

Entwicklung und Erprobung  
optimierter Ausbildungskonzepte  
und Ausbildungsformen in der Berufsausbildung an  
Beispielen von Berufen in der chemischen Industrie

Dissertation  
zur Erlangung des akademischen Grades  
des Doktors der Naturwissenschaften  
– Dr. rer. nat. –

vorgelegt dem Fachbereich Chemie  
der Universität Duisburg Essen

von  
THORSTEN TRACHTE  
aus Essen

Essen im Oktober 2003

1. Gutachter:	Prof. Dr. Helmut Lindemann
2. Gutachter:	Prof. Dr. Alfred V. Hirner
Tag der Disputation:	19. Dezember 2003

# 1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis .....	2
2	Einleitung .....	6
3	Projektrahmenbedingungen .....	8
3.1	Historische Unternehmensbetrachtung .....	8
3.2	Organisation des Unternehmens am Standort Essen .....	12
3.2.1	Die Abteilung Aus- und Weiterbildung am Standort Essen.....	14
3.3	Motive für die Optimierung von Ausbildungsformen .....	17
3.3.1	Konzern .....	18
3.3.2	Interne Kunden der Ausbildungsabteilung .....	19
3.3.3	Leitung der Abteilung Ausbildung.....	19
3.3.4	Gesetzgeber .....	20
3.3.5	Auszubildende .....	21
3.3.6	Ausbilder .....	21
3.3.7	Zusammenfassung der Optimierungsanforderungen.....	22
4	Projektvorstellung .....	23
4.1	Inhaltliche Kurzübersicht.....	23
4.1.1	Ausbildungsmodul 1 .....	23
4.1.2	Ausbildungsmodul 2 .....	23
4.1.3	Ausbildungsmodul 3 .....	24
4.2	Struktur und Aufbau der Ausbildungsmaterialien .....	25
4.2.1	Ausbilderband.....	25
4.2.2	Materialien- und Medienband für den Ausbilder .....	26
4.3	Darstellung der Ausbildungs- und Sozialformen .....	28
4.3.1	Projektorientierte Ausbildungsformen .....	28
4.3.2	Die Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierte Ausbildungsform.....	30
4.3.3	Sozialformen.....	33
5	Detailbetrachtung der Ausbildungsmodule.....	35
5.1	Ausbildungsmodul 1.....	35
5.1.1	Der Schaltungssimulator DMM-Profi-Lab Expert .....	36

---

5.1.2	Inhalt und Verlauf des ersten Ausbildungsmoduls .....	40
5.2	Ausbildungsmodul 2.....	41
5.2.1	Mikrocontroller C-Control.....	42
5.2.2	Inhalt und Verlauf des zweiten Ausbildungsmoduls.....	47
5.3	Ausbildungsmodul 3.....	48
5.3.1	Mikrocontroller C-Control-Station .....	48
5.3.2	Inhalt und Verlauf des dritten Ausbildungsmoduls .....	49
6	Die technischen Systeme in der Diskussion .....	57
6.1	Technische Betrachtungen: Ausbildungsmodul 1 .....	57
6.1.1	Definition der Anforderungen an die technischen Umgebungen .....	57
6.1.2	Der Schaltungssimulator DMM-Profi-Lab.....	59
6.1.3	Marktrecherche konkurrierender Lösungen .....	60
6.1.4	Vergleich der Systeme und Fazit .....	65
6.2	Technische Betrachtungen: Ausbildungsmodule 2 und 3 .....	68
6.2.1	Speicherprogrammierbare Steuerungen im Überblick.....	68
6.2.2	Die C-Control-Mikrocontroller-Familie im Vergleich zur SPS.....	70
6.3	Zwischenfazit: Technische Betrachtungen .....	71
7	Herleitung und Diskussion der favorisierten Ausbildungsformen.....	72
7.1	Definition des Kompetenzbegriffes .....	72
7.2	Berufliche Handlungskompetenz.....	73
7.2.1	Fachkompetenz .....	74
7.2.2	Methodenkompetenz .....	74
7.2.3	Sozialkompetenz .....	75
7.2.4	Individualkompetenz.....	77
7.2.5	Berufliche Handlungskompetenz - Zusammenfassung.....	77
7.3	Handlungslernen.....	78
7.4	Die Projektmethode .....	79
7.5	Die Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierte Ausbildungsform.....	81
7.5.1	Die Lern- und Reflexionsschleife.....	81
7.5.2	Das Forschend-Entwickelnde Unterrichtsverfahren.....	82
7.5.3	Der kontinuierliche Verbesserungsprozess (KVP).....	87

---

7.5.4	Motivationsaspekte.....	90
7.5.5	Die veränderte Rolle des Ausbilders.....	91
7.5.6	Weitere Randbedingungen.....	93
7.6	Sozialformen.....	96
7.7	Zwischenfazit: Ausbildungsformen.....	97
8	Lerninhalte und Ausbildungsformen im Kontext der Ausbildungsverordnungen.....	98
8.1	Methodische und soziale Ausbildungsinhalte.....	99
8.2	Fachliche Ausbildungsinhalte.....	99
8.3	Zwischenfazit: Ausbildungsverordnungen.....	104
9	Zusammenfassung: Ausbildungsstrategie.....	105
10	Studie zur Wirksamkeit der Ausbildungsmodule - Untersuchungsdesign.....	107
10.1	Herkunft der eingesetzten Instrumente.....	107
10.1.1	Auszubildendenfragebogen.....	107
10.1.2	Ausbildergesprächsleitfaden.....	108
10.2	Untersuchungsfragen.....	110
10.2.1	Detailbetrachtung: Auszubildendenfragebogen.....	111
10.2.2	Detailbetrachtung: Ausbildungsgesprächsleitfaden.....	114
10.3	Eignung der Untersuchungsinstrumente.....	117
10.3.1	Untersuchungsabsichten und Rahmenbedingungen.....	117
10.4	Untersuchungsverlauf.....	118
10.5	Untersuchungsbefunde.....	119
10.5.1	Prüfung der Ausbildungsrealisation aus Sicht der Auszubildenden.....	120
10.5.2	Motivation, Einstellungen und Werthaltungen der Auszubildenden.....	133
10.5.3	Subjektive Kompetenz der Auszubildenden.....	138
10.5.4	Zusammenfassung Auszubildendenfragebogenauswertung.....	145
10.5.5	Auswertung Ausbildungsgesprächsleitfaden.....	147
11	Abschlussfazit.....	150
12	Ausblick.....	152
13	Verzeichnisse.....	154
13.1	Literaturverzeichnis.....	154
13.2	Abkürzungsverzeichnis.....	158



---

13.3	Abbildungsverzeichnis .....	160
13.4	Tabellenverzeichnis .....	162
13.5	WWW-Adressen-Verzeichnis .....	163
14	Anhang .....	164
14.1	Exemplarische Ausbildungseinheit - Modul 1, AE 5 .....	164
14.1.1	Inhalte des Ausbilderbandes .....	165
14.1.2	Inhalte des Materialienbandes .....	176
14.1.3	Inhalte des Folienbandes .....	187
14.2	Projektdokumentation - Ausbildungsmodul 3 .....	211
14.3	Bedienungsanleitung O <sub>2</sub> -GUARD .....	224
14.4	Interne Unternehmenskommunikation .....	232
14.5	Auszubildendenfragebogen .....	234
14.6	Ausbildergesprächsleitfaden .....	245
14.7	Beurteilungs- und Förderungsbogen .....	250
14.8	Daten Auszubildendenfragebogen .....	252
14.8.1	Ausbildungsmodul 1 .....	252
14.8.2	Ausbildungsmodul 2 .....	254
14.8.3	Ausbildungsmodul 3 .....	256
14.8.4	Datenverdichtung 1 .....	258
14.8.5	Datenverdichtung 2 und Vergleichsdaten .....	260
14.9	Daten Ausbildergesprächsleitfaden .....	261
14.9.1	Ausbildungsmodul 3 Messung 1 .....	261
14.9.2	Ausbildungsmodul 3 Messung 2 .....	262
15	Danksagungen .....	263
16	Curriculum vitae .....	264

## 2 Einleitung

Die vorliegende Arbeit ist die Dokumentation eines Kooperationsprojektes zwischen der Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Chemie, Institut für Didaktik der Chemie und der Goldschmidt AG Essen (Degussa AG, Standortservices Essen), Abteilung Aus- und Weiterbildung.

Ziel des Projektes, das in den Jahren 2000 und 2001 im Unternehmen durchgeführt wurde, ist es, unter den gegebenen Rahmenbedingungen exemplarisch optimierte Möglichkeiten der betrieblichen Ausbildung im chemisch-technischen Bereich zu entwickeln, durchzuführen und ihre Wirksamkeit zu evaluieren. Im Vordergrund steht die Idee der Etablierung von berufsfeldübergreifenden Ausbildungseinheiten mit der Förderung des selbstorganisierten Lernens der Auszubildenden an realen betrieblichen Problemsituationen. Eine dabei allgemein ableitbare Vorgehensweise (Ausbildungsform) soll sicherstellen, dass Kerngedanken der Optimierung auch in zukünftigen Ausbildungsprojekten des Unternehmens Anwendung finden können.

Die Ausarbeitungen gliedern sich dabei in fünf Hauptteile:

- Kapitel 3 beschäftigt sich mit Klärung der Notwendigkeit für die Entwicklung optimierter Ausbildungskonzepte und Beschreibung der im Projekt konkret vorliegenden Rahmenbedingungen.
- In den Kapiteln 4 und 5 werden in Form von drei Ausbildungsmodulen exemplarisch Lösungsansätze beschrieben, mit denen die zuvor definierten Optimierungsvorhaben begleitet werden können.
- Die Kapitel 6 bis 9 widmen sich der Diskussion zur Vorgehensweise in den kreierte Ausbildungsmodulen in Bezug auf eingesetzte technische Systeme, verwandte Ausbildungsformen und Relevanz der thematischen Inhalte.
- Die Untersuchung in Kapitel 10 soll Fragen zur Wirksamkeit der erstellten Ausbildungsmodule klären.
- Die Schlussbetrachtungen in den Kapiteln 11 und 12 beleuchten zusammenfassend, welche Facetten der zu Beginn dieser Arbeit definierten Optimierungsvorhaben mit den vorgestellten Lösungsansätzen erfolgreich begleitet werden können und geben weiterhin einen Ausblick über Möglichkeiten der Bearbeitung weiterer Themenstellungen mit den vorgestellten Konzepten.

Zur Untersuchung der Wirksamkeit des Vorgehens wird auf zwei durch das Bundesinstitut für Berufsbildung geförderte Modellversuche (1. Modellversuch zur Verbesserung der Teamfähigkeit von Chemikanten / Papiermachern, Industriemechanikern und Prozessleitelektronikern / Energieelektronikern für die gemeinsame Bewältigung von Produktionsprozessen (vgl. [40]) und 2. Entwicklung eines Instrumentes zur Ermittlung des Qualifizierungsbedarfes von Auszubildenden in Prozessbetreuungsberufen und Verbesserung der Zielgenauigkeit und Effizienz der Ausbildung durch mehrdimensionale Flexibilisierung und Erfolgsmeldung (vgl. [41], [42], [43]) der Degussa AG am Standort Marl Bezug genommen. Dabei werden Instrumente der Modellversuche innerhalb einer Transferpartnerschaft in modifizierter Form eingesetzt.

## 3 Projektrahmenbedingungen

Einige im weiteren Verlauf dieser Arbeit entwickelten Gedanken setzen Kenntnisse über die im Projekt vorliegenden Rahmenbedingungen voraus. Diese werden zunächst in Bezug auf Historie und Aufbauorganisation des Unternehmens dargestellt (vgl. [51]). Im Anschluss hieran erfolgt eine ausführliche Analyse der zu bearbeitenden Problemstellungen.

### 3.1 Historische Unternehmensbetrachtung

Der Chemiker THEODOR GOLDSCHMIDT gründet am 8. Dezember 1847 die "Chemische Fabrik Th. Goldschmidt" in Berlin. Die junge chemische Fabrik liefert hauptsächlich Vorprodukte für die Textilverarbeitung, darunter Substanzen wie Zinnsoda, Dextrin, Chlorkalk, Zinnsalz und Chlorzinn.

Der Tod des Firmengründers THEODOR GOLDSCHMIDT am 4. Januar 1875 trifft das Unternehmen mitten in der sog. Gründerkrise empfindlich. Bis zur Volljährigkeit der Söhne KARL GOLDSCHMIDT (\*1857) und HANS GOLDSCHMIDT (\*1861) wird das Unternehmen treuhänderisch durch den Chemiker und Afrikaforscher OTTO KERSTEN geführt.

Ab 1888 teilen sich die Brüder KARL GOLDSCHMIDT und HANS GOLDSCHMIDT für rund 30 Jahre die Verantwortung. Dabei kristallisiert sich schnell eine Arbeitsteilung heraus. KARL GOLDSCHMIDT versteht sich mehr als Unternehmer, während der Chemiker HANS GOLDSCHMIDT mehr die technische Entwicklung von Goldschmidt vorantreibt.

Mit der Einführung der elektrolytischen Entzinnung gebührt Goldschmidt der Verdienst, das erste industriell verwertbare und zugleich rentable Verfahren zur Wiedergewinnung von Zinn aus Weißblech entwickelt zu haben. Die Konsequenzen sind einschneidend: Eine notwendige Vergrößerung der Berliner Fabrik, die rund 60 Arbeiter beschäftigt, ist nicht mehr möglich und die Absatzmärkte sowohl für das Zinn als auch für das entzinnte Blech befinden sich überwiegend im rheinisch-westfälischen Industrievier. Die Betriebsverlagerung nach Essen ist logische Konsequenz und beginnt 1889.

Goldschmidt meldet 1895 eine der wichtigsten Innovationen der Firmengeschichte zum Patent an, das sog. Thermit-Verfahren von HANS GOLDSCHMIDT, dem Begründer der Aluminothermie.

Bis zum ersten Weltkrieg erobert das Thermit-Verfahren zunächst vor allem Straßen- und Privatbahnen, danach auch praktisch alle Staatsbahnen der Welt.

Zur verstärkten Vermarktung des neuen Thermit-Verfahrens gründet Goldschmidt 1900 die "Allgemeine Thermit-Gesellschaft".

Mit der Einführung der Weißblechentzinnung mittels Chlor gelingt 1905 ein entscheidender Durchbruch. Gegenüber der elektrolytischen Entzinnung bietet das neue Verfahren bessere Qualität bei geringerem Aufwand. Der durchschlagende Erfolg der Chlorentzinnung revolutioniert in der Folge den Weißblechmarkt, auf dem Goldschmidt bis 1914 das mit Abstand weltweit dominierende Unternehmen wird.

Am 7. Juli des Jahres 1911 erfolgt die Gründung der Th. Goldschmidt AG mit einem Aktienkapital von Anfangs 10 Millionen Reichsmark.

Die gezielte chemische Forschung bei Goldschmidt erhält am 1. Januar 1914 mit dem Eintritt von FRIEDRICH BERGIUS, einem Schüler von FRITZ HABER, einen völlig neuen Stellenwert. BERGIUS baut in kurzer Zeit ein großes Laboratorium auf. Sein Hauptforschungsgebiet ist die Ethylenchemie. Bekannt wird BERGIUS aber vor allem durch seine kriegsbedingt aufgenommenen Forschungen über die Hydrierung von Steinkohle zu Öl. FRIEDRICH BERGIUS erhält für seine Arbeiten 1931 den Nobelpreis für Chemie.

Goldschmidt gründet 1919 gemeinsam mit der Akkumulatorenfabrik Hagen die Elektro-Thermit GmbH in Berlin-Tempelhof, deren Anteile dann 1922 komplett erworben werden. Die neue GmbH ist außerordentlich erfolgreich und verhilft dem Thermit-Verfahren zur Schienenschweißung zum weltweiten Durchbruch.

1923 tritt KARL GOLDSCHMIDT nach 40 Jahren als Vorstandsvorsitzender zurück und wechselt in den Aufsichtsrat. Er stirbt 1926. Nachfolger wird sein Sohn THEO GOLDSCHMIDT, der seit 1908 Vorstandsmitglied ist und nun dem Unternehmen in der dritten Familiengeneration vorsteht.

Goldschmidt beginnt 1926 mit der Herstellung von hochdispersen Bleioxiden, sog. Bleimennigen, als Zusatzstoffe für Rostschutzfarben.

Die von FRIEDRICH BERGIUS bei Goldschmidt begründete Forschung im Bereich des Ethylens bringt 1927 als erste Erfolgsprodukte Emulgatoren hervor, die unter den Namen Tegin oder Protegin bis heute vom Degussa-Geschäftsbereich Pflegespezialitäten hergestellt werden. Emulgatoren, partielle Ester höherwertiger Fettsäuren mit mehrwertigen Alkoholen, dienen vor allem der Vermischung von Wasser und Öl etwa in Cremes, Lotionen oder auch Spülmitteln. Dem Unternehmen gelingt damit der Einstieg in die organische Spezialitätenchemie.

Goldschmidt bringt 1929 den ersten Leimfilm auf den Markt. Auf der Basis von Kunstharz und Natronzellstoffpapier als Filmträger wird ein Trockenleim hergestellt, der sich unter hohem Druck als besonders geeignet für die Verarbeitung von Sperr- und Schichtholz erweist. Bis dato gibt es nur

herkömmliche, nicht alterungsbeständige Nassleime aus pflanzlichen und tierischen Rohstoffen. Die von FRIEDRICH BERGIUS begonnenen Forschungen in der Ethylenchemie führen zu zahlreichen neuen Anwendungen für Ethylenoxid. Goldschmidt gründet mit den IG-Farben und der Ruhrchemie die Chemische Fabrik Holten GmbH zur großindustriellen Erzeugung von Ethylenoxid. Dieses wird vor allem bei der synthetischen Herstellung organischer Chemikalien verwendet.

Im Werk Mannheim beginnt das Unternehmen die Produktion bituminöser Bautenschutzmittel. Verwendung finden diese etwa bei Betonbauten oder beim Autobahnbau. Innerhalb kurzer Zeit erobern diese einen großen Markt und tragen zusammen mit den Bleimennigen dazu bei, dass Goldschmidt die Nummer zwei auf dem Markt für Bautenschutzmittel in Deutschland wird.

1937 ergänzt Goldschmidt mit Tegomuls die Palette seiner Emulgatoren. Tegomuls ist einer der ersten Lebensmittelemulgatoren und vor wird allem zur Verminderung des Ölanteils in der Margarine eingesetzt. Bei Verwendung von Tegomuls lässt sich der Wasseranteil in der Margarine bis auf 18 % erhöhen, ohne dass der Geschmack beeinflusst wird.

Bei Kriegsende 1945 ruht an allen Goldschmidt-Standorten aufgrund von Zerstörungen oder Materialmangel die Produktion. Das Essener Stammwerk ist zu 85 % zerstört, der Wiederaufbau kommt einem Neubau gleich und ist erst zu Beginn der 50er Jahre halbwegs abgeschlossen.

1947 gelingt dem Unternehmen mit Tego 103 der Einstieg in den Markt für Desinfektionsmittel. Bereits 1952 wird die Produktpalette um Tego 51 erweitert. Die beiden keimabtötenden Mittel auf Basis amphoterer Tenside machen Goldschmidt in kurzer Zeit zum Marktführer für die Flächenhygiene. In den eigenen Labors beginnen zeitgleich erste Versuche mit einer noch jungen Stoffklasse - den Siliconen. 1955 kommen auf Basis der Forschungsarbeiten die ersten Siliconprodukte auf den Markt.

1952 wird die seit 1943 stillliegende Entzinnung auf verbesserter technologischer Grundlage wieder in Betrieb genommen.

Unter der Bezeichnung Tego Tex stellt Goldschmidt ab 1956 einen neuartigen Dekorfilm auf Melaminbasis als Weiterentwicklung des herkömmlichen Leimfilms vor. Damit können nunmehr Oberflächenfurniere von Möbeln schnell, kostengünstig und in gleichbleibender Qualität aufgetragen werden.

Unter dem Markennamen Tego Stab beginnt 1961 die Produktion von Stabilisatoren für Polyurethanschäume (PU-Schäume). Die hervorragenden Eigenschaften von PU-Schäumen bei der Polsterung, etwa von Sitzmöbeln in Wohnungen oder Autos und bei Isolierungen von Kühlschränken oder Fenstern sorgen für eine seitdem stetig steigende Verbreitung. Dementsprechend

entwickelt Goldschmidt sehr erfolgreich eine breite Palette von Additiven, die herkömmlichen PU-Schäumen besondere Eigenschaften verleihen.

Mit dem Bau eines Produktionsbetriebes zur Herstellung organomodifizierter Siloxane auf dem neu erworbenen Ostgelände des Essener Werkes beschreitet Goldschmidt 1965 endgültig den Weg zum Anbieter von siliconbasierenden, organischen Spezialitäten. Der Betrieb wird in den folgenden Jahrzehnten mehrfach ausgebaut und grundlegend modernisiert und stellt bis heute ein Herzstück der Produktion dar.

Ebenfalls 1965 werden erstmals Betaine hergestellt, wodurch die bisherigen Tenside-Aktivitäten erheblich verstärkt werden. Betaine bestehen aus amphoteren Tensiden und haben u. a. eine rückfettende und augenfreundliche Wirkung. Sie werden hauptsächlich in Shampoos und Spülmitteln verwendet und sorgen dort für eine verbesserte Hautverträglichkeit beim täglichen Waschen oder Spülen.

Bei Goldschmidt beginnt 1978 in Essen die Produktion von Lack- und Farbadditiven in erster Linie für Druckfarben sowie Automobil- und Möbellacke. Diese grenzflächenaktiven Substanzen auf Siliconbasis sorgen als Entschäumer oder Dispergiermittel für eine gleichmäßige und makellose Lackoberfläche.

1981 werden erstmals sog. Radiation Curable-Trennbeschichtungen hergestellt. Von den mit strahlenhärtenden Siliconen behandelten Oberflächen lassen sich beispielsweise Klebeetiketten hervorragend ablösen. Die RC-Technologie wird in den Folgejahren weiter perfektioniert und auf neue Anwendungsgebiete ausgedehnt.

Die wachsenden Aktivitäten des Arbeitsgebietes Lack- und Farbenadditive sind 1984 der Anlass zur Gründung einer eigenen Vertriebsgesellschaft, der Tego Chemie Service GmbH (TCS) mit Sitz in Essen. Das stark markt- und kundenorientierte Konzept der TCS drückt sich bis heute in permanenter Innovation und steigenden Marktanteilen aus.

Im Jahr des 150. Bestehens beginnt der Wandel des Familienunternehmens hin zu einem Bestandteil des VIAG-Konzerns. 1997 löst die VIAG AG, München, die Familie Goldschmidt als Hauptanteilseigner der Goldschmidt AG ab. Goldschmidt wird bis 1999 in die VIAG-Chemietochter SKW Trostberg AG integriert, bleibt allerdings als selbständige Unternehmenseinheit bestehen.

Nach der Fusion der Konzerne VIAG und Veba werden im Jahre 2000 auch deren Chemietöchter fusioniert. Aus SKW Trostberg und Degussa-Hüls wird eine neue Degussa mit Sitz in Düsseldorf geformt. Von den 22 Geschäftsbereichen des neuen Konzerns wird der Geschäftsbereich Oligomere / Silicone ganz und der Geschäftsbereich Care Specialties stark von Goldschmidt-Aktivitäten dominiert.

### 3.2 Organisation des Unternehmens am Standort Essen

Die Goldschmidt AG ist als Teil der neuen Degussa AG an ihrem Standort in Essen geprägt durch die Geschäftsbereiche Care Specialities (GB CS) und Oligomere / Silicone (GB OS) sowie einer als Standortservices (S) bezeichneten Dienstleistungseinheit. Benannte Geschäftsbereiche gehören innerhalb des neuen Konzerns zum Unternehmensbereich (UB) Performance Materials (vgl. Abbildung 1), der durch die Aktivitäten des Unternehmens in den Bereichen Superabsorber und Food komplettiert wird.

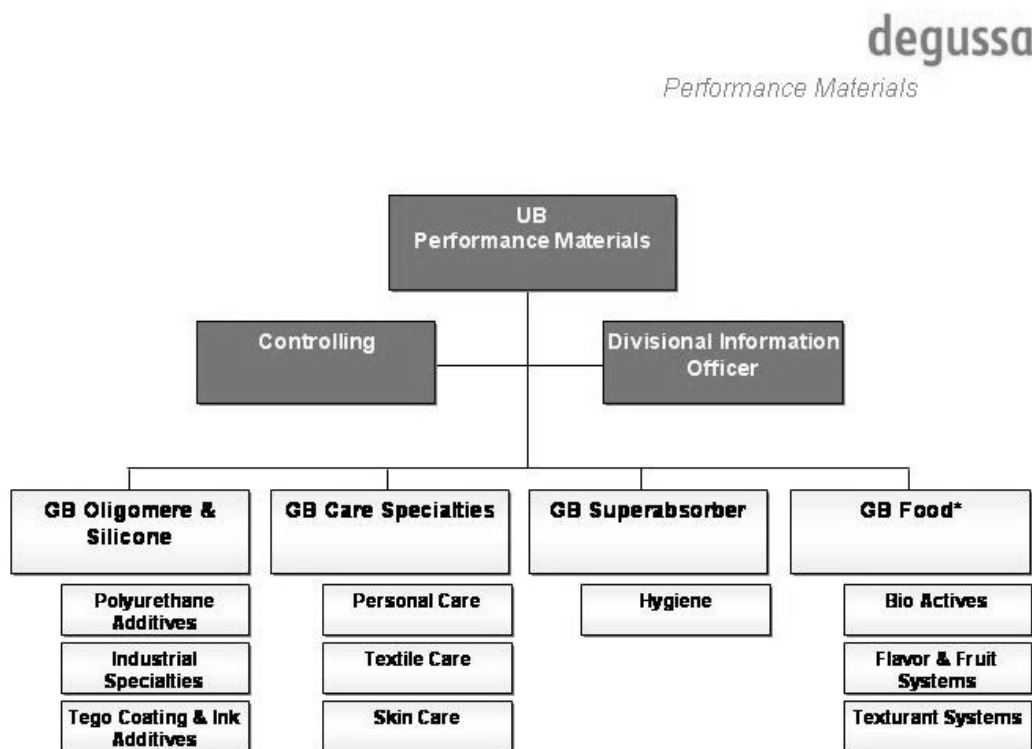


Abbildung 1 Aufbauorganisation UB Performance Materials [24]



Beide Geschäftsbereiche verfügen am Standort Essen u. a. über eigene Abteilungen in den Bereichen Forschung, Anwendungstechnik, Marketing / Vertrieb und Produktion.

Aufgabe des Standortservices (vgl. Abbildung 2) ist es, den Geschäftsbereichen dienstleistungsorientiert und in Konkurrenz zu externen Anbietern Leistungen, z. B. in den Gebieten technische Wartung, Ingenieurtechnik, Personaldienstleistungen sowie Aus- und Weiterbildungsdienstleistungen, zur Verfügung zu stellen.

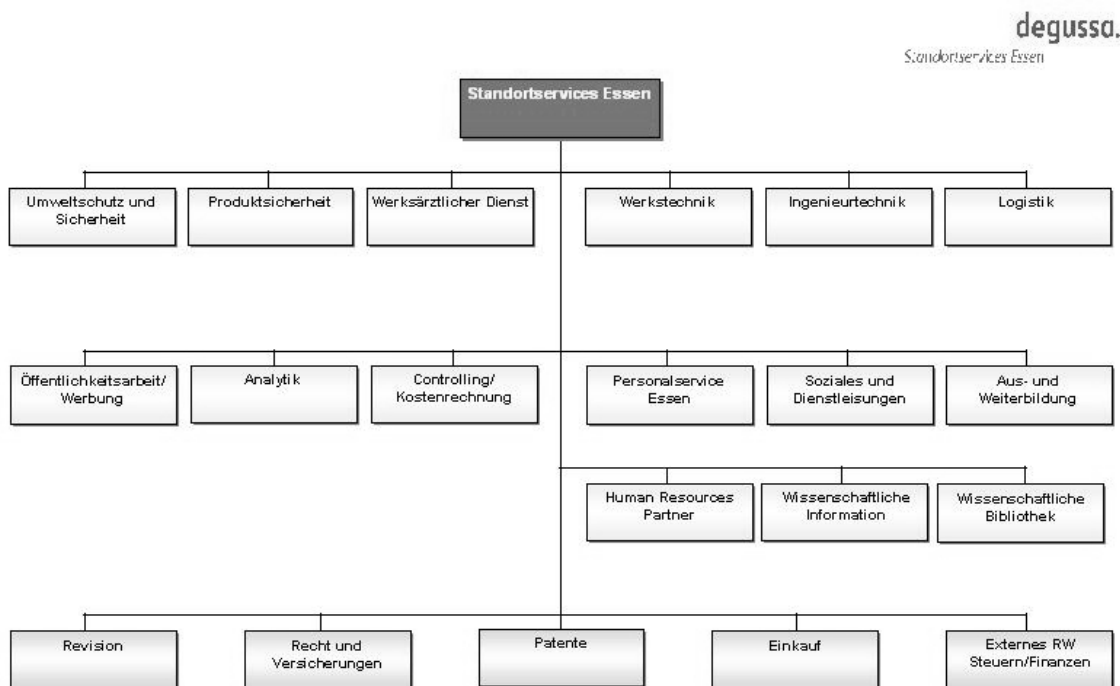


Abbildung 2 Aufbauorganisation des Standortservices Essen [23]

### **3.2.1 Die Abteilung Aus- und Weiterbildung am Standort Essen**

Die Abteilung Aus- und Weiterbildung (vgl. Abbildung 2) innerhalb des Standortservices ist verantwortlich für die qualifizierte und am Bedarf des Unternehmens orientierte Ausbildung zukünftiger Mitarbeiter sowie für die kontinuierliche, zielgerichtete Weiterbildung der rund 1.400 (Stand 12/2002) beschäftigten Mitarbeiter am Standort Essen. Sie untersteht fachlich und disziplinarisch direkt der Leitung des Standortservices. Räumlich ist die Abteilung in einem eigenen Gebäude, dem sogenannten Berufsbildungszentrum (BBZ) lokalisiert. Hier befinden sich eigens für den Ausbildungsbetrieb eingerichtete elektrische- und mechanische Werkstätten, chemische Ausbildungslaboratorien und eine multifunktionale verfahrenstechnische Ausbildungsanlage (Technikum). Weiterhin sind für den Aus- und Weiterbildungsbetrieb nutzbare Seminarräume und ein EDV-Schulungsraum vorhanden.

#### **3.2.1.1 Ausbildungsberufe am Standort Essen**

Die Abteilung Aus- und Weiterbildung am Standort Essen betreut mit sechs Ausbildern, die über Qualifikationen in den Bereichen Chemotechniker, Industriemeister Chemie, Industriemeister Metall, Elektromeister, Industriekaufmann verfügen, 90 Auszubildende in den Berufsfeldern Chemikant (44), Chemielaborant (15), Lacklaborant (4), Energieelektroniker (4), Industriemechaniker (4), Chemie-Betriebswirt (7), Industriekaufmann (6) und Informatikkaufmann (6). Dies entspricht einer Ausbildungsquote von etwa 7 % und einem Betreuungsverhältnis zwischen Ausbilder und Auszubildenden von 1 zu 15 (Stand 10/2002).

In den erstellten berufsfeldübergreifenden Ausbildungsmodulen (vgl. Kapitel 4) werden aus dem technischen Bereich angehende Chemikanten und Energieelektroniker, aus dem chemischen Bereich Laboranten und fakultativ aus dem kaufmännischen Bereich Informatikkaufleute berücksichtigt. Die Hauptmerkmale dieser Ausbildungsberufe werden im Folgenden dargestellt:

##### **3.2.1.1.1 Chemikant**

Chemikanten (CHK) in der chemischen Industrie sind Mitarbeiter mit speziellen Fachkenntnissen für die Produktion (vgl. [4]). Zu ihren Aufgaben gehört das Erfassen und Registrieren von Messwerten sowie das Durchführen verfahrens- und produktionstechnischer Arbeiten ebenso wie das Vereinigen, Trennen und Reinigen von Arbeitsstoffen mit physikalischen oder chemischen Methoden. Detaillierte Kenntnisse der Stoffe und ihrer Eigenschaften sind Voraussetzung für ein sicheres und erfolgreiches Arbeiten.

Die Ausbildung erfolgt entsprechend den Anforderungen des Berufsbildes im Berufsbildungszentrum, in Betriebslaboratorien und Produktionsbetrieben. Ausbildungsstationen im Berufsbildungszentrum sind das Technikum, das verfahrenstechnische Labor und außerdem die Metall- und Elektrowerkstatt. Ausbildungsstationen im Betrieb sind Technika der Produktionserprobung, Betriebslaboratorien organische sowie anorganische Produktionsbetriebe.

#### 3.2.1.1.2 Laborant

Laboranten in der chemischen Industrie sind Mitarbeiter des Chemikers in Laboratorien der Forschung, Produktionskontrolle, Verfahrenstechnik und Anwendungstechnik (vgl. [5], [8]). Chemielaboranten (CHL) wirken mit bei der Herstellung von Substanzen und Präparaten sowie bei der Untersuchung fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe. Lacklaboranten (LL) sind beteiligt an der Herstellung von Beschichtungsstoffen und Beschichtungssystemen sowie deren Überprüfung und Optimierung. Sie führen technologische Prüfungen und Beständigkeitsprüfungen durch. Beide Berufsgruppen kontrollieren Fertigerzeugnisse, in der Produktion eingesetzte Hilfsstoffe und Zwischenprodukte und kennen sich aus im Umgang mit Apparaturen und Messgeräten. Eine gründliche Kenntnis der eingesetzten Chemikalien und ihrer Eigenschaften sind auch hier Voraussetzung für ein sicheres und erfolgreiches Arbeiten.

Die betriebliche Ausbildung der Laboranten erfolgt im Lehrlaboratorium des Berufsbildungszentrums und während der Vor-Ort-Ausbildung in verschiedenen Betriebslaboratorien, z. B. der Analytik, Forschung und Anwendungstechnik.

#### 3.2.1.1.3 Energieelektroniker

Energieelektroniker (EE) der Fachrichtung Betriebstechnik sind aufgrund ihrer Ausbildung für Tätigkeiten im Bereich elektrische Energietechnik qualifiziert (vgl. [6]). Sie führen Erweiterungs-, Änderungs- und Wartungsarbeiten im elektrotechnischen Bereich durch. Ihre Aufgaben sind das Herstellen, Erweitern, Warten und Instandhalten von Anlagen der Energieversorgungstechnik, von Einrichtungen der Steuerungs-, Regelungs- und Antriebstechnik, der Meldetechnik sowie der Beleuchtungstechnik.

#### 3.2.1.1.4 Informatikkaufmann

Informatikkaufleute (IFK) analysieren Geschäftsprozesse im Hinblick auf die Einsatzmöglichkeiten informations- und kommunikationstechnischer Lösungen (vgl. [7]). Auf der Basis ihrer Kenntnisse der betriebswirtschaftlichen Prozesse und der Informationsverarbeitungssysteme vermitteln Informatikkaufleute zwischen den Fachanforderungen und der technischen Realisierung. Sie beraten über die Einsetzbarkeit von Anwendungssystemen und sind Ansprechpartner in den Fachabteilungen und gegenüber Herstellern und

Anbietern von Systemen der Informations- und Kommunikationstechnologie. Weitere Aufgaben sind die Einführung von Standardanwendungssystemen und der Entwurf und die Realisierung individueller Lösungen unter Gesichtspunkten der Wirtschaftlichkeit. Die dreijährige Ausbildung findet u. a. in den Bereichen Informatik / Kommunikation, Einkauf, Marketing / Vertrieb, Personalwesen, Controlling und Finanzen statt.

Für alle Berufsgruppen wird neben dem im dualen Ausbildungssystem (vgl. Abbildung 28) vorgesehenen Berufsschulunterricht themenspezifischer, werksinterner Ergänzungsunterricht erteilt.

Die Regelausbildungszeit liegt bei den beschriebenen Berufen zwischen drei und dreieinhalb Jahren und schließt mit einer Prüfung vor der Industrie- und Handelskammer (IHK) ab.

Die Zugangsvoraussetzungen zu den einzelnen Berufen sind im Überblick der Abbildung 3 zu entnehmen.

degussa.

Standortservices Essen

### Welchen Schulabschluss erwarten wir?

	10 b	FOR	Abitur
Chemikant/in	✱	✱	
Chemielaborant/in		✱	✱
Lacklaborant/in		✱	✱
Energieelektroniker	✱	✱	
Industriemechaniker	✱	✱	
Industriekaufleute		✱	✱
Informatikkaufleute		✱	✱

Abbildung 3 Zugangsvoraussetzungen [21]

Eine detaillierte Übersicht der Ausbildungsaktivitäten des Unternehmens steht unter [21] zur Verfügung.

### **3.3 Motive für die Optimierung von Ausbildungsformen**

Nach Beschreibung der vorliegenden Projektrahmenbedingungen erfolgt nun eine systematische Analyse der Motive für die Optimierung von betrieblichen Ausbildungsformen im kooperierenden Unternehmen. Diese Betrachtung bildet den Ausgangspunkt für die weiteren in dieser Arbeit entwickelten Gedanken und Lösungsansätze.

Tiefgreifende Veränderungen von Unternehmensstrukturen im Zuge von Globalisierungs- und Fusionsprozessen üben entscheidenden Einfluss auf die Arbeitsgebiete der Mitarbeiter eines Unternehmens aus. Abgeflachte Hierarchien erweitern den Verantwortungsbereich des einzelnen Mitarbeiters. Interdisziplinäre Nahtstellen gewinnen aufgrund einer verstärkten Prozessorientierung der Wertschöpfungskette an Bedeutung. Neben dem selbstverständlichen Anspruch nach Fachkompetenz nehmen so die Bedeutung von Methoden-, Sozial- und Individualkompetenz (vgl. Kapitel 7.2) einen immer wichtigeren Stellenwert im Berufsleben ein. Innovative Unternehmen der chemischen Industrie benötigen heute schlüsselkompetente und fachlich hochqualifizierte Mitarbeiter, um im internationalen Wettbewerb zu bestehen. Ziel von betrieblicher Ausbildung muss es daher sein, Ausbildungskonzepte permanent auf die sich ändernden Rahmenbedingungen abzustimmen, um so für den Einsatz im Unternehmen optimal ausgebildete Mitarbeiter hervorzubringen. Die folgende Betrachtung analysiert aus verschiedenen Perspektiven zunächst Anliegen, die in einem optimierten Ausbildungskonzept für das beschriebene Unternehmen Berücksichtigung finden sollen. Abbildung 4 zeigt diese im Überblick. Eine ausführliche Erläuterung zu den einzelnen Punkten erfolgt im Anschluss.

