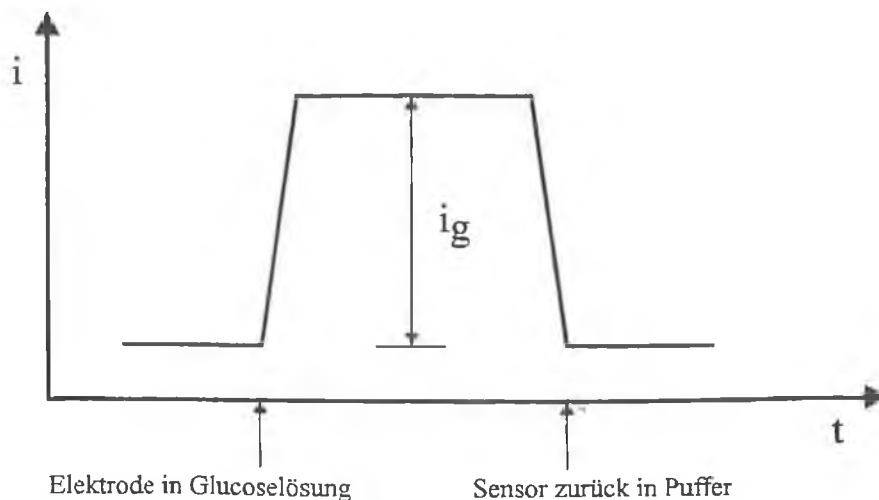


Abb. 3

Dabei ist der gemessene Grenzstrom  $i_g$  direkt proportional zur durch die enzymatische Reaktion gebildeten  $H_2O_2$ -Konzentration und damit nach Gleichung (2) ein direktes Maß für die Glucose-Konzentration in der Lösung.

Die Immobilisierung des Enzyms direkt auf dem Sensor bietet mehrere Vorteile. Zum einen kann das immobilisierte Enzym für viele Messungen wiederverwendet werden. Außerdem kann das in der Membran eingeschlossene Enzym über längere Zeit bequem gelagert werden. Schließlich erfolgt eine Signalverstärkung, da das  $H_2O_2$  sehr dicht an der Elektrodenoberfläche produziert wird. Diese „sieht“ dadurch eine höhere Konzentration als im Falle der langsamen Diffusion der Produkte aus der Lösung zur Elektrode, und das Signal wird größer.

#### 4. Aufgabenstellung und Versuchsdurchführung

Durch den Einsatz einer amperometrischen Enzymelektrode soll die Glucose-Konzentration in einem Blutserum (Substrat-Kontrollserum von Boehringer Mannheim) und anderen Proben bestimmt werden.

Die Untersuchungen der Proben werden in einer Phosphatpufferlösung ( $pH = 7$ ) durchgeführt. Außerdem steht eine Glucosestandardlösung (5 mM) zur Verfügung.

Zunächst erfolgt die Kalibrierung der Enzymelektrode. Aus den erhaltenen stationären Stromwerten und den jeweils vorgelegten Konzentrationen an Glucose ist durch lineare Regression eine Kalibrierfunktion zu erstellen.

Für die Glucosebestimmung in realen Proben müssen zunächst geeignete Verdünnungs- und Dosierverhältnisse abgeschätzt werden.

Die Auswertung der Messungen erfolgt mittels der erhaltenen Kalibrierfunktion sowie nach der Methode des Standardadditionszusatzes.

Im Falle des Blutserums (Standardreferenzmaterial) sollen die Ergebnisse mit dem zertifizierten Wert verglichen werden (relativer und absoluter Fehler, Fehlerdiskussion).

Die Empfindlichkeit des eingesetzten Glucosesensors ist zu bestimmen.

## **Anhang 3**

Einleitung .....	A3-	1
Übersetzungstext .....	A3-	2
Studentische Übersetzungen .....	A3-	3-10
Problemstellen (tabellarischer Überblick).....	A3-	11-13

Übersetzung, Chemistry/Physics with German

Year 2, Semester 1, 1999/2000

Textquelle: Schulze, *Allgemeine und physikalische Chemie*, Teil 1

Probleme beim *Verständnis* der Deutschen, die aus der Übersetzung erschlossen werden können.