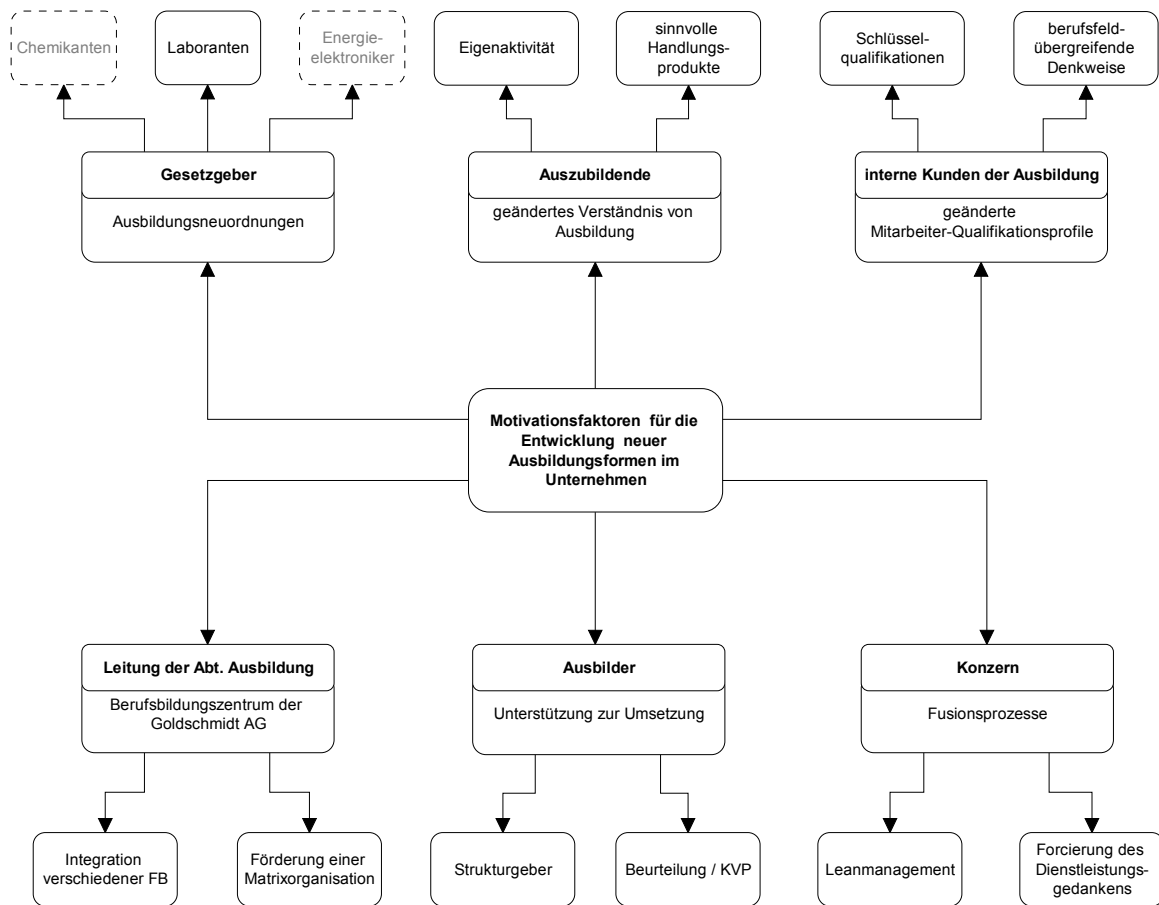


Abbildung 4 Optimierungsanforderungen

### 3.3.1 Konzern

Dem geschichtlichen Unternehmensüberblick (vgl. Kapitel 3.1) folgend ist der neue Konzern im Jahre 2000 durch die Fusion mehrerer traditionsreicher Unternehmen entstanden. Durch die Neugruppierung der Arbeitsgebiete in Geschäfts- und Servicebereiche entstehen derzeit stark dienstleistungsorientierte Strukturen. Abteilungen sind häufig sowohl Anbieter als auch Nutzer von Dienstleistungen, die sowohl durch konzerninterne Mitarbeiter wie auch durch konzernexterne Organisationen zur Verfügung gestellt werden. Es besteht somit verstärkt die Notwendigkeit, Mitarbeiter für ihre zukünftige Arbeit im Konzern bereits während ihrer Ausbildungszeit für diese Wirkungsgefüge zu sensibilisieren.

Fusionsprozesse sind aber auch mit der Suche und Eliminierung von Redundanzen und der Nutzung von Synergien im Unternehmen verbunden, an deren Ende eine Optimierung der Wertschöpfungskette des Unternehmens steht. Aus dieser Sicht ist zu prüfen, in welcher Art und in welchem Umfang von Auszubildenden erbrachte Leistungen zur Verfolgung dieser Ziele beitragen können.

### **3.3.2 Interne Kunden der Ausbildungsabteilung**

Auch die Abteilung Aus- und Weiterbildung tritt ihren internen Kunden gegenüber als Dienstleister auf. In Kooperation mit der Abteilung Personalservices (vgl. Abbildung 2) wird der zukünftige Bedarf des Unternehmens an Auszubildenden in den einzelnen Bereichen am Standort ermittelt. Die zentrale Aufgabe der Ausbildungsabteilung besteht nun darin, zukünftige Mitarbeiter entsprechend der Anforderungen des Arbeitsplatzes zu gewinnen, qualifiziert in einem Beruf auszubilden und dem Unternehmen bedarfsorientiert zur Verfügung zu stellen.

Arbeitsorganisationen in den Abteilungen ändern sich. Die traditionelle Funktionsorientierung im Beruf wandelt sich hin zu einer Prozessorientierung. Abläufe werden im Ganzen betrachtet. Vor- und nachgelagerte Bereiche des eigenen Arbeitsumfeldes finden verstärkt Berücksichtigung. Die Beachtung von Nahtstellen zwischen den Arbeitsbereichen und Kenntnisse über Abläufe in den benachbarten Organisationseinheiten sind erforderlich. Es ergeben sich fachliche und soziale Schnittmengen zu anderen Berufsfeldern, in denen oftmals Mitarbeiter anderer Professionen anzutreffen sind. Gleichzeitig ist eine Abflachung der Unternehmenshierarchien festzustellen, die eine höhere Verantwortung und einen breiteren Verantwortungsbereich des einzelnen Mitarbeiters bedingen. Die genannten Faktoren erfordern bei den Mitarbeitern neben einer fast schon als selbstverständlich vorausgesetzten hohen Fach- und Methodenkompetenz ein zunehmendes Maß an Sozial- und Kommunikationskompetenz. Beide Facetten sind als zentrale Anforderungen, die in aktuellen Ausbildungskonzepten berücksichtigt werden sollen, zu nennen.

### **3.3.3 Leitung der Abteilung Ausbildung**

Mit den beschriebenen Voraussetzungen des Berufsbildungszentrums sind im Unternehmen optimale organisatorische Rahmenbedingungen für die Durchführung berufsfeldübergreifender Ausbildungseinheiten vorhanden. Auch aufgrund der vorliegenden beruflichen Doppelqualifikationen einiger Ausbilder (z. B. Elektromeister und Chemikant bzw. Industriemeister Chemie und Chemielaborant) ist im fachlichen Bereich ein hohes Betreuungsniveau der Auszubildenden für derartige Projekte sichergestellt.

Der in Abstimmung mit der Abteilungsleitung erarbeitete Ansatz sieht die Erstellung von drei berufsfeldübergreifenden Ausbildungsmodulen für den chemisch-technischen Bereich mit einer Dauer von je 20 Arbeitstagen vor. Im Vordergrund sollen hierbei Themen stehen, die den Bereich der elektronischen Messdatenerfassung in Kombination mit Messaufgaben aus dem chemischen Sektor behandeln.

Neben dem Training der Auszubildenden soll die Durchführung der berufsfeldübergreifenden Ausbildungsmodule, im Kontext der Förderung einer Matrixorganisation innerhalb der Abteilung Aus- und Weiterbildung, auch zu einer stärkeren fachlichen und sozialen Vernetzung der einzelnen Fachbereiche untereinander führen.

### **3.3.4 Gesetzgeber**

Ebenfalls hat der Gesetzgeber den Handlungsbedarf zur Erstellung einer optimierten Ausbildungsordnung aufgrund der sich in Unternehmen ändernden Rahmenbedingungen erkannt. Daher wurde bereits im Juli 1997 im Berufsbildungsrat der Beschluss zur Neuordnung der Laborberufe gefasst. Unter Leitung des Bundesinstituts für berufliche Bildung (BIBB) und unter Mitarbeit der Industriegewerkschaft Bergbau Chemie Energie (IG BCE) sowie des Bundesarbeitgeberverbandes Chemie e.V. (BAVC) wurden in 9 Sitzungen der Bundessachverständigen in den Jahren 1998 und 1999 Struktur und Inhalt der Ausbildungsneuordnung erstellt. Zeitgleich erarbeiteten Ländersachverständige korrespondierende Rahmenlehrpläne für die Berufsschule. Nach Abschluss der Koordinierungsarbeit der Bildungspartner im dualen Ausbildungssystem (vgl. auch Kapitel 8) wurde die Neuordnung der Laborberufe im März 2000 im Bundesgesetzblatt veröffentlicht. Sie ist seit August 2000 für Ausbildungsbetriebe verbindlich gültig (vgl. [10]).

Ziel der Neuordnung ist u. a. die Modernisierung von Inhalt und Struktur, die Entwicklung neuer Ausbildungsformen sowie die verstärkte Integration von Ausbildungsinhalten mit Bezug zur betrieblichen Arbeitswirklichkeit. Erreicht werden soll dies durch das modular aufgebaute Konzept der Qualifikationseinheiten. Diese sollen betriebliche und berufliche Rahmenbedingungen des Unternehmens sowie persönliche Neigungen des Auszubildenden besser als bisher berücksichtigen, parallel aber Vergleichbarkeit und optimale Beschäftigungsfähigkeit des Auszubildenden gewährleisten. Inhaltlich finden neue Themengebiete, z. B. Neuentwicklungen im Bereich der instrumentellen Analytik sowie zahlreiche EDV- bzw. computerunterstützte Tätigkeiten, Berücksichtigung.

Ähnlichen Prämissen folgend werden derzeit die Berufsfelder des Chemikanten (Verabschiedung einer Erprobungsverordnung in 2001, vgl. auch [11]) und des Energieelektronikers (voraussichtliche Verabschiedung der Neuordnung in 2003) modifiziert.



### **3.3.5 Auszubildende**

In Einstellungsgesprächen werden von zukünftigen Auszubildenden des Unternehmens häufig klare Vorstellungen und Anforderungen an eine moderne Berufsausbildung artikuliert. Eine der Hauptforderungen ist die Selbstverwirklichung und die pragmatische Umsetzung eigener kreativer Ideen und Vorstellungen bei der Arbeit. Für einen Großteil der Auszubildenden hat dies einen hohen Stellenwert. Ebenso ist festzustellen, dass Sinn und Nutzen einer vom Auszubildenden durchgeführten Arbeit für ihn erkennbar sein muss.

### **3.3.6 Ausbilder**

Angesichts der genannten Anforderungen an eine zeitgemäße berufliche Ausbildung im chemisch-technischen Bereich muss der Ausbilder sich heute neuen konzeptionellen und inhaltlichen Herausforderungen stellen. Ausbilder, die neben ihrer eigentlichen Kernaufgabe oftmals zahlreiche Nebenaufgaben, z. B. verwaltungstechnischer und sozialer Art, betreuen, fordern Hilfen ein, mit denen sie trotz der angespannten personellen Situation Lösungen zu den hier skizzierten neuen Forderungen anbieten können. Insbesondere werden Strukturgeber, die eine eigenverantwortliche, selbstorganisierte Arbeitsweise und Problemlösungsfähigkeit des Auszubildenden in den Vordergrund stellen, für die Umsetzung berufsfeldübergreifender Ausbildungsprojekte benötigt. Eine zweite zentrale Ausbilderforderung beinhaltet die Vorstellung von Instrumentarien, die einerseits dazu beitragen, die Leistungen des einzelnen Auszubildenden, entgegen des nun verstärkt im Focus stehenden Teamarbeitsergebnisses, objektiv beurteilen zu können und die andererseits Maßnahmen zur individuellen Förderung des Auszubildenden ableitbar machen.

### 3.3.7 Zusammenfassung der Optimierungsanforderungen

Zusammenfassend ergibt die durchgeführte Analyse für das hier exemplarisch betrachtete Unternehmen die folgenden Kernforderungen an ein optimiertes, berufsfeldübergreifendes Ausbildungskonzept:

1. Integrierte, berufsfeldübergreifende Ausbildung von Laboranten, Chemikanten und Energieelektronikern in drei Ausbildungsmodulen mit je 20 Arbeitstagen. Die Behandlung von Themengebieten der elektronischen Messdatenerfassung im Kontext chemischer Problemstellungen soll dabei im Vordergrund stehen.
2. Eigenverantwortliche, selbstorganisierte und handlungsorientierte Bearbeitung von realen betrieblichen Problemstellungen durch Auszubildende.
3. Neben der selbstverständlichen fachlichen Ausbildung verstärkte Berücksichtigung von methodischen und sozialen Ausbildungsaspekten.
4. Sensibilisierung von Auszubildenden für dienstleistungsorientierte Sichtweisen.
5. Berücksichtigung von Produktivität und Arbeitsleistung der Auszubildenden für das Unternehmen.
6. Ableitung einer strukturierten Vorgehensweise, die den Transfer der exemplarisch entwickelten Ausbildungsmodule in weitere Ausbildungssituationen gewährleistet (induktiver Ansatz).
7. Betrachtung von Möglichkeiten zur Schärfung des bestehenden Förderungs- und Beurteilungssystems.
8. Betrachtung von Möglichkeiten zur Initiierung eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses zur Gestaltung von berufsfeldübergreifenden Ausbildungsmodulen.

Die folgenden Kapitel widmen sich der Bearbeitung der genannten Optimierungspotentiale.

## 4 Projektvorstellung

Die hier entwickelte Konzeption von drei berufsfeldübergreifenden Ausbildungsmodulen, kann als ein exemplarischer Lösungsvorschlag für die in Kapitel 3.3.7 dargestellten Facetten von Optimierungsvorhaben angeboten werden. Hauptziel dabei ist es, vom speziellen Beispiel ausgehend, eine allgemein anwendbare Ausbildungsform abzuleiten, die von den betrieblichen Ausbildern zur eigenständigen Gestaltung weiterer zukünftiger Ausbildungseinheiten eingesetzt werden kann.

Um zunächst einen einführenden thematischen Überblick zu geben, werden im Folgenden die Inhalte der drei Ausbildungsmodule zusammenfassend dargestellt. Anschließend werden Struktur und Verwendungsmöglichkeiten der erstellten Ausbildungsmaterialien (vgl. [61], [62]) vorgestellt.

### 4.1 Inhaltliche Kurzübersicht

#### 4.1.1 Ausbildungsmodul 1

Laboranten, Chemikanten und Energieelektroniker der Ausbildungsunterstufe bauen selbständig, unter Verwendung eines computerunterstützten Schaltungssimulators, ein Messdatenerfassungssystem auf. Mit diesem führen sie Messungen zu den Grundlagen der Elektrizitätslehre durch. Weiterhin werden mit diesem System thermometrische und potentiometrische Messungen, die an chemische Problemstellungen geknüpft sind, durchgeführt. Auch kybernetische Anwendungen, wie z. B. der Aufbau eines Titrationsautomatens, werden umgesetzt.

#### 4.1.2 Ausbildungsmodul 2

Im zweiten Ausbildungsmodul werden chemische und physikalische Mess-, Steuerungs- und Auswertungsaufgaben unter Verwendung von programmierbaren Mikrocontrollern realisiert. Modul 2 richtet sich an Laboranten, Energieelektroniker und fakultativ Informatikkaufleute der Ausbildungsmittelstufe. Unter Verwendung der programmierbaren Mikrocontroller werden Geräte der instrumentellen Analytik, wie beispielsweise ein einfaches Laborphotometer, von den Auszubildenden interdisziplinär aufgebaut und betrieben.

### 4.1.3 Ausbildungsmodul 3

Ausbildungsmodul 3 beinhaltet eine Projektbeschreibung, in der dargelegt wird, wie die in den ersten beiden Ausbildungsmodulen erworbenen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten zur Lösung einer realen, aus dem Arbeitsalltag stammenden Problemsituation genutzt werden können. Konkret wird unter Einsatz der Mikrocontroller aus Modul 2 von Auszubildenden ein Gerät zur Überwachung einer inerten Reaktionsatmosphäre entwickelt, aufgebaut, getestet und im Unternehmen eingesetzt. Die Projektbeschreibung soll ein praktisches Beispiel dafür liefern, wie es möglich ist, die in den Ausbildungsmodulen 1 und 2 erworbenen Kompetenzen bereits im Berufsalltag des Auszubildenden, mitunter auch für das Unternehmen in monetärer Weise nutzbringend, anzuwenden (vgl. Kapitel 7.5.6). Der Projektbericht über das Vorgehen in Ausbildungsmodul 3 kann Ausbildern als Impulsgeber für eigene Experimente mit den vorgestellten technischen Systemen und Ausbildungsformen dienen.

Die zeitliche Eingliederung der drei neu gestalteten Ausbildungsmodule in den Ablauf der Chemielaborantenausbildung des Unternehmens ist in Abbildung 5 dargestellt.

#### Zeitliche Einordnung der Ausbildungsmodule



Abbildung 5 Eingliederung der Ausbildungsmodule in die Laborantenausbildung [22]

## **4.2 Struktur und Aufbau der Ausbildungsmaterialien**

Engagiert man sich in berufsfeldübergreifenden Ausbildungsprojekten stellt man als Betreuer schnell fest, dass dies mit einem deutlich erhöhten Koordinations- und Zeitaufwand verbunden ist. Um hier möglichst entlastend für den Ausbilder zu agieren, gliedern sich die erstellten Ausbildungsunterlagen für die Module 1 und 2 in je einen Ausbilder- und einen Materialienband. Diese sind so miteinander verzahnt, dass eine strukturierte Durchführung ohne aufwendige, zusätzliche Recherchearbeit und Verlaufsvorbereitung seitens des Ausbilders ermöglicht wird.

### **4.2.1 Ausbilderband**

Die Transparenz der Ausbildungsmodule wird durch die Unterteilung der Module in kleinere, aufeinander basierende Sinnblöcke, den sogenannten Ausbildungseinheiten (AE), erhöht. Jede Ausbildungseinheit wiederum ist gegliedert in die Unterkapitel Themenbeschreibung, Sachanalyse, Lernausgangslage der Auszubildenden, Ziele der Ausbildungseinheit, Verlaufsplan, Überlegungen zur Ausbildungsplanung und Medien / Materialien.

#### **4.2.1.1 Themenbeschreibung**

Die Themenbeschreibung informiert den Ausbilder in wenigen Sätzen über die in den jeweiligen Ausbildungseinheiten vorliegenden Inhalte und Themengebiete. Sie kann als Zusammenfassung einer Ausbildungseinheit verstanden werden.

#### **4.2.1.2 Sachanalyse**

Die Sachanalyse dient dazu, den Ausbilder in die Materie der jeweiligen Ausbildungseinheit knapp und präzise einzuführen. Da es sich um berufsfeldübergreifende Projekte mit Ausbildungsanteilen aus dem Chemie-, Elektro- und EDV-Sektor handelt, wird der Ausbilder durch diesen Teil auch über fachliche Themen informiert, die nicht primär zu seiner Profession zählen, die aber für das Gelingen des Projektes notwendig sind.

#### **4.2.1.3 Lernausgangslage**

Unter dem Gliederungspunkt Lernausgangslage werden Eigenschaften definiert, die der Auszubildende für die erfolgreiche Teilnahme an der jeweiligen Ausbildungseinheit bereits beherrschen sollte. Die hier aufgeführten Merkmale bieten innerhalb des dualen Ausbildungssystems gute Ansatzpunkte für eine sinnvolle Verzahnung der Ausbildungsmodule mit den Rahmenlehrplänen der kooperierenden Berufsschule.

#### 4.2.1.4 Ziele der Ausbildungseinheit

Die dargestellten Ziele der Ausbildungseinheit spiegeln den Wissenszuwachs des Auszubildenden nach Beendigung der jeweiligen Ausbildungseinheit wider. Die Definition der Ausbildungsziele ist insofern sinnvoll, als dass sie dazu beiträgt, dass das Handeln von Ausbilder und Auszubildenden stets konkret und ergebnisorientiert bleibt.

#### 4.2.1.5 Verlaufsplan

Der Verlaufsplan bildet das zentrale Navigationselement einer jeden Ausbildungseinheit. In ihm ist der Ausbildungsgang chronologisch dargestellt. Er beschreibt stichwortartig die zu vermittelnden Ausbildungsinhalte, schlägt zum Inhalt passende Sozialformen und Methoden vor und verweist auf zugehörige, im Materialienband verfügbare und zum Ausbildungsablauf passende Anlagen, wie beispielsweise Overhead-Folien, Arbeitsaufträge und Musterlösungen.

#### 4.2.1.6 Inhaltliche und Methodische Überlegungen zum Vorgehen

Der Gliederungspunkt Inhaltliche und Methodische Überlegungen zum Vorgehen dient dem Ausbilder als Informationsquelle mit Hinweisen zur praktischen Durchführung der Ausbildungsmodule. Insbesondere werden Passagen im Verlaufsplan der Ausbildungseinheiten aufgearbeitet, die sich bei der Durchführung als anspruchsvoll erwiesen haben.

#### 4.2.1.7 Materialien und Medien

Um den praktischen Vorbereitungsaufwand für den Ausbilder zu minimieren, listet das Unterkapitel Materialien und Medien für die Durchführung einer Ausbildungseinheit benötigte, im Ausbildungsbetrieb meist nicht standardmäßig vorhandene Utensilien tabellarisch auf. Beschaffungsquellen und ein Kostenrahmen sind vermerkt. Dabei wird vorausgesetzt, dass einmal genannte Artikel auch für folgende Ausbildungseinheiten zur Verfügung stehen. Weiterhin werden Zugang zum Ausbildungslaboratorium, zur Ausbildungselektro- und -metallwerkstatt, zu einem Seminarraum, zu einem EDV-Raum und zur Bibliothek des Unternehmens als gegeben vorausgesetzt.

### **4.2.2 Materialien- und Medienband für den Ausbilder**

Im Materialien- und Medienband werden für die Durchführung der Ausbildungsmodule relevante Unterrichtsmaterialien wie Präsentationsfolien, Arbeitsaufträge, Musterlösungen u. a. zur Verfügung gestellt. Auch diese Materialien haben das Ziel, den Vorbereitungsaufwand für den verantwortlichen Ausbilder möglichst gering zu halten.

#### 4.2.2.1 Arbeitsaufträge

Die angebotenen Arbeitsaufträge sind als Strukturgeber für die Ausbildungsmodule zu verstehen. Die Dosierung ihres Einsatzes ermöglicht es dem Ausbilder, je nach Leistungsstand der Lerngruppe, zwischen den vorgeschlagenen Methoden zu variieren.

#### 4.2.2.2 Musterlösungen

Zu sämtlichen Arbeitsaufträgen liegen passende Musterlösungen vor. Diese sollen zum einen den Ausbilder bei der Formulierung eines Erwartungshorizonts gegenüber den Auszubildenden unterstützen, zum anderen illustrieren sie, welche neuen Möglichkeiten die vorgestellten technischen Systeme eröffnen. Die Musterlösungen können daher vom Ausbilder auch als Basismaterial zur Erstellung weiterer, eigener Ausbildungsmodule genutzt werden.

#### 4.2.2.3 Fragebögen zur Projektbeurteilung aus der Sicht der Auszubildenden

Um eine kontinuierliche Verbesserung der Ausbildungsbemühungen zu erreichen, steht dem Ausbilder am Ende eines Ausbildungsmoduls ein Fragebogen zur Verfügung (vgl. Kapitel 10.2.1 und 14.5), mit dem er die Meinung der Projektgruppe u. a. zu den Themen Material- und Informationsverfügbarkeit, Informationsklima und Leistungs-Feedback, Coaching-Verhalten, Projektleistungsniveau, Motivation, Selbstvertrauen und Einstellungen zur Ausbildung abfragen kann.

#### 4.2.2.4 Ausbildergesprächsleitfaden zur Führung eines Förderungsgespräches

Ebenso wird am Ende eines Ausbildungsmoduls ein Gesprächsleitfaden zur Führung eines Beurteilungs- und Förderungsgespräches angeboten (vgl. Kapitel 10.2.2 und 14.6). Mit diesem kann eine möglichst objektive Betrachtung der Bereiche Fach-, Methoden- und Sozialkompetenz des einzelnen Auszubildenden angestrebt werden. Er kann als eine Möglichkeit zur Schärfung des im Unternehmen vorliegenden Beurteilungs- und Förderungssystems (vgl. Kapitel 14.7) genutzt werden.

Die exemplarische Darstellung einer Ausbildungseinheit gemäß der oben beschriebenen Kategorisierung ist im Anhang (vgl. Kapitel 14.1) verfügbar.

### 4.3 Darstellung der Ausbildungs- und Sozialformen

An dieser Stelle erfolgt zunächst eine Beschreibung der in den Ausbildungsmodulen favorisierten Ausbildungs- und Sozialformen. Herleitungen sowie Begründungen zu deren Verwendung sind im Detail in Kapitel 7 dargestellt.

#### 4.3.1 Projektorientierte Ausbildungsformen

Bei Ausbildungsformen, die sich an der Projektmethode orientieren, muss die Arbeit an einer gegebenen, aus dem beruflichen Alltag stammenden Problemstellung gemeinsam durch die Auszubildenden geplant und in einem arbeitsteiligen Verfahren umgesetzt werden. Das Tätigkeitsfeld des Ausbilders reduziert sich hier im Idealfall auf die Funktion eines Mittlers. Die Projektgruppe koordiniert ihr Handeln über den zentralen Punkt der gegenseitigen Beurteilung selbst (vgl. Abbildung 6). Mit projektorientierten Ausbildungsformen können so Grundlagen des betrieblichen Arbeitens bereits in Ausbildungssituationen trainiert werden.

Klassischer Projektunterricht kann nach DEMUTH als ein Vierstufenplan, der sich an den folgenden Gliederungspunkten orientiert, beschrieben werden:

##### 4.3.1.1 Stufe der Anregung

Ein Projektstart in der beruflichen Ausbildung beginnt z. B. damit, dass ein Auszubildender oder ein Ausbilder eine bestimmte Fragestellung oder ein Problem zur Diskussion stellt. Eine in der beruflichen Lebenswelt der Auszubildenden angesiedelte Problemstellung stellt die Grundlage für die Frage dar: „Können wir mehr darüber in Erfahrung bringen?“ (vgl. [52], S. 236). Die Ausbildungsgruppe reflektiert das Problem, diskutiert Problemlösungsmöglichkeiten und prüft, ob aus der Problemstellung ein Projekt entstehen kann oder ob das Vorhaben aufgegeben wird.

##### 4.3.1.2 Stufe der gemeinsamen Planung

In dieser Phase überlegt die Ausbildungsgruppe, wie die Ausgangsidee in bestimmte Aktivitäten umgesetzt werden kann. Zu bestimmen ist, welche Ziele in welchem zeitlichen Rahmen erarbeitet werden sollen. Möglichst viele Facetten der Problemstellung aus unterschiedlichen beruflichen Perspektiven sollten in dieser Phase diskutiert werden. Am Ende dieser Phase steht ein Plan, der die Aktivitäten der Mitglieder der Ausbildungsgruppe koordiniert. Aus dem gemeinsam erstellten Plan muss ersichtlich sein, *wer* im Projektverlauf, *welche* Tätigkeit, *wie*, *wann* und *wo* durchführen wird.



#### 4.3.1.3 Stufe der Ausführung

Die Ausbildungsgruppe wird nun, den Anforderungen des selbst auferlegten Projektplans folgend, tätig. Die arbeitsteilige Lösung des Gesamtproblems, durch Bildung von kleineren Untergruppen, die sich vertieft mit der Erstellung von Teilproblemlösungen befassen, ist möglich. Diese Stufe der Projektmethode ist charakterisiert durch hohe Eigenaktivität, durch Selbständigkeit und durch eigenverantwortliches Handeln der Auszubildenden. In regelmäßigen Projektbesprechungen der Gesamtarbeitsgruppe werden die bisherigen Teilergebnisse dargestellt. Es wird besprochen, welche Erfolge und Probleme bei der Bearbeitung der Teilproblemstellungen aufgetreten sind, welche Arbeitsfortschritte zu verzeichnen sind, ob die bisherige Planung beibehalten werden kann und ob die vereinbarten Ziel- und Zeitvorgaben eingehalten werden können. Diese Projektbesprechungen der Gesamtarbeitsgruppe steuern maßgeblich die Projektarbeit. Sie sorgen dafür, dass das Handeln der Gruppe koordiniert und zielgerichtet bleibt.

#### 4.3.1.4 Stufe der Ergebnissicherung

Besonders günstig ist es, mit projektorientierten Ausbildungseinheiten ein konkretes Handlungsprodukt zu forcieren. Dieses stellt einen guten Indikator für den Arbeitserfolg der Gesamtgruppe dar. Hier werden Eigenanspruch der Auszubildenden und die Qualität des geschaffenen Produktes in Relation zueinander gesetzt. Diese Situation kann als Bestätigung dienen oder aber auch als Anreiz, nachzubessern bzw. es bei zukünftigen Arbeiten besser zu machen.

Jede der hier beschriebenen Projektstufen steht in direkter Rückkopplung zu dem zentralen Punkt der Beurteilung des eigenen Handelns durch die Mitglieder der Projektgruppe. Durch die fortwährende Reflexionssituation wird der Projektverlauf durch die Teilnehmer selbst gesteuert. Im Idealfall greift der Ausbilder ausschließlich in moderierender Funktion in den Ablauf ein.

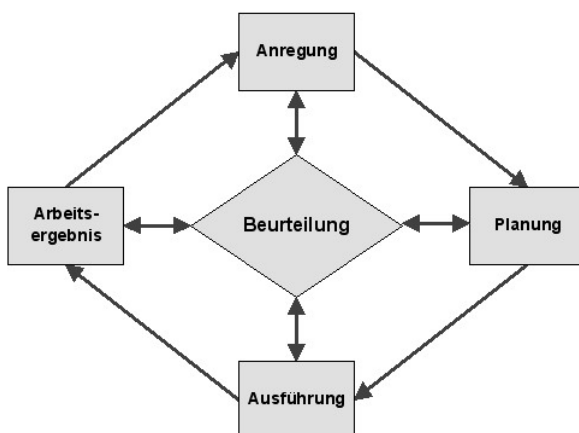


Abbildung 6 Die Projektmethode als Vierstufenplan (vgl. [52], S. 237)

### 4.3.2 Die Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierte Ausbildungsform

Die hier als Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierte Ausbildungsform vorgestellte Verfahrensweise ermöglicht es, dem Ausbilder Situationen und Problemstellungen der realen Arbeitswirklichkeit flexibel in Ausbildungseinheiten abzubilden und mit Auszubildenden zu bearbeiten.

Wie Abbildung 7 im Überblick zeigt, ist die Ausbildungsform in 9 Phasen unterteilt, die im Folgenden kommentiert werden.

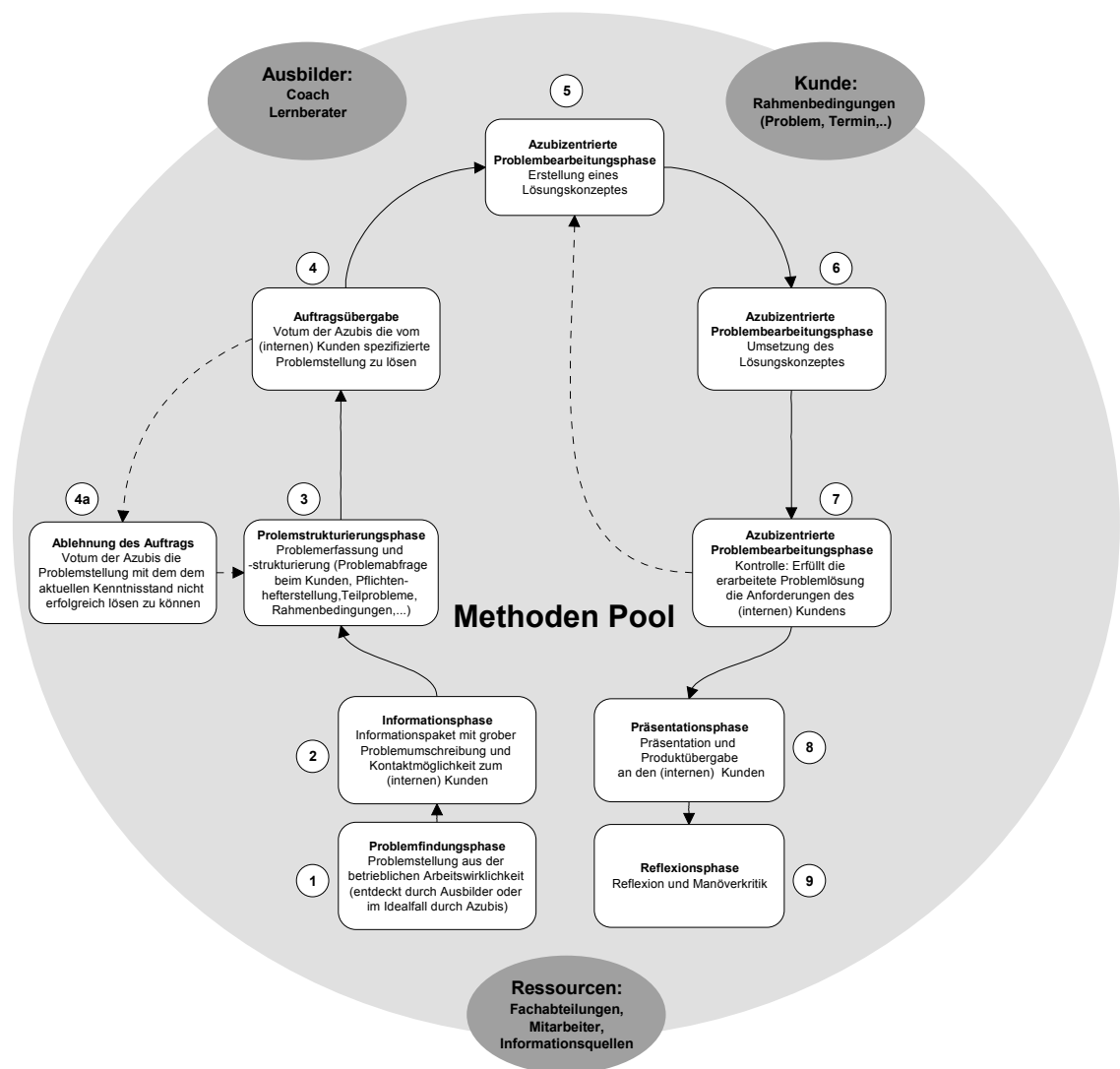


Abbildung 7 Die Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierte Ausbildungsform

Basis für die Durchführung von Ausbildungsmodulen mit dieser Ausbildungsform bildet eine in der betrieblichen Wirklichkeit angesiedelte Problemstellung (1), die durch den Ausbilder oder im Idealfall durch einen Auszubildenden isoliert wird.

Ein rudimentäres Informationspaket, das eine grobe Problemumschreibung sowie Wege zu einer ersten Kontaktaufnahme mit dem internen Kunden beinhaltet, wird den Auszubildenden zur Verfügung gestellt (2). Mit diesen Grundinformationen ausgestattet starten sie selbständig eine erste Kontaktaufnahme zu ihrem internen Kunden. Ziel dieses Gespräches ist es, die vorliegende Problemstellung zu erfassen und im Anschluss zu strukturieren (3). Haben sich die Auszubildenden so einen detaillierten Überblick über die zu bearbeitende Problemstellung verschafft, muss eine Gruppenentscheidung getroffen werden, in der die Auszubildenden verbindlich für oder gegen die Bearbeitung des Kundenwunsches votieren (4). Wird die Bearbeitung aus Sorge vor einem zu hohen Komplexitätsgrad von den Auszubildenden abgelehnt, so muss darüber nachgedacht werden, ob die Bearbeitung von Teilproblemstellungen zu leisten ist (4 a). Entscheiden sich die Auszubildenden für ein positives Votum, erfolgt die offizielle, verbindliche Auftragsübergabe (4). Die Auszubildenden verpflichten sich hier, das erfasste Problem unter Erfüllung der vom Kunden definierten Rahmenbedingungen zu lösen. Die Problemstellung wird im Anschluss in einem Regelkreis (5 - 7) selbständig von den Auszubildenden angegangen. Hierbei wird zunächst ein Lösungskonzept (möglicherweise auch nur für Teilprobleme) erstellt (5). Es schließt sich die praktische Umsetzung des Lösungsvorschlags (6) an. In einer Kontrollphase wird überprüft, ob die Anforderungen des Kunden mit dem gewählten Ansatz erfüllt werden (7). Ist dies nicht vollständig der Fall, wird die Schleife erneut durchlaufen (5 - 7). Nach erfolgreicher Beendigung der selbständigen produktiven Problemlösung erfolgt die Produktübergabe an den Kunden (8). Diese Phase ist immer mit einer Präsentationssituation verbunden (Vorgabe durch den betreuenden Ausbilder). Die Erstellung einer Projektpräsentation erfordert seitens der Auszubildenden eine genaue Protokollierung ihres Vorgehens während der Projektdurchführung. Diese Aufzeichnungen stellen u. a. die Basis für eine sich anschließende teaminterne Reflexionsphase dar (9). In dieser können Vorzüge und Nachteile des Plans herausgearbeitet werden, um so bei der Durchführung zukünftiger Projekte mögliche ähnlich gelagerte Fehler zu vermeiden (vgl. Kapitel 7.5.3).

Bei dem hier vorgestellten Verfahren werden Eigenaktivität und Problemlösefähigkeit der Auszubildenden in den Vordergrund gestellt. Im Idealfall agiert der Ausbilder als Lernberater, der den Auszubildenden den Problemsituationen angepasste Lösungsmethoden vorstellt, die von den Auszubildenden aber selbständig angewendet und praktisch erprobt werden müssen.

Bei der Durchführung von Ausbildungsmodulen mit dieser Ausbildungsform kann der Auszubildende als vollwertiger Mitarbeiter agieren. Dies bedeutet auch, dass er Ressourcen, die das Unternehmen zur Verfügung stellt, zur Problembearbeitung nutzen kann und soll. Damit lernt er zum einen die mit der Nutzung dieser Ressourcen verbundenen unternehmensspezifischen Modalitäten kennen, zum anderen erschließt er sich eigenständig Teile der Unternehmensstruktur.

Folgende Voraussetzungen müssen aber in jedem Fall für die erfolgreiche Durchführung eines Ausbildungsprojektes nach der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform gegeben sein:

- Verbindliche Arbeitsziele müssen mit den Auszubildenden gemeinsam festgeschrieben werden.
- Der zeitliche Rahmen des Projektes muss vor dem Projektstart bindend festgelegt werden.
- Die fachlichen, räumlichen, personellen und sachlichen Rahmenbedingungen während der Durchführung müssen gewährleistet sein.
- Die beteiligten Ausbilder und Auszubildenden müssen fachlich und methodisch auf die Durchführung vorbereitet werden.

### 4.3.3 Sozialformen

Innerhalb der Ausbildungseinheiten kommen unterschiedliche Sozialformen zum Einsatz. Im Verlaufsplan (vgl. Kapitel 4.2.1.5) der Ausbilderunterlagen wird in der Beschreibung der jeweiligen Ausbildungseinheiten eine zur Ausbildungssituation passende Sozialform vorgeschlagen. Standardmäßig wird hier zwischen drei Konstellationen unterschieden.

Bei Ausbildungseinheiten, die stark an der Erarbeitung von fachlichen Inhalten orientiert sind, in denen also der kognitive Lernbereich im Vordergrund steht, dominiert die Sozialform der *Partnerarbeit*. Hier arbeiten je zwei Auszubildende einer Profession zusammen.

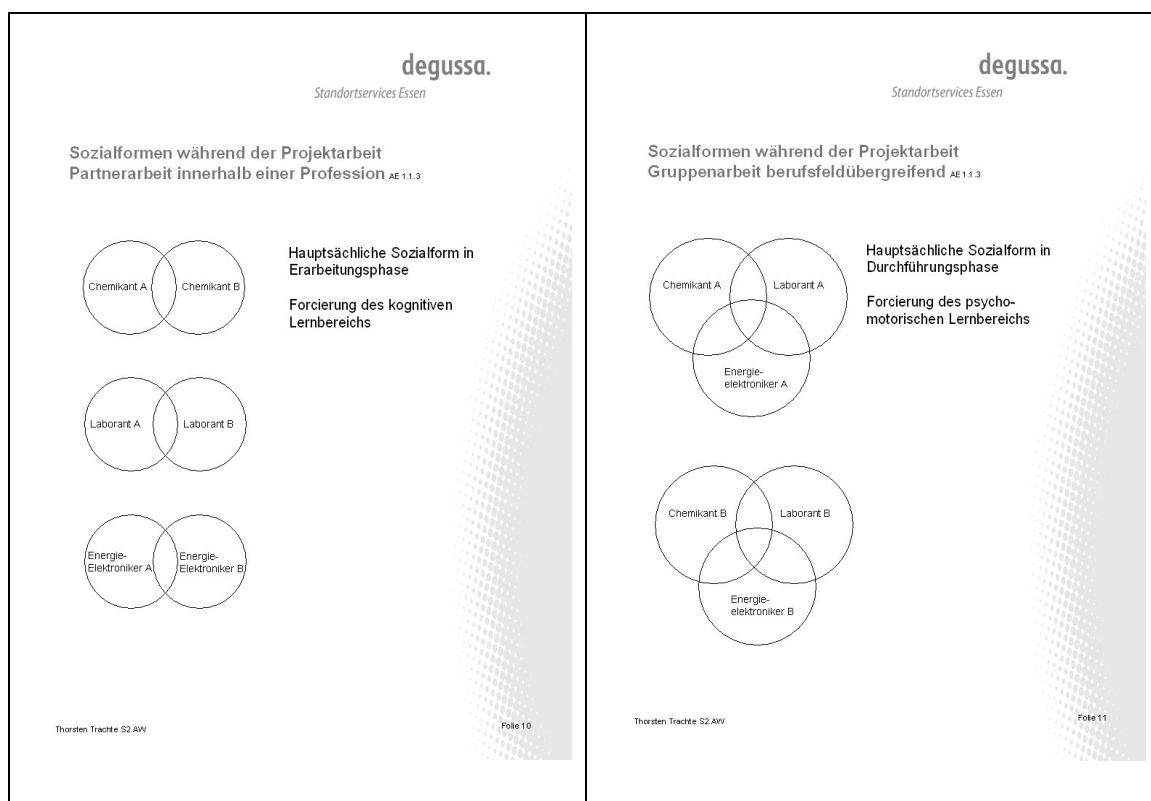


Abbildung 8 Sozialformen Teil 1 v. 2 [61]

Die *berufsfeldübergreifende Gruppenarbeit* ist die bei der Durchführung von handlungsorientierten Arbeitsphasen favorisierte Sozialform. Gruppen, in denen je ein Auszubildender der unterschiedlichen Berufsfelder beteiligt ist, begleiten gemeinsam die zu erledigenden Arbeiten. Bei der Durchführung steht der psychomotorische Lernbereich im Focus.

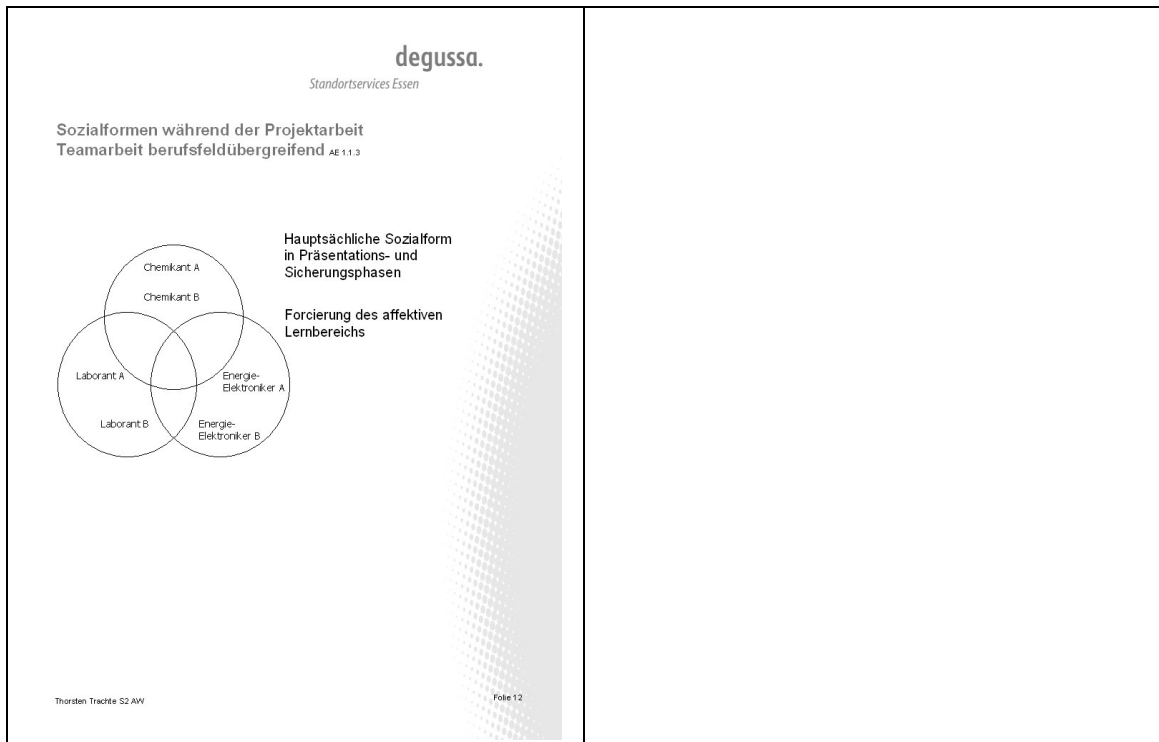


Abbildung 9 Sozialformen Teil 2 v. 2 [61]

Präsentations- und Sicherungsphasen sind durch die Sozialform der *berufsfeldübergreifenden Teamarbeit* gekennzeichnet. An diesen nehmen alle am Projekt beteiligten Auszubildenden teil. Hier wird insbesondere der affektive Lernbereich betont.

## 5 Detailbetrachtung der Ausbildungsmodule

### 5.1 Ausbildungsmodul 1

Ziel des ersten Ausbildungsmoduls ist die interdisziplinäre Planung und technische Realisierung eines Messdatenerfassungssystems für das chemische Ausbildungslabor. Die in diesem Modul dargestellten Ausbildungseinheiten bieten Ausbildern aus dem chemisch-technischen Arbeitsbereich die Möglichkeit, Auszubildenden grundlegende Kenntnisse der computerunterstützten Messdatenerfassung zu vermitteln. Die Ausbildungsmaterialien sind dabei so gestaltet, dass neben den fachlichen Aspekten auch für den späteren Berufsalltag wichtige methodische Kompetenzen und soziale Eigenschaften, wie beispielsweise Team- und Kommunikationsfähigkeit, trainiert werden sollen.

Chemikanten, Chemie- bzw. Lacklaboranten und Energieelektroniker des ersten Lehrjahres bauen im ersten Ausbildungsmodul selbständig ein Messdatenerfassungssystem auf. Zentrales Element ist hier eine Simulationssoftware (vgl. [1]), mit der virtuelle elektronische Schaltungen am Personalcomputer erstellt werden können. Die parallele Verarbeitung von bis zu vier real anliegenden analogen Signalen, die mit geeigneten Digitalmultimetern an das System übergeben werden können, ist möglich. Externe elektrische Aktionen können über eine Relaiskarte ausgelöst werden. Mit diesem System werden zunächst Experimente zu den Grundlagen der Elektrizitätslehre durchgeführt. Weiterhin werden thermometrische und potentiometrische Messungen, die alle an chemische Problemstellungen geknüpft sind, bearbeitet. Auch einfache kybernetische Anwendungen werden realisiert.

Um die Leistungsfähigkeit des eingesetzten Simulators darzustellen, beginnt die Detailbetrachtung des ersten Ausbildungsmoduls mit einer zusammenfassenden Beschreibung des Programms.

### 5.1.1 Der Schaltungssimulator DMM-Profi-Lab Expert

Die Realisierung von Elektronikprojekten, wie z. B. Steuerungen und Regelschaltungen, ist oft mit einem erheblichen laborpraktischen und damit zeitlichen Aufwand verbunden. Um den peripheren Schaltungsaufwand auf ein notwendiges Minimum begrenzen zu können, ist es sinnvoll, Computer für die Schaltungsentwicklung und -simulation einzusetzen. Die auf dem Betriebssystem MS-Windows basierende Software DMM-Profi-Lab Expert (DMM = Digital-Multimeter) stellt einen Schaltungssimulator mit grafischer Benutzeroberfläche zur Verfügung. Mit diesem können Schaltungen ohne Programmieraufwand am Bildschirm erstellt und getestet werden. Eingangsseitig verwaltet die Software bis zu vier serielle PC-Schnittstellen, über die das Programm mit geeigneten Digital-Multimetern kommunizieren kann. Auf der Ausgangsseite können Signale an eine Relaiskarte, die über die parallele Schnittstelle des Rechners angesteuert wird, ausgegeben werden (vgl. Abbildung 11). Die eingelesenen Messwerte werden im Schaltungssimulator über arithmetische und logische Bausteine verknüpft und verarbeitet. Module, wie beispielsweise Taktgeber, Schaltuhren und zahlreiche andere mehr, ermöglichen vielfältige Steuer- und Regelungsmöglichkeiten. Instrumente wie Schreiber und Tabellen dienen der Visualisierung und Speicherung von Messwerten. Die Bedienung der Schaltung erfolgt über eine vom Benutzer frei gestaltbare virtuelle Frontplatte, auf der Taster, Potentiometer, LED-Anzeigen usw. beliebig positioniert werden können (vgl. Abbildung 10). Programmierkenntnisse des Anwenders sind hierbei nicht erforderlich, da die gesamte Bedienung nach dem in MS-Windows üblichen Drag- and Drop-Bedienverfahren erfolgt.

#### 5.1.1.1 Programmfunktionen

Nach dem Start des Programms steht dem Benutzer eine leere Arbeitsfläche zur Verfügung. Sämtliche Funktionen sind in einer Menüleiste (oben) und einer Werkzeugleiste (links) angeordnet (vgl. Abbildung 10). Die Werkzeugleiste beinhaltet Bibliotheken mit Funktionselementen und Bauteilen. Vom Anwender selektierte Bauteile können auf der Arbeitsfläche virtuell mit dem Leitungswerkzeug verdrahtet werden. Virtuelle Lötunkte sind dabei grafisch hervorgehoben. An ein normales Zeichenprogramm angelehnte Bearbeitungsfunktionen wie Duplizieren, Kopieren, Löschen, Einfügen und Drehen unterstützen das Editieren der Schaltung. Weiterhin können im Schaltplan mittels einer Textfunktion beliebige Beschriftungen zu Dokumentationszwecken vorgenommen werden, so dass die Übersichtlichkeit gewahrt bleibt. Ein Vergrößerungswerkzeug erleichtert die Detailarbeit am Bildschirm. Die Konfiguration der einzelnen Bauteile erfolgt in der Hauptsache über Kontext-



menüs. Die so verfügbaren Optionen sind abhängig von dem jeweils ausgewählten Bauteil und gelten ausschließlich für dieses Bauteil.

Die zu Beginn erwähnte Frontplatte ist Grundvoraussetzung für die Bedienung und Kontrolle der simulierten Schaltung. Sie stellt quasi die Benutzerschnittstelle zum Experimentator dar. Die Bedienelemente erscheinen, sofern diese Eingabe- oder Ausgabefunktionen enthalten, während des Platzierens der Bauteile auf der Arbeitsoberfläche automatisch auch auf der Frontplatte. Die einzelnen Elemente sind auf der Frontplatte frei verschieb- und variierbar. Eigenschaften der Frontplattenelemente, wie Form, Farbe und Darstellung können individuell definiert werden. Sämtliche Elemente der Frontplatte sind über eindeutige Bezeichner, die beim Berühren des Elements mit dem Mauszeiger erscheinen, mit Bauteilen im Schaltplanbereich verbunden. Zur weiteren Gestaltung und Strukturierung der Frontplatte können Beschriftungen, Rahmen und Bilder eingefügt werden. Auch die Visualisierung von Daten in Form von Tabellen und Graphen ist auf der Frontplatte möglich (vgl. Kapitel 14.1.3, Folie 20 und 21).

Der fertige Schaltungsentwurf lässt sich schließlich abspeichern und ausdrucken. Ebenso kann eine Liste der benötigten Komponenten ausgegeben werden, so dass ein geplanter realer schaltungstechnischer Aufbau deutlich erleichtert wird. Die Kompilierung autonom funktionierender Schaltungsmodule ist möglich. Diese dürfen frei verwendet werden und sind am Computer auch ohne Simulatorumgebung voll funktionsfähig.

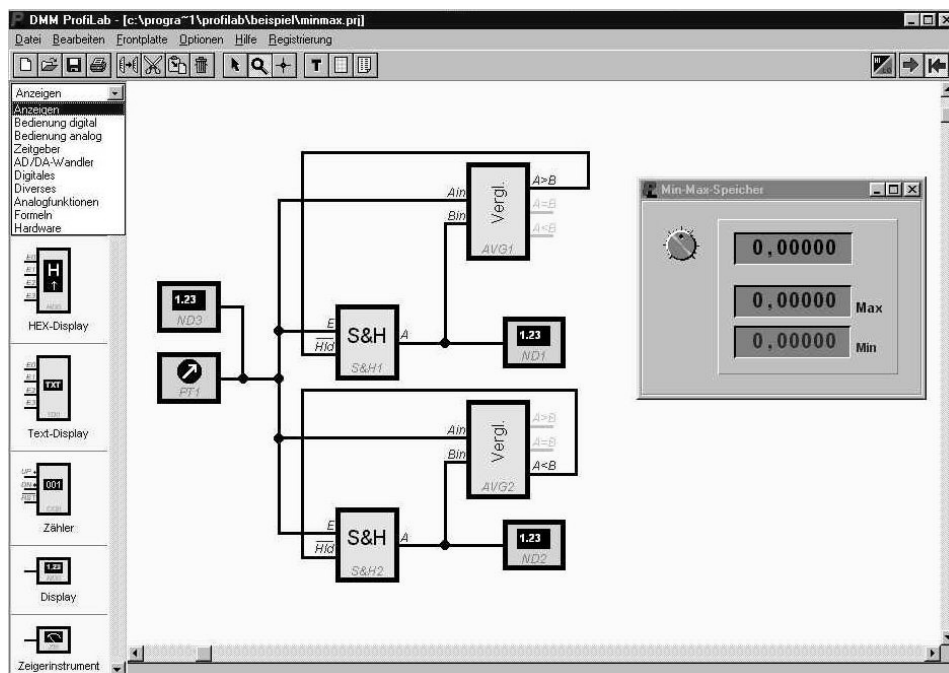


Abbildung 10 Programmoberfläche DMM-Profi-Lab Expert mit virtueller Frontplatte (re.)

Ein weiterer Hauptbestandteil des Programms ist die Bauteilbibliothek. In dieser liegen komplette Baugruppen, wie beispielsweise Schaltuhren, Taktgeneratoren oder Zähler vor. Sämtliche Baugruppen sind in der Programmanleitung [1] ausführlich dargestellt. Die Beschreibung der wichtigsten Elemente wird hier jedoch angesprochen, um so einen Eindruck über das Potential des Programms zu vermitteln:

- Als Besonderheiten der Anzeigenbibliothek sind das Textdisplay und die Tabellenfunktion zu nennen. Das Textdisplay kann mit bis zu 16 verschiedenen Texten belegt werden, die entsprechend des Signalzustandes am digitalen Eingang des Moduls dargestellt werden. Mit Hilfe der Tabellenfunktion können bis zu 16.000 analoge Messwerte in maximal vier verschiedenen Kanälen abgespeichert werden. Das Tabellenformat ist dabei definierbar. Eine Datenportierung z. B. in ein Tabellenkalkulationsprogramm ist problemlos möglich.
- In der Bedienbibliothek stehen digitale Eingabeelemente, wie Potentiometer und Schieberegler, zur Verfügung, die an ihren Ausgängen 8-Bit-Digitalwerte bereitstellen. Konventionelle analoge Bedienelemente stehen ebenfalls zur Verfügung.
- In der Bibliothek Analog-Funktionen sind Bauteile für die analoge Messwertverarbeitung untergebracht. Es können Trigger, Relais-Funktionen und Analog-Vergleicher verwendet werden.
- Digitale Grundfunktionen wie die Gatter AND, OR, EXOR, INVERT sowie ein Flip-Flop stehen dem Benutzer in der Bibliothek Digitales zur Verfügung.
- Rechenoperationen mit analogen Messwerten können über die Formel-Bibliothek realisiert werden. Messdaten werden hier über Grundrechenarten, aber auch über technisch-wissenschaftliche Rechenoperationen miteinander verknüpft.
- Mittels der Elemente aus der Hardware-Bibliothek stellt man die Verknüpfung zwischen dem virtuellen Schaltungsaufbau im Rechner und realen Baugruppen her. Die Multimeterfunktion erlaubt die Auswahl von Multimetermodell und entsprechender Schnittstellenummer. Daten des Digital-Multimeters werden seriell über die RS-232-Schnittstellen in den Rechner übertragen und so entsprechend der virtuellen Schaltung weiterverarbeitet. Über die Relaiskartenfunktion kann ein entsprechendes Modul mit 8 Schaltmöglichkeiten in das System eingebunden werden. Die Relaisplatine ist über die Centronics-Schnittstelle des Computer anzuschließen.

## 5.1.1.2 Simulationsfunktionen

Nachdem der Schaltungsentwurf kreiert worden ist, kann die gesamte Schaltung im Simulationsmodus getestet werden. Signalverläufe können hierbei fakultativ optisch dargestellt werden. Dies ist der Isolierung eventueller logischer Schaltungsfehler dienlich. Die virtuellen Bedienelemente der Frontplatte lassen sich im Simulationsmodus mit der Maus bedienen. Ergebnisse werden in Echtzeit dargestellt.

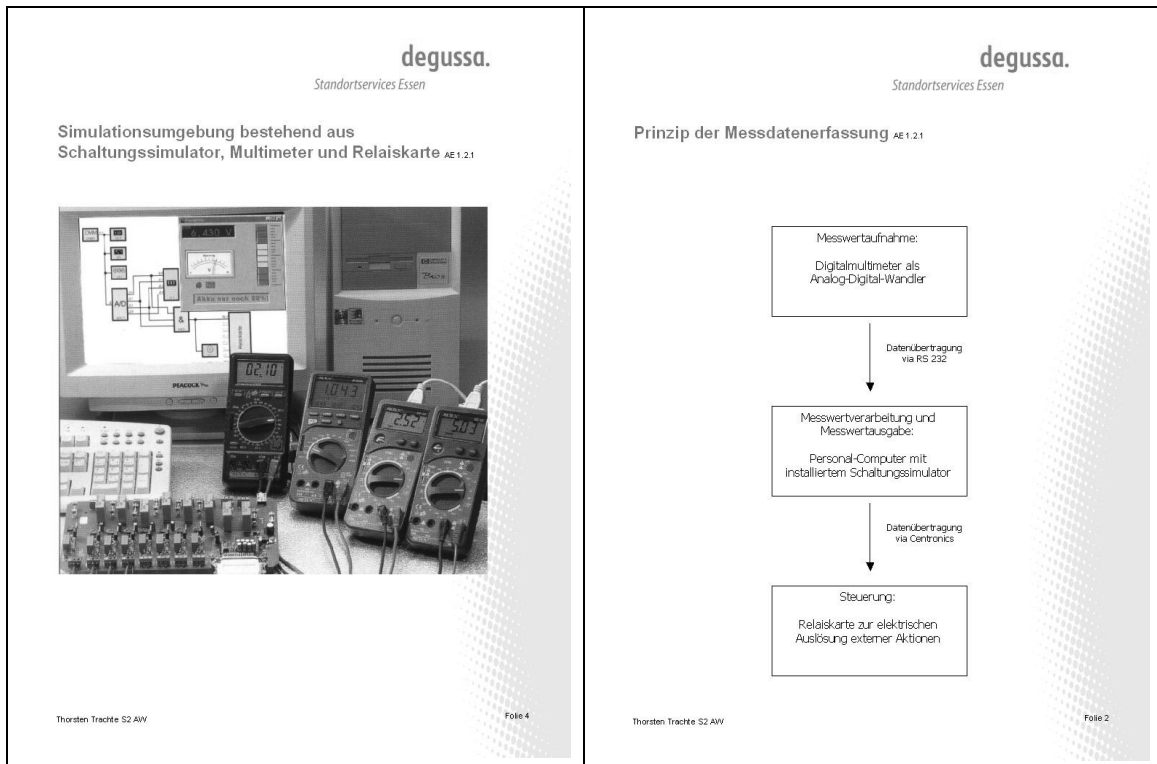


Abbildung 11 Schaltungssimulator mit Experimentierumgebung [61]

### 5.1.2 Inhalt und Verlauf des ersten Ausbildungsmoduls

Ausbildungsmodul 1 startet mit einer projekteinführenden Ausbildungseinheit. In dieser werden den Auszubildenden die Themen des Moduls vorgestellt. Arbeitsgruppen für die Sozialformen der Partner-, Gruppen- und Teamarbeit (vgl. Kapitel 4.3.3) werden verbindlich festgelegt. Abschließend erfolgt eine Charakterisierung und Präsentation der am Projekt beteiligten Berufsbilder.

In der zweiten Ausbildungseinheit lernen die Auszubildenden die Einzelkomponenten des zu erstellenden Messdatenerfassungssystems kennen. Grundlegende Funktion als auch Bedienung von Hardware (Personalcomputer, Multimeter, Relaiskarte) und Software (Betriebssystem, Schaltungssimulator) werden selbstorganisiert erarbeitet. Eine erste computerunterstützte Messung zur Thematik der elektrischen Leistung und der elektrischen Arbeit wird durchgeführt.

Die dritte Ausbildungseinheit behandelt Möglichkeiten der elektrischen Temperaturmessung. Es erfolgt der Aufbau und die Integration von verschiedenen Typen temperaturabhängiger Sensoren (PTC, NTC, Thermoelemente) in das Messdatenerfassungssystem. Die notwendige Kalibrierung der unterschiedlichen Thermistortypen wird unter Verwendung eines Tabellenkalkulationsprogramms geleistet. Nach erfolgreichem Test werden computerunterstützte thermometrische Messungen zur Festpunktbestimmung und zum Lösungsverhalten von Salzen durchgeführt.

Die Funktionsweise von elektrochemischen Sekundärelementen ist Thema der vierten Ausbildungseinheit. In dieser wird insbesondere auf die chemische Funktionsweise und die technische Verwendbarkeit des Bleiakkumulators eingegangen. Ein Modellbleiakkumulator wird aufgebaut. Computerunterstützte Messungen zum Lade- und Entladeverhalten dieses Sekundärelements werden durchgeführt. Abschließend wird durch die Integration einer Relaiskarte in das System ein einfacher Laderegler erstellt.

Die fünfte Ausbildungseinheit befasst sich mit dem Themenkomplex der potentiometrischen Titration. Hier wird mit den Auszubildenden unter Verwendung des Messdatenerfassungssystems ein Verfahren entwickelt, mit dem Titrationen automatisiert werden können. Mit dem erstellten Automaten werden unterschiedliche Substanzenanalysen praktisch durchgeführt.

Zum Abschluss des ersten berufsfeldübergreifenden Ausbildungsmoduls erhalten Ausbilder und Auszubildende die Möglichkeit, sowohl in der Gruppe als auch im persönlichen Einzelgespräch Projektinhalte, -methoden und -leistungen aus verschiedenen Blickwinkeln zu analysieren und zu beurteilen.

Die in Kapitel 10 detailliert beschriebenen Instrumente des Auszubildendenfragebogens und des Ausbildergesprächsleitfadens stehen als Strukturgeber zur Verfügung.

Während der Fragebogen darauf abzielt, das Projekt hauptsächlich in Bezug auf Inhalt und Betreuungsqualität aus Sicht der Auszubildenden zu beurteilen, hilft der Gesprächsleitfaden dem Ausbilder, die persönlichen Leistungen der einzelnen Projektteilnehmer zu charakterisieren und erforderliche individuelle Fördermaßnahmen in Form einer Kompetenzbilanz abzuleiten.

Ziel beider Instrumente im Sinne eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (vgl. Kapitel 7.5.3) soll es sein, zum einen Konzeption und Durchführung derartiger Projekte durch den Ausbilder ständig zu verbessern, zum anderen individuelle Stärken der Auszubildenden zu identifizieren und zu fördern bzw. Defizite abzubauen.

Um einen praxisnahen Einblick in Inhalt, Struktur und Vorgehensweise zu geben, ist im Anhang (vgl. Kapitel 14.1) exemplarisch die fünfte Ausbildungseinheit des ersten Moduls mit den Komponenten Ausbilder-, Material- und Folienband abgebildet.

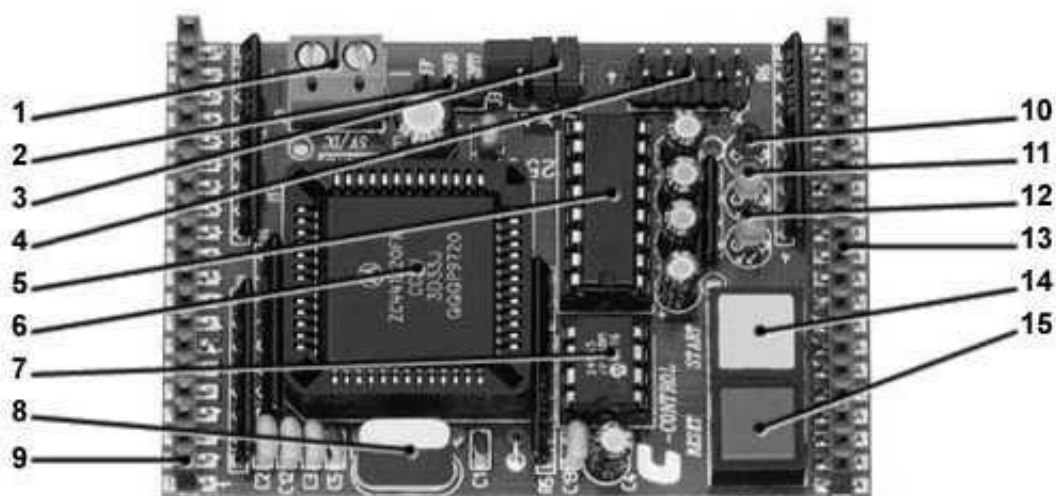
## **5.2 Ausbildungsmodul 2**

Inhaltlicher Schwerpunkt des zweiten Ausbildungsmoduls ist die Planung und technische Realisierung mikrocontrollerunterstützter, autonom funktionierender Geräte für das chemische Ausbildungslabor. Die in diesem Modul dargestellten Ausbildungseinheiten bieten die Möglichkeit, Auszubildenden grundlegende Kenntnisse im Bereich der speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) praktisch zu vermitteln. Die dabei erstellten Geräte werden anschließend, wie bereits auch in Ausbildungsmodul 1 praktiziert, zur interdisziplinären Bearbeitung chemischer Problemstellungen im Ausbildungslabor eingesetzt. Zentrales Element bildet nun aber eine Entwicklungsumgebung am Computer, mit der Programme für die Einplatinencomputer entwickelt, getestet und anschließend auf das System transferiert werden können. Es wird so z. B. ein einfaches Laborphotometer von den Auszubildenden aufgebaut und betrieben.

Um die Leistungsfähigkeit der eingesetzten technischen Entwicklungsumgebungen zu demonstrieren, erfolgt hier zunächst eine zusammenfassende Systembeschreibung.

### 5.2.1 Mikrocontroller C-Control

Die C-Control-Mikrocontroller der Firma Conrad Electronic [15] stellen dem Ausbilder eine komplette Entwicklungsumgebung zur Realisierung von Mess-, Steuerungs- und Regelungsaufgaben mit einem attraktiven Preis-Leistungs-Verhältnis zur Verfügung. Hauptelement der Produktreihe ist der Einplatinencomputer (C-Control-Unit) mit dem Prozessor 68HC05 der Firma Motorola. Er verfügt über 8 Kilobyte Programmspeicher, 16 digitale Ein- und Ausgänge und 8 Analogeingänge. Die C-Control-Unit wird mit einer stabilisierten Gleichspannung von 5 V (DC) betrieben.



1. Anschlussklemmen Betriebsspannung; 2. Anschluss DCF-77-Antenne; 3. Jumper: Autostart, RS 232, LED's ; 4. Anschluss RS 232; 5. Pegelwandler RS232; 6. Mikrocontroller; 7. EEprom Programmspeicher; 8. Quarz 4,0 MHz; 9. Steckkontakt zum Application-Board; 10. LED: signalisiert Datentransfer; 11. LED: signalisiert Programmausführung; 12. LED: signalisiert DCF Synchronisation; 13. Steckkontakt zum Application-Board; 14. Start-Taster; 15. Reset-Taster

Abbildung 12: Übersicht Einplatinencomputer C-Control-Unit [15]

Die elektrische und mechanische Verbindung der C-Control-Unit mit der umgebenden Hardware erfolgt über zwei 20polige Pfostensteckerbuchsen. Über diese können Zubehörmodule, wie beispielsweise das Application-Board, angeschlossen werden. Als auf die C-Control-Unit abgestimmte Hardware-peripherie stellt dieses die notwendige stabilisierte Versorgungsspannung, Ein- und Ausgabemöglichkeiten über Folientastatur und LC-Anzeige sowie Anschlussmöglichkeiten für Relaiskarten und LED-Anzeigen zur Verfügung. C-Control-Unit und Application-Board bilden im zweiten Ausbildungsmodul gemeinsam die erforderliche Hardware zum Messen, Steuern und Regeln.

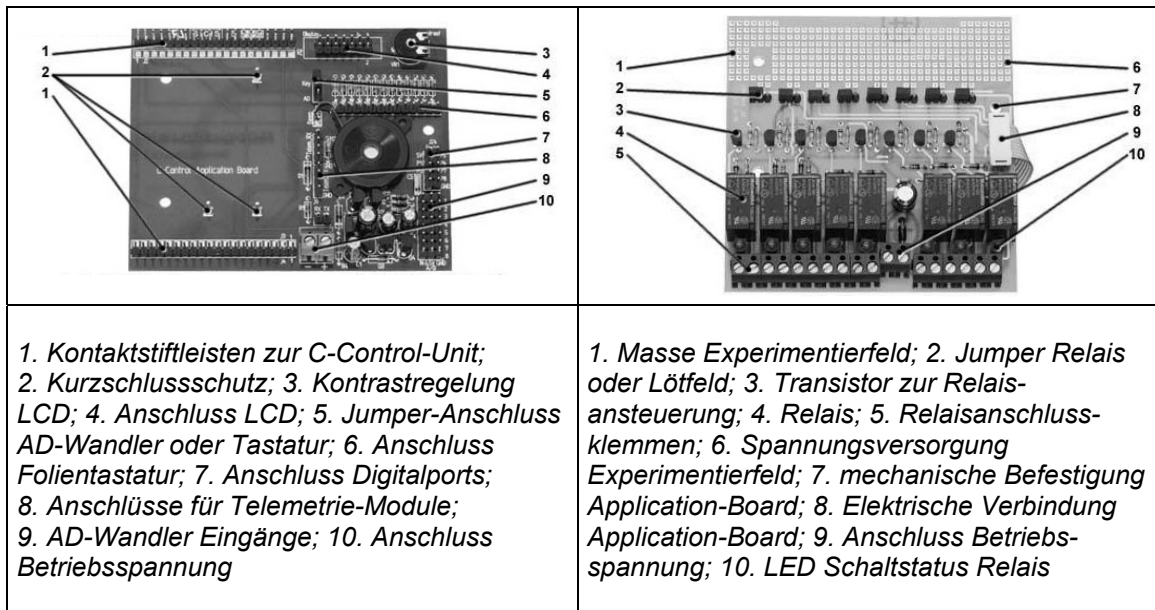


Abbildung 13 Application-Board (li.) und Relaisplatine (re.) [15]

Mikrocontroller sind vollständige, kleine, leistungsfähige Computer, die in vielen Bereichen des alltäglichen Lebens zu finden sind. Sie steuern beispielsweise Haushaltsgeräte oder das Motorenmanagement im Kraftfahrzeug. Auch in einfachen Laborgeräten wie z. B. in mit Rührheizplatten kombinierbaren Speicherthermometern sind sie anzutreffen. Sie sind interessant zur flexiblen Realisierung komplexer Gerätefunktionen.

Die Programmierung professionell genutzter Mikrocontrollersysteme erfolgt oftmals in der maschinenorientierten Programmiersprache Assembler. Diese ermöglicht die Erstellung schneller und effizienter Programme, ist aber wenig komfortabel zu bedienen und vergleichsweise schwer zu erlernen. Bei der Verwendung des C-Control-Systems bietet sich dem Anwender jedoch die Programmierung über zwei komfortable Hochsprachen, dem kommandozeilenorientierten C-Control Basic und dem grafikorientierten C-Control Plus, an (vgl. Abbildung 14).

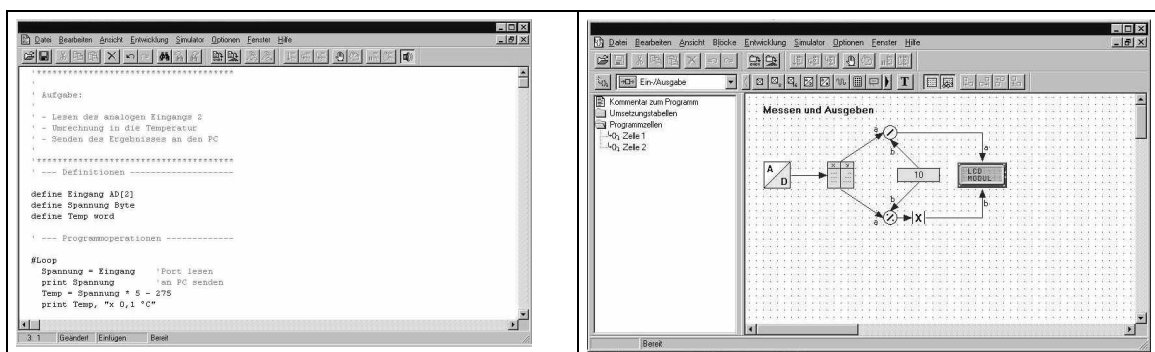


Abbildung 14 Programmierumgebungen: C-Control Basic (li.), C-Control Plus (re.)

Die Programmierung des C-Control-Systems ist vergleichbar mit der Programmierung professionell genutzter speicherprogrammierbarer Steuerungen (vgl. Kapitel 6.2.1). Die eigentliche Programmentwicklung erfolgt an einem Personalcomputer (PC) innerhalb einer vom Hersteller bereitgestellten Programmierumgebung (vgl. Abbildung 15). Das in dieser Umgebung erstellte Programm wird am PC kompiliert, d. h. in einen für den Mikrocontroller verständlichen Programmcode übersetzt. Anschließend wird das kompilierte Programm über eine geeignete Schnittstelle in den Datenspeicher des Mikrocontrollers übertragen. Nach der Übertragung kann der PC vom Mikrocontroller getrennt werden. Das Programm funktioniert nun autonom in der Mikrocontrollerumgebung. Der PC wird also nur während der Programmentwicklungsphase benötigt. Vorteil dieses Verfahrens ist die Realisierung komplizierter Gerätefunktionen bei minimalem externen Schaltungsaufwand. Die in den Ausbildungsmodulen favorisierte Programmierung erfolgt mit der grafischen Entwicklungsumgebung C-Control Plus, die auf der Basis von Signalflussdiagrammen und Blockschaltbildern funktioniert (vgl. Abbildung 15). Ein C-Control Plus-Programm besteht aus Blocksymbolen und deren Verbindungen, die gemeinsam als Blockschaltbild bezeichnet werden. Blocksymbole können z. B. numerische Werte (beispielsweise Konstanten), Speicherzellen (beispielsweise Variablen und Tabellen), aber auch Operationen (beispielsweise Addition oder Ausgabe eines Wertes an ein Display) repräsentieren. Blocksymbole verfügen je nach Funktion über Ein- und Ausgänge, mit denen ein Datenfluss zu anderen Blöcken realisiert wird. Der Datenfluss zwischen Blöcken wird durch gerichtete Verbindungslinien dargestellt. Ein oder mehrere Blockschaltbilder werden in Programmzellen abgelegt. Die Gliederung in Programmzellen dient einerseits der übersichtlichen Programmgestaltung, andererseits der Festlegung der Abarbeitungsreihenfolge des Programms.

Anhand des folgenden Beispiels werden einige Grundlagen der Programmierung mit dem C-Control Plus-System vorgestellt:

Einer der wichtigsten Einsatzbereiche des C-Control-Systems ist die Steuerung externer Funktionseinheiten wie beispielsweise Lampen, Motoren, Heizgeräte und Anzeigen in Abhängigkeit von Eingangszuständen wie beispielsweise Schaltzuständen, Messwerten und Benutzereingaben. Aus dieser Perspektive betrachtet lässt sich ein C-Control-Programm auf die logische Verknüpfung von Eingangs- und Ausgangszuständen reduzieren. Das Gerät besitzt dazu 16 digitale Ein- und Ausgänge (Ports), 8 analoge Eingänge und 2 analoge Ausgänge. Während für digitale Ports nur die Zustände AN (1) und AUS (0) definiert sind, kann ein analoger Anschluss Gleichspannungen im Bereich von 0 V bis 5 V digitalisieren.



Im Beispielprogramm ist der Mikrocontroller über das Application-Board mit einer Relaiskarte und einem Schalter elektrisch verbunden. Zwei der acht Relais schalten je eine Glühlampe. Die Relais wiederum werden über die digitalen Port-Anschlüsse 1 und 2 des C-Control-Systems angesteuert. Der Schalter ist an Digital-Port 9 angeschlossen.

In dem in Abbildung 15 gezeigten Programm kommt der Funktionsblock INVERTIEREN zum Einsatz. Die Wirkung des Schalters an Eingang 9 wird für Ausgang 1 invertiert, während der Schalterzustand an Ausgang 2 unverändert weitergegeben wird.