Georges Arthur Goldschmidt stellt in seinem Buch zur Sprache der Psychologie fest, daß sich die deutsche Sprache um nur wenige "Grundwörter" rankt:

Die Sprache ist um einige Grundwörter wie *stehen, liegen, sitzen* und die ihnen entsprechenden Faktitiva *stellen, legen, setzen* aufgebaut – das heißt um Verben, die eine Bewegung im Raum ausdrücken. (18)

Der folgende Text aus einem Lehrbuch zur allgemeinen und physikalischen Chemie zeigt, wie sehr diese Analyse auch auf die Fachsprache der Chemie zutrifft. Dieser Text wurde den Studierenden zur Übersetzung vorgelegt, in erster Linie um das Verständnis des deutschen Originaltextes zu überprüfen. Eine kurze Analyse der Übersetzungsvarietäten in studentischen Arbeit kann verdeutlichen, welche Schwierigkeiten die erwähnten 'Grundwörter' der deutschen Sprache mit sich bringen. Unsere Blickrichtung soll dabei dem erschwerten *Wortverständnis* gelten. Syntaktische und pragmatische Fehlleistungen werden aus den Übersetzungsversuchen deutlich, sollen hier aber nicht weiter berücksichtigt werden.

Im Text wurden neben den von Goldschmidt aufgelisteten Wörtern (und Derivativen dieser Wörter) weitere zu den 'Grundwörtern' der deutschen Sprache zählende hervorgehoben, nämlich *gehen, folgen* und *wandeln* (die wie *stellen* etc. Bewegung ausdrücken), sowie die – nicht nur in diesem Text – häufig wiederkehrenden Wörter *fassen* und *greifen*.



(1) Das Ziel aller Naturwissenschaft *besteht* in der Erforschung der allgemeinen Gesetze, welche die Veränderungen der Stoffe in der belebten und unbelebten Welt beherrschen. (2) Die Physik *umfaßt* dabei dasjenige Teilgebiet, in welchem die Veränderungen der Eigenschaften unbelebter Stoffe durch nur solche *Eingriffe* untersucht werden, bei denen der *vorliegende* Stoff seine *Zusammensetzung* nicht ändert. (3) Die Chemie sucht demgegenüber die Erscheinungen in Gesetze zu *fassen*, bei denen *Umwandlungen* der Stoffe ineinander *erfolgen*. (4) Daß eine *Umsetzung* von Stoffen *stattgefunden* hat, erkennt man primär an den physikalischen Eigenschaften (z. B. Farbe, spez. Gewicht, Brechungsvermögen, *Aggregatzustand*) der *entstandenen* Stoffe, die von denjenigen der *Ausgangsstoffe* verschieden sind. (5) Die Kenntnis einer chemischen Reaktion ist jedoch nur unvollkommen, wenn man allein die Anfangs- und Endprodukte der Reaktion und die physikalischen Eigenschaften der betreffenden Stoffe ermittelt hat. (6) Man sammelt auf diese Weise ein umfangreiches Tatsachenmaterial, in welchem das ordnende Prinzip zunächst fehlt. (7) An dieser *Stelle setzt* nun die physikalische Chemie *ein*, welche versucht vorherzusagen, ob eine *Umsetzung* zwischen gegebenen Stoffen möglich ist und welches die physikalischen Eigenschaften der *entstehenden* Stoffe sind. (8) Außerdem versucht man die *Umsetzung* selbst messend zu *verfolgen*.

Im folgenden wird der Text in Einzelsätze aufgegliedert und exemplarische studentische Übersetzungen werden angeführt. Es sind im Originaltext Wörter durch Sternchen gekennzeichnet, der verschiedene Übersetzungen am Ende aufgelistet werden.

**(1) Das Ziel aller Naturwissenschaft \*besteht in der \*\*Erforschung der allgemeinen Gesetze, welche die \*\*\*Veränderungen der Stoffe in der \*\*\*\*belebten und \*\*\*\*unbelebten Welt \*\*\*\*\*beherrschen.**

Stud. 1

Every scientists aim consists of investigating the general laws i.e. the laws governing the altering of substances in the living an abstract worlds.

Stud. 2

The goal of all sciences lies in the research of the universal laws, which predict the changes of organic and inorganic substances in the world.

Stud. 3

The objective of every type of science is to explore the universal laws which govern the changes of material in the animate and inanimate worlds.

Stud. 4

The aim of science lies in the research of general laws which govern the changin state of the active and inactive world.

Stud. 5

The aim of all science lies in the investigation of the general laws that govern the changes in animate and inanimate substances.

Stud. 6

The objective of science is to research the general laws which govern the changes of materials in the living and non-living worlds.

\* bestehen in  
\*\* Erforschung  
\*\*\* Veränderung  
\*\*\*\* belebt, unbelebt  
\*\*\*\*\* beherrschen

(2) Die Physik \*umfaßt dabei dasjenige Teilgebiet, in welchem die \*\*Veränderungen der Eigenschaften unbelebter Stoffe durch nur solche \*\*\*Eingriffe untersucht werden, bei denen der \*\*\*\*vorliegende Stoff seine Zusammensetzung nicht ändert.

Stud. 1

The physical sciences encompass the branch that deals with the concept of changing the characteristics of inorganic objects however maintaining the composition of the aforementioned object.