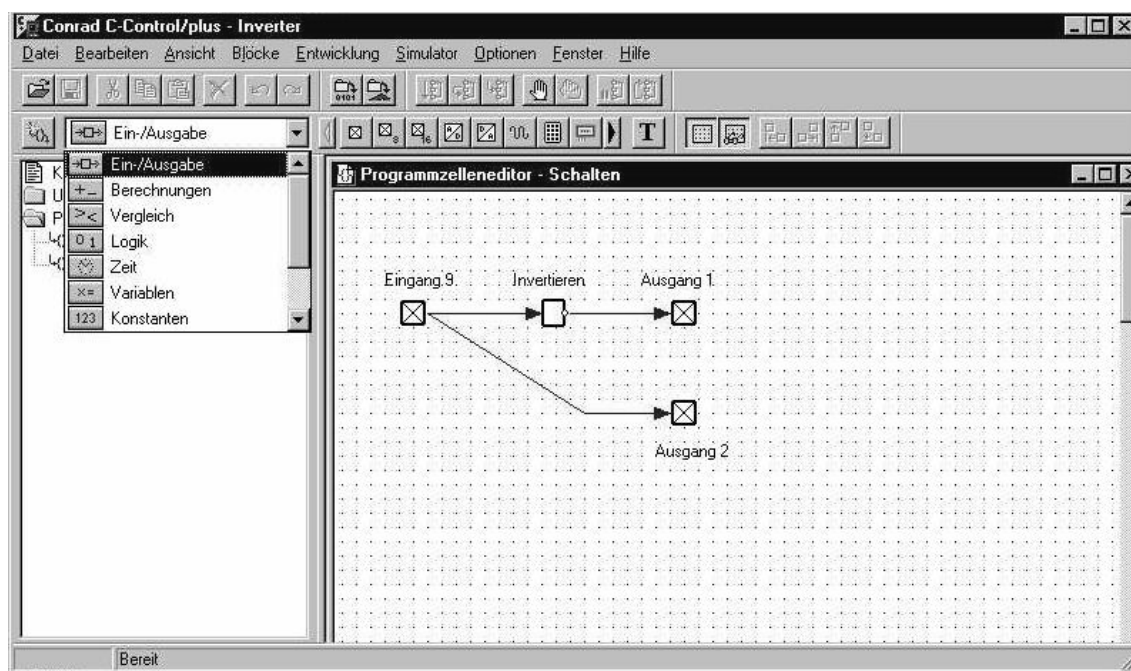


Abbildung 15 C-Control Plus Programm Inverter

Alle Funktionsblöcke in C-Control Plus sind in sog. Funktionsgruppen strukturiert. In der Gruppe Ein-/Ausgänge ist der Block DIGITAL-PORT zu finden. Ein Port-Anschluss kann entweder als Eingang oder als Ausgang definiert werden. Nach dem Einschalten des Gerätes sind alle Digitalports standardmäßig zunächst als Eingänge parametrierbar. Durch Zuweisung eines Zustands an einen Port wird dieser automatisch in den Ausgangszustand versetzt. Ob ein Port Eingangs- oder Ausgangsfunktion besitzt, ist in der jeweiligen Programmzelle aus der Richtung des Verbindungspfeils ersichtlich. Die Digital-Ports 1 und 2 (Ausgang 1 und 2) werden hier als Ausgänge genutzt, welche die angeschlossenen Relais steuern. Das Ziel dieses Programms ist es, dass die Relaiszustände sich sofort ändern, sobald der Schalter am Eingang betätigt wird. Dazu müssen Eingangsabfrage und Ansteuerung der Ausgänge in schneller Folge wiederholt werden. Die in Abbildung 15 dargestellte

Programmzelle SCHALTEN führt diese Aktion nur einmalig aus. Daher wird eine zweite Programmzelle SCHLEIFE benötigt (vgl. Abbildung 16), die einen Rücksprung zur ersten Zelle des Programms enthält und damit für eine endlose Wiederholung sorgt. Die Angabe des Sprungziels, in diesem Beispiel die Programmzelle SCHALTEN, wird über einen passenden Parametrierungsdialog definiert.

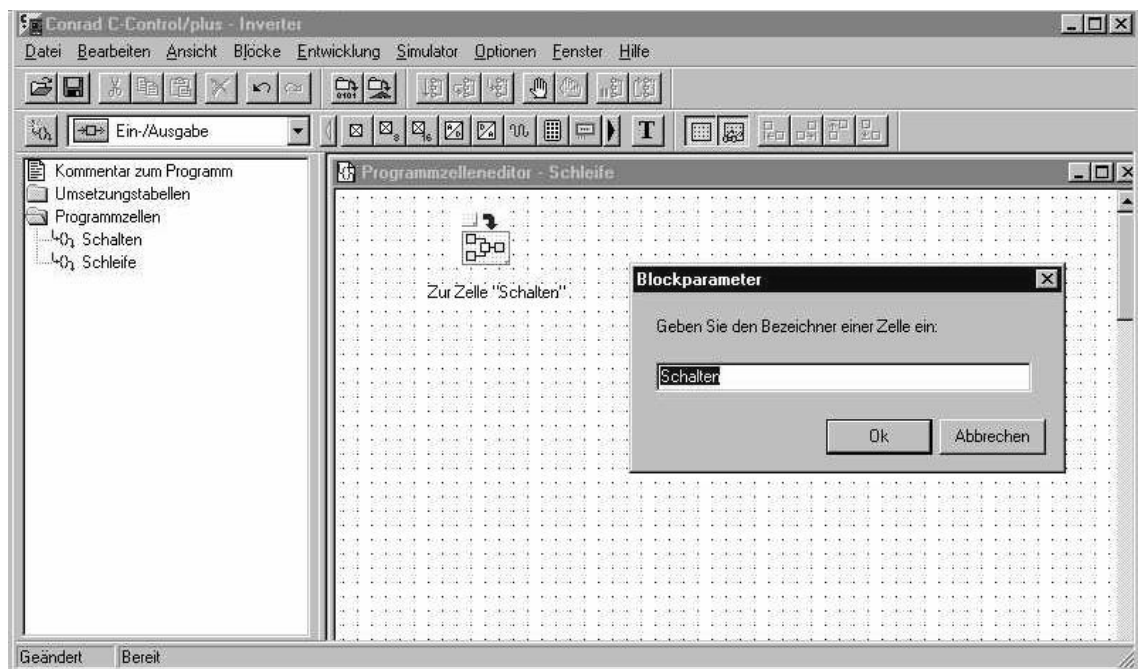


Abbildung 16 Die Programmzelle SCHLEIFE

Das nun fertig gestellte Programm wird im Anschluss kompiliert. Dabei werden die erstellten logischen Verknüpfungen in für die Mikrocontroller-Hardware verständlichen Programmcode übertragen. Ein so übersetztes Programm kann entweder direkt in die C-Control-Unit transferiert werden oder am PC durch den integrierten Simulator ausgeführt und auf fehlerfreie Funktion getestet werden. Der Simulator bildet hierzu Portzustände ab, simuliert Eingaben und zeigt Ausgaben über virtuelle LC- oder LED-Anzeigen an. Alle zusätzlichen verfügbaren Hardware-Module des Systems stehen ebenfalls virtuell in der Simulatorumgebung zur Verfügung. Abschließend soll das erstellte Programm im C-Control-Mikrocontroller ablaufen. Nachdem die C-Control-Unit auf das Application-Board aufgesetzt, die Stromversorgung angeschlossen und das Verbindungskabel zur seriellen PC-Schnittstelle aufgesteckt wurde, kann das Programm übertragen werden. Die Daten werden im Mikrocontrollersystem gespeichert. Das Programm ist damit dauerhaft in der Hardware verfügbar. Nach dem Start kann der angeschlossene Schalter betätigt werden. Es ist zu erkennen, dass die beiden Relais an den Ausgängen gegenläufig geschaltet werden. Das Programm verhält sich wie ein Umschalter.

### 5.2.2 Inhalt und Verlauf des zweiten Ausbildungsmoduls

In diesem Ausbildungsmodul erarbeiten Laboranten, Energieelektroniker und wahlweise Informatikkaufleute interdisziplinär Problemlösungen zu Themen des Messens, Steuerns und Regeln mit Mikrocontrollersystemen. Zur Erstellung eines betriebsfähigen Systems ist in der Arbeitsgruppe jeweils ein Auszubildender der genannten Berufsfelder erforderlich. Die Konzeption von Modul 2 ist dabei so gestaltet, dass mindestens zwei Systeme von den Auszubildenden parallel aufgebaut werden. Daher ergibt sich für Ausbildungsmodul 2 eine Mindestteilnehmerzahl von 6 Auszubildenden.

Modul 2 startet mit einer einführenden Ausbildungseinheit, in der den Auszubildenden die anstehenden Themen des Moduls erläutert, die notwendigen technischen Mittel vorgestellt und anschließend ausgehändigt werden.

In der zweiten Ausbildungseinheit nehmen die Auszubildenden unter Verwendung von Betriebsanleitung und zur Verfügung gestellter Sekundärliteratur das Mikrocontrollersystem (Entwicklungsumgebung am Computer und Mikrocontroller-Hardware) eigenständig in Betrieb. Die Funktionsfähigkeit der Systeme wird getestet.

Die Programmierung einfacher Anwendungen, wie einer Inverterschaltung (vgl. Kapitel 5.2.1) und eines Impulzählers, dienen in der dritten Ausbildungseinheit dazu, sich mit der Programmierumgebung vertraut zu machen.

Anknüpfend an die thermometrischen Messungen des ersten Ausbildungsmoduls wird in der vierten Ausbildungseinheit ein passender Thermistor als Temperatursensor in das System integriert. Der Mikrocontroller wird von den Auszubildenden so programmiert, dass ein Thermometer mit digitaler Anzeige und Speicherfunktion vorliegt. Mit dem so erstellten Gerät werden Schmelzpunktbestimmungen und Destillationsexperimente im Ausbildungslabor durchgeführt.

Eine Funktionserweiterung des Speicherthermometers in der fünften Ausbildungseinheit zielt darauf ab, das in Ausbildungseinheit vier begonnene Destillationsexperiment weiter zu automatisieren. Das System wird von den Auszubildenden zu einem Heizungsregler mit Temperaturfestwertvorgabefunktion erweitert.

Das Themengebiet der Temperaturmessung und -regelung verlassend erfolgt in der sechsten Ausbildungseinheit der Aufbau eines einfachen Laborphotometers. Die Messdaten werden, dem LAMBERT-BEER'schen Gesetz folgend, von dem Mikrocontrollersystem durch ein von Auszubildenden erstelltes Programm ausgewertet und angezeigt. Mit dem Gerät werden

Konzentrationsbestimmungen von Lösungen im Ausbildungslaboratorium durchgeführt.

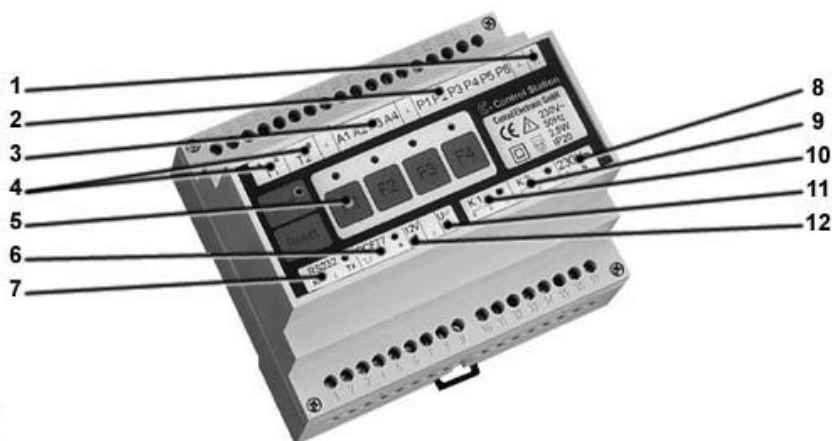
Zum Abschluss wird im Sinne eines KVP-Prozesses mit Hilfe des bereits aus Ausbildungsmodul 1 bekannten Auszubildendenfragebogens und Gesprächleitfadens strukturiert eine interne Reflexionsphase initiiert.

### 5.3 Ausbildungsmodul 3

Unter Verwendung der in Ausbildungsmodul 2 vorgestellten Mikrocontrollerfamilie wird im dritten Ausbildungsmodul eine aus der Arbeitswirklichkeit des Unternehmens stammende reale Problemstellung bearbeitet. Von Auszubildenden (Chemielaboranten, Energieelektronikern) wird interdisziplinär ein Gerät zur Überwachung einer inerten Reaktionsatmosphäre im Verfahrenstechnikum des Arbeitsbereichs für strahlenhärtende Oberflächenbeschichtungen entwickelt, aufgebaut, getestet und in eine verfahrenstechnische Anlage integriert.

#### 5.3.1 Mikrocontroller C-Control-Station

Die in Ausbildungsmodul 2 beschriebene Verwendung des C-Control-Systems beschränkt sich auf den Kleinspannungsbereich. Mit dem System C-Control-Station wurde vom Hersteller eine Variante entwickelt, die für den Betrieb von Verbrauchern des Lichtnetzes geeignet ist und die zur Lösung des oben skizzierten mess- und regelungstechnischen Problems von den Auszubildenden herangezogen wurde.



1. Eingang Frequenzmessung; 2. Digitalports; 3. AD-Eingänge; 4. Eingang Temperaturfühler;  
5. Programmierbare Funktionstasten; 6. DCF 77-Anschluss; 7. Serielle Schnittstelle;  
8. Anschluss Versorgungsspannung; 9. Relais 230 V; 10. Relais 230 V; 11. Kleinspannungsausgang 24 V DC ; 12. Eingang Back-Up-Spannung

Abbildung 17 C-Control-Station [15]

Das Gerät ist in einem Gehäuse, das für die DIN-Schienen-Montage in Schaltschränken oder Schaltkästen bestimmt ist, verbaut (vgl. Abbildung 17). Über 35 Anschlussklemmen kann das Gerät mit anderen Einheiten elektrisch verbunden werden. Durch zahlreiche, in der Standardausführung bereits integrierte Komponenten wird der externe Schaltungsaufwand für die Erstellung anspruchsvoller Anwendungen minimiert. Das Gerät verfügt in der Grundausstattung bereits über ein Netzteil mit Spannungsstabilisierung, sechs programmierbare Digitalports, vier programmierbare Folientaster mit LED, zwei Relais zum Schalten von Lasten bis 6 A bei 230 V, zwei Temperatursensorschaltungen, vier Analog-Digital-Ports, eine serielle Schnittstelle zum Anschluss an den PC und einen eingebauten piezoelektrischen Lautsprecher. Die Bedienfront des Gerätes besteht aus der genannten Folientastatur. Die Zustände der Taster können vom Mikrocontrollerprogramm abgefragt werden. Beeinflussungen des Programms durch den Anwender, z. B. die Änderung von Programmparametern und Betriebsmodi, sind so komfortabel möglich. Die Programmierung kann mit einer speziellen Version der bereits beschriebenen C-Control Plus-Umgebung (vgl. Kapitel 5.2.1) erfolgen. In dieser finden die integrierten Erweiterungen, wie Relais, Bedientasten, LEDs usw. Berücksichtigung.

### **5.3.2 Inhalt und Verlauf des dritten Ausbildungsmoduls**

Die folgende Dokumentation basiert auf dem Projekttagbuch eines Ausbilders und vermittelt einen Einblick über Inhalt und Vorgehensweise des nach der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform gestalteten dritten Ausbildungsmoduls. Die parallel durchgeführte Projektdokumentation aus Sicht der beteiligten Auszubildenden ist dem Anhang (vgl. Kapitel 14.2) zu entnehmen.

Im betrachteten Unternehmen beschäftigt man sich innerhalb des Geschäftsbereiches Oligomere / Silicone (vgl. Kapitel 3.2) im Geschäftsgebiet Industrial Specialities mit der Erstellung von strahlenhärtenden Oberflächenbeschichtungen, wie sie z. B. auf Selbstklebefolien zum Einsatz kommen. Für Testzwecke verfügt dieser Bereich über ein eigenes Anwendungstechnikum. In diesem werden Acrylatverbindungen in einer geeigneten Beschichtungsanlage auf Folien aufgebracht und unter UV-Licht ausgehärtet. Um chemische Nebenreaktionen des radikalischen Aushärtungsprozesses zu vermeiden, wird in einer inerten Reaktionsatmosphäre gearbeitet. Die Sauerstoffkonzentration innerhalb der Anlage wird mit einem Sauerstoffmessgerät manuell überwacht. Für die an Ausbildungsmodul 3 beteiligten Auszubildenden leiten sich aus diesen Rahmenbedingungen die folgenden Arbeitsaufgaben ab:

1. Erstellung eines Gerätes zur automatischen Sauerstoffgrenzwertüberwachung der inerten Reaktionsatmosphäre in einer verfahrenstechnischen Anlage.
2. Erarbeitung der chemischen Hintergründe zum Produkt.
3. Erstellung eines Projektberichtes zum Vorgehen bei der Problembearbeitung.

Vier der sechs an diesem Projekt beteiligten Auszubildenden stammen aus dem Elektrobereich (3. Lehrjahr), zwei der Auszubildenden aus dem Laborbereich (2. Lehrjahr). Betreut wird das Projekt von je einem in den genannten Bereichen arbeitenden Ausbilder.

Der **1. Projekttag** startet mit einer Vorstellungsrunde, in der sich Ausbilder und Auszubildende bekannt machen und vorstellen. Im Anschluss erfolgt im Berufsbildungszentrum des Unternehmens die gemeinsame Einrichtung des Projektbüros inkl. der notwendigen Infrastruktur, wie Personalcomputer, Zugang zum firmeninternen Computernetzwerk, Telefon, Schreibarbeitsplätze usw. Gemäß Punkt 2 der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform wird anschließend die zu bearbeitende Problemstellung von den betreuenden Ausbildern skizziert. Projektspielregeln organisatorischer Art werden durch die Auszubildenden unter Moderation der Ausbilder z. B. zu den Themen Arbeitszeit, Steuerung des Informationsflusses usw. verbindlich festgelegt. Die Auszubildenden erstellen gemeinsam einen Gesprächsleitfaden zur strukturierten Begleitung des ersten Kundenkontaktes. Neben den inhaltlichen Details wird ein Wortführer für die zu führende Kundenbefragung bestimmt. Weiterhin beschließt man, in der Arbeitsgruppe zur Ergebnisprotokollierung Diktiergerät, Digitalfotokamera und Schreibutensilien zu nutzen. Über das Mitarbeiterverzeichnis wird von den Auszubildenden der Hauptansprechpartner in der betreffenden Abteilung isoliert. Anschließend wird mit einer über das firmeninterne E-Mail-System gestalteten Besprechungsanfrage für den zweiten Projekttag ein Termin zur Führung des ersten Kundengesprächs sowie zur Durchführung einer Ortsbegehung vereinbart.

Am **2. Projekttag** nutzen die Auszubildenden zunächst die bis zum Kundengespräch verbleibende Zeit zur Ergänzung und Optimierung ihres Gesprächsleitfadens. Bereits jetzt stellt sich für die Auszubildenden die Frage der Ergebnisauswertung des Kundengesprächs. Von der Gruppe wird die Erstellung eines Anforderungskatalogs favorisiert. Nach der Kundenbefragung werden die Kernanforderungen des Kunden strukturiert und festgeschrieben (vgl. Kapitel 14.2, Folie 15 und 16). Aufgrund der Erfahrungen, die zwei der vier beteiligten Energieelektroniker bereits mit dem C-Control-System in Ausbildungsmodul 2 gemacht haben, verbreitet sich in der Gruppe schnell die

Meinung, auch dieses mess- und regelungstechnische Problem mit der bekannten Entwicklungsumgebung lösen zu können. Die Ausbilder sind bemüht, diese Ahnung der Auszubildenden auf eine zu begründende Basis zu stellen. Unter Moderation der Ausbilder werden Möglichkeiten zur Erstellung einer Problemlösungsmatrix vorgestellt. Der im Sinne der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform bestehende Methodenpool wird so um eine weitere Vorgehensweise bereichert. Für die Auszubildenden ist damit eine Herangehensweise verfügbar, mit der sie in der Gruppe systematisch zu einer begründeten Wahlentscheidung bezüglich der favorisierten technischen Umgebung kommen können (vgl. Kapitel 14.2, Folie 17 und 18). Sie vergleichen selbständig technische Lösungsansätze, die über eine klassische Anlogschaltung, eine speicherprogrammierbare Steuerung und ein Mikrocontrollersystem gestaltet werden können. Die Arbeitsgruppe sieht aufgrund der vollzogenen Abwägung von Vor- und Nachteilen in der Projektrealisierung mit dem C-Control-System eine gute Chance, das Projekt unter den gegebenen Bedingungen zur Zufriedenheit des Kunden durchführen zu können. Gemäß Phase 4 der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform wird von den Auszubildenden einstimmig das Votum zur verbindlichen Bearbeitung des Auftrags abgegeben.

Der **3. Projekttag** beginnt mit einer Reaktivierung der bereits in Ausbildungsmodul 2 benutzten C-Control-Experimentierumgebung. Wie erwähnt haben zwei der beteiligten Energieelektroniker bereits in der Systembedienung Erfahrungen gesammelt. Als Tutoren erarbeiten sie anhand einfacher Beispiele mit den restlichen Teammitgliedern grundlegenden Aufbau, Bedienung und Funktion des Systems. Zwischenzeitlich teilt der interne Kunde via Telefon dem Projektteam ergänzend die folgenden gewünschten Geräteparameter mit. Gefordert wird die Auslösung eines gelben Voralarms beim Vorhandensein von 50 ppm Sauerstoff, das Auslösen eines roten Hauptalarms bei 80 ppm Sauerstoff und die sofortige Messgeräteabschaltung bei 200 ppm Sauerstoff in der Reaktionsatmosphäre. Der Anforderungskatalog wird den gestellten Maßgaben folgend ergänzt. Abschließend wird an diesem Tag die Gesamtproblemstellung in die fünf Teilproblemstellungen Programmierung, hardware-technischer Geräteaufbau und Anschluss an das Sauerstoffmessgerät, Erstellung einer Geräte-dokumentation inkl. Bedienungsanleitung, Erarbeitung der chemischen Grundlagen und Erstellung der Projektdokumentation untergliedert. Die Gruppe beschließt, zunächst gemeinsam die Programmierung des Systems anzugehen.

Gemäß Phase 5 der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform beginnt die Projektgruppe am **4. Projekttag** unter Moderation eines Energieelektronikers die Strukturierung des erforderlichen Mikrocontrollerprogramms. Die Programmieraufgabe wird mit einem Flussdiagramm in Unterprogramme (Teilprobleme) segmentiert (vgl. Kapitel 14.2, Folie 23). Da

das Sauerstoffmessgerät aktuell nicht zur Verfügung steht, stellt die Projektgruppe zu Testzwecken die Notwendigkeit eines Signalsimulators fest. Die in der Bedienungsanleitung des Sauerstoffmessgerätes genannten technischen Spezifikationen lassen die Auszubildenden erkennen, dass von dem Messgerät eine zur gemessenen Sauerstoffkonzentration linear verlaufende Spannung im Bereich von 0 V bis 5 V ausgegeben wird. Während sich ein Laborant und ein Energieelektroniker um die Erstellung eines passenden Signalsimulators kümmern, beginnen die verbleibenden vier Auszubildenden arbeitsteilig mit der Mikrocontrollerprogrammierung entsprechend des zuvor erstellten Flussdiagramms (Phase 6 der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform).

Am **Projekttag 5** wird die erste Programmversion fertig gestellt. Der Prototyp bildet den vom Kunden geforderten Ampelalarm in der Mikrocontroller-Experimentierversion ab. Unter Verwendung des Signalsimulators wird die Gerätefunktion demonstriert. Gemeinsam mit den Ausbildern wird die Messauflösung des Systems unter Verwendung der vorliegenden technischen Dokumentationen mathematisch auf 4 ppm bestimmt. Die Gruppe kommt zu dem Schluss, die Teilproblemstellung Programmierung erfolgreich bearbeitet zu haben (Phase 7 der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform). Gemeinsam soll im folgenden Verlauf das Teilproblem der schaltungstechnischen Umsetzung bearbeitet werden.

**Projekttag 6** startet mit einer grundsätzlichen Diskussion, in der die Eignung der gewählten Geräteumgebung nochmals geprüft wird. Da im späteren Betriebseinsatz nicht nur mit Kleinspannungen gearbeitet wird, sondern durchaus Verbraucher des Lichtnetzes geschaltet werden müssen (z. B. Alarmlampen, Messgeräteabschaltung usw.), wird die Verwendung der bisher gewohnten Experimentierumgebung in Frage gestellt. Insbesondere die Notwendigkeit eines VDE-konformen Geräteaufbaus wird kritisch diskutiert. Die Projektgruppe steht an diesem Punkt vor der Wahl, die Mikrocontroller-Experimentierumgebung entweder schaltungstechnisch so zu modifizieren, dass sie den geforderten betrieblichen Standards entspricht oder auf die bereits für den Betrieb im Lichtnetz vorbereitete Alternative des C-Control-Station-Systems umzusteigen. Hier reduziert sich der notwendige schaltungstechnische Aufwand, jedoch ist eine Adaption des Programmcodes für die neue Geräteumgebung erforderlich. Die Projektgruppe stuft die notwendigen Programmänderungen als weniger aufwendig ein und entscheidet sich zur Verwendung des C-Control-Station Systems. Gemäß Phase 5 der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform wird an dieser Stelle ein neuer Projektplan für die Bearbeitung dieses Teilproblems erstellt. Da die ausgewählten Geräte im Unternehmen nicht verfügbar sind, muss das notwendige technische Material zunächst beschafft werden. Dabei werden folgende Arbeitsschritte von der Projektgruppe geplant und durchgeführt:



Erstellung einer Materialliste, Produktrecherche in Katalogen und im World-Wide-Web, Prüfen der Verfügbarkeit beim Lieferanten, Klärung der Kostensituation und Durchführung der Bestellung in Kooperation mit der Abteilung Beschaffungsservice / Technischer Einkauf. Da den Auszubildenden ein zeitlicher Projektrahmen von 20 Arbeitstagen vorgegeben wurde, entscheiden sie sich zur Bestellung über einen 24-Stunden-Lieferservice.

Am **7. Projekttag** erwartet die Gruppe das bestellte Material. Die Warenleitstelle wird von den Auszubildenden informiert. Beim Eintreffen der Lieferung soll diese zwecks Zeitersparnis nicht über die firmeninterne Logistik angeliefert werden, sondern wird von den Auszubildenden abgeholt. Die Wartezeit wird bereits zur ersten theoretischen Betrachtung des Teilproblems der Gehäusebearbeitung genutzt. Nach telefonischer Rückfrage beim Lieferanten stellt sich heraus, dass die bestellten Materialien voraussichtlich erst an Projekttag 10 verfügbar sein werden. Die Projektgruppe beschließt, trotz dieser Umstände mit dem Teilproblem Gehäusebearbeitung fortzufahren. Aufgrund der im World-Wide-Web verfügbaren technischen Dokumentationen können Gehäuse und Anzeigeeinheiten auch ohne Vorliegen der C-Control-Station bestimmt werden. Als Lieferanten wählt man einen im Stadtgebiet angesiedelten Großhändler. Die Bestellung wird entsprechend des bereits bekannten Procederes abgewickelt. Das Gehäusematerial wird auf Wunsch der Auszubildenden aber persönlich abgeholt und steht am Ende des 7. Projekttages zur Verfügung.

Das Team beschließt, sich für den **8. und 9. Projekttag** zur Bearbeitung chemischer und elektronischer Belange in zwei Arbeitsgruppen aufzuteilen. Während Energieelektroniker aufgrund der vorliegenden Unterlagen bereits mit der Planung der Gehäusebearbeitung beginnen, starten Chemielaboranten ihre Rechercheaktivitäten zur Klärung der chemischen Hintergründe. Sie interviewen hierzu Mitarbeiter des Arbeitsgebietes für strahlenhärtende Oberflächensysteme, befragen ihre Ausbilder, nutzen die firmeninterne Bibliothek und führen eine Recherche in der in räumlicher Nähe zum Unternehmen liegenden naturwissenschaftlichen Universitätsbibliothek durch.

Da am **10. Projekttag**, wie vom Lieferanten angekündigt, der Mikrocontroller eintrifft, treten die Teilprobleme Gehäusebearbeitung und Klärung der chemischen Sachverhalte zunächst in den Hintergrund. Die Projektgruppe definiert für sich als Tagesziel, die Portierung des Programmcodes zu vollziehen und somit die Systemprogrammierung zu beenden. Hierzu wird zunächst die Produktdokumentation studiert, die passende Programmierumgebung am Personalcomputer installiert und eine Datenverbindung zwischen Computer und C-Control-Station hergestellt. Der im Prototyp verwandte Befehlsvorrat wird dem des neuen Systems angepasst. Zum Ende des

Projekttag ist das Programm in die neue Geräteumgebung übertragen und mit Hilfe des Signalsimulators auf Funktionsfähigkeit getestet worden.

Am **11. Projekttag** tritt die Teilproblemstellung der Gehäusebearbeitung wieder in den Vordergrund. Mit ihr verbunden ist die schaltungstechnische Verdrahtung der C-Control-Station sowie ihrer Relais als Steuerorgane für Signalleuchten und Messgeräteabschaltung. Arbeitsteilig werden Gehäusebearbeitung sowie Montage und Verdrahtung von Energieelektronikern und Laboranten entsprechend des an den Projekttagen 8 und 9 erstellten Plans durchgeführt. Am Ende des Projekttag steht ein erster Rohaufbau des vollständigen Gerätes zur Verfügung.

Der **12. Projekttag** wird zur Systemoptimierung und zur Anpassung des Messsignals an den AD-Wandler der C-Control-Station genutzt. Hierzu ist die Berechnung eines passenden Widerstandsnetzwerkes erforderlich. Der berechnete Spannungsteiler wird aufgebaut, in das System integriert und kalibriert. Anschließend wird ein Funktionstest durchgeführt.

Der **13. Projekttag** wird von der Projektgruppe für einen ausführlichen Test des Gerätes im Verfahrenstechnikum des internen Kunden genutzt. Letzte Programmänderungen werden direkt Vor-Ort unter Verwendung eines Laptops eingepflegt und getestet. Sämtliche Funktionen werden, Phase 7 der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform folgend, mit dem internen Kunden besprochen und anschließend auf Konformität mit den formulierten Kundenanforderungen überprüft.



Abbildung 18 Angehender Energieelektroniker mit Ausbilder und O<sub>2</sub>-GUARDS

Nach Fertigstellung des eigentlichen Gerätes, das nun den Namen O<sub>2</sub>-GUARD trägt, widmet sich die Projektgruppe an den **Projekttagen 14 und 15** der Dokumentationserstellung. Unter Verwendung von Standardbürosoftware werden von den Energieelektronikern technische Daten wie Stromlaufplan und Programmablauf (vgl. Kapitel 14.2, Folie 21 – 23) dokumentiert. Ferner wird für den Kunden eine schriftliche Bedienungsanleitung erstellt (vgl. Kapitel 14.3). Zeitgleich werden die chemischen Rechercheergebnisse durch Chemie-laboranten aufgearbeitet. Zur Formel-Darstellung wird im Internet nach einem passenden Editor recherchiert. Nach Findung, Installation am Computer und Einarbeitung werden die Arbeitsergebnisse professionell visualisiert (vgl. Kapitel 14.2, Folie 7 – 14).

Am **16. Projekttag** werden die erarbeiteten Dokumentationen zwischen den Berufsfeldern wechselseitig vorgestellt und erklärt. Anschließend werden die Ergebnisse in einer MS-Powerpoint-Präsentation aufbereitet. Dabei machen sich die Auszubildenden im Unternehmens-Intranet zunächst über die geltenden Richtlinien des Corporate Designs kundig. Die Präsentation wird entsprechend dieser Richtlinien konzipiert. Weiterhin werden unter Nutzung des E-Mail-Systems Einladungen für die Abschlusspräsentation am 20. Projekttag verschickt.

**Projekttag 17** wird zum Test der Präsentation genutzt. Referieren werden drei der sechs am Projekt beteiligten Auszubildenden. Die Ausbilder werden von der Projektgruppe gebeten, den Testlauf mit zu begleiten und ggf. auf inhaltliche und methodische Fehler aufmerksam zu machen. Parallel äußert die Gruppe den Wunsch, in der Präsentation eine eigene Projekteinschätzung aus Sicht der Auszubildenden anzuführen (vgl. Kapitel 14.2, Folie 24 – 25). Präsentationsmedien wie Laptop und Beamer werden auf den Konferenzraum abgestimmt.

In Abstimmung mit der Abteilung Öffentlichkeitsarbeit werden die erstellten Unterlagen am **18. Projekttag** farbig vervielfältigt. Dabei wird der Abteilungsleiter auf das Projekt aufmerksam. Er regte die Durchführung eines Interviews mit der Projektgruppe an. Ziel ist die Gestaltung eines Berichtes für die firmeninterne Mitarbeiterzeitung.

Der **19. Projekttag** wird zur Gestaltung des Interviews genutzt. Dieses wird von einer zukünftigen Industriekauffrau, die sich derzeit in der Vor-Ort-Ausbildung der Abteilung Öffentlichkeitsarbeit befindet, durchgeführt. Ebenso wird der resultierende Bericht von ihr gestaltet (vgl. Kapitel 14.4). Die an diesem Tag verbleibende Arbeitszeit wird zur Auflösung des Projektbüros im Berufsbildungszentrum genutzt.

Am **20. Projekttag** erfolgt die Abschlusspräsentation des Projektes. Neben dem internen Kunden sind weitere interessierte Mitarbeiter des Unternehmens sowie der Standortleiter anwesend. Nach der Präsentation wird dem Kunden offiziell das Gerät übergeben. Dem Auditorium wird ein Skript der Abschlusspräsentation zur Verfügung gestellt.

Das Projekt schließt, entsprechend Punkt 9 der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform, unter Verwendung der in Kapitel 10 ausführlich beschriebenen Instrumente mit einer internen Reflexionsphase ab.

Aufgrund des konzerninternen Interesses an dieser Projektarbeit, werden Vorgehensweise und Ergebnisse auf einem Ausbildertreffen im Herbst 2001 von den am Projekt beteiligten Auszubildenden vorgestellt.

Im Frühjahr 2002 fordert der interne Kunde drei weitere O<sub>2</sub>-GUARDS an. Auch dieser Auftrag wird, unter Berücksichtigung der weiteren vom Kunden gewünschten technischen Modifikationen, durch Auszubildende umgesetzt. Das Projekt wird in diesem Falle von einem Ausbilder aus dem elektrotechnischen Bereich unter Nutzung der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform erfolgreich begleitet.

## 6 Die technischen Systeme in der Diskussion

Wie den vorangestellten Kapiteln zu entnehmen ist, werden in den einzelnen Ausbildungsmodulen unterschiedliche technische Entwicklungsumgebungen eingesetzt. Ein Vergleich der hier verwendeten Systeme mit anderen am Markt verfügbaren Lösungen soll den Entscheidungsprozess für die favorisierten Systeme transparent machen.

### 6.1 Technische Betrachtungen: Ausbildungsmodul 1

Die beiden im deutschsprachigen Raum dominierenden Lehrmittelanbieter offerieren in ihren Produktpaletten technische Systeme, die zur Lösung der in Ausbildungsmodul 1 beschriebenen messtechnischen Problemstellungen im chemischen Experiment durchaus als geeignet erscheinen. Eine vergleichende Betrachtung der zum gewählten Schaltungssimulator DMM-Profi-Lab konkurrierenden Systeme Cobra 3 (Fa. Phywe) und Cassy (Fa. Leybold) sowie eines vom Autor in einem anderen Kontext selbst erstellten Messdatenerfassungssystem ist daher sinnvoll. Den semiprofessionellen Bereich verlassend erfolgt abschließend die Betrachtung einer im professionellen Produktsegment angesiedelten Lösung der Fa. Keithley Instruments.

#### 6.1.1 Definition der Anforderungen an die technischen Umgebungen

##### 6.1.1.1 Didaktische Möglichkeiten und Anforderungen

Dem Ausbilder offenbaren sich verschiedene Wege zum Einsatz eines computerunterstützten Messdatenerfassungssystems (vgl. [47], [60]).

Bei der *Black-Box-Methode* sind von Seiten des Ausbilders und der Auszubildenden nur geringe Vorkenntnisse bezüglich des Messdatenerfassungssystems erforderlich. Der Experimentator nutzt ein fertiges System mit Messinstrument, Interface und entsprechendem Programm. Die Versuchsergebnisse werden vom Computer ausgewertet und am Bildschirm visualisiert, ohne dass Ausbilder oder Auszubildende einen detaillierten Einblick in die Funktionsweise des Systems haben müssen. Nachteil dieser Methode ist, dass den Auszubildenden die Vorgehensweise der Datensammlung und Aufbereitung vorenthalten wird. Im Gegenzug sind jedoch keine tiefgreifenden technischen Kenntnisse erforderlich.

Bei der *Messdatenerfassung mit bearbeitbaren Teilen* wird das Experiment in die Teile Messdatenerfassung, -darstellung und -auswertung untergliedert. Jeder Gliederungsteil kann dabei wahlweise mit oder ohne Computer bearbeitet

werden. Diese Methode des Computereinsatzes ermöglicht es dem Ausbilder Ausbildungseinheiten handlungsorientiert zu gestalten. Die Tätigkeit der Auszubildenden wird hier nicht auf die bloße interaktive Eingabe von Programmparametern begrenzt. Vorteil dieser Methode ist die erhöhte Transparenz in der Vorgehensweise, die zu Lasten der Echtzeitdarstellung erwirkt wird.

Bei der *transparenten Messdatenerfassung* wird das Messdatenerfassungssystem von den Auszubildenden selbst aufgebaut. Hierbei wird nicht mit komplizierten Messgeräten und Programmen gearbeitet. Vielmehr sollen die Auszubildenden die Geräte und Programme selbst erstellen oder zumindest die Funktionsweise der eingesetzten Geräte und Programme verstehen. Begründet mit der deutlich aufwendigeren Vorgehensweise kann diese Methode aus zeitlichen Gründen in den meisten Fällen nur in betrieblichen Ausbildungseinheiten eingesetzt werden. Jedoch wird es Auszubildenden mit dieser Vorgehensweise ermöglicht, technische Zusammenhänge besser zu begreifen.

#### 6.1.1.2 Technische Möglichkeiten und Anforderungen

Vom Computer können im Experiment verschiedenste Aufgaben übernommen werden (vgl. [47], [60]).

Beim Messen, Verarbeiten und Darstellen werden Daten eines Messinstrumentes an den Computer übermittelt. Mit den entsprechenden Programmen werden diese gespeichert, ausgewertet oder grafisch, z. B. in Form eines Diagramms, dargestellt. Ein wesentlicher Vorteil, den die grafische Darstellung bietet, ist die Förderung der Trenderkennung. Im Gegensatz zu dieser werden bei der digitalen Darstellung eines Messwertes häufig bereits kleinste Schwankungen von den Auszubildenden beobachtet und interpretiert. Für das Experiment irrelevante Messwertschwankungen lassen sich so leicht zu Gunsten der Trenderkennung kompensieren.

Manuelle Auswerteverfahren können schwierig und zeitintensiv sein, so dass für den Auszubildenden anstelle des zu untersuchenden chemischen Sachverhalts die mathematische oder grafische Auswertung in den Vordergrund rückt. In speziellen Situationen kann es daher sinnvoll sein, die in Experimenten gewonnenen Daten mit Tabellenkalkulationsprogrammen oder mit selbst entwickelten Programmroutinen auszuwerten. Auszubildende können so durch die Entlastung von manueller Rechenarbeit ihre Aufmerksamkeit mehr auf die wesentlichen Belange richten.

Durch passende Steuerungsmodule können Befehle des Computers in Aktionen umgewandelt werden. So kann vom Computer beispielsweise ein Motor, eine Lampe oder eine Heizplatte angesteuert werden.

Nach Auswertung der Messdaten anhand vorgegebener Kriterien kann der Computer bestimmte Steuerungsschritte autonom ausführen. Ein so

strukturierter Regelungsprozess setzt sich aus den Komponenten Messen, Auswerten und Steuern zusammen. Einfache in der Ausbildung verwendbare Beispiele sind Temperatur- oder Wasserflussregelungen. Eine anspruchsvollere Anwendung kann z. B. der Aufbau eines Titrationsautomatens sein (vgl. Kapitel 14.1).

#### 6.1.1.3 Zusammenfassung: Technische Anforderungen Ausbildungsmodul 1

Zusammenfassend ergeben sich für die technische Umgebung in Ausbildungsmodul 1 die folgenden Anforderungen:

Die Erstellung eines für das Ausbildungslabor geeigneten Messdatenerfassungssystems soll von den Auszubildenden möglichst selbständig erfolgen. Dabei soll der gesamte Weg des Messsignals transparent und beeinflussbar sein. Im Einzelnen sollen die Messwertaufnahme mittels eines geeigneten Sensors, die Messwertumwandlung in ein elektrische Signal, die Analog-Digital-Wandlung in einen für den Computer verständlichen Datenwert, die Messwertumrechnung und -auswertung sowie die Messwertdarstellung und Weiterverarbeitung für die Auszubildenden gestaltbar sein. Um den Aspekten des Regelns zu entsprechen, müssen externe Aktionen über eine Digital-Analog-Wandlung auslösbar sein. Echtzeitfähigkeit des Systems wird in diesem Kontext vorausgesetzt. Die technische Umsetzung muss dabei aber einen für die Auszubildenden überschaubaren Komplexitätsgrad behalten. Bei der Realisierung sollen auch Grundlagen der analogen und digitalen Schaltungstechnik berücksichtigt werden können. Die Bedienung des Systems über eine Programmiersprache ist im ersten Ausbildungsmodul hingegen nicht notwendig. Die Erstellung des Messdatenerfassungssystems muss weiterhin in einem vertretbaren Zeitrahmen sowie zu akzeptablen Kosten möglich sein.

#### 6.1.2 Der Schaltungssimulator DMM-Profi-Lab

Mit dem Schaltungssimulator des ersten Ausbildungsmoduls (vgl. Kapitel 5.1.1) wird es dem Ausbilder ermöglicht, seinen Auszubildenden Grundlagen der analogen und digitalen Schaltungstechnik zu vermitteln. Großer (elektro-)laborpraktischer Aufwand und damit hohe zeitliche und finanzielle Investitionen können durch den Einsatz dieses Systems vermieden werden. Externer Schaltungsaufwand reduziert sich aufgrund der Simulatorumgebung auf ein Minimum. Die logische Schaltungserstellung, nicht die manuelle Realisation des Schaltungsprojektes, steht hier im Vordergrund. Auszubildende können selbst erstellte Schaltungsentwürfe testen und auf ihre Funktionsfähigkeit hin überprüfen, ohne dass die Schaltung in diesem Stadium tatsächlich aufgebaut werden muss. Natürlich können im Simulator getestete und fehlerfrei funktionierende Schaltungen in einem zweiten Schritt als klassische Platinenschaltung aufgebaut werden. Die Wahrscheinlichkeit, zeitnah ein fehlerfrei funktionierendes Platinenprodukt zu erhalten, steigt.

Programmierkenntnisse werden von Seiten der Auszubildenden nicht vorausgesetzt. Vielmehr folgt die Nutzung des Programms den Standards des Betriebssystems MS-Windows. Die Abbildung von Stromlaufplänen in der Simulatorumgebung orientiert sich an den in der Elektrotechnik und Elektronik üblichen Standardsymbolen. Die Erstellung ist im Programm stark an die Bedienung eines einfachen Zeichenprogramms angelehnt und kann von den Auszubildenden daher zügig erlernt werden. Als Analog-Digital-Wandler kommen kostengünstige Digitalmultimeter mit serieller Computerschnittstelle, die häufig schon standardmäßig im Elektrolabor verfügbar sind, zum Einsatz. Der externe Schaltungsaufwand für Sensoren reduziert sich hierdurch erheblich, da mit den Digitalmultimetern wahlweise unterschiedliche elektrische Größen aufgenommen werden können. Die Verwendung der Digitalmultimeter bedingt weiterhin die sinnvolle und elektrisch sichere Entkoppelung des experimentellen Aufbaus vom eigentlichen Messsystem (Computer). Eine kostengünstige Relaiskarte mit 8 DA-Kanälen dient zu Steuerungszwecken. Das System bietet den Auszubildenden ein hohes Maß an Transparenz, da sie die Messwertentstehung von der Aufnahme bis zur Darstellung lückenlos begleiten können. Aufgrund der im Simulator zur Anwendung kommenden standardisierten Stromlaufpläne und Symbole sowie der einfachen Bedienung des Programms ist der Komplexitätsgrad des Systems dem Leistungsvermögen der Auszubildenden des ersten Lehrjahres angepasst. Die Kosten für ein betriebsfähiges Basissystem, bestehend aus Software, vier Multimeter, einer Relaiskarte und passenden Datenleitungen, belaufen sich auf etwa 410 EUR. Sensoren, die Temperatur- und pH-Wert-Messungen ermöglichen, bedeuten in einfacher Ausfertigung weitere Kosten in Höhe von etwa 60 EUR. Zu bemerken ist, dass die zum Betrieb notwendigen Digitalmultimeter auch ohne Computer in anderen Experimenten Anwendung finden können.

### **6.1.3 Marktrecherche konkurrierender Lösungen**

#### **6.1.3.1 Cobra 3**

Mit dem System Cobra 3 bietet der Lehrmittelhersteller Phywe eine modular aufgebaute Umgebung zum computerunterstützten Experimentieren an, die sowohl mit als auch autonom ohne Computer betrieben werden kann (vgl. [53]). Die Cobra 3 Basic-Unit, in der Hauptsache ein AD-Wandler, stellt das Herzstück des Systems dar. Diese ermöglicht zum einen das Anstecken mannigfaltiger, fertig aufgebauter Sensormodule, z. B. zur Temperatur-, Druck- und pH-Wert-Messung, zum anderen die Datenverbindung zu einem Computer oder zu einer als COM-Unit bezeichneten Einheit, an die sich digitale und analoge Großanzeigen und Schreiber für Demonstrationsexperimente anschließen lassen. Die Cobra 3 Measure-Software stellt ein Rahmenprogramm dar, mit dem alle Experimente und Aufbauten begleitet werden können. Das Programm



ist optimal auf die Cobra 3-Geräte abgestimmt und lässt sich ausschließlich mit diesen nutzen. Der Schwerpunkt der Software liegt im Bereich der grafischen Messwertvisualisierung. Zahlreiche mathematische Umwandlungen der gewonnenen Messdaten und deren grafische Funktionsdarstellung sind leicht möglich. Peak- und Kurvenanalysen, Mittelwert-, Steigungs- und Integralberechnungen können realisiert werden. Aufgenommene Messreihen können grafisch beliebig gegeneinander aufgetragen werden und an andere Anwendungen, z. B. Tabellenkalkulationsprogramme, übergeben werden. Ein auf den chemischen Ausbildungsbereich abgestimmtes einsatzfähiges Gerätepaket, bestehend aus der Basic-Unit, der Cobra 3 Measure-Software, Sensormodulen zur Messung von Temperatur, pH-Wert und Druck sowie dem zur Messung notwendigen Kabelmaterial, ist zu einem Preis von 1.347 EUR beim Hersteller erhältlich (Stand 12/2002).

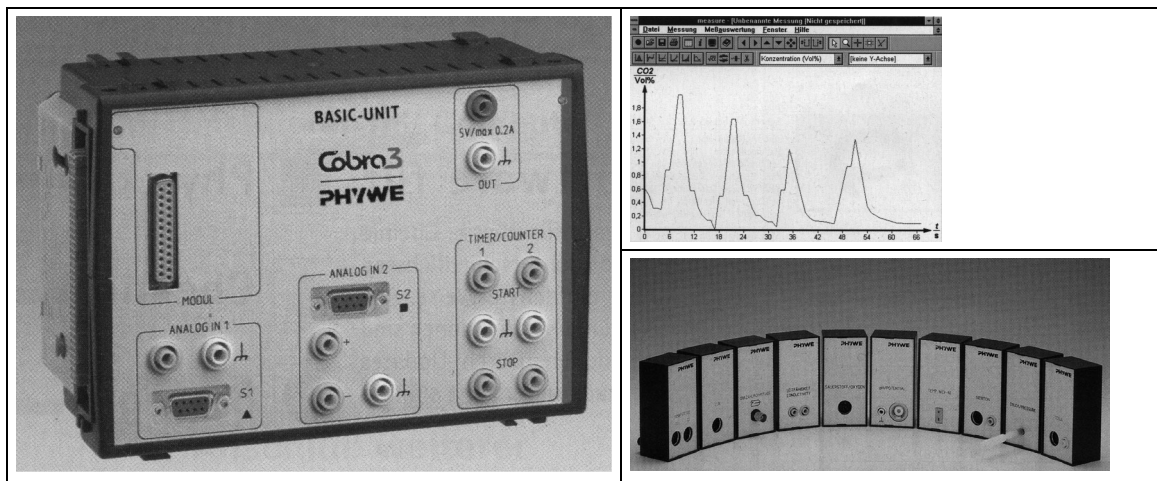


Abbildung 19 Übersicht Cobra 3, Basic-Unit, Sensormodule

### 6.1.3.2 Cassy-S

Ähnlich wie die Fa. Phywe ist auch der Lehrmittelhersteller Leybold mit einem für die Ausbildung geeigneten Messdatenerfassungssystem am Markt vertreten (vgl. [45]). Kernstück des Cassy-S-Systems ist die sogenannte Sensorbox, die als AD-Wandler fungiert und somit die elektrische Verbindungseinheit zwischen Computer und Sensoren darstellt. Neben zwei Eingängen für Sensormodule aus der Cassy-S-Serie verfügt dieses Modul auch über einen analogen, steuerbaren Spannungsausgang sowie über ein Relais. Das System kann dadurch nicht nur zu Mess-, sondern auch zu Steuerungs- und Regelungsaufgaben eingesetzt werden. Zahlreiche fertig konfigurierte Messsensoren, die über die beschriebene Sensorbox an das System angeschlossen werden, stehen zur Verfügung. Das Auswertungsprogramm Cassy-Lab ist von ähnlichem Umfang wie das des Cobra 3-Systems. Die Anzeige von Messwerten in Analog- oder Digitalinstrumenten, Tabellen und

Diagrammen ist ebenso möglich wie der Vergleich von unterschiedlichen Messreihen. Der Betrieb des Programms ist ausschließlich mit der passenden Cassy-S-Hardware möglich. Ein für den chemischen Ausbildungsbereich geeignetes Produktpaket, bestehend aus dem Cassy-S-Starterpaket und der Chemiebox, deren Funktionsumfang zum Cobra 3-System vergleichbar ist, kann für 1.244 EUR beim Hersteller bezogen werden (Stand 12/2002).

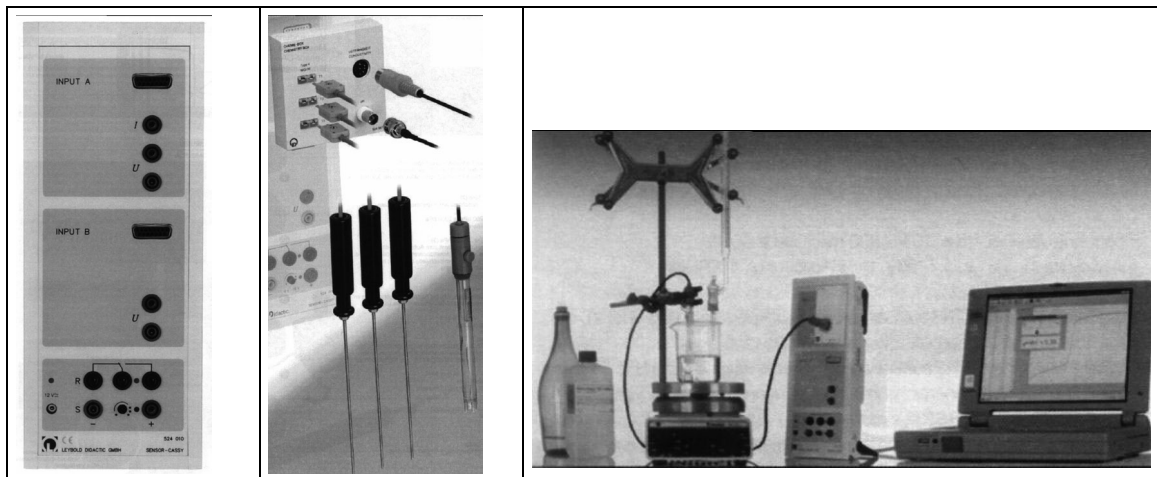


Abbildung 20 Übersicht Cassy-S

### 6.1.3.3 Selfmade-System

Neben der Nutzung der oben beschriebenen Systeme zum Aufbau eines Messdatenerfassungssystems für das Ausbildungslabor ist auch die schaltungstechnische Realisation eines solchen Systems durch Auszubildende (vgl. [60], [63]) möglich.

Die im Flussdiagramm von Abbildung 21 vorgestellten Messmodule können nach Bedarf erstellt und miteinander kombiniert werden, so dass das System den jeweiligen bestehenden technischen Ansprüchen und finanziellen Möglichkeiten angepasst werden kann. Abbildung 21 gibt weiterhin eine Übersicht der verfügbaren Module. Obligatorisch notwendige Bestandteile sind grauhinterlegt gekennzeichnet, während alle weiteren Module des Systems optional angefertigt werden können. Die Erstellung des Messdatenerfassungssystems im Rahmen eines fachübergreifenden Ausbildungsprojektes bietet sich an. Der Herstellungsaufwand wird durch die Verwendung einiger bereits fertig erhältlicher Komponenten, so z. B. des Analog-Digital-Wandlermoduls, reduziert. Sämtliche eingesetzten Bauteile sind im Elektronikversandhandel erhältlich. Zur Auswertung der gewonnenen Daten am Computer sind keine Programmierkenntnisse erforderlich. Vielmehr werden diese mit einem Tabellenkalkulationsprogramm visualisiert und ausgewertet.

Die Funktionen des Systems stellen sich wie folgt dar:

Eine an den verwendeten 12 Bit Analog-Digital-Wandler angelegte Spannung zwischen 0 V und 5 V wird in einen dezimalen Wert zwischen 0 und 4.096 umgesetzt. Auf diese Weise können Spannungen vom System gemessen, protokolliert und ausgewertet werden. Zum Betrieb des AD-Wandlers ist ein abgestimmtes Messdatenerfassungsprogramm erforderlich, das die Schnittstelle zwischen Benutzer und Computer formuliert.

Das Anschlussmodul dient als Verbindungseinheit zwischen dem im Computer eingebauten AD-Wandler und den Messmodulen. Es ermöglicht den gleichzeitigen Anschluss und Betrieb von bis zu 8 Messmodulen.

Damit die Spannungsversorgung des Computers nicht überlastet wird, müssen die Messmodule über ein gesondertes Netzteil, das die zum Betrieb notwendigen Spannungen extern zur Verfügung stellt, versorgt werden.

Da der verwendete AD-Wandler lediglich Spannungen im Bereich zwischen 0 V und 5 V digitalisiert, müssen größere Spannungen zunächst im Spannungsmessmodul über ein Widerstandsnetzwerk aufbereitet werden, um dann vom AD-Wandler erfasst werden zu können.

Mit dem Strommessmodul wird ein elektrischer Strom als Spannungsabfall an einem definierten Widerstand erfasst. Der Spannungsabfall wird über einen Verstärker als proportionale Spannung an den AD-Wandler übertragen.

Ähnlich wie beim Strommessmodul wird beim Widerstandsmessmodul der Wert eines elektrischen Widerstands in eine zu ihm proportionale Spannung umgewandelt und an den AD-Wandler transferiert. Mit Hilfe dieses Messmoduls können auch Leitfähigkeitsmessungen vorgenommen werden, da die Leitfähigkeit als reziproker Wert des Widerstands definiert wird. Die Umrechnung kann ohne großen Aufwand durch den Computer geleistet werden.

Temperatursensoren stellen temperaturabhängige Widerstände dar, so dass die Temperaturerfassung in diesem Modul nach dem oben beschriebenen Prinzip der Widerstandsmessung funktioniert.

Das eingesetzte Messdatenerfassungsprogramm ermöglicht die bereits bei den Systemen Cobra 3 und Cassy-S vorgestellten Grundfunktionen der Visualisierung (Analog-, Digital- und Diagrammdarstellungen). Darüber hinausgehende Auswertungen müssen nach einem Datenexport zu Lasten der Echtzeitfähigkeit des Systems mit anderen Programmen durchgeführt werden. Die Materialkosten für die Erstellung der sechs genannten Module inkl. AD-Wandler und Software belaufen sich auf etwa 250 EUR.

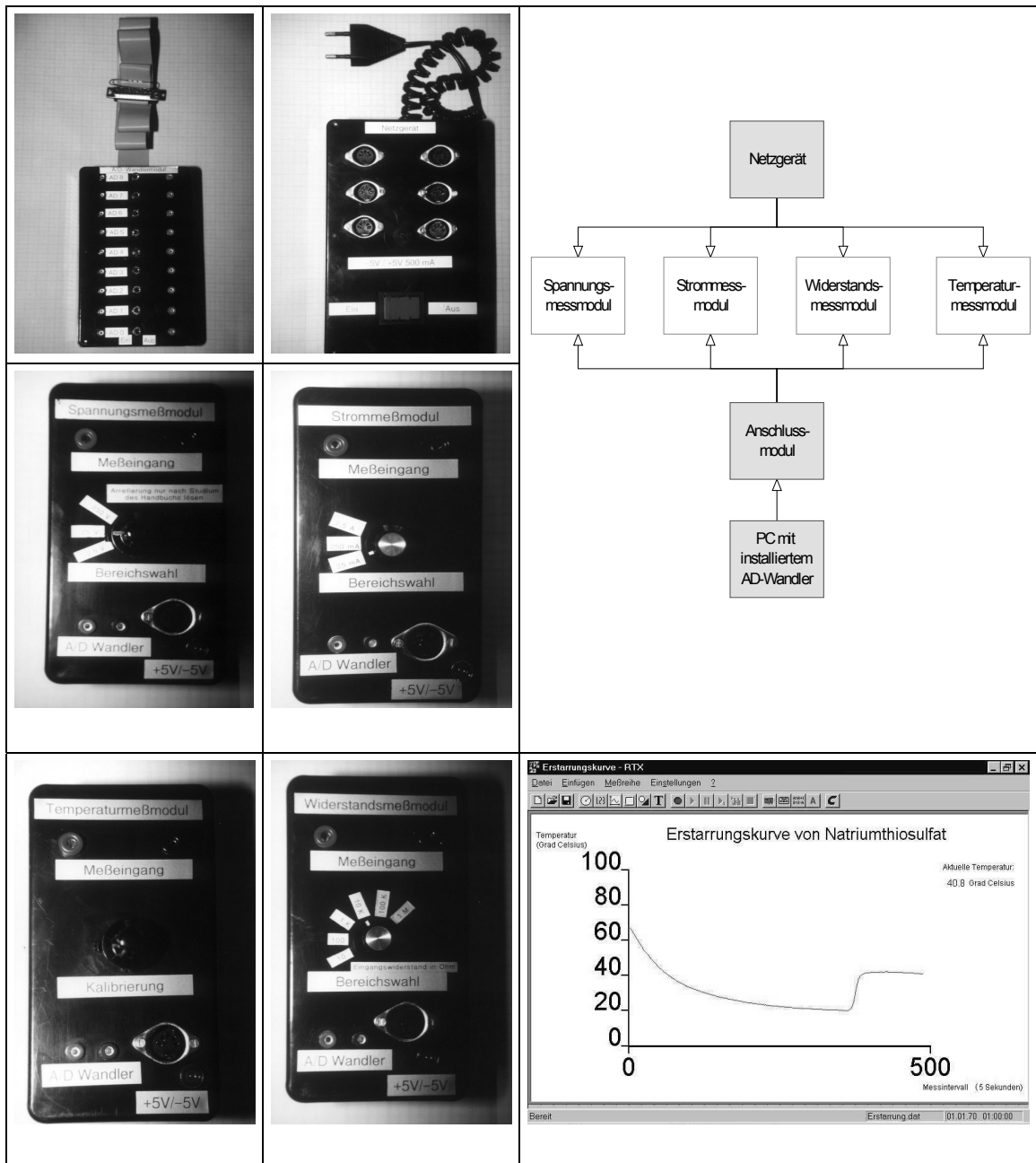


Abbildung 21 Modulübersicht Selfmade-System, Software RTX-View [60]

#### 6.1.3.4 Testpoint und AD-Wandler von Keithley Instruments

Im professionellen Umfeld hat sich u. a. die Firma Keithley Instruments als Lieferant von Präzisionslösungen zur Messdatenerfassung etabliert (vgl. [33], [34]). Die Kombination eines Digitalmultimeters aus der Produktserie Integra 2700 mit der Software Testpoint 4.0 ermöglicht die Realisierung von messtechnischen Lösungen auf professioneller Basis. Die hochpräzise, simultane Messung an 20 Kanälen ist mit dieser Geräte-Software-Kombination technisch möglich. Mit dem Programm Testpoint 4.0 steht zudem eine mächtige Entwicklungsumgebung zur Realisierung von spezifischen Messanwendungen

zur Verfügung. Die Bedienung der Software ist an moderne grafische Programmierumgebungen wie Visual-Basic oder C++ angelehnt. Auf einer zu Beginn der Programmierung leeren Arbeitsfläche werden sämtliche Objekte angeordnet, die man auch auf der Frontplatte eines realen Gerätes wiederfinden kann. Anschließend werden die eingelesenen Werte an Anzeigeobjekte übergeben und können dargestellt werden. Von der Programmierphilosophie ähnelt Testpoint 4.0 in einigen Aspekten der Software DMM-Profi-Lab, setzt das Konzept aber auf deutlich höherem, eher an den Bedürfnissen von Programmierern und Entwicklungsingenieuren orientierten Niveau um. Messgerät und Software sind zu einem Gesamtpreis ab 2.500 EUR zu erwerben (Stand 12/2002).

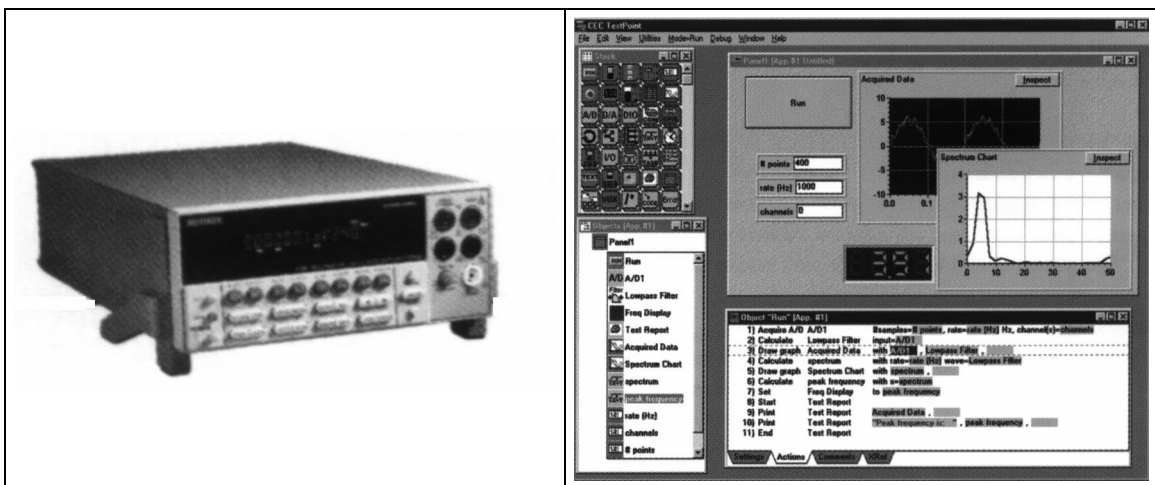


Abbildung 22 Keithley Digitalmultimeter Integra 2700 (li.) und Software Testpoint 4.0 (re.)

#### 6.1.4 Vergleich der Systeme und Fazit

Stellt man Vor- und Nachteile der beschriebenen Systeme in Bezug auf die in Kapitel 6.1.1 beschriebenen Anforderungen gegenüber, ergibt sich folgendes differenziertes Bild:

Mit den Systemen Cobra 3 und Cassy-S erhält der Experimentator ein professionelles, robustes, echtzeitfähiges und sofort einsetzbares Messdatenerfassungssystem. Bei beiden Systemen sind Hardware und Software optimal aufeinander abgestimmt. Zahlreiche, für unterschiedlichste Messzwecke ausgelegte Sensoren sind verfügbar und komfortabel in die Programmumgebungen integriert. Dadurch besteht seitens des Anwenders nur ein geringer experimenteller Vorbereitungsaufwand. Beide Systeme sind modular erweiterbar. Der stufenweise Ausbau der im Vergleich recht teuren Systeme ist so möglich. Die Software bietet in beiden Fällen zahlreiche Auswertungsmöglichkeiten an. Im Gegensatz zu Cobra 3 bietet die Cassy-S Produktfamilie über pulsweitenmodulierte Analogausgänge und über Digitalausgänge die

Möglichkeit zur Steuerung externer Geräteeinheiten an. Beide Systeme sind im Verlauf der Ausbildungsmodule gut im Sinne der Black-Box-Vorgehensweise zu nutzen. Die Aktivität des Auszubildenden ist auf die reine Systembedienung begrenzt. Modifikationen der Programmeigenschaften sind nur beschränkt, Abänderungen an den Geräten gar nicht möglich.

Sowohl das Selfmade-System wie auch das unter Verwendung des Schaltungssimulators aufgebaute Messdatenerfassungssystem weisen zueinander zahlreiche Parallelen auf. Beide sind gekennzeichnet durch eine hohe technische Transparenz, überschaubare und verständliche Schaltungstechnik und einen akzeptablen Kostenrahmen. Während beim Selfmade-System durch den Nachbau der Messmodule hauptsächlich die Vermittlung analoger Schaltungsaspekte im Vordergrund steht, rücken bei Verwendung des Schaltungssimulators entwicklungs-technische Aspekte der analogen und digitalen Schaltungstechnik in den Focus. Beide Systeme bieten einen für die Auszubildenden überschaubaren Komplexitätsgrad. Bei der Realisierung wird so ein funktionsfähiges, sinnvolles Handlungsprodukt garantiert. Aufgrund der flexiblen Strukturen ist bei beiden Varianten eine optimale Anpassung an spezifische labortechnische Problemstellungen möglich. Die Arbeit mit den Systemen erfordert im Vergleich zum Einsatz von Cassy-S und Cobra 3 aber einen deutlich höheren Zeitaufwand. Jedoch ist im Ausbildungsgang der Modus der transparenten Messdatenerfassung realisierbar. Die beim Selfmade-System zum Einsatz kommende Visualisierungs- und Auswertungssoftware bietet einen ähnlichen Umfang wie die Programmpakete der Firmen Phywe und Leybold. Der Bedienungskomfort ist im Vergleich jedoch deutlich geringer. Die Qualität der Auswertungs- und Visualisierungsfunktionen bei Verwendung von DMM-Profi-Lab ist abhängig vom Geschick des Experimentators. Prinzipiell können mit dieser Umgebung sämtliche Auswertungs- und Darstellungsformen realisiert werden, die auch in den Produktpaketen Cassy-S und Cobra 3 vorhanden sind. Weiterhin lassen sich am Bildschirm für eine bestimmte Problemstellung eingerichtete virtuelle Gerätefrontplatten kreieren. Die intuitive Bedienung erstellter Programme durch Personen ohne technische Fachkenntnisse über den Schaltungssimulator wird so möglich. Der Schaltungssimulator ermöglicht daher sowohl das Vorgehen nach der Black-Box-Methode aber auch nach der Methode der transparenten Messdatenerfassung. Im Gegensatz zum Selfmade-System können mit dem Simulator auch externe Funktionen unter Verwendung einer Relaiskarte elektrisch gesteuert werden.

Als Bindeglied zum professionellen Bereich der Messdatenerfassung ist die vorgestellte Hardware-Software-Kombination der Fa. Keithley zu sehen. Qualität und Präzision des vorgestellten Multimeters Integra 2700 genügen sowohl industriellen wie auch Forschungsansprüchen. Messdaten können mit der vorgestellten Software Testpoint 4.0 individuell erfasst und ausgewertet

werden. Dies erfordert jedoch das Erlernen einer entsprechenden objektorientierten Programmiersprache. Es ist wahrscheinlich, dass dies den maximalen in Ausbildungsbemühungen erreichbaren Komplexitätsgrad überschreitet. Trotz der technischen Brillanz des Systems sprechen somit Zeit- und Kostenfaktoren gegen den Einsatz dieser Lösung zu den hier beschriebenen Ausbildungszwecken.

Tabelle 1 liefert einen zusammenfassenden Überblick der Systemmerkmale.

<b>Eigenschaft</b>					
++	sehr gut geeignet				
+	gut geeignet				
o	durchschnittlich geeignet				
-	weniger geeignet				
--	ungeeignet				
	<b>Cassy-S</b>	<b>Cobra 3</b>	<b>DMM-Profi-Lab</b>	<b>Self-Made-System</b>	<b>Testpoint 4.0</b>
<b>Technische Aspekte</b>					
Sensoren	+	+	+	+	+
Messsignalumwandlung	+	+	+	+	++
Analog-Digitalwandlung	+	+	+	+	++
Messwertumrechnung	+	+	+	+	++
Messwertauswertung	+	+	+	+	++
Messwertdarstellung	+	+	+	+	++
Messwertweiterverarbeitung / Export	+	+	+	+	++
Digital-Analog-Wandlung (Steuern)	+	-	+	-	+
Echtzeitfähigkeit	+	+	+	+	++
<b>Sonstige Aspekte</b>					
Grundlagenvermittlung analoger Schaltungst.	-	-	+	o	-
Grundlagenvermittlung digitaler Schaltungst.	-	-	+	-	-
Angepasster Komplexitätsgrad	+	+	+	o	-
Zeitaufwand bis Einsatzfähigkeit	++	++	o	-	o
vertretbare Kosten	-	-	++	++	--

Tabelle 1 Vergleich der Eigenschaften verschiedener Messdatenerfassungssysteme

Legt man die in Kapitel 6.1.1 genannten Rahmenbedingungen zu Grunde, erscheint die Wahl des Schaltungssimulators DMM-Profi-Lab als geeignete technische Umgebung für das durch Auszubildende zu erstellende Messdatenerfassungssystem als sinnvoll.

## 6.2 Technische Betrachtungen: Ausbildungsmodule 2 und 3

Die in den Kapiteln 5.2.1 und 5.3.1 vorgestellten Mikrocontrollersysteme weisen in Bezug auf Bedienung, Logik und Programmierung zahlreiche Parallelen mit einer professionellen, im industriellen Umfeld aufzufindenden speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) auf, bilden diese Prinzipien aber in deutlich einfacheren Strukturen ab. Sie erscheinen daher auf der einen Seite als gut geeignet, Energieelektroniker für die zukünftige Bedienung einer professionellen SPS vorzubereiten und auf der anderen Seite Chemikanten und Laboranten für die Grundprinzipien aktueller Automatisierungstechniken zu sensibilisieren. Die vergleichende Betrachtung der Elemente einer SPS (vgl. [25]) mit dem im zweiten und dritten Ausbildungsmodul verwendeten C-Control-System bietet sich an.

### 6.2.1 Speicherprogrammierbare Steuerungen im Überblick

Eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) ist ein Computer, der speziell auf Steuerungsaufgaben abgestimmt wurde. Das Verhalten einer SPS wird über ein SPS-Programm bestimmt. Dieses Programm wird auf einem Personalcomputer erstellt und im Anschluss an die SPS übertragen. Eine Neuprogrammierung der SPS oder die Modifikation eines bereits eingespielten Programms ist jederzeit möglich. Die einfache Anpassung an neue Anforderungen ist so gewährleistet. Mit einer SPS kann eine durch Schütztechnik realisierte Steuerungslogik (VPS = verbindungsprogrammierte Steuerung) flexibel ersetzt werden.

Eine SPS besteht in der Grundkonfiguration aus vier verschiedenen Einzelkomponenten, die auf einem Baugruppenträger montiert werden (vgl. Abbildung 23). Die zentrale Einheit der SPS stellt die CPU-Baugruppe (Central-Processing-Unit) dar. In dieser wird das eigentliche SPS-Programm abgearbeitet. Eingangsbaugruppen sorgen dafür, dass die CPU Signale aus der Umwelt registrieren kann. Dies können digitale Signale, z. B. eines Schalters aber auch analoge Signale, z. B. eine Temperatur über einen Sensor, sein. Ausgangsbaugruppen sind notwendig, um andere Geräte ansteuern zu können. Auch hier wird in digitale und analoge Ausgänge differenziert. Digitale Ausgangsbaugruppen können beispielsweise ein Leistungsschütz ansteuern, während mit analogen Ausgangsbaugruppen über einen veränderbaren Spannungswert ein Motor angesteuert werden kann. Da sämtliche Baugruppen einer SPS mit Spannung versorgt werden müssen, ist als vierte Komponente auf dem Baugruppenträger in der Regel ein Netzteil erforderlich.



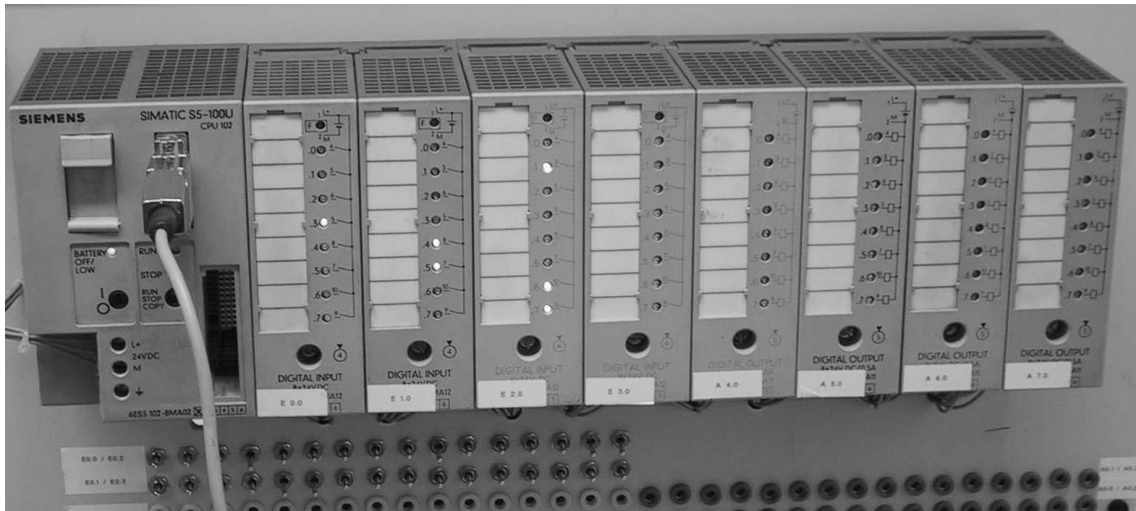


Abbildung 23 SPS Basis-Aufbau (CPU-Baugruppe, Digitale Eingangs- u. Ausgangsgruppen)

Im Unternehmen werden als speicherprogrammierbare Steuerungen u. a. Geräte aus der Reihe SIMATIC S5 von der Firma Siemens eingesetzt. Die Programmierung erfolgt unter Verwendung der hierauf abgestimmten STEP 5-Programmiersoftware, die im Folgenden skizziert wird.

In der Programmiersprache STEP 5 sind drei verschiedene Programmiermöglichkeiten, die mit unterschiedlichen Darstellungsformen des Programms verbunden sind, vorhanden. Bei der Programmierung unter Verwendung eines Funktionsplans (FUP) erfolgt die Darstellung des SPS-Programms durch Funktionsblöcke. Eingänge sind an der linken Seite eines Blocks angeordnet, während an der rechten Seite Ausgänge oder Funktionsergebnisse dargestellt werden. Wählt man die Darstellungsart Kontaktplan (KOP), stellt man im Aufbau Parallelen zum klassischen Stromlaufplan fest. Die Programmierung mit einer Anweisungsliste (AWL) stellt den höchsten Programmabstraktionsgrad dar, ermöglicht aber auch die Erschließung sämtlicher Funktionen der SPS. Befehle werden hier in einer eigenen Programmiersprache an die SPS übergeben.

Abbildung 24 zeigt eine klassische Wechselschaltung, wie man sie beispielsweise bei Treppenhausbeleuchtungen findet, als Schützschialtung sowie im Vergleich in AWL-, FUP- und KOP-Darstellung.