Stud. 2

Physics field of interest is investigating inorganic material using these laws provided that the constitution of the substance doesn't change only the physical properties. On the other side chemistry tries to explain the phenomenon in laws to which the changes obey.

Stud. 3

Physics covers this subject area, by examining the changes of the properties of inanimate materials only through such operations that do not change the makeup of the existing material.

Stud. 4

Physics which summarises the field in which the changes in the characteristics of inactive matter, should be researched, as the previous matter collected is unchanged.

Stud. 5

Physics embraces the examination of property changes in inanimate substances by investigating such laws, whereby the composition of the material in question remains unchanged.

Stud. 6

In the area of physics the characteristic changes of non-living materials are researched in such a way that the composition of existing materials doesn't change.

- \* umfassen
- \*\* Veränderung
- \*\*\* Eingriff
- \*\*\*\* vorliegen

(3) Die Chemie sucht demgegenüber die \*Erscheinungen in Gesetze zu \*\*fassen, bei denen \*\*\*Umwandlungen der Stoffe ineinander \*\*\*\*erfolgen.

Stud. 1

Chemical sciences, on the other hand, attempt to translate these phenomena into laws that govern the conversion one substance into another.

Stud. 2

On the other side chemistry tries to explain the phenomenon in laws to which the changes obey.

Stud. 3

In contrast to this, Chemistry attempts to understand the manifestations of the laws through which transformations of the material take place within itself.

Stud. 4

Chemistry attempts to summarise the appearance of these laws by mixing these together.

Stud. 5

Chemistry, on the other hand, concerns itself with understanding the phenomena associated with these laws that allow the transformations of materials into one another to occur.

Stud. 6

On the other hand chemists try to form a law in which changes can occur in materials.

- \* Erscheinung
- \*\* (in Gesetze) fassen
- \*\*\* Umwandlung
- \*\*\*\* erfolgen

(4) Daß eine \*Umsetzung von Stoffen stattgefunden hat, erkennt man primär an den physikalischen Eigenschaften (z. B. Farbe, spez. Gewicht, \*Brechungsvermögen, Aggregatzustand) der \*entstandenen Stoffe, die von denjenigen der Ausgangsstoffe verschieden sind.

Stud. 1

One recognises the occurrence of a conversion of substances first and foremost in the physical characteristics (e.g. colour, specific weight, refractivity, state) of the original substance which differ from those of the resulting product.

Stud. 2

It is known that a change in the substance has occurred mainly due to the change in physical properties, i.e. colour, specific weight, refraction index and the state of the product in relation to the reactant.

Stud. 3

One can recognise that a transmutation of materials has taken place primarily in the physical characteristics (for example colour, specific weight, refraction-ability, aggregate condition) of the existing material, which differ from that of the initial materials.

Stud. 4

This conversion of matter has taken place. One is familiar with the physical concepts (colour, weight, breakdown strength, states of matter) of the end product which is different from the starting material.

Stud. 5

In order to tell if any transformation has taken place, it is necessary to observe the physical properties of the resulting material, for example colour, specific weight, refractive properties and its overall condition, which will differ from the original.

Stud. 6

One recognises that a transformation has taken place by their physical characteristics (colour, weight, refractive index) which differ from those of the original material.

- \* Umsetzung
- \*\* Brechungsvermögen
- \*\*\* entstehen (Partizip II)

**(5) Die Kenntnis einer chemischen Reaktion ist jedoch nur unvollkommen, wenn man allein die Anfangs- und Endprodukte der Reaktion und die physikalischen Eigenschaften der \*betreffenden Stoffe \*\*ermittelt hat.**

Stud. 1

However, knowledge of the chemical reaction is still partial, if one has only investigated the starting material and the product in a reaction and the physical characteristics of the studied substance.

Stud. 2

The information about a reaction is incomplete if only the physical properties of either the reactant or the product are investigated.

Stud. 3

However the knowledge of a chemical reaction is incomplete, if one only determines the beginning and end products of the reaction and the physical characteristics of the materials in question.

Stud. 4

The knowledge of a chemical reaction is only satisfied when one evaluates the start and end product of the reaction and the physical concepts of the material in question.

Stud. 5

However, knowledge of a chemical reaction is incomplete if one has only developed the beginning and end products of the reaction along with the physical properties of the related materials.

Stud. 6

Knowing whether a chemical reaction has taken place is however hard to determine when only the starting and the end products have been calculated.

\* betreffen (Partizip 1)

\*\* ermitteln

**(6) Man sammelt auf diese Weise ein umfangreiches Tatsachenmaterial, in welchem das \*ordnende Prinzip zunächst \*\*fehlt.**

Stud. 1

In this way one gathers a range of facts which were originally lacking so the principle of the reaction becomes clear.

Stud. 2

In this way a large amounts of facts which follows the right procedure.

Stud. 3

By these means one gathers a material report in which first, the organising principle is missing.