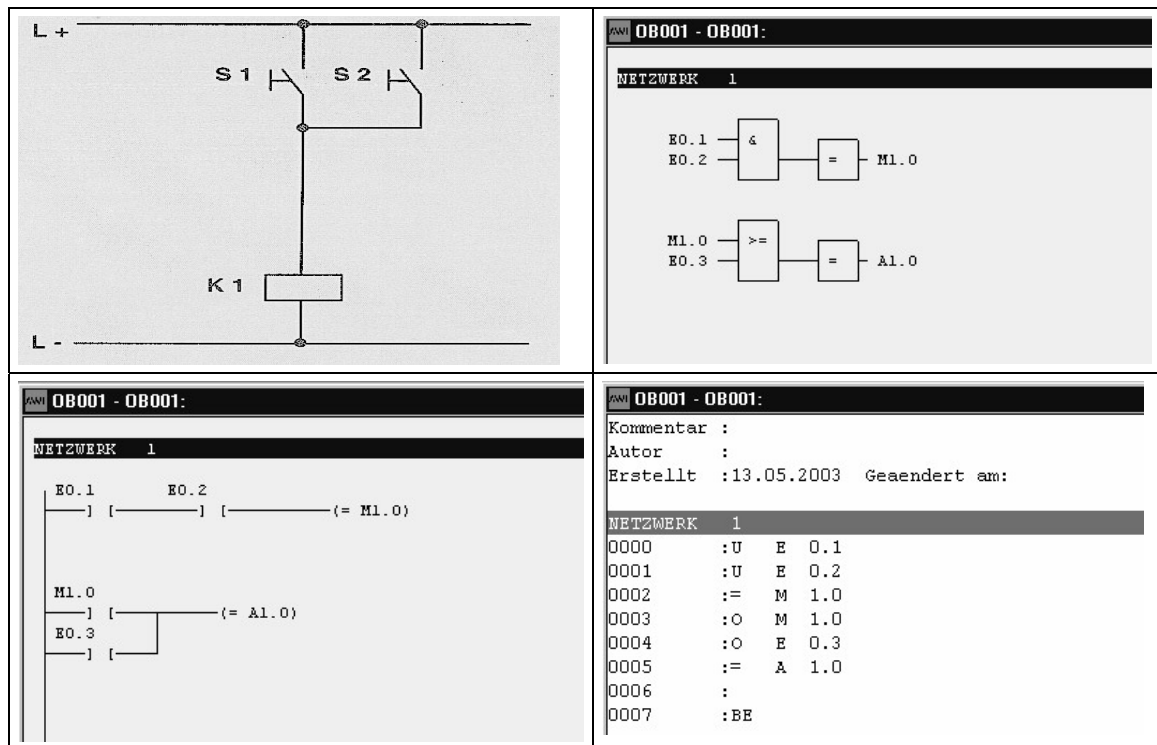


Abbildung 24 Stromlaufplan, FUP, KOP, AWL zu einer Wechselschaltung

### 6.2.2 Die C-Control-Mikrocontroller-Familie im Vergleich zur SPS

Wählt man als Bezug einer vergleichenden Betrachtung der in den Ausbildungsmodulen gewählten technischen Entwicklungsumgebungen die verschiedenen Darstellungsformen zur Programmierung einer SPS mit STEP 5, stellt man folgende Parallelen fest: Die SPS-Programmierung nach einem KOP entspricht aufgrund der Nähe zur Darstellung eines Stromlaufplans am ehesten der Vorgehensweise zur Schaltungserstellung mit der Software DMM-Profi-Lab des ersten Ausbildungsmoduls (vgl. Kapitel 5.1.1). Eine Vorgehensweise, die der Programmierung nach einem FUP in ihren Grundzügen sehr nahe kommt, ist in der Verwendung der grafischen Programmieroberfläche des C-Control-Systems zu sehen. Beide basieren auf der Verwendung von Funktionsblöcken, die am Bildschirm auf grafischer Ebene miteinander verbunden werden und so die gewünschte Schaltungslogik abbilden (vgl. Kapitel 5.2.1). Die kommandozeilenorientierte Programmierung findet sich sowohl bei der AWL-basierten Programmierung der SPS als auch bei der Programmierung des C-Control-Systems unter Verwendung der Programmiersprache C-Control Basic wieder. Der Funktions- und Syntaxunterschied beider Sprachen ist hier jedoch so beträchtlich, dass eine Verwendung des Basic-Systems zur Vorbereitung der Programmierung nach der AWL-Methode als problematisch zu beurteilen ist.

### **6.3 Zwischenfazit: Technische Betrachtungen**

Wie die vorangehenden Ausführungen zeigen, ist die Verwendung der beschriebenen technischen Systeme in den erstellten Ausbildungsmodulen mit zahlreichen positiven didaktischen und methodischen Gesichtspunkten verbunden:

Der Schwerpunkt beim Einsatz der beschriebenen Systeme liegt in der Betonung gestalterischer und entwicklungstechnischer Ausbildungsinhalte. Die Realisierung von Projekten, die dem Gedanken der transparenten Messdatenerfassung folgen, ist in den Ausbildungseinheiten mit diesen gut zu verwirklichen.

Während die Verwendung des Schaltungssimulators und anschließend des Mikrocontrollersystems zukünftige Chemikanten und Laboranten berufsfeldübergreifend an grundlegende Prinzipien der speicherprogrammierbaren Steuerung heranführt, dienen die vermittelten Inhalte Energieelektronikern dazu, mit einer soliden Wissensbasis in einem weiteren Schritt in die Programmierung einer professionellen SPS einzusteigen. In beiden Fällen wird aufgrund der transparenten Gestaltung des Systems ein Verständnis für die technische Komplexität moderner Messsysteme etabliert.

Des Weiteren wurde ein guter Kompromiss zwischen optimalem gestalterischen Freiraum und vertretbarem Zeitaufwand gefunden. Aufgrund der bei beiden Systemen vorhandenen Simulationsfunktionen können Schaltungs- und Programmwürfe mit geringem Laboraufwand direkt am Personalcomputer auf ihre Funktion getestet werden.

Die Reihenfolge der Verwendung von Schaltungssimulator und Mikrocontrollersystem beleuchtet weiterhin die historische Komponente. Die technische Entwicklung von der analogen Schaltung über die Grundlagen der Digitaltechnik hin zum Mikrocontroller wird abgebildet. Mit der geschichtlichen Entwicklung verbunden ist die schrittweise Steigerung des technischen Komplexitätsgrades.

Die Gestaltung und Erstellung funktionierender Handlungsprodukte durch Auszubildende ist mit beiden Systemen in einem vertretbaren Kostenrahmen möglich. Insbesondere das Mikrocontrollersystem C-Control-Station eignet sich aufgrund seiner VDE-Konformität auch für technische Problemstellungen, in denen der Einsatz einer SPS zu aufwendig und kostenintensiv erscheinen mag.

## 7 Herleitung und Diskussion der favorisierten Ausbildungsformen

Erstrangiges Ziel betrieblicher Ausbildungsbemühungen ist das Hervorbringen beruflich handlungskompetent agierender Mitarbeiter.

Eine grundlegende Standortbestimmung des Kompetenzbegriffes erscheint zunächst notwendig, da dieser innerhalb der bildungstheoretischen Diskussion mit zahlreichen unterschiedlichen Definitionen belegt ist.

### 7.1 Definition des Kompetenzbegriffes

Nach WEINBERG werden „unter Kompetenzen alle Fähigkeiten, Wissensbestände und Denkmethode verstanden, die ein Mensch in seinem Leben erwirbt und betätigt“ [66]. Übertragen auf die berufliche Situation werden „Kompetenzen oft zusammenfassend als diejenigen Fähigkeiten, Fertigkeiten und Wissensbestände des Menschen, die ihn in seiner beruflichen Tätigkeit sowohl in vertrauten als auch in neuartigen Situationen handlungs- und reaktionsfähig machen, bezeichnet“ (vgl. [31], S. 35). Kompetenzen ermöglichen es dem Menschen, somit zielgerichtet mit seiner Umwelt zu interagieren.

Nach ERPENBECK ist der Kompetenzbegriff als Dispositionsbegriff definiert. Kompetenzen werden von ihm als Dispositionen (Anlagen, Fähigkeiten, Bereitschaften), selbstorganisiert zu handeln, aufgefasst. Der Begriff Selbstorganisation bezeichnet hier die Fähigkeiten eines Menschen, selbst Ziele zu definieren, Pläne und Strategien zu ihrer Umsetzung zu erproben und aus den dabei gemachten Erfahrungen zu lernen. „Selbstorganisiert werden in der Regel Handlungen, deren Ergebnisse aufgrund der Komplexität des Individuums, der Situation oder des Verlaufs (System, Systemumwelt, Systemdynamik) nicht oder nicht vollständig voraussagbar sind“ [18]. Unternehmensspezifische Aufgaben, Situationen und Probleme erfordern seitens der Mitarbeiter die maßgeschneiderte Entwicklung und Umsetzung von Problemlösungen. Nach ERPENBECK drückt der Kompetenzbegriff die Befähigung hierzu aus. „Kompetenzen sind nicht direkt prüfbar, sondern nur aus der Realisierung der Dispositionen erschließbar und evaluierbar“ [17]. „Zur Verdeutlichung oder als Analogie eignet sich die Unterscheidung von CHOMSKY in sprachliche Kompetenz und Performanz. Für die Linguistik definiert er Kompetenz als das abstrakte Wissen über eine Sprache, das zum Gebrauch der Sprache, der Performanz, in beliebigen Anwendungssituationen befähigt. Folgt man dieser Analogie, zeigen sich Kompetenzen im beruflichen Alltag im Tätigkeitsvollzug in Form beobachtbarer, situationsgebundener Verhaltensweisen. Sie können sich als Performanz im Sinne CHOMSKYS manifestieren,

wenn es die betrieblichen Rahmenbedingungen erlauben“ (vgl. auch Kapitel 7.3). „Manifestieren sich Kompetenzen nicht in Performanz, d. h. können Kompetenzen nicht gezeigt werden, wird langfristig ein Kompetenzabbau die Folge sein. Berücksichtigt man den Gedanken der Performanz, kann die Kompetenzdefinition von WEINBERG um diesen Aspekt erweitert werden: Kompetenz ist somit das, was ein Mensch kann, weiß und zeigt“ (vgl. [31], S. 35).

## 7.2 Berufliche Handlungskompetenz

Innovative Unternehmen der chemischen Industrie benötigen qualifizierte Mitarbeiter, die beruflich handlungskompetent sind. Man unterscheidet hier einerseits zwischen den prozessgebundenen, fachlichen Kompetenzdimensionen wie Fachwissen und Fachkönnen (Fachkompetenz) und andererseits zwischen den prozessungebundenen, personenbezogenen Kompetenzdimensionen. Zu letzteren zählt man das Beherrschen erforderlicher Lern- und Arbeitsmethoden (Methodenkompetenz) sowie z. B. Kommunikations- und Teamfähigkeit (Sozialkompetenz). In neueren Betrachtungen ist ergänzend zu den prozessungebundenen Kompetenzdimensionen der Bereich der Persönlichkeitsentwicklung (Individualkompetenz) (vgl. [50], S. 31) hinzugekommen. Die berufliche Handlungskompetenz wird als ganzheitliche Qualifikation aufgefasst. Sie schließt die genannten prozessgebundenen und prozessungebundenen Qualifikationen, die einander ständig beeinflussen und ergänzen, ein.

Handlungskompetenz setzt also mehr als die bloße Fachkenntnis voraus. Erst wenn die in Ausbildungssituationen meist selbstverständliche Fachkompetenz um die Komponenten der Methoden-, Sozial- und Individualkompetenz ergänzt wird, ist der Auszubildende handlungskompetent. Er ist dann in der Lage, unter Aktivierung seiner Kenntnisse und Fertigkeiten Probleme in spezifischen Situationen flexibel und selbständig zu lösen.

Die Komplexität des Themengebietes lässt aber auch erkennen, dass berufliche Handlungskompetenz nicht kurzfristig vermittelbar sein kann. In der Ausbildung übliche Lehr- und Lernformen können unter Umständen nicht optimal greifen, da Methoden- und Sozialkompetenz auch Bestandteile der individuellen Leistungsfähigkeit und Persönlichkeit eines Menschen sind. Erfolgreich können diese Eigenschaften nur dann vermittelt werden, wenn Ausbilder über die erforderlichen Kenntnisse und Fähigkeiten verfügen, die entsprechenden methodischen Kompetenzen selbst im Arbeitsalltag anwenden und gegenüber dem Auszubildenden mit ihrem sozialkompetenten Verhalten eine Vorbildfunktion ausüben. Im Folgenden werden die genannten vier Kompetenzbereiche detaillierter betrachtet.

### **7.2.1 Fachkompetenz**

Für den Bereich der Berufsausbildung werden die vom Auszubildenden zu erlernenden fachlichen Kompetenzen über die jeweils gültige Ausbildungsordnung (Unternehmen) bzw. den Rahmenlehrplan (Berufsschule) definiert (vgl. Kapitel 8.2). Die Ausbildungsordnungen für Laborberufe [10] sowie die des Chemikanten [11] sind in ihren neuen Fassungen so flexibel gestaltet, dass verstärkt auch unternehmensspezifische Themen Berücksichtigung finden können. Die Abbildung, realer im Arbeitsalltag auftretender Problemstellungen in Ausbildungseinheiten wird so legitimiert.

### **7.2.2 Methodenkompetenz**

Methodenkompetenz wird als die Gesamtheit aller Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten einer Person definiert, die sie in die Lage versetzen, sich selbständig neue Kenntnisse zur Lösung einer Problemstellung anzueignen, selbständig Lösungswege zu finden, diese anzuwenden und Möglichkeiten der allgemeinen Anwendbarkeit zu reflektieren.

Es handelt sich hierbei um die Fähigkeit der problemlösungsorientierten Gestaltung von Handlungsabläufen sowie den effizienten und entlastenden Einsatz von Hilfsmitteln zur Erstellung einer Problemlösung.

Folgende Fähigkeiten können exemplarisch als Ausdruck methodischer Kompetenzen genannt werden:

- Funktions- und bereichsübergreifende Denkweisen (vernetztes Denken)
- Kreative Problemlösungsfähigkeit
- Treffen von sinnvollen, vorausschauenden und verantwortungsbewussten Entscheidungen
- Kenntnis und Einsatz von Lern- und Arbeitstechniken, die eine effiziente Selbstorganisation ermöglichen

Konkret auf Ausbildungssituationen bezogen geht es darum, Kompetenzen zu vermitteln, die mit den folgenden Fähigkeiten umschrieben werden können:

- Denken in Wirkungsgefügen unter Einbeziehung von Ursachen, Voraussetzungen, Abhängigkeiten und Folgen
- Strukturierung von Problemsituationen
- Planung und Koordination von Problemlösungsansätzen
- Definition von Arbeitszielen
- Recherche und Eingliederung von neuen Informationen, die der Problemlösung dienen
- Selbstkontrolle der erreichten Arbeitsziele an fachlich orientierten Qualitätsmaßstäben
- Zusammenfassung, Visualisierung und Präsentation von Einzel- und Gruppenarbeitsergebnissen

### **7.2.3 Sozialkompetenz**

Der Begriff Sozialkompetenz kann als die Gesamtheit aller Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kenntnisse definiert werden, die eine Person dazu befähigen, mit Personen und Gruppen gleicher oder unterschiedlicher sozialer Struktur, in Bezug auf Herkunft, Qualifikation und Alter, sinnvoll zusammenarbeiten zu können.

In diesem Kompetenzbereich sind beispielsweise Eigenschaften wie

- Kommunikationsfähigkeit
- Kenntnisse über soziale Beziehungen
- Konfliktfähigkeit
- Toleranz
- Kompromissfähigkeit

angesiedelt. Sozialkompetente Personen sollen allgemein in der Lage sein, situationsangepasstes, gruppenorientiertes Verhalten zu zeigen.

Auf den beruflichen Sektor bezogen werden hierunter Menschen verstanden, die umsichtig, nutzbringend und verantwortungsbewusst in Bezug auf Menschen, Umwelt und Arbeitsmittel handeln.

Auch der Begriff der Sozialkompetenz kann in unterschiedliche Fähigkeitsbereiche unterteilt werden.

Als wichtigste Teilkompetenz für Mitarbeiter im Arbeitsprozess ist die kommunikative Kompetenz zu nennen. Diese schließt die Punkte

- Dialogfähigkeit
- Ausdrucksvermögen
- Argumentationsfähigkeit
- Verhandlungsfähigkeit

mit ein. Kommunikation ist ein Faktor, der an das Denken, Sprechen und Fühlen von Individuen gekoppelt ist, die in sozialen Welten leben. Das berufliche Umfeld ist als eine dieser sozialen Welten anzusehen. Sozialkompetenz drückt sich in diesem Umfeld in der Fähigkeit zur Kontakt- und Teamfähigkeit aus. Diese Fähigkeiten setzen ihrerseits wiederum Empathiefähigkeit, also die Fähigkeit, sich in die Situation einer anderen Person versetzen zu können, voraus. Die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel kann somit als eine wichtige Voraussetzung für Konflikt- und Toleranzfähigkeit angesehen werden.

Der Erwerb von Sozialkompetenz kann in Ausbildungssituationen über die Förderung der aufgeführten Fähigkeiten und Eigenschaften positiv beeinflusst werden:

Fähigkeiten:

- Förderung von arbeitsteiligem Verhalten
- Förderung eines fairen, sachlichen und argumentativen Verhaltens
- Förderung von Konfliktmanagement
- Förderung von Kritikfähigkeit
- Förderung der Entwicklung einer positiven Einstellung zum Beruf

Eigenschaften:

- Förderung von Ehrlichkeit und Zuverlässigkeit
- Förderung von Pflichtbewusstsein
- Förderung von Eigeninitiative und Selbständigkeit
- Förderung von Toleranz und Akzeptanz
- Förderung von Hilfsbereitschaft



### 7.2.4 Individualkompetenz

Nach OTT sind Persönlichkeitsentwicklung und das Erreichen von Individualkompetenz eng miteinander verbunden. Persönlichkeitsentwicklung zielt auf das Erreichen von Individualkompetenz ab. „Ihre Intention liegt im Selbsterkennen, im eigenverantwortlichen Handeln, im Aufbau eigener Interessensfelder und Lebenspläne. Dazu gehört einerseits, sich auf technische, ökonomische und arbeitsorganisatorische Entwicklungen flexibel einzustellen, andererseits aber auch die Bereitschaft sich auf Werte einzurichten, diese kritisch zu reflektieren und Verantwortung zu übernehmen“ (vgl. [50], S. 31).

### 7.2.5 Berufliche Handlungskompetenz - Zusammenfassung

Das Erreichen von beruflicher Handlungskompetenz setzt in der Ausbildung Lehr- und Lernformen voraus, bei denen die genannten vier Kompetenzdimensionen Berücksichtigung finden (vgl. Tabelle 2).

<b>Berufliche Handlungskompetenz</b>			
<b>Fachkompetenz</b>	<b>Methodenkompetenz</b>	<b>Sozialkompetenz</b>	<b>Individualkompetenz</b>
Fähigkeit und Bereitschaft, berufliche Aufgaben fachgerecht zu lösen	Fähigkeit und Bereitschaft für ein problemorientiertes, zielgerichtetes, planmäßiges Vorgehen bei der Lösung einer beruflichen Problemstellung	Fähigkeit und Bereitschaft zur Kommunikation und konstruktiven Zusammenarbeit	Bereitschaft, Verantwortung zu übernehmen
Fähigkeit zur Ergebnisbeurteilung Erkennen von Systemzusammenhängen Anwendung von Fachwissen Systematisches Vorgehen	Fähigkeit, Arbeitsziele zu erkennen und zu definieren Fähigkeit zur selbständigen Planung und Durchführung von Arbeitsabläufen Fähigkeit, Problemlösungsalternativen zu finden, zu bewerten und ggf. anzuwenden Zielgerichteter Umgang mit Medien und geeignete Strukturierung der gewonnenen Informationen	Fähigkeit zur Gruppen- und Teamarbeit Bereitschaft, Wissen fremder Professionen zu akzeptieren und Wissen der eigenen Profession zu vermitteln	Bereitschaft, Wertemodelle zu akzeptieren bzw. diese kritisch zu hinterfragen

Tabelle 2 Kompetenzmodell ganzheitlicher Berufsausbildung (vgl. [50])

Nach OTT (vgl. [50], S. 13) werden diese in ihrer Gesamtheit als *Ganzheitlich* definiert. Sie berücksichtigen also die Aspekte des

- inhaltlich-fachlichen Lernens (Fachkompetenz)
- des methodisch-problemlösenden Lernens (Methodenkompetenz)
- des sozial-kommunikativen Lernens (Sozialkompetenz)
- und des affektiv-ethischen Lernens (Individualekompetenz)

Bei Lehrformen, die den Merkmalen des Handlungslernens (vgl. Kapitel 7.3) folgen, werden zahlreiche Facetten der genannten Kompetenzdimensionen berücksichtigt. Sie erscheinen daher zum Training beruflicher Handlungskompetenzen als besonders geeignet.

### 7.3 Handlungslernen

Handlungslernen ist nach SEYD (vgl. [57], S. 166) durch vier Hauptmerkmale gekennzeichnet:

„Die Lernenden benötigen

1. einen Aktivitätsspielraum (den haben sie bei der Arbeit an praxisgerechten Aufträgen)
2. einen Dispositionsspielraum (den erhalten sie, wenn sie den Gang ihres Handelns selbst bestimmen können)
3. einen Entscheidungsspielraum (den nehmen sie wahr, wenn sie sich bei Problemen selbst zu einer Lösung vortasten können)
4. einen Interaktionsspielraum (den nutzen sie, wenn sie sich mit ihren Kollegen über die Arbeitsschritte austauschen und verständigen).“

Ausbildungsbemühungen, die den Ansprüchen des Handlungslernens folgen, sind aus diesem Blickwinkel gut geeignet, bereits während der Ausbildungszeit Situationen des späteren realen Berufsalltags abzubilden und zu trainieren.

Handlungslernen nach RUSCHEL (vgl. [55], S. 336) ist aber „keine eigene Methode des beruflichen Lernens, sondern eine Kombination verschiedener Methoden, die zum Erwerb beruflicher Handlungsfähigkeit beitragen und benötigt werden, um berufliche Aufgaben zu lösen. Handlungslernen hat auch nicht punktuell eine bestimmte Methode im Blick oder ein Projekt, sondern zielt auf die zunehmende Autonomie des Auszubildenden“.

Handlungslernen ist als ganzheitliche didaktische Vorgehensweise zu verstehen. D. h., dass Lernvoraussetzungen, Lernbedingungen, Lernziele, Lerninhalte, Methoden und Medien aufgrund ihrer vorliegenden Verzahnung

über die genannten Kompetenzdimensionen einander ständig beeinflussen. Für den Ausbilder bedeutet dies, dass er ein hochkomplexes, durch zahlreiche fachliche-, methodische- und soziale Faktoren beeinflusstes System zu betreuen hat.

Hinzukommt, dass sich durch die zunehmende Subjektorientierung die Rolle des Ausbilders verändert. Durch den Wandel von ausbilderzentrierten Ausbildungsformen hin zu auszubildendenzentrierten Formen werden für den Ausbilder Lernergebnisse und Wege dorthin weniger planbar. In seiner veränderten Rolle als Lernberater (vgl. Kapitel 7.5.5) muss er nun dafür Sorge tragen, dass er bei der Planung von Ausbildungszielen, der Erstellung von Handlungsplänen sowie der Arbeitsorganisation und -kontrolle seine Auszubildenden verstärkt integriert. Dies erfordert ein Umdenken sowohl auf der Seite der Ausbilder wie auch auf Seiten der Auszubildenden. Von frontalunterricht- und unterweisungsgewöhnten Auszubildenden kann ebenso wenig erwartet werden, dass sie von heute auf morgen selbständig und eigenverantwortlich arbeiten, wie von Ausbildern, die standardmäßig ausbilderzentrierte und auf Frontalunterricht ausgelegte Methoden bevorzugen, der plötzliche Sinnwandel hin zum Lernberater zu erwarten ist. Eine Möglichkeit, diesen Wandel erfolgreich zu begleiten und die genannten Forderungen zu erfüllen, besteht in der Anwendung der in den Kapiteln 4.3.1 und 4.3.2 vorgestellten Ausbildungsformen der projektorientierten- und der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildung.

## 7.4 Die Projektmethode

Nähert man sich der Definition von projektorientierter Ausbildung über die arbeitswissenschaftliche Definition des Begriffs „Projekt“ nach DIN 69901, so versteht man hierunter Aufgaben, die durch folgende Kriterien charakterisiert sind:

1. Zielvorgabe durch Aufgaben- und Objektbeschreibung
2. personale, sachliche, finanzielle und zeitliche Abgrenzung
3. Beteiligung mehrerer Organisationseinheiten
4. Einmaligkeit der Bedingungen

Die Entwicklung der Lehrform des Projektunterrichts geht historisch aber zurück auf die Amerikaner DEWEY und KILPATRIK [35]. Eine Hauptforderung von DEWEY und KILPATRIK besteht darin, dass sich Unterricht prinzipiell an Alltagssituationen orientieren sollte. Auf Ausbildungsbemühungen übertragen bedeutet dies, dass bereits in der Zeit der Ausbildung Problem- und Aufgabenstellungen des späteren beruflichen Alltags Berücksichtigung finden

sollen. Weiterhin ist die Projektmethode eine stark auszubildendezentrierte Lehrform. So wird die Projektmethode in [52] als „Unterrichtsverfahren, bei dem ganzheitliche und praktisch durchzuführende Arbeitsvorhaben oder unterrichtliche Gesamtthemen meist nach einem von den Schülern selbst entworfenen Plan konkretisiert werden“ beschrieben. „Das Ziel der Projektmethode ist die Erziehung zu Selbständigkeit und eigener Verantwortung“ ([52] vgl. S. 235).

RUSCHEL (vgl. [55], S. 532) überträgt die Anforderung der Projektmethode konkret auf berufliche Ausbildungssituationen: „Zu einem Ausbildungsprojekt gehören die folgenden Merkmale:

1. eine umfassende und komplexe (abteilungsübergreifende) Aufgabe,
2. die Aufgabe ist realitätsnah und berufsrelevant,
3. die Auszubildenden arbeiten handlungsorientiert,
4. selbständig und selbstbestimmt,
5. die Verantwortung liegt bei der Gruppe,
6. das Ergebnis ist eine gemeinsame Leistung der Gruppe,
7. bei der Lösung der Aufgabe werden Praxis und Theorie verbunden,
8. die Projektarbeit bringt den Auszubildenden einen realen Erfahrungszuwachs,
9. als Ergebnis der Projektarbeit muss ein wirtschaftlich sinnvolles Produkt bzw. eine Aktion vorzeigbar sein.“

Besonders in den Phasen der Ergebnissicherung werden bei projektorientierten Ausbildungseinheiten Anspruch der Auszubildenden und Qualität des erstellten Handlungsproduktes in Relation zueinander gesetzt. Das Beurteilungsergebnis kann als Bestätigung dienen oder aber als Aufforderung, es bei der nächsten Gelegenheit besser zu gestalten. Anknüpfungspunkte zur Arbeitspsychologie sind in diesem Prozess durch die Handlungstheorie von HACKER [26] gegeben. „Geleitet durch das Ziel als Vorwegnahme und Vornahme des Ereignisses entsteht in der Tätigkeit ein Resultat, das zum Vergleich rückgekoppelt wird zu der Gedächtnisrepräsentation des Ziels. Die Tätigkeit wird fortgesetzt bis zur hinreichenden Übereinstimmung des rückgemeldeten Resultats mit dem Ziel. Der Vergleich erfolgt nicht nur abschließend, sondern er wird bereits auch vorweggenommen“. Durch die beschriebenen Rückkoppelungsprozesse erfolgt eine permanente Angleichung der Handlung zur Erreichung des vorgegebenen Ziels.

In der Ausbildungspraxis erfolgen aufgrund einiger nicht modifizierbarer organisatorischer Rahmenbedingungen häufig Abweichungen von der in Kapitel 4.3.1 dargestellten idealtypischen Verfahrensweise der Projektmethode als Vierstufenplan. Daher sollte dann von projektorientierten Ausbildungsformen (vgl. [52], S. 238) gesprochen werden. Projektorientierte Ausbildungseinheiten sind aber in jedem Fall immer gekennzeichnet durch 1. Problem- und Fragestellungen mit direktem Bezug zum beruflichen Alltag, durch 2. die gemeinsame, maßgeblich eigenverantwortliche, berufsfeldübergreifende Bearbeitung von Problemstellungen und 3. durch die Erstellung eines sinnvollen, in der betrieblichen Praxis verwendbaren Handlungsproduktes.

## **7.5 Die Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierte Ausbildungsform**

Die in Kapitel 4.3.2 vorgestellte Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierte Ausbildungsform ermöglicht es dem Ausbilder, bereits während der Ausbildung Situationen und Problemstellungen der realen Arbeitswirklichkeit strukturiert in Ausbildungseinheiten abzubilden und mit Auszubildenden zu bearbeiten. Dabei bilden die in Kapitel 7.3 genannten Hauptmerkmale des Handlungslernens die Basis für diese Ausbildungsform.

### **7.5.1 Die Lern- und Reflexionsschleife**

Die Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierte Ausbildungsform kann als ein Sonderfall von projektorientierter Ausbildung aufgefasst werden (vgl. Kapitel 7.4), die hinsichtlich der in Kapitel 3.3 beschriebenen betrieblichen Anforderungen optimiert wurde.

Sie beinhaltet grundlegende Elemente der von OTT in Bezug auf ganzheitlichen Technikunterricht formulierten Handlungsorientierten Lern- und Reflexionsschleife (vgl. [50], S. 175). Nach OTT erfolgt der betriebliche Problemlösungsprozess in vier Lernphasen (vgl. [50], S. 173). In der ersten Phase, der *Auftragsübergabesituation*, wird das Arbeitsziel in einem Lernvertrag (Zielvereinbarung) formuliert und präzisiert. Während der sich anschließenden Phase der *Selbständigen-Produktiven Erarbeitung* lösen Auszubildende (vorzugsweise in Gruppenarbeit) das Problem nach dem Prinzip der methodischen Selbstwahl. Während der *Präsentationssituation* stellen Auszubildende ihre Arbeitsergebnisse sowie den von ihnen beschrittenen Lösungsweg vor. In der abschließenden *Besprechungssituation* reflektieren sie den Lernprozess mit Rückblick auf den Gestaltungs- und Kooperationsprozess und die Qualität des gestalteten Ergebnisses.

### 7.5.2 Das Forschend-Entwickelnde Unterrichtsverfahren

Das im Vergleich zur Lern- und Reflexionsschleife kleinschrittigere Vorgehen bei der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform lässt aber auch deutliche Parallelen zu den fünf Denkstufen des Forschend-Entwickelnden-Unterrichtsverfahrens von SCHMIDKUNZ und LINDEMANN erkennen (vgl. [56], S. 37).

Die Grundintention beider Ausbildungsformen ist vergleichbar. SCHMIDKUNZ und LINDEMANN charakterisieren die Merkmale von forschend-entwickelnden Unterricht wie folgt: „Das Forschend-Entwickelnde Unterrichtsverfahren ist eine didaktisch konzipierte Strategie, Unterrichtsziele zu problematisieren (Problemsituationen zu schaffen), im Unterrichtsprozeß Probleme zu erkennen und deren Lösung mit schulmöglichen Methoden und vorhandenen Voraussetzungen anzustreben. Dieser Erkenntnisprozeß (Unterrichtsverlauf) erfährt eine weitgehende gegliederte Struktur in Denkstufen (Lernstufen) und Denkphasen (Lernphasen). Diese Struktur erlaubt dem Anfänger als auch dem erfahrenen Lehrer, jederzeit den Stand des Unterrichtsfortgangs zu erkennen und handelnd zu beeinflussen. Der Lehrende kann sicher steuernd und regelnd in der Unterricht eingreifen, falls dies erforderlich ist oder erwünscht wird“ (vgl. [56], S. 21).

Während SCHMIDKUNZ und LINDEMANN in [56] für den schulischen Bereich konzipiert Unterrichtsbeispiele anführen, kann die Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierte Ausbildungsform als Ansatz verstanden werden, der die Grundgedanken des Forschend-Entwickelnden Unterrichtsverfahrens mit den in Kapitel 3.3 beschriebenen aktuellen Anforderungen an betriebliche Ausbildung verbindet.

Die Phasen 1 bis 4 a der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform (vgl. Abbildung 7) können dabei parallel zur Denkstufe der Problemgewinnung des Forschend-Entwickelnden Unterrichtsverfahrens gesehen werden. Den Problemgrund, im Forschend-Entwickelnden Unterrichtsverfahren gekennzeichnet durch Denkphase 1 a, stellt bei der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform eine in der betrieblichen Wirklichkeit angesiedelte und im Idealfall durch Auszubildende entdeckte Problemstellung dar. Die Problemerkfassung (Denkphase 1 b), sowie die Problemstrukturierung (Denkphase 1 c) des Forschend-Entwickelnden Unterrichtsverfahrens werden bei der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform in Phase 3 zusammengefasst. Sie erfolgt im Gespräch zwischen Auszubildenden und internen Kunden. Als Instrumente zur Durchführung dieser Phase sind zum einen das durch Auszubildende vorbereitete und strukturierte Kundengespräch und zum anderen die Erstellung

eines verbindlichen Pflichtenheftes, das gleichsam einen Kontrakt zwischen internen Kunden und Auszubildenden formuliert, zu sehen.

Phase 4 der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform orientiert sich an Grundaussagen der ersten Stufe der Projektmethode (Stufe der Anregung, vgl. Kapitel 4.3.1). Am Ende dieser Phase entscheiden die Projektmitglieder im Rahmen eines Diskussionsprozesses, ob das Vorhaben durchgeführt oder fallengelassen wird. Wird die Bearbeitung z. B. aus Sorge vor einem zu hohen Leistungsniveau von den Auszubildenden abgelehnt, kann darüber nachgedacht werden, ob die Bearbeitung von Teilproblemstellungen zu leisten ist (Phase 4 a). Entscheiden sich die Auszubildenden für ein positives Votum, erfolgt die offizielle und verbindliche Auftragsübergabe.

Phase 5 der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform initiiert die auszubildendenzentrierte Problembearbeitungsphase und forciert die Erstellung eines Lösungskonzeptes. Sie korreliert mit Denkstufe 2 des Forschend-Entwickelnden Unterrichtsverfahrens. Die Denkphasen 2 b und 2 c sind hier wiederzufinden. Die Problemanalyse (Denkphase 2 a) hingegen ist bei der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform in Phase 3 vorgelagert.

Der Zyklus der auszubildendenzentrierten Problembearbeitung setzt sich fort mit Phase 6, in der eines der zuvor erstellten Lösungskonzepte praktisch umgesetzt wird. Dieses Vorgehen entspricht der Durchführung eines Lösungsvorschlags (Denkstufe 3) beim Forschend-Entwickelnden Unterrichtsverfahren.

Phase 7, die innerhalb der auszubildendenzentrierten Problembearbeitung als Vergleichsmöglichkeit zwischen Anforderungen des Pflichtenheftes und der Qualität des Handlungsproduktes geschaltet ist, schafft eine Instanz zur Selbstkontrolle der Auszubildenden. Führte das bisherige Vorgehen zur Problemlösung nicht oder nur unvollständig zum Erfolg, muss der Zyklus der auszubildendenzentrierten Problembearbeitung (Phase 5 bis 7) zur Nachbesserung oder mit alternativen Lösungsvorschlägen erneut durchlaufen werden. SCHMIDKUNZ und LINDEMANN beschreiben ein äquivalentes Vorgehen als Kreisprozesse innerhalb des Forschend-Entwickelnden Unterrichtsverfahrens. Ein Weg, der nicht zur Lösung des Problems beiträgt, wird in diesem Falle als „negative Problemlösung“ bezeichnet. „Eine Bedeutung kann dieses Vorgehen mit mehreren aufeinanderfolgenden negativen Problemlösungen dann haben, wenn die positive Problemlösung auf die Weise erreicht werden soll, dass alle negativen Möglichkeiten ausgeschlossen werden“ (vgl. [56], S. 47). Bei der Bearbeitung komplexer Problemstellungen erfolgt innerhalb des Teams in der Regel die arbeitsteilige Lösung von Teilproblemen. Tritt dieser Fall ein, werden entsprechend der Anzahl der formulierten

Teilproblemstellungen mehrere Kreisprozesse (Phase 5 bis 7) parallel bearbeitet.

Phase 8 der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform (Präsentationsphase und Produktübergabe) stellt zum einen die Projektdokumentation (Abstraktion und Wissenssicherung) sicher, zum anderen erfolgt die Übergabe des fertigen Produktes an den internen Kunden. Neben der eigentlichen in Phase 4 definierten Auftragsbearbeitung besteht seitens der Auszubildenden während der gesamten Problembearbeitung die Pflicht zur Projektdokumentation. Folgende Ziele werden mit der Projektdokumentation verfolgt:

1. Die Darstellung der eigenständig erbrachten Leistungen wirkt sich positiv auf die Leistungsmotivation der Auszubildenden aus (vgl. Kapitel 7.5.4).
2. Das Verfahren zur Problemlösung wird gesichert und kann folgenden Arbeitsgruppen für Anschlussprojekte übergeben werden.
3. Die geforderte Abschlusspräsentation basiert auf den dokumentierten Projektdaten. Da die Abschlusspräsentation vor dem Kunden obligatorisch ist, stellen die gesammelten Projektdaten für die Auszubildenden im Sinne eines extrinsischen Motivationsfaktors ein wertvolles Gut dar.
4. Projektberichte und Präsentationen können zur internen und externen Kommunikation eingesetzt werden (vgl. Kapitel 14.4).



Forschend-Entwickelndes Unterrichtsverfahren		Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierte Ausbildungsform
Denkstufen	Denkphasen	Phasen
1. Problemgewinnung	1 a Problemgrund	1. Problemstellung aus der betrieblichen Arbeitswirklichkeit
	1 b Problemerkfassung	2. Kontaktaufnahme zum internen Kunden sowie Vorbereitungen zum Kundengespräch und Pflichtenhefterstellung
	1 c Problemformulierung	3. Problemerkfassung und Problemstrukturierung (Durchführung des Kundengesprächs, Erstellung des Pflichtenhefts)
2. Überlegungen zur Problemlösung	2 a Problemanalyse	
	2 b Lösungsvorschläge	5. Auszubildendenzentrierte Problembearbeitung – Erstellung eines Lösungskonzeptes
	2 c Entscheidung für einen Lösungsvorschlag	6. Auszubildendenzentrierte Problembearbeitung – Umsetzung eines Lösungskonzeptes
3. Durchführung eines Lösungsvorschlages	3 a Planung des Lösungsvorhabens	
	3 b Praktische Durchführung	
	3 c Diskussion der Ergebnisse	8. Präsentationssituation und Produktübergabe an den internen Kunden
4. Abstraktion der gewonnenen Erkenntnisse	4 a konische Abstraktion	
	4 b verbale Abstraktion	
	4 c Symbolhafte Abstraktion	
5. Wissenssicherung	5 a Anwendungsbeispiele	9. Reflexionssituation und KVP
	5 b Wiederholung	
	5 c Lernzielkontrolle	

*Tabelle 3 Prozessorientierter Vergleich zwischen dem Forschend-Entwickelnden Unterrichtsverfahren und der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform*

LINDEMANN gibt in [46] einen Überblick von Ausbildungsformen und deren Umsetzung in Unterrichtsstrukturen im Kontext didaktischer Prinzipien (vgl. Tabelle 4). Er vergleicht Leittextmethode [9], Forschend-Entwickelndes Unterrichtsverfahren [56] und Projektmethode [35].