Stud. 4

From this way one collects an all inclusive real material in which the equilibrium principle is absent.

Stud. 5

Using such a procedure, it is possible to collect extensive facts about the composition of materials but this is without any knowledge of the principles involved in the transformation.

Stud. 6

An important fact is learned about the failure of this principal.

\* ordnen (Partizip 1)

\*\* fehlen

(7) An dieser Stelle \*setzt nun die physikalische Chemie ein, welche \*\*versucht  
\*\*\*vorherzusagen, ob eine \*\*\*\*Umsetzung zwischen \*\*\*\*\*gegebenen Stoffen  
möglich ist und welches die physikalischen Eigenschaften der  
\*\*\*\*\*entstehenden Stoffe sind.

Stud. 1

At this point physical chemistry, which attempts to predict if a conversion between given substances is possible and determine the physical characteristics of the original substances, comes into play.

Stud. 2

At this point physical chemistry comes in and tries to predict whether a chemical conversion is possible in the substances and what the physical properties of the product will be.

Stud. 3

Physical chemistry is inserted into this gap, which tries to tell beforehand whether a transplanted is possible between the given substances, and what the physical characteristics of the existing materials are.

Stud. 4

At this stage the physical chemistry enters with [with?] attempts to predict if a conversion between the materials in question is possible and what the physical concepts of the final result are.

Stud. 5

Physical Chemistry can be used here to determine whether or not an interaction between certain substances is at all possible and to predict the physical properties of any resulting material.

Stud. 6

It is at this point that physical chemistry is used, which researches, so to speak, if a transformation between materials is possible and what the physical characteristics in the final material are.

- \* einsetzen
- \*\* versuchen
- \*\*\* vorhersagen
- \*\*\*\* Umsetzung
- \*\*\*\*\* gegeben(e Stoffe) = geben
- \*\*\*\*\* entstehend(e Stoffe) = entstehen



**(8) Außerdem versucht man die Umsetzung selbst \*messend zu \*\*verfolgen.**

Stud. 1

In addition one attempts to track the conversion by taking ones own measurements.

Stud. 2

As well as all that one also tries to follow the conversion through measurements oneself.

Stud. 3

Apart from that, one can try to pursue the transplantation themselves through measurements.

Stud. 4

Above all one attempts to measure this conversion for themselves.

Stud. 5

In addition, the transformation /interaction should be monitored by taking measurements.

Stud. 6

Besides this one also tries to pursue such a transformation alone!!

\* messen (Partizip 1)

\*\* verfolgen

Wort (Satz Nr.)	Übersetzungen
bestehen in (1)	to consist of lie in be ('is')
Erforschung (1)	research, to investigate explore
Veränderung (1)	change alteration
belebt, unbelebt (1)	living vs. abstract, living vs. non- living organic vs. inorganic active vs. inactive animate vs. inanimate
beherrschen (1)	to govern predict
umfassen (2)	to encompass (have) field (of interest) cover summarise embrace
vorliegend(er Stoff) (2)	aforementioned constitution (of substance) existing previous (substance) in question
Eingriff (2)	operation law (such a) way [unübersetzt]
Erscheinung (3)	phenomenon manifestation appearance [unübersetzt]
(in Gesetze) fassen (3)	to translate into law explain in laws understand (manifestations of) law summarise (appearance of) law understand (phenomena associated with) law form a law

Umwandlung (3)	conversion transformation change mixing
erfolgen (3)	to govern obey (law) take place allow to occur be able to occur ('can')
Umsetzung (4)	conversion change transplantation transformation
Brechungsvermögen (4)	refractivity refractive index refraction index refraction ability refractive properties breaking strength
entstanden(e Stoffe) (4)	resulting product end product product existing material 'their' (bez. auf 'material')
betreffend(e Stoffe) (5)	studied (substance) product materials in question related (materials)
ermitteln (5)	investigate determine evaluate develop calculate
ordnend(es Prinzip) (6)	principle becomes clear the right procedure organising principle equilibrium principle principle involved this principal (sic!)
fehlen (6)	to lack follow miss be absent the failure without (knowledge of principle)

einsetzen (7)	to come into play come in be inserted enter (can) be used
versuchen (7)	to attempt try research [unübersetzt]
vorhersagen (7)	to predict tell beforehand determine so to speak
Umsetzung (7)	(chemical) conversion transplantation interaction transformation
gegeben(e Stoffe) = geben (7) vs entstehend(e Stoffe) = entstehen (7)	given vs original (substance) vs existing certain subst. vs resulting material mat. in quest. vs final result substance vs product material vs final material
messend (verfolgen)	to take measurements measure through measurements
verfolgen	to track follow pursue monitor [unübersetzt]
Umsetzung (8)	conversion transplantation transformation/interaction transformation