Didaktische Prinzipien		
Leittextmethode	Forschend-Entwickelndes Unterrichtsverfahren	Projektmethode
<b><i>Selbstgesteuertes Lernen</i></b> <b><i>Individualisierung</i></b> <b><i>Kooperation</i></b> <b><i>Selbstbewertung</i></b>	<b><i>Interesse</i></b> <b><i>Hohe eigene Aktivität</i></b> <b><i>Erfolgs erlebnis</i></b> <b><i>Problemsituation</i></b> <b><i>Denken – Fühlen – Handeln</i></b> <b><i>Strukturierung des Wissenserwerbs</i></b> <b><i>Immanente Wissenssicherung</i></b>	<b><i>Mitbestimmung / Problemorientierung</i></b> <b><i>Fächerübergreifendes Lernen</i></b> <b><i>Handlungsorientierung</i></b> <b><i>Produktorientierung</i></b> <b><i>Prozesscharakter</i></b> <b><i>Kooperation</i></b>
Umsetzung in Unterrichtsstrukturen		
<b><i>Arbeitsauftrag</i></b> <b><i>Bereitstellung / Erarbeitung der theoretischen Grundlagen</i></b> <b><i>Planung und praktische Durchführung</i></b> <b><i>Auswertung, Diskussion, Dokumentation</i></b> <b><i>Bewertung</i></b>	<b><i>Problemgewinnung</i></b> <b><i>Überlegung zur Problemlösung</i></b> <b><i>Durchführung des Lösungsvorschlags</i></b> <b><i>Abstraktion der Erkenntnisse</i></b> <b><i>Wissenssicherung</i></b>	<b><i>Projektinitiative</i></b> <b><i>Beratung der Initiative</i></b> <b><i>Arbeitsgruppen führen</i></b> <b><i>Projektplan aus</i></b> <b><i>Weitere Aktivitäten</i></b> <b><i>Abschluss</i></b>

Tabelle 4 Vergleich didaktischer Prinzipien modifiziert nach [46]

Die Parallelen der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform zur Projektmethode und zum Forschend-Entwickelnden-Unterrichtsverfahren wurden in den Kapiteln 7.4 und 7.5.2 bereits ausführlich dargestellt. Ebenso sind in der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform aber auch Elemente der Leittextmethode zu finden. Bestehende Schnittmengen zu den drei genannten didaktischen Prinzipien sind im Detail Tabelle 4 zu entnehmen. Gemeinsamkeiten mit der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform sind dabei mit kursiver Schrift gekennzeichnet.

### 7.5.3 Der kontinuierliche Verbesserungsprozess (KVP)

Phase 9 der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform bietet die Möglichkeit zur internen Manöverkritik. Der Einsatz der in Kapitel 10 im Detail beschriebenen Instrumente (Auszubildendenfragebogen und Gesprächsleitfaden zur Führung eines Beurteilungs- und Förderungsgespräches) als Strukturgeber für dieses Vorhaben ist möglich. Ziel dieser Phase ist es, Optimierungspotentiale auf Seiten von Auszubildenden und Ausbildern zu erkennen und zukünftige Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierte Ausbildungsprojekte mit optimierten Strategien anzugehen. Für den Ausbilder besteht die Möglichkeit, mit diesen Instrumenten Verbesserungsprozesse aus verschiedenen Betrachtungswinkeln strukturiert zu begleiten (Abbildung 25).

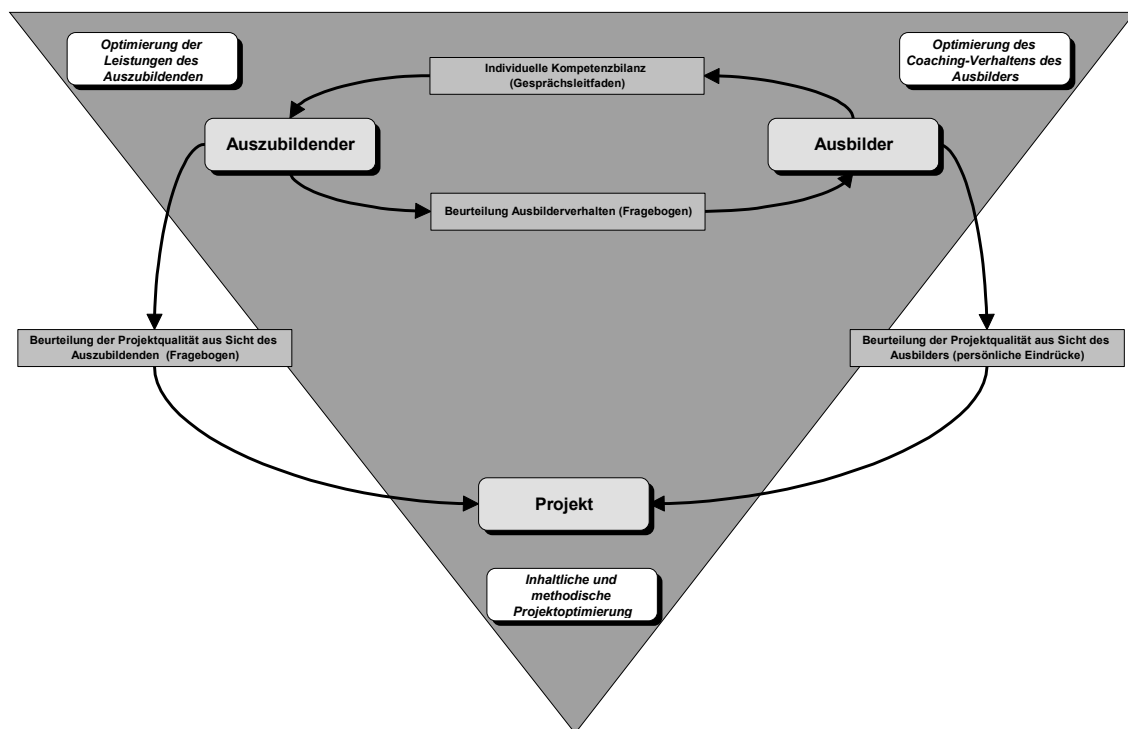


Abbildung 25 Trianguläre Projektbeurteilung

DEMING beschreibt in seiner Managementtheorie [16] konkrete Prozedere für die Implementierung einer auf Qualität ausgerichteten Unternehmensphilosophie. Innerhalb seines 14-Punkte-Programms, in dem seine Managementgrundsätze dargestellt werden, geht er unter Punkt 5 auf den kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) wie folgt ein: „Suche ständig nach der Ursache von Problemen, um alle Systeme von Produktion und Dienstleistung sowie alle anderen Aktivitäten im Unternehmen beständig und immer wieder zu verbessern.“ In deutschen Unternehmen etabliert sich die Methode des KVP zunehmend. Ursache hierfür ist nach KAMINSKE und BRAUER „die Erkenntnis,

dass eine Effizienzsteigerung zur langfristigen Sicherung des Unternehmenserfolges vor allem durch die Ausschöpfung des Know-How-Potentials der Mitarbeiter zu erreichen ist“ (vgl. [30], S. 282). Der KVP ist als eine geeignete Methode zur strukturierten Isolierung dieser Potentiale anzusehen.

Die Grundgedanken eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses sind im Plan-Do-Check-Act-Zyklus (PDCA-Zyklus) festgeschrieben: Innerhalb der Planungsphase (plan) erfolgt die Definition der angestrebten Verbesserung. Im Zyklus zu erwartende Hindernisse, Fragestellungen und zur Zielerreichung notwendige Veränderungen werden in dieser Phase erhoben. Der sich anschließende Schritt der Ausführung (do) dient dazu, Fakten und Daten zu sammeln, die Antwort auf die in der Planungsphase aufgeworfenen Fragen geben können. Die zuvor determinierten Änderungen sind umzusetzen. Auswirkungen der vorgenommenen Änderungen werden in der Überprüfungsphase (check) beobachtet und festgehalten. Der Zyklus schließt sich mit der Verbesserungsphase (act). In dieser werden die erhaltenen Ergebnisse analysiert. Verbesserungspotentiale, die als Ausgangsbasis für einen weiteren Durchlauf des Zyklus dienen können, werden isoliert.

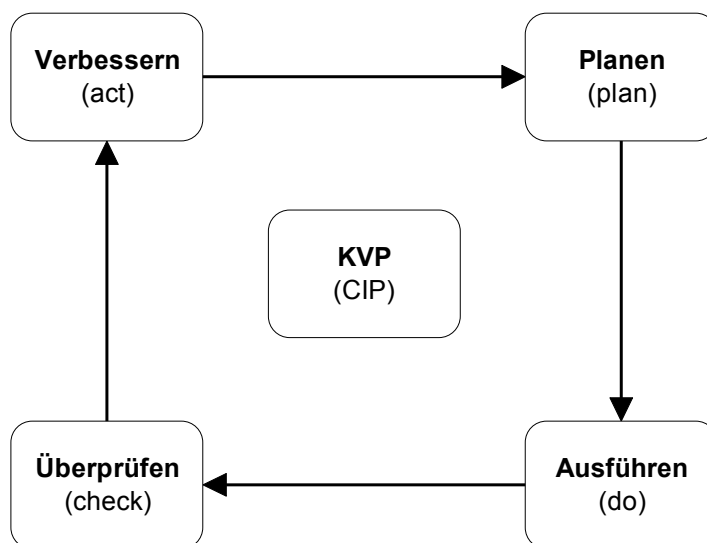


Abbildung 26 DEMING-Zyklus der ständigen Verbesserung (vgl. [30], S. 284)

Mit dem angebotenen Fragebogen (vgl. Kapitel 14.5) kann der Ausbilder mit geringem Aufwand über eine anonyme Abfrage ein fundiertes Meinungsbild der Auszubildenden zur Qualität der von ihm betreuten Ausbildungsarbeit einholen. Die gewonnenen Daten können zur Wiedergabe eines Gesamtmeinungsbildes der Gruppe ausgewertet werden und stellen so eine Grundlage zur kontinuierlichen Verbesserung der Ausbildungsbemühungen in Bezug auf

Optimierung des Ausbilderverhaltens, der inhaltlichen sowie der methodischen Projektqualität dar.

Auch der angebotene Ausbildergesprächsleitfaden (vgl. Kapitel 14.6) stellt ein Instrument zur Begleitung eines Verbesserungsprozesses dar. Die kontinuierliche Verbesserung der Auszubildendenleistungen erfolgt hier durch den strukturierten Abgleich zwischen Qualifikationen und Arbeitsplatzanforderungen in Bezug auf die jeweilige Ausbildungssituation.

Vergleicht man die Kernaussagen des von DEMING geprägten Zyklus der kontinuierlichen Verbesserung mit der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform, stellt man trotz der aus betriebswirtschaftlicher und didaktischer Sicht zunächst unterschiedlich erscheinenden Zielsetzungen (Optimierung von Dienstleistungs- und Produktqualität vs. Förderung der Handlungskompetenz von Auszubildenden) vier Parallelen fest:

1. Beide Verfahren sind phasenorientiert.
2. Die Struktur beider Verfahren beinhaltet Planungs-, Ausführungs- und Kontrollphasen.
3. Beide Verfahren verfolgen einen ganzheitlichen Ansatz.
4. Beide Verfahren forcieren eine prozessorientierte Systembetrachtung.

Betrachtet man in diesem Kontext das Verhältnis zwischen der Ausbildungsabteilung und der Abteilung, die den Auszubildenden nach Beendigung seiner Ausbildung übernehmen wird, lässt sich auch hier eine Dienstleistungsbeziehung ableiten (vgl. Kapitel 3.2). Für die Ausbildungsabteilung besteht aufgrund dieser Verflechtung zwingend die Notwendigkeit, permanent die Qualität ihrer Dienstleistung zu überprüfen und zu optimieren, um dem Kunden so auf den beruflichen Einsatz optimal vorbereitete Mitarbeiter zur Verfügung stellen zu können. An der Kompetenz und der betriebsspezifischen Einsatzfähigkeit des ausgebildeten Auszubildenden sind in letzter Konsequenz Zielgenauigkeit und Qualität der Ausbildungsbemühungen abzuleiten.

Aufgrund der festgestellten Parallelen eignet sich die vorgestellte Ausbildungsform sowohl zur Verfolgung der genannten didaktischen wie auch der betriebswirtschaftlichen Unternehmensziele.

#### 7.5.4 Motivationsaspekte

Auch in Bezug auf die positive Beeinflussung von für betriebliche Ausbildungsbemühungen wichtigen Aspekten der Arbeits- und Lernmotivation ist die Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierte Ausbildungsform als geeignet anzusehen.

Anknüpfungspunkte im Bereich der Arbeitsmotivation sind hier beispielsweise durch die Zielsetzungstheorie von LOCKE und LATHAM gegeben (vgl. [71], S. 726). „Dieser Theorie zufolge führt das Setzen von Zielen zu besseren Leistungen, und zwar um so mehr, je höher und spezifischer die Ziele sind. Ein Mitarbeiter wird beispielsweise eher dann bessere Leistungen bringen, wenn er mit dem Ziel arbeitet, 50 Produkte am Tag zu fertigen und dabei nicht mehr als 2 % Ausschuss zu produzieren, als wenn er sich lediglich an der Zielsetzung „Tun Sie Ihr Bestes!“ orientiert. Zielsetzung wirkt durch 4 Mechanismen: Steuerung der Aufmerksamkeit, Mobilisierung von Energie, Erhöhung der Ausdauer und Förderung der Entwicklung von Strategien. Diese Theorie gilt für individuelles Handeln als gut bestätigt, der Beleg ihrer Wirkung auf Gruppen oder ganze Organisationen ist weniger sicher. Es wird angemerkt, dass angemessenes Feedback von Bedeutung ist: Die Kombination von genau formulierten Zielen, moderater Schwierigkeit und angemessenem Feedback der erbrachten Leistung führt zu besseren Leistungen als genaue Zielformulierung oder angemessenes Feedback allein. Was dadurch optimiert wird, sind Bedingungen der Selbststeuerung („self-regulation“).“

In Bezug auf Lernmotivation lässt sich die von HECKHAUSEN formulierte Formel der Lernmotivierung [27] anführen. Nach HECKHAUSEN wird Lernmotivation (Lmot) dichotom durch die *situationsabhängige Anregungsvariabel* und die *überdauernde Persönlichkeitsvariabel* bestimmt:

Erstgenannte wird zum einen durch die sachbezogenen, intrinsischen Faktoren der Leistungsmotivation (LM) und dem sachbereichsbezogenen Anreiz (As) und zum anderen durch die sachfremden, extrinsischen Faktoren Bedürfnis nach Identifikation (Bid), Bedürfnis nach Zustimmung (Bzust), Bedürfnis nach Abhängigkeit (Babh), Bedürfnis nach Geltung (Bgelt) und das Bedürfnis nach Strafvermeidung (Bstrfv) bestimmt.

Zweitgenannte ist gekennzeichnet durch die sachbezogenen, intrinsischen Faktoren des Erreichungsgrads (E), des Anreizes von Aufgaben (Ae) und des Neuigkeitsgehaltes (N).

HECKHAUSEN setzt die genannten Variablen wie folgt zueinander in Beziehung:

$$Lmot = (LM * E * Ae) + As + N + (Bid + Bzust + Babh + Bgelt + Bstrv)$$

Aufgrund der multiplikativen Beziehung der Größen Leistungsmotivation (LM), Erreichungsgrad (E) und Anreiz von Aufgaben (Ae) darf keiner dieser Faktoren für das Herstellen einer günstigen Lernumgebung den Wert Null erreichen.

Für die Rolle des Ausbilders bedeutet dies aber auch, dass er seine Ausbildungsstrategie über die drei genannten Variablen am wirkungsvollsten optimieren kann. Bei Einsatz der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform wird ein ausreichendes Maß an Leistungsmotivation durch die Präsentation und Bewertung des Handlungsprodukts sowie die vom Auszubildenden zu erreichende Zufriedenheit des internen Kunden und des Ausbilders sichergestellt. Ob eine Problemstellung erfolgreich bearbeitet werden kann (Erreichungsgrad), wird durch das Votum und die Selbsteinschätzung der Auszubildenden, den Kundenauftrag erfolgreich zu bearbeiten, gewährleistet. Der Anreiz zur Bearbeitung der Problemstellung wird gesichert, indem eine in der Arbeitswirklichkeit des Auszubildenden angesiedelte Problemstellung bearbeitet wird.

### 7.5.5 Die veränderte Rolle des Ausbilders

Insbesondere die Punkte Erreichungsgrad (angemessener Schwierigkeitsgrad) sowie präzise Zielsetzung finden in der Ganzheitlich- Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform Berücksichtigung. Der Ablauf sieht vor, dass beide Punkte in der Problemstrukturierungsphase der Ausbildungsform (vgl. Abbildung 7, Phase 3) durch die Auszubildenden selbst im Problemanalysegespräch mit dem internen Kunden, erarbeitet werden.

Die Forderung nach angemessenem Feedback bzw. Förderung der Leistungsmotivation (LM) hingegen bedingt zunächst den wohl dosierten Einsatz des Ausbilders. Zum einen muss er trotz des gruppenarbeitsähnlichen Ansatzes dem einzelnen Auszubildenden ein Feedback zu seiner persönlichen Arbeitsleistung geben können, zum anderen aber muss er die Ausbildungsgruppe dahingehend anleiten, ihr Handeln selbst zu reflektieren und hieraus in rationaler Art positive wie negative Kritik zu artikulieren.

Es wird deutlich, dass sich beim Einsatz der vorgestellten Ausbildungsformen die Rolle des Ausbilders maßgeblich ändert. Während das Verhalten des Ausbilders in seiner traditionellen Form durch Unterweisungen gekennzeichnet war, agiert er nun als Lernberater. Seine Aufgabe besteht darin, mit den Auszubildenden strukturierte Instruktionen zu erarbeiten, wenn erforderlich,

angemessene Hilfestellungen zur Bearbeitung der Lernaufgaben zu geben und das von den Auszubildenden gewählte Vorgehen zur Problemlösung sowie das resultierende Arbeitsergebnis zu reflektieren. BRATER, BÜCHELE, FUNKE und HERZ stellen die sich wandelnde Rolle des Ausbilders wie folgt dar [2]:

<b>Die Rolle des Ausbilders ändert sich:</b>	
Früher war er „Unterweiser“	Jetzt wird er zum Lernberater
Früher hat er einen Vorgang vorweg genau erklärt	Jetzt gibt er Erklärungen erst nach der praktischen Erfahrung
Früher hat er oft eine Übungsaufgabe gegeben	Jetzt wählt er eine reale Arbeitsaufgabe entsprechend dem Lernfortschritt des Auszubildenden
Früher folgte er dem Prinzip: Vormachen – Nachmachen	Jetzt übergibt er die Aufgabenstellung zum selbständigen Durchdenken und Ausführen
Früher hat er alle Informationen vorgegeben	Jetzt lässt er den Auszubildenden die nötigen Informationen selbst beschaffen
Früher sollte sich der Auszubildende so an die Vorgaben halten, dass Fehler möglichst gar nicht vorkamen	Jetzt werden Fehler als Lernchancen zugelassen und der Auszubildende ermuntert, sie selbst zu erkennen und zu korrigieren
Früher leitete der Ausbilder die Arbeit des Auszubildenden Schritt für Schritt an	Jetzt bleibt er im Hintergrund, beobachtet den Lernprozess, steht für Rückfragen zur Verfügung und wartet ab, ob und wann er wirklich eingreifen muss
Früher hat er geholfen, dass die „richtige“ Lösung nachvollzogen werden konnte	Jetzt lässt er eigene Erfahrungen und Lösungen zu und versucht, den Auszubildenden durch Fragen selbst einen richtigen Weg finden zu lassen
Früher hat er die Arbeiten des Auszubildenden genau vorbesprochen	Jetzt muss er die Arbeit des Auszubildenden vor allem intensiv nachbesprechen

*Tabelle 5 Die sich wandelnde Rolle des Ausbilders [2]*

Es wird deutlich, dass die neue, zentrale Führungsaufgabe des Ausbilders darin zu sehen ist, Auszubildenden Unterstützung beim selbständigen und eigenverantwortlichen (selbstorganisierten) Lösen berufsspezifischer Problemsituationen zu geben.



### 7.5.6 Weitere Randbedingungen

Im Zyklus der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform steht das Prinzip der methodischen Selbstwahl im Vordergrund. Dabei ist es wichtig, dass Ausbilder und Auszubildende über ein angemessenes Repertoire an methodischen Vorgehensweisen (Methodenpool) zur Lösung spezifischer Problemstellungen verfügen. In scheinbar festgefahrenen Ausbildungssituationen besteht für den Ausbilder die Möglichkeit, neue methodische Vorgehensweisen, die zur aktuellen Problemlösung beitragen, anzubieten. Eine so gestaltete Unterstützung erweitert sukzessive den Methodenpool der Auszubildenden und befähigt sie in zukünftigen, ähnlich gelagerten Arbeitssituationen zur eigenständigen Problemlösung.

Auszubildende erhalten bei der Durchführung von Ausbildungseinheiten nach der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform den Status eines vollwertigen Mitarbeiters, der somit auch zur Nutzung betrieblicher Ressourcen berechtigt ist. Der dienstliche Kontakt z. B. zu anderen Abteilungen und das Kennenlernen der dort vorherrschenden betrieblichen Modalitäten führt den Auszubildenden selbstorganisiert in betriebliche Spezifika ein. Die Nahtstelle zwischen Ausbildungsende und dem Einsatz als vollwertiger Mitarbeiter im Unternehmen wird geglättet und die Praxistauglichkeit des zukünftigen Mitarbeiters deutlich erhöht. Ein Großteil der sonst erforderlichen Einarbeitungszeit eines betriebsfremden Mitarbeiters kann bei Übernahme eines im Unternehmen ausgebildeten Mitarbeiters entfallen.

In Kapitel 3.2 wurde die Neugliederung des Konzerns in Geschäfts- und Servicebereiche dargestellt und die daraus resultierende Dienstleistungsorientierung abgeleitet. Durch die Bearbeitung eines realen Kundenauftrages wird der Auszubildende für diese neue Situation sensibilisiert. Zum einen tritt er gegenüber dem Auftraggeber als Dienstleister auf, zum anderen nimmt er die Rolle eines Kunden ein, sobald er auf die zur Verfügung stehenden Konzernressourcen zurückgreift. Die Beziehung zwischen Dienstleister und Kunden wird aus der Sicht des Auszubildenden mit dieser Ausbildungsform in beide Richtungen umgesetzt.

Aufgrund der in Kapitel 3.3 beschriebenen Anforderungen nimmt die durch Ausbildungsabteilungen zu tragende Kostenverantwortung ständig zu. Die von Auszubildenden für das Unternehmen erbrachten Leistungen werden in aktuellen Kalkulationen oftmals den Ausbildungskosten gegenüber gestellt. Ziel dieser Betrachtungen ist es, die durch den Faktor Ausbildung für das Unternehmen entstehenden Kosten zu reduzieren. Exemplarisch erfolgt diese Betrachtung hier, unter Berücksichtigung der im Unternehmen vorliegenden Kostenstrukturen, für den in Ausbildungsmodul 3 (vgl. Kapitel 5.3.2) durch Auszubildende konzipierten und hergestellten O<sub>2</sub>-GUARD.

Im betrachteten Unternehmen belaufen sich die Pauschalkosten der Ausbildung im jährlichen Durchschnitt auf etwa 25.000 EUR pro Auszubildenden. Bei einer Jahresarbeitszeit von 225 Tagen ergibt sich für das Unternehmen eine finanzielle Aufwendung von 111 EUR pro Auszubildenden und Ausbildungstag. An der Erstellung des O<sub>2</sub>-GUARDS sind 6 Auszubildende über einen Zeitraum von 20 Arbeitstagen beteiligt. Dies entspricht einem Arbeitsaufwand von 120 Manntagen. Zur praktischen Durchführung von Ausbildungsmodul 3 tätigt das Unternehmen also eine Investition von 13.320 EUR.

Bezeichnung	
Ausbildungskosten / Jahr / Auszubildenden	25.000 EUR
Jahresarbeitszeit	225 d
Projektarbeitszeit für Ausbildungsmodul 3	20 d
Anzahl der am Projekt beteiligten Auszubildenden	6 MA
Mannarbeitstage Prototyperstellung	120 d
Kosten Prototyperstellung	13.320 EUR
Mannarbeitstage Folgegeräte	10 d
Kosten Folgeauftrag	1.110 EUR

*Tabelle 6 Kostenbetrachtung Ausbildungsmodul 3*

Die Erstellung eines vergleichbaren Gerätes unter Beauftragung der im Unternehmen bestehenden Abteilung Ingenieurtechnik / Elektro- und Prozessleittechnik (vgl. Abbildung 2) würde Kosten in Höhe von 6.525 EUR verursachen (vgl. Tabelle 7).

Bezeichnung	Aufwand [h]	Preis / h [EUR]	Gesamtpreis [EUR]
Konzepterstellung	20,00	75,00	1.500,00
Spezifikation der Komponenten	8,00	75,00	600,00
Hardware- und Montageplanung	12,00	75,00	900,00
Beschaffung	4,00	75,00	300,00
Montage	15,00	50,00	750,00
Funktionsbeschreibung	7,00	75,00	525,00
Programmierung	12,00	75,00	900,00
Inbetriebnahme	6,00	75,00	450,00
Erstellung Bedienungsanleitung	8,00	75,00	600,00
<b>Summe</b>	<b>92,00</b>		<b>6.525,00</b>

*Tabelle 7 Beispielkostenrechnung O<sub>2</sub>-GUARD Prototyperstellung*

Bei der Prototyperstellung ergibt sich für die Abteilung Aus- und Weiterbildung zunächst eine Kostenunterdeckung von 6.795 EUR.

In einem Folgeauftrag wünschte der interne Kunde die Erstellung von drei weiteren Geräten. Aufgrund der ausführlichen Projektdokumentation und dem bereitstehenden Wissen seitens der Auszubildenden konnte diese Fertigung innerhalb von fünf Arbeitstagen durch zwei angehende Energieelektroniker geleistet werden. Die Ausbildungskosten für diesen Folgeauftrag (10 Manntage) betragen 1.100 EUR.

In der Abteilung Ingenieurtechnik / Elektro- und Prozessleittechnik (vgl. Abbildung 2) werden für die Erstellung weiterer Einheiten pro Gerät pauschal 45 % der Kosten des Prototyps veranschlagt. Die Gesamtkosten für die Erstellung der gewünschten drei Folgegeräte belaufen sich hier demnach auf 8.809 EUR.

Das bei der Prototyperstellung zunächst erwirtschaftete Kostendefizit kann durch die Bearbeitung des Folgeauftrags durch die Auszubildenden mehr als ausgeglichen werden. In Summe wird in diesem speziellen Beispiel ein Überschuss von 914 EUR erwirtschaftet.

Materialkosten finden in den beschriebenen Kalkulationen keine Berücksichtigung. Diese werden in beiden Fällen direkt an den internen Kunden weitergegeben.

## 7.6 Sozialformen

Aspekte der sozialen Kompetenz sind eng verwoben mit der in Kapitel 3.3 skizzierten Forderung nach Praktizierung von berufsfeldübergreifenden Ausbildungsformen.

Durch eine berufsfeldübergreifende, teamorientierte Arbeitsweise können über gegenseitige Impulse der Auszubildenden Synergieeffekte aktiviert werden, die sonst zur Lösung einer Problemstellung ungenutzt bleiben würden. Um berufsfeldübergreifende Ausbildungsformen erfolgreich durchführen zu können, sind jedoch einige soziale Grundbedingungen in der Arbeitsgruppe Voraussetzung. So muss seitens der Auszubildenden die Bereitschaft bestehen:

- Nicht-Berufskollegen wirkungsvoll zu unterstützen.
- Aufgaben- und Problemstellungen gemeinsam zu bearbeiten.
- Wissen und Fertigkeiten der eigenen Profession an Nicht-Berufskollegen zu vermitteln.
- Wissen und Fertigkeiten anderer als der eigenen Profession aufzunehmen und in die eigenen Wissensstrukturen zu integrieren.

Ausbildungsformen, die sich an den Grundsätzen des Handlungslernens (vgl. Kapitel 7.3) orientieren, die also von einer Ausdehnung des eigenverantwortlichen Lernens der Auszubildenden ausgehen, setzen erweiterte Interaktionsstrukturen voraus. Ein hierfür geeignetes Modell ist das der Themenzentrierten Interaktion von LANGMAACK [44].

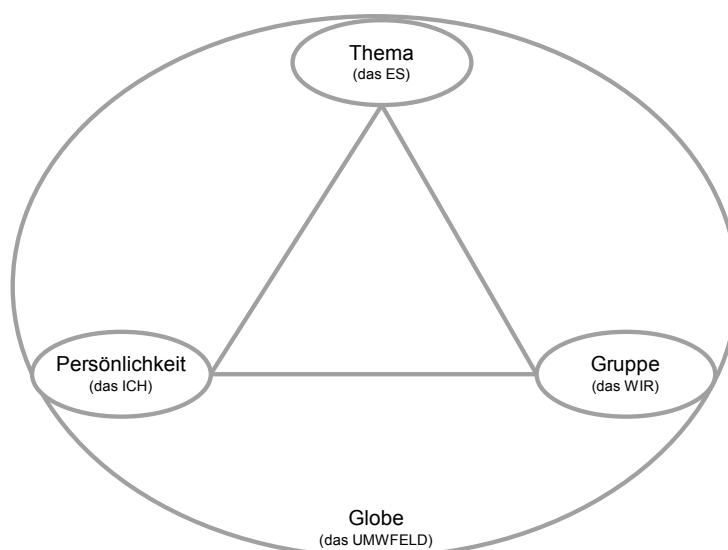


Abbildung 27 Grundkonstellation der Themenzentrierten Interaktion

Es geht davon aus, „dass die Wichtigkeit jeder Person (ICH), die Wichtigkeit der Interaktion der Gruppe (WIR), die Wichtigkeit der Arbeit an einer Aufgabe (THEMA) und die Wichtigkeit der Wirkungszusammenhänge der Umwelt (GLOBE) in einer dynamischen Balance zu halten sind, um lebendiges Lernen und Lehren zu gewährleisten“ (vgl. [50], S. 177). Neben den beschriebenen Möglichkeiten zur Interaktion zwischen einzelnen Personen und der Gruppe (vgl. Kapitel 4.3.3) berücksichtigt dieses Modell zusätzlich die Beziehung der Lernenden zum Thema (vgl. [37]).

## 7.7 Zwischenfazit: Ausbildungsformen

Die vorangehend beschriebene Ableitung der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform bietet in den folgenden Bereichen Lösungsansätze für die in Kapitel 3.3 genannten Forderungen:

Auszubildende werden durch die Anwendung der beschriebenen Ausbildungsformen zu einem höheren Selbstorganisationsgrad, zur eigenständigen Entwicklung von Problemlösungsstrategien und zu selbstgesteuertem Lernen, angeleitet. Angeeignete Kompetenzen können ausprobiert werden und sich im Sinne von CHOMSKY als Performanz festigen, um zukünftig in beliebigen beruflichen Situationen zur Verfügung zu stehen.

Ausbilder erhalten, insbesondere mit der in Ausbildungsmodul 3 angewandten Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform, aufgrund ihrer klaren Phasenorientierung eine strukturierte Vorgehensweise zur Abbildung realer beruflicher Problemstellungen in Ausbildungssituationen. Die Grundmerkmale des Handlungslernens nach SEYD können vom Ausbilder unter Berücksichtigung seiner neuen Funktion als Lernberater umgesetzt werden.

Ebenso besteht für den Ausbilder die Möglichkeit, Kunden-Dienstleister-Beziehungen bereits in Ausbildungssituationen abzubilden.

Optimierungspotentiale sowohl auf Seiten der Auszubildenden wie auch auf Ausbilderseite werden im Sinne eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses mit dem angebotenen Ausbildergesprächsleitfaden zur Führung eines Beurteilungs- und Förderungsgesprächs, sowie mit dem Auszubildendenfragebogen erfasst.

Die Bearbeitung unternehmensrelevanter Problem- und Aufgabenstellungen ermöglicht die Reduktion von Ausbildungskosten durch die von Auszubildenden erwirtschafteten kostenmindernde Erlöse.

## 8 Lerninhalte und Ausbildungsformen im Kontext der Ausbildungsverordnungen

In den Strukturen des dualen Berufsbildungssystems der Bundesrepublik Deutschland (vgl. Abbildung 28) treten Ausbildungsbetrieb und Berufsschule als kooperierende Ausbildungsinstitutionen auf. Rechtliche Grundlage für die Ausbildungsaktivitäten beider Partner des dualen Berufsbildungssystems sind berufsspezifische Ausbildungsverordnungen und Rahmenlehrpläne.

Ausbildungsverordnungen, die der Hoheit des Bundes unterstehen, bilden den betrieblichen Ausbildungsgang im Allgemeinen ab. Sie beinhalten weiterhin einen Ausbildungsrahmenplan, der die durch das Unternehmen zu vermittelnden Ausbildungsinhalte detailliert benennt. Die Ausbildungsverordnung bildet so in Verbindung mit dem Berufsbildungsgesetz die rechtliche Grundlage für die Ausbildungsaktivitäten eines Unternehmens. Korrespondierend werden auf Seiten der Berufsschule die Lerninhalte verbindlich durch Rahmenlehrpläne vorgegeben. Diese unterliegen den Beschlüssen der Kultusministerkonferenz.

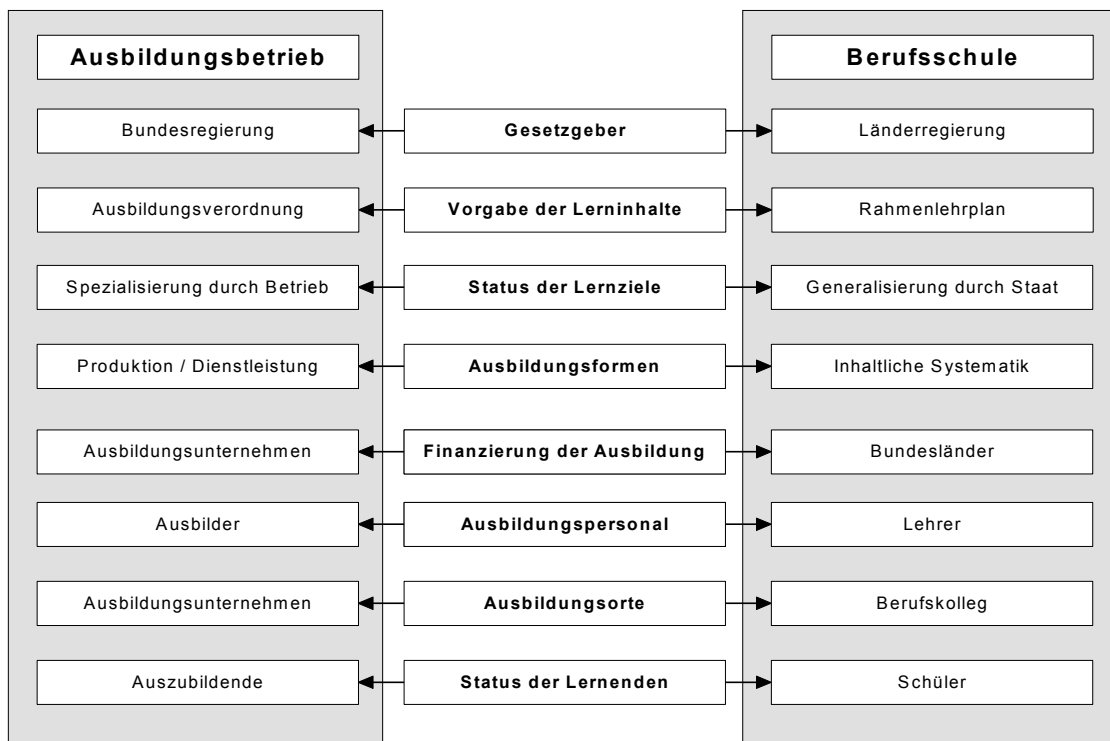


Abbildung 28 Dualitäten des Berufsbildungssystem der BRD (vgl. [55], S. 157)

Im Folgenden werden die in den Ausbildungsmodulen behandelten Themengebiete und methodischen Vorgehensweisen dem für das Ausbildungsunternehmen rechtlich relevanten Ausbildungsrahmenplan für Chemielaboranten [10] zugeordnet (vgl. Tabelle 8 und Tabelle 9).

## 8.1 Methodische und soziale Ausbildungsinhalte

Auszubildende entwickeln innerhalb der drei beschriebenen Ausbildungsmodule Strategien zum selbstorganisierten, eigenverantwortlichen und problemlösenden Arbeiten in betrieblichen Problemsituationen. Die in den Modulen favorisierte projektorientierte und Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierte Ausbildungsform unterstützt die Realisierung der unter I.4.1 (Arbeitsplanung, Arbeiten im Team) genannten Anforderungen des Ausbildungsrahmenplans [10]. Auszubildende sollen demnach angeleitet werden, Projektziele festzulegen, Arbeitsabläufe unter Beachtung terminlicher Vorgaben zu planen, Arbeitsschritte und Arbeitszeit zu organisieren, Problemlösungsmethoden und Kommunikationsregeln anzuwenden und Aufgaben in (interdisziplinären) Teams zu bearbeiten. Insbesondere in Ausbildungsmodul 3 kommen diese Aspekte aufgrund der Abbildung einer realen betrieblichen Problemstellung innerhalb einer Ausbildungseinheit verstärkt zum tragen und werden mit der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform konsequent umgesetzt. Speziell wird hier gemäß I.3.5 die Facette Kundenorientierung bei der Aufgabenerledigung berücksichtigt.

Dabei nutzt die Ausbildungsgruppe nach I.4.2 (Informationsbeschaffung und Dokumentation) des Ausbildungsrahmenplans eigenständig Informationsquellen, setzt Hilfsmittel zur Dokumentation ein und beschreibt, beurteilt und präsentiert Arbeitsabläufe und -ergebnisse.

## 8.2 Fachliche Ausbildungsinhalte

Konform zu I.4.4 des Ausbildungsrahmenplans für Chemielaboranten [10] stehen in allen drei Ausbildungsmodulen Problemstellungen zum Thema Messdatenerfassung und -verarbeitung im Vordergrund. Dabei werden labortechnische Aufgaben der Messdatenerfassung, -auswertung und Steuerung unter Verwendung von Personalcomputern und Mikrocontrollersystemen gelöst. Sensoren und Messgeräte werden von den Auszubildenden zur Problemstellung passend ausgewählt.

Mit der Erstellung des O<sub>2</sub>-GUARDs legt Ausbildungsmodul 3 einen Schwerpunkt auf die Durchführung elektrotechnischer und elektronischer Arbeiten und entspricht so, dem Ausbildungsrahmenlehrplan weiter folgend, einer unter IV.25 beschriebenen Wahlqualifikationseinheit.

Insbesondere in den Ausbildungsmodulen 1 und 2 werden gemäß I.6.2 des Ausbildungsrahmenlehrplans physikalische Größen und Stoffkonstanten gemessen und bestimmt. Dabei erhalten Temperatur und pH-Wert-Messungen eine hohe Gewichtung.

Gemäß II.7.5 werden mit Schwerpunkt in Ausbildungsmodul 1 Maßanalysen unter Verwendung des durch Auszubildende erstellten Titrationsautomatens potentiometrisch durchgeführt und deren Reaktionsgleichungen aufgestellt. Dabei gewonnene Messdaten dieser analytischen Arbeiten werden entsprechend II.7.7 ausgewertet, dokumentiert und auf Plausibilität geprüft.

I.6.3 des Ausbildungsrahmenplans folgend werden mit dem zweiten Ausbildungsmodul im Bereich Analyseverfahren photometrische Bestimmungen durchgeführt und ausgewertet.

Bei der Bearbeitung aller drei Ausbildungsmodule stehen den Auszubildenden I.4.3 folgend betriebsspezifische Kommunikations- und Informationssysteme, wie E-mail, Intranet, World-Wide-Web sowie firmeninterne Datenbanken und Kataloge zur Verfügung. Projektdokumentationen und Auswertungen werden unter Nutzung der betrieblichen Standardbürosoftware durchgeführt.

Tabelle 8 und Tabelle 9 zeigen zusammenfassend eine Zuordnung der in Ausbildungsmodul 1 und 2 vermittelten Ausbildungsinhalte zu den Ausbildungsverordnungen der jeweils beteiligten Berufsgruppen. Dabei ist zu bemerken, dass die Berufsausbildung zum Chemikanten im Jahre 2001 ebenfalls reformiert wurde. Die hier gemachten Zuordnungen beziehen sich somit auf die aktuell gültige Erprobungsverordnung [11]. Für den Ausbildungsberuf des Energieelektronikers wird derzeit ein Neuordnungsverfahren durchgeführt. Dieses ist jedoch noch nicht so weit fortgeschritten, als dass eine Zuordnung der Lerninhalte zum voraussichtlichen Ausbildungsrahmenplan möglich ist. Daher wird als Grundlage die derzeit noch verbindliche, aus dem Jahre 1987 stammende Ausbildungsverordnung (vgl. [12]) verwendet (Stand 12/2002).



<b>Ausbildungsmodul 1 vs. Ausbildungsverordnung</b>				
<b>AE</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Chemikant</b>	<b>Laborant</b>	<b>Elektroniker</b>
1.1	Organisatorisches Rahmenbedingungen Vorstellung der Berufsgruppen	I.4.1.c I.4.2.a-c I.4.3.a-d I.4.4.b	I.4.1.c-g I.4.2.a-d I.4.3.b	
1.2	Basiselemente eines Personalcomputers Funktion und Bedienung des Schaltungssimulators Funktion und Bedienung der verwendeten Multimeter und Relaiskarten Spannung, Strom, Widerstand und das OHM'sche Gesetz Elektrische Leistung und Arbeit Computerunterstützte Messung der elektrischen Leistung Computerunterstützte Messung der elektrischen Arbeit	I.4.1.c I.4.2.a-c I.4.3.a-d I.4.4.b I.7.d	I.4.1.c-g I.4.2.a-d I.4.3.b I.4.4.a-c	I.9.a I.9.b II.1.c II.3.k II.3.p
1.3	Prinzipien und Möglichkeiten der Temperaturmessung Funktionsweise verschiedener Thermistortypen Aufbau und Integration von Temperatursonden in das computerunterstützte Messdatenerfassungssystem Festpunktbestimmung des Salzes Natriumthiosulfat unter Verwendung des computerunterstützten Messdatenerfassungssystems Computerunterstützte Temperaturmessungen zum Lösungsverhalten von Salzen und deren Anhydrate	I.4.1.c I.4.2.a-c I.4.3.a-d I.4.4.b I.5.d	I.4.1.c-g I.4.2.a-d I.4.3.b I.4.4.a-c I.6.2.c	I.9.f II.1.c II.3.c II.3.k III.B.3.b
1.4	Elektrochemische Energiequellen: Primär- und Sekundärelemente Aufbau und chemische Funktionsweise eines Bleiakkumulators Computerunterstützte Messung von Spannung und Strom beim Laden und Entladen eines Bleiakkumulators Aufbau eines (Solar)-Laderegler	1.4.1.c 1.4.2.a-c 1.4.3.a-d 1.4.4.b	I.4.1.c-g I.4.2.a-d I.4.3.b I.4.4.a-c	II.1.c II.1.h II.3.c II.3.k

<b>Ausbildungsmodul 1 vs. Ausbildungsverordnung</b>				
<b>AE</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Chemikant</b>	<b>Laborant</b>	<b>Elektroniker</b>
1.5	Möglichkeiten der pH-Wert-Messung	1.4.1.c	I.4.1.c-g	I.6.c
	Neutralisationstitrationen	1.4.2.a-c	I.4.2.a-d	II.1.c
	Potentiometrische Titrationen	1.4.3.a-d	I.4.3.b	II.1.h
	Aufbau und Betrieb eines Titrationsautomaten	1.4.4.b	I.4.4.a-c	II.3.c
	Durchführung potentiometrischer Titrationen mit dem selbsterstellten Titrationsautomaten:	I.5.i	I.6.2.a	II.3.k
	Neutralisationstitrationen, Titration von Colagetränken und Mineralwässern, Säurezahlbestimmung von Aspirin	I.9.e I.9.f	I.6.2.c II.7.5.a-e II.7.7	II.3.r III.B.4.f III.B.4.g
1.6	Reflexion der Ausbildungseinheiten 1-5 durch die Auszubildenden	I.3.6.a I.4.1.c	I.3.5.a	
	Diskussion von Ergänzungs- und Verbesserungsvorschlägen	I.4.2.a-c		
	QM, KVP	I.4.3.a-d		
		I.4.4.b		

Tabelle 8 Berufsspezifische Themenzuordnung - Ausbildungsmodul 1 (vgl. [10], [11], [12])

<b>Ausbildungsmodul 2 vs. Ausbildungsverordnung</b>				
<b>AE</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Chemikant</b>	<b>Laborant</b>	<b>Elektroniker</b>
2.1	Organisatorisches	I.4.1.c	I.4.1.c-g	
	Rahmenbedingungen	I.4.2.a-c	I.4.2.a-d	
	Vorstellung der Berufsgruppen	I.4.3.a-d	I.4.3.b	
		I.4.4.b		
2.2	Mikrocontrollersysteme Hardware	I.4.1.c	I.4.1.c-g	I.7.a,c,d,e,f
	Aufbau und Funktion des Mikrocontrollersystems	I.4.2.a-c	I.4.2.a-d	
	Inbetriebnahme des Mikrocontrollersystems	I.4.3.a-d	I.4.3.b	
		I.4.4.b	I.4.4.a-c	
2.3	Mikrocontrollersysteme Software	I.4.1.c	I.4.1.c-g	III.4.f,g
	Grundlagen der Programmierung	I.4.2.a-c	I.4.2.a-d	
	Programmierung einer Inverterschaltung	I.4.3.a-d	I.4.3.b	
	Programmierung eines Impulszählers	I.4.4.b	I.4.4.a-c II.22.a	

<b>Ausbildungsmodul 2 vs. Ausbildungsverordnung</b>				
<b>AE</b>	<b>Inhalte</b>	<b>Chemikant</b>	<b>Laborant</b>	<b>Elektroniker</b>
2.4	Temperaturmessung	I.4.1.c	I.4.1.c-g	I.6.b,c
	Integration eines Temperatursensors in das Mikrocontrollersystem	I.4.2.a-c	I.4.2.a-d	III.3.b
	Aufbau eines Thermometers mit Digitalanzeige und Messwertspeicherfunktion	I.4.3.a-d	I.4.3.b	III.4.f,g
	Durchführung von Schmelzpunktbestimmungen mit dem System	I.4.4.b	I.4.4.a-c	
	Durchführung von Destillationsexperimenten mit dem System	I.5.l	I.3.3 b	
		I.6.e	I.6.2 c	
			I.8.2 f	
			I.8.3	
			II.22.a	
2.5	Temperaturregelung	I.4.1.c	I.4.1.c-g	I.6.b,c
	Ausbau des Digitalthermometers zu einem Thermostaten mit Regelungsfunktion für eine Laborheizplatte	I.4.2.a-c	I.4.2.a-d	III.3.b
	Weiterführung und Automatisierung der in 2.4 begonnenen Destillationsexperimente	I.4.3.a-d	I.4.3.b	III.4.f,g
		I.4.4.b	I.4.4.a-c	
		I.6.e	I.8.2 f	
			II.22.a	
2.6	Photometrie	I.4.1.c	I.4.1.c-g	I.5a,dq
	Grundlagen der Photometrie	I.4.2.a-c	I.4.2.a-d	I.6.b,c
	Aufbau eines einfachen Laborphotometers	I.4.3.a-d	I.4.3.b	III.4.f,g
	Realisierung der Messdatenumrechnung, -anzeige und -auswertung mit dem Mikrocontrollersystem	I.4.4.b	I.4.4.a-c	
		I.5.m	I.6.3 a	
			II.22.a	
2.7	Reflexion der Ausbildungseinheiten 1 - 6 durch die Auszubildenden	I.3.6.a	I.3.5.a	
	Diskussion von Ergänzungs- und Verbesserungsvorschlägen	I.4.1.c		
	QM, KVP	I.4.2.a-c		
		I.4.3.a-d		
		I.4.4.b		

Tabelle 9 Berufsspezifische Themenzuordnung - Ausbildungsmodul 2 (vgl. [10], [11], [12])

### 8.3 Zwischenfazit: Ausbildungsverordnungen

Die neu erstellten Ausbildungsverordnungen für die Berufsbilder des Laboranten und des Chemikanten lassen aufgrund ihrer Modularisierung dem Ausbildungsunternehmen einen flexiblen Spielraum zur Gestaltung und Verzahnung von Ausbildungseinheiten. Wie die Kapitel 8.1 und 8.2 zeigen, können so fachliche Ausbildungsschnittmengen innerhalb des Unternehmens in berufsfeldübergreifenden Ausbildungseinheiten abgebildet werden.

Auch zwischen Ausbildungsverordnungen (Ausbildungsbetrieb) und Rahmenlehrplänen (Berufsschule) lassen sich in der Theorie tragfähige Abstimmungen und Verzahnungen formulieren. In der Praxis treten aber häufig Koordinationsprobleme zwischen Berufsschule und Ausbildungsbetrieb auf.

Beide agieren als autonome Institutionen, haben jedoch die gemeinsame Aufgabe der Berufsausbildung zu bewältigen. Mit Bezug auf die in Abbildung 28 dargestellten Dualitäten ergeben sich zwangsläufig inhaltliche und zeitliche Abstimmungsprobleme.

Inhaltliche Koordinationsprobleme sind in den unterschiedlichen thematischen Akzentuierungen der Berufsschule und des Ausbildungsbetriebs zu sehen. Hinzu kommt, dass Berufsschulklassen im Fachunterricht in der Regel Schüler unterschiedlicher Unternehmen aufnehmen, die in der betrieblichen Ausbildung wiederum unterschiedliche Schwerpunkte setzen.

Zeitliche Koordinationsprobleme sind darauf zurückzuführen, dass in Betrieb und Berufsschule identische Lerninhalte meist zu unterschiedlichen Zeiten behandelt werden. Nur in seltenen Fällen stimmt die Behandlung von fachlichen Inhalten zeitlich überein. Um zumindest Anknüpfungspunkte für eine bessere Verzahnung zwischen den Ausbildungsbemühungen der Berufsschule und des Ausbildungsbetriebes zu schaffen, werden in den Ausbilderunterlagen jeweils Voraussetzungen und Ziele der jeweiligen Ausbildungseinheiten formuliert (vgl. Kapitel 4.2.).

Die genannten Koordinationsprobleme bieten berechtigterweise Ansatzpunkte für Kritiker des dualen Ausbildungssystems. Auf der anderen Seite können die beiden zeitlich unterschiedlich koordinierten Ausbildungsstränge der Berufsschule und des Ausbildungsbetriebes lernpsychologisch interessante Situationen provozieren. Es ergeben sich Möglichkeiten zur Themenwiederholung und Wissenssicherung bereits behandelter Themen.

## 9 Zusammenfassung: Ausbildungsstrategie

Mit der zugrunde liegenden Strategie der drei aufeinander basierenden berufsfeldübergreifenden Ausbildungsmodule (vgl. Tabelle 10) werden zahlreiche der in Kapitel 3.3 genannten Optimierungspotentiale angegangen:

Die eingesetzten Ausbildungsformen katalysieren die interdisziplinäre Wissensvermittlung zwischen Auszubildenden unterschiedlicher Professionen. Sie bilden für den Ausbilder weiterhin eine gute Strukturierungshilfe zur Einführung von auszubildendenzentrierten Ausbildungsformen. Dabei bildet die in Ausbildungsmodul 1 und 2 eingeführte projektorientierte Ausbildungsform ein gutes Bindeglied zwischen der dem Ausbilder vertrauten Vier-Stufen-Methode und der in Ausbildungsmodul 3 favorisierten Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Vorgehensweise. Auch der Ausbilder wird so schrittweise an seine sich ändernde Rolle herangeführt (vgl. Kapitel 7.5.5).

Durch die Verwendung unterschiedlicher Systeme in den Ausbildungsmodulen vollziehen die Auszubildenden Teile der technisch-historischen Entwicklung, ausgehend von der elektrischen Anlogschaltung hin zur speicherprogrammierbaren Steuerung, nach. Der historischen sowie auch der Ausbildungszeitachse folgend nehmen technische Komplexität und Abstraktionsgrad der eingesetzten Systeme zu. Durch die weitgehende Selbstgestaltung der Systeme vollziehen die Auszubildenden den Prozess der Messwertentstehung im Sinne einer transparenten Messdatenerfassung nach.

Die in den Ausbildungsmodulen behandelten Themenstellungen weisen zu den Ausbildungsverordnungen des Laboranten, Chemikanten und Energieelektronikers zahlreiche inhaltliche Bezüge auf (vgl. Kapitel 8.2). Durch die wechselnden Akzentuierungen von technischen und chemischen Ausbildungsinhalten wird der berufsfeldübergreifende Gedanke betont. Je nach Problemstellung innerhalb der Ausbildungseinheiten stehen Auszubildende der jeweiligen passenden Profession als Tutoren im Vordergrund.

Lehrjahr	Technische Inhalte	technische / historische Dimension	technische Umsetzung		bevorzugte Ausbildungsform	
I.	Modul 1 Einführung Messen, Steuern, Regeln	analoge und digitale Schaltungs- technik	Schaltungssimulator (DMM-Profi-Lab)  ermöglicht die Vorbereitung zur SPS- Programmierung nach einem KOP	Technischer Abstraktionsgrad nimmt zu	projektorientiert	Selbstorganisationsgrad und Produktivität der Auszubildenden nehmen zu
II.	Modul 2 Vertiefung Messen, Steuern, Regeln  Grundlagen Programmierung	Mikrocontroller	Mikrocontroller Experimentierumgebung (C-Control Plus)  ermöglicht die Vorbereitung zur SPS- Programmierung nach einem FUP		projektorientiert	
III.	Modul 3 betriebliche Problemstellung	Mikrocontroller  SPS	Mikrocontroller (C-Control-Station)  ermöglicht die Vorbereitung zur SPS- Programmierung nach einer AWL		ganzheitlich dienstleistungs- orientiert	

Tabelle 10 Inhaltliche, technische und didaktische Verzahnung der Ausbildungsmodule

Die Wirksamkeit der dargestellten Ausbildungsstrategie wird mit den angebotenen Instrumenten (vgl. Kapitel 14.5 und 14.6) untersucht. Aufbau, Verlauf und Ergebnisse der Evaluation werden im folgenden Kapitel dargestellt.

## **10 Studie zur Wirksamkeit der Ausbildungsmodule - Untersuchungsdesign**

Wie in Kapitel 7.5.3 erläutert, stehen dem Ausbilder innerhalb der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform ein Fragebogen und ein Gesprächsleitfaden als Strukturgeber zur Begleitung eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses zur Verfügung. Zur Überprüfung der Wirksamkeit der in dieser Arbeit dargestellten Ausbildungsstrategien wurden die drei erstellten Ausbildungsmodule begleitend mit diesen Instrumenten evaluiert. Neben den Untersuchungsfragen werden Herkunft und Struktur der Instrumente ebenso dargestellt, wie Auswertung und Interpretation der gewonnenen Daten.

### **10.1 Herkunft der eingesetzten Instrumente**

Die in dieser Arbeit verwendeten Instrumente zur Datenerhebung wurden ursprünglich für die begleitende Evaluation zweier Modellversuche des Bundesinstitutes für Berufsbildung (vgl. Kapitel 10.1.1 und 10.1.2) verwendet. Um die Vergleichbarkeit des Ansatzes der Modellversuche und des hier beschriebenen Projektes zu dokumentieren, erfolgt zunächst eine zusammenfassende Beschreibung der Untersuchungsfragen der Modellversuche.

#### **10.1.1 Auszubildendenfragebogen**

In den Jahren 1994 bis 1999 führte die Ausbildungsabteilung der Hüls-Infracor GmbH in Marl (heute Servicebereich Ausbildung der Degussa AG) einen durch das Bundesinstitut für Berufsbildung geförderten Modellversuch mit dem Titel „Modellversuch zur Verbesserung der Teamfähigkeit von Chemikanten / Papiermachern, Industriemechanikern und Prozessleitelektronikern / Energieelektronikern für die gemeinsame Bewältigung von Produktionsprozessen“ [40] durch. Problemstellungen und Ziele des Versuches werden von den Autoren des Abschlussberichtes zusammenfassend wie folgt beschrieben: „Die in der Chemie- und Papierindustrie übliche strenge Arbeitsteilung zwischen Produktionsfachkräften (Chemikanten / Papiermacher) und Instandhaltern (Industriemechaniker, Prozessleitelektroniker / Energieelektroniker) entspricht nicht mehr den betrieblichen Erfordernissen. Zwar erscheint die bisherige Arbeitsteilung sinnvoll vor dem Hintergrund deutlich unterschiedlicher, in sich geschlossener und jeweils komplexer Aufgaben und Tätigkeitsbereiche, doch unklare Zuständigkeiten, Wartezeiten, begriffliche Mißverständnisse und Fehldiagnosen im Instandsetzungsfall führen zu mehrtägigen und kostspieligen Produktionsausfällen. Ziel des Modellversuches ist es, die praktische Zusammenarbeit von Produktionsfachkräften und

Instandhaltern über den Instandhaltungsfall hinaus zu verbessern, d. h., (a) die Bereitschaft zur schnellen und wirkungsvollen Unterstützung der Nicht-Berufskollegen zu stärken, (b) die Bereitschaft zur gemeinsamen Bearbeitung von Aufgaben- und Problemstellungen zu erhöhen, (c) das berufsfeldübergreifende Grundwissen zu vertiefen (damit z. B. Nicht-Berufskollegen in die Inspektion, Wartung und Instandsetzung der Produktionsanlagen und Prozeßleitstände einbezogen werden können) und (d) berufsfeldübergreifende Grundfertigkeiten zu vermitteln (damit z. B. Chemikanten einfache Reparaturen außerhalb der Tagschicht auch selbst durchführen können).“ ... „Als Maßnahme werden angehenden Chemikanten, Industriemechanikern und Prozessleitelektronikern an ca. 140 Tagen ihrer Berufsausbildung berufsfeldübergreifende und fallbezogene Unterrichtsbausteine angeboten. Die angehenden Papiermacher, Industriemechaniker und Energieelektroniker nehmen an ca. 70 Tagen ihrer Berufsausbildung an berufsfeldübergreifenden und fallbezogenen Unterrichtsbausteinen teil. In diesen lernen die Auszubildenden gemeinsam zu experimentieren, Problemstellungen aus den Bereichen Chemie- / Papiertechnik, Mechanik und Elektronik zu bearbeiten und (im dritten Lehrjahr) in einer Wechselschichtgruppe mitzuarbeiten. Dadurch sammeln sie Erfahrungen in der Kooperation mit Auszubildenden anderer Berufsgruppen und werden darin geschult, selbständig Kleinanlagen aufzubauen, zu betreiben, Störungen zu diagnostizieren, Lösungsmöglichkeiten zu erarbeiten, sich für Lösungen zu entscheiden, diese zu realisieren, den Erfolg der eingesetzten Maßnahmen zu kontrollieren und zu bewerten. Damit kommt der Fähigkeit der Ausbilder, Auszubildende bei der Bearbeitung von Fragestellungen als Lernberater zu unterstützen, besondere Bedeutung zu. Die übrige Ausbildung ist nach wie vor wissens- und verrichtungsbezogen“ [70].

### **10.1.2 Ausbildergesprächsleitfaden**

„Prozess-, Produkt- und Organisationsinnovationen in der betrieblichen Arbeitswelt führen zu neuen Aufgabenfeldern und Qualifikationsprofilen der Mitarbeiter. Aufgabe des Bereiches Ausbildung ist es, auf diese Entwicklung mit adäquaten Ausbildungsinhalten und einer flexiblen, situationsangepassten Organisation der betrieblichen Ausbildung zu reagieren“ [42].

Um Lösungsansätze für die Flexibilisierung von Ausbildungsbemühungen zu erarbeiten, werden im Rahmen eines zweiten Modellversuches seit dem Jahre 2000 mit einer Laufzeit von vier Jahren bei der Degussa AG am Standort Marl Konzepte zu den Themengebieten Ausbildungsbedarfsermittlung und Prozessoptimierung in der Ausbildung erarbeitet. Instrumente, Methoden und Ausbildungseinheiten werden, vor dem Hintergrund eines sich kontinuierlich ändernden Arbeitsumfeldes entwickelt. Ziel des Modellversuches ist es, Möglichkeiten zu erarbeiten, mit denen auf die Bedürfnisse von Kunden und



Auszubildenden in diesem dynamischen System zeitnah reagiert werden kann, um so auch künftig eine effektive, effiziente und innovative Berufsausbildung zu ermöglichen.

Die Versuchsgruppe des zweiten Modellversuchs setzt sich aus den kompletten Einstellungsjahrgängen 1999 und 2000 der Berufsgruppen Chemikant, Industrie- und Anlagenmechaniker sowie Energie- und Prozessleitelektroniker zusammen. Einige Elemente des Modellversuches wurden zusätzlich in den Ausbildungsbereichen Chemielaborant und Industriekaufmann durchgeführt.

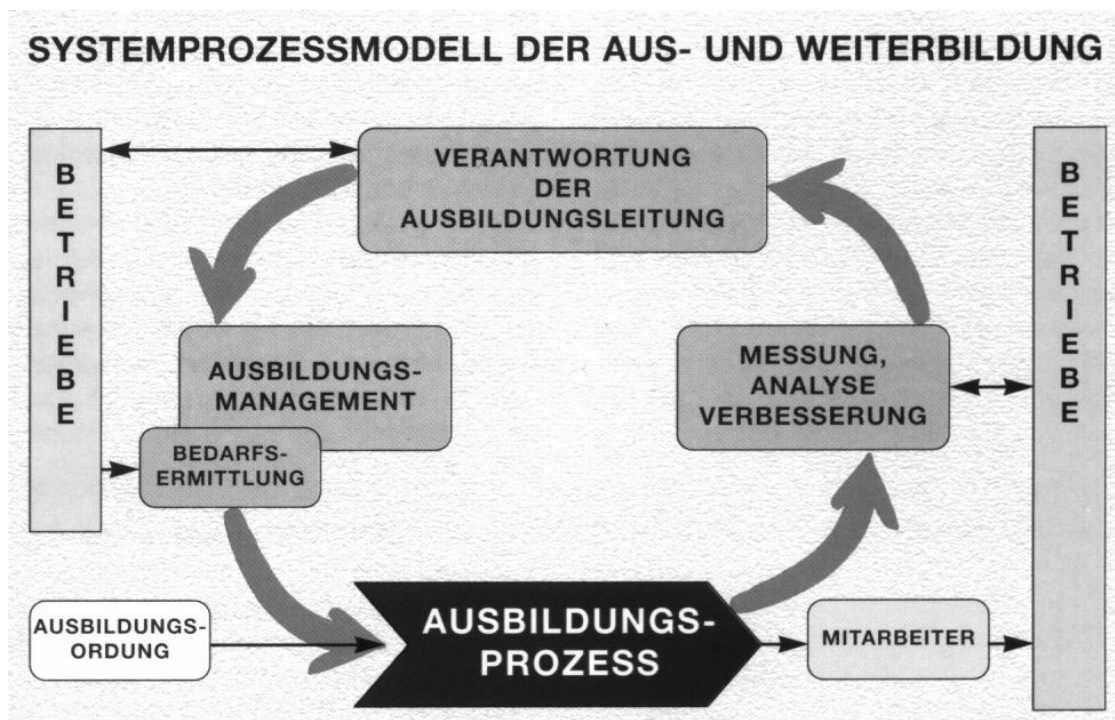


Abbildung 29 Systemprozessmodell der Aus- und Weiterbildung [42]

Die Untersuchungsschwerpunkte des Modellversuches lagen im Jahre 2001 auf den Teilprozessen „Bedarfsermittlung“ und „Ausbildungsprozess“ sowie im Jahre 2002 auf den Teilprozessen „Messung, Analyse“ und „Optimierung des Ausbildungsprozesses“ (vgl. Abbildung 29). Innerhalb dieses zweiten Modellversuches wurde das in Kapitel 10.2.2 beschriebene Instrument des Ausbildergesprächsleitfadens entwickelt.

## 10.2 Untersuchungsfragen

Die bei Bearbeitung der vorgestellten Ausbildungsmodule im Mittelpunkt stehende Anforderung ist die Förderung des Problemlösungsverhaltens von Auszubildenden durch die betreuenden Ausbilder. Alle drei Ausbildungsmodule sind so gestaltet, dass Auszubildende in interdisziplinären Teams die aufgezeigten Aufgaben- und Problemstellungen selbstorganisiert bearbeiten können. Geänderte Anforderungen an die Ausbilder (vgl. Kapitel 7.5.5) sind in der strukturierten Anleitung der Auszubildenden, in der wohl dosierten Hilfestellung während der Bearbeitung der Problemstellungen und in der sorgfältigen Nachbesprechung des von den Auszubildenden erarbeiteten Problemlösungswegs und des Arbeitsergebnisses zu sehen. Die gewählte Ausbildungsform muss also verbunden sein mit einer guten Informationslage und angemessenen Entscheidungsfreiheiten der Auszubildenden bei der Planung und Durchführung der Arbeitsschritte (vgl. Kapitel 7.3). Die eigenverantwortliche, selbstorganisierte Arbeit in interdisziplinären Teams wird nicht den Gewohnheiten eines jeden Auszubildenden entsprechen. Für Auszubildende, die Selbstvertrauen und Sicherheit bisher aus eindeutigen Instruktionen des Ausbilders z. B. entsprechend der Vier-Stufen-Methode ziehen, wird es sich wahrscheinlich zunächst als schwierig erweisen, komplexe Problemstellungen im Austausch mit Auszubildendenkollegen zu strukturieren und eine anfängliche Unkenntnis zu akzeptieren. Der Arbeitsalltag dieser zukünftigen Mitarbeiter in einem Produktionsbetrieb oder einem Labor wird aber verstärkt durch die interdisziplinäre Bearbeitung komplexer, unstrukturierter Problemstellungen bestimmt sein.

### 10.2.1 Detailbetrachtung: Auszubildendenfragebogen

Zur Bearbeitung der Untersuchungsfragen dieser Arbeit sowie zur Strukturierung der KVP-orientierten (vgl. Abbildung 25) Reflexionsphase der Ganzheitlichen-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform (vgl. Abbildung 7) kommt eine modifizierte Variante (vgl. Kapitel 14.5) des im Modellversuch 1 (vgl. [40], S. 52 und S. 56) eingesetzten Fragebogens zur Anwendung.

Mit dem Instrument ist prüfbar, ob Projektbetreuer und Auszubildende gemeinsam die skizzierten Grundgedanken der selbstorganisierten, eigenverantwortlichen Problembearbeitung in den drei erstellten berufsfeldübergreifenden Ausbildungsmodulen umsetzen.

Die eingesetzten Skalen und Fragen werden im weiteren Verlauf den drei Themengebieten a) Prüfung der Ausbildungsrealisation aus Sicht der Auszubildenden (vgl. Kapitel 10.2.1.1), b) Motivation, Einstellungen und Werthaltungen der Auszubildenden (vgl. Kapitel 10.2.1.2) und c) subjektive Kompetenz der Auszubildenden (Kapitel 10.2.1.3) zugeordnet.

#### 10.2.1.1 Prüfung der Ausbildungsrealisation aus Sicht der Auszubildenden

Es ist zu prüfen, ob die Idee der berufsfeldübergreifenden Zusammenarbeit und die Methode der Ausbildung an realen Problemsituationen mit Hilfe der in Kapitel 4.3 beschriebenen Ausbildungsformen angemessen umgesetzt wird. Im Einzelnen stellen sich die Fragen:

- Werden die betreuenden Ausbilder ihrer Rolle als Lernberater in den favorisierten Ausbildungsformen gerecht?
- Geben sie wohldosierte Hilfestellungen und unterstützen sie den selbstorganisierten Problemlösungsprozess der Auszubildenden?
- Wie ist das Informationsklima bei der Durchführung der Ausbildungsmodule in Bezug auf Informationsversorgung, Innovationsklima und Leistungsrückmeldung?

Details zur Herkunft der Fragebögen und Skalen sind Tabelle 11 zu entnehmen. Die in der Tabelle verwandte Bezeichnung Kategorie (Kat.) erlaubt einen direkten Bezug zu den in Kapitel 10.5 und 14.8 aufgeführten Untersuchungsergebnissen und Daten.

Skalen- bezeichnung / Frage Nr.	Quelle	Beispiel-Items
<b>Prüfung der Realisation aus der Sicht der Auszubildenden</b>		
Skalen zu den Projekt- rahmen- bedingungen in Bezug auf Information, Innovation, Leistungsrück- meldung  (Frage Nr.: 1 - 17)	[48], [68], [67]	<p>Kat. 1: Informationsversorgung ( Frage 1 - 5): Die Informationen, die ich benötige, um meine Arbeit angemessen zu erledigen, stehen mir rechtzeitig; übersichtlich aufbereitet; vollständig zur Verfügung.</p> <p>Kat. 2: Innovationsklima (Frage 6 - 11): Im Ausbildungszentrum ist es erwünscht, dass Dinge kritisch hinterfragt werden; Fragen gestellt werden; Verbesserungsvorschläge gemacht werden.</p> <p>Kat. 3: Leistungsrückmeldung (Frage 12 - 17): Die persönliche Rückmeldung zu meinen Leistungen erfolgt prompt; präzise; konstruktiv.</p>
Fragebogen zum Führungs- verhalten  (Frage Nr.: 18 - 52)	[13], [69], [68]	<p>Kat. 4: Leistungsanspruch (Frage 18, 25, 33, 38, 40, 48): Unsere Ausbilder wollen, dass wir uns bestmöglich anstrengen.</p> <p>Kat. 5: Ausbildungsplanung und Erfolgskontrolle (Frage 19, 26, 34, 41, 49): Sie lassen sich über die Arbeiten informieren, die gerade erledigt wurden.</p> <p>Kat. 6: Vorgabe von Leistungszielen (Frage 20, 42, 46, 50): Sie sorgen dafür, dass wir klare Leistungsziele haben.</p> <p>Kat. 7: Unterstützung des Problemlösens (Frage 21, 27, 35, 43, 51): Sie helfen uns dabei, Probleme zu entdecken, bevor sie ausufern.</p> <p>Kat. 8: Partizipation (Frage 22, 28, 36, 44, 52): Sie legen Wert darauf, dass wir uns an wichtigen Entscheidungen beteiligen.</p> <p>Kat. 9: Persönliche Zuwendung (Frage 29, 45): Sie beraten uns bei persönlichen Schwierigkeiten.</p> <p>Kat. 10: Berufliche Förderung (Frage 30): Sie helfen uns, unsere Fertigkeiten weiterzuentwickeln.</p> <p>Kat. 11: Soziale Leistungsfolgen (Frage 23, 31): Sie loben gute Arbeit.</p> <p>Kat. 12: Vertrauen in die Ausbilder (Frage 24, 32, 37, 39, 47): Sie versuchen, einen Schuldigen zu finden, wenn etwas falsch gelaufen ist. (invers)</p>

Tabelle 11 Fragen zur Projektrealisation aus Sicht der Auszubildenden [40]

### 10.2.1.2 Motivation, Einstellungen und Werthaltungen

Zu prüfen ist, welche Einstellungen und Werthaltungen Auszubildende gegenüber ihrer Ausbildung haben, wie motiviert sie bei Durchführung der beschriebenen Ausbildungsmodulen sind und in welchem Umfang sie eine interdisziplinäre Zusammenarbeit favorisieren.

Skalen-bezeichnung / Frage Nr.	Quelle	Beispiel-Items
<b>Motivation, Einstellungen und Werthaltungen der Auszubildenden</b>		
Skalen zur Motivation (Frage Nr.: 65 - 71)	[69]	Kat. 13: Intrinsische Motivation (Frage 65 - 68): Wie wahrscheinlich ist es, dass Sie mit sich zufrieden sind, wenn Sie Ihre Arbeit besonders gut erledigen?  Kat. 14: Extrinsische Motivation (Frage 69 - 71): Wie wahrscheinlich ist es, dass Ihre Ausbilder Ihre Leistung loben, wenn Sie Ihre Arbeit besonders gut erledigen?
Skala zu Einstellungen der Auszubildenden (Frage Nr.: 78 - 86)	[69]	Kat. 15: Einstellung gegenüber Berufsausbildung (Frage 78 - 82): Wie bedeutsam sind Ihnen folgende Aspekte der Arbeit: Arbeitsaufgaben im Projekt zu erfüllen, bei denen man geistig herausgefordert wird.  Kat. 16: Einstellung gegenüber Teamarbeit (Frage 83 - 86): Wie bedeutsam sind Ihnen folgende Aspekte der Arbeit: Mit Arbeitskollegen zusammenzuarbeiten.

*Tabelle 12 Fragen zur Werthaltung der Auszubildenden [40]*

### 10.2.1.3 Subjektive Kompetenz der Auszubildenden

Es ist zu untersuchen, wie kompetent sich Auszubildende in fachlicher und sozialer Hinsicht fühlen:

- Werden sie bei der Bearbeitung komplexer Problemstellungen überfordert oder sind sie zuversichtlich, Problemstellungen erfolgreich zu lösen (Selbstvertrauen in fachlicher Hinsicht)?
- Entspricht der gewählte Komplexitätsgrad der Projektthemen dem Leistungsvermögen der Auszubildenden?
- Unterstützen die gewählten Ausbildungs- und Sozialformen die Entwicklung von sozialem Selbstvertrauen in interdisziplinären Arbeitssituationen?
- Gewährleisten die gewählten Ausbildungsformen eine ausreichende Transparenz für den Auszubildenden (Klarheit Vorgehen / Leistungsmaßstäbe)?

Skalen- bezeichnung / Frage Nr.	Quelle	Beispiel-Items
<b>Subjektive Kompetenz der Auszubildenden</b>		
Skalen zur Klarheit  (Frage Nr.: 53 - 58)	[69], [67], [3]	Kat. 17: Klarheit des Vorgehens (Frage 53 - 56): Wie klar ist Ihnen, wie Sie vorgehen müssen, um Ihre Arbeiten erfolgreich zu erledigen?  Kat. 18: Klarheit der Leistungsmaßstäbe (Frage 57 - 58): Wie klar ist Ihnen, welche Arbeitsleistungen Ihren Ausbilder zufrieden stellen?
Skalen zur Über- forderung und zur Unter- forderung im Arbeitsleben  (Frage Nr.: 59 - 64)	[69] , [49]	Kat. 19: Anforderungen (Frage 59 - 64): Bei der Arbeit im Projekt habe ich die Möglichkeit, mein Können weiterzuentwickeln und Neues dazulernen.  Im Projekt werde ich meinen Fähigkeiten entsprechend eingesetzt.
Skalen zum Selbstver- trauen  (Frage Nr.: 72 - 77)	[69], [54]	Kat. 20: Fachliches Selbstvertrauen (Frage 72 - 74): Ich habe Vertrauen in meine Fähigkeiten, meine Arbeit gut zu schaffen.  Kat. 21: Selbstvertrauen in sozialen Arbeitssituationen (Frage 75 - 77): Ich komme gut mit Situationen klar, die eine intensive Zusammenarbeit mit Kollegen erfordern.

*Tabelle 13 Fragen zur subjektiven Kompetenzeinschätzung der Auszubildenden [40]*

### 10.2.2 Detailbetrachtung: Ausbildergesprächsleitfaden

Zur individuellen Leistungsbeurteilung des einzelnen Auszubildenden innerhalb der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform wird ein Gesprächsleitfaden (vgl. Kapitel 14.6) zur Durchführung eines Beurteilungs- und Förderungsgesprächs verwendet.

Der Aufbau des Gesprächsleitfadens (im Modellversuch 2 als Bedarfs-ermittlungsbogen bezeichnet) wird innerhalb des dritten Zwischenberichtes des zweiten Modellversuchs mit dem Titel „Entwicklung eines Instrumentes zur Ermittlung des Qualifizierungsbedarfes von Auszubildenden in Prozess-betreuungsberufen und Verbesserung der Zielgenauigkeit und Effizienz der Ausbildung durch mehrdimensionale Flexibilisierung und Erfolgsrückmeldung“ [42] zusammenfassend beschrieben:

Der zur Erstellung einer individuellen Auszubildendenkompetenzbilanz zum Einsatz kommende Gesprächsleitfaden dient zum einen der Ermittlung des Ausbildungsbedarfes in definierten Schlüsselqualifikationen in Form von

Gewichtungen und zum anderen der aktuellen Dokumentation des Ausbildungs- und Entwicklungsstandes des Auszubildenden. Durch die aus dem Vergleich zwischen Soll- und Ist-Situation ableitbaren Kompetenzdifferenzen ergeben sich für Ausbilder und Auszubildenden konkrete Hinweise zur Optimierung seiner Kompetenzbilanz, die im persönlichen Beurteilungs- und Förderungsgespräch erörtert werden können. Tabelle 14 beschreibt die einzelnen, im Gesprächsleitfaden abgebildeten Kompetenzbereiche.

Kompetenzbereich	Einzelkriterium
<b>Fachliche Kenntnisse und Fertigkeiten</b>	Materialkenntnisse
	Wissen um Arbeitsvorgänge und Arbeitsabläufe
	EDV-Kenntnisse
	Handwerkliches Geschick
	Arbeitsergebnis
<b>Methodische Fähigkeiten</b>	Auffassungsgabe, Aufmerksamkeit, Merkfähigkeit
	Übersicht bei komplexen Arbeiten
	Fähigkeit zur Fehlersuche und Fehlererkennung
	Problemlösefähigkeit
<b>Soziale Fähigkeiten</b>	Eigeninitiative
	Kooperationsverhalten
	Kommunikationsfähigkeit
	Konfliktfähigkeit
<b>Persönliche Arbeitshaltung</b>	Arbeitsmotivation
	Kundenorientierung
	Flexibilität
	Sicherheitsbewusstsein
	Besonnenheit
	Entscheidungs- und Handlungsbewusstsein
	Selbstkritik
	Sorgfalt und Sparsamkeit

*Tabelle 14 Kompetenzfacetten des Gesprächsleitfadens (vgl. Kapitel 14.6)*

Die Bedarfsermittlung basiert auf einem ganzheitlichen Kompetenzmodell, in dem auf fachliche Kenntnisse und Fertigkeiten, methodische sowie soziale Fähigkeiten und individuelle Einstellungen / Arbeitshaltungen des Auszubildenden eingegangen wird (vgl. Kapitel 7.2.5). Die quantitative Beschreibung der Wichtigkeit dieser Kompetenzkriterien aus Sicht des Ausbilders erfolgt in den Kategorien 1 (= unwichtig) bis 4 (= sehr wichtig). Zur

Präzisierung des Kompetenzbedarfes werden die einzelnen Kompetenzkriterien weiter in Einzelkriterien untergliedert. Das Einzelkriterium wiederum wird zur Verringerung seiner Abstraktheit und zur Steigerung der Praxistauglichkeit des Gesprächsleitfadens mit typischen, gut zu beobachtenden Verhaltensbeispielen belegt (vgl. Abbildung 30). Die Dokumentation der quantitativen Ausprägung der Fertigkeiten bzw. Fähigkeiten erfolgt auf Basis des Schulnotensystems. Zur Wahrung objektiver Ergebnisse liegt dem Gesprächsleitfaden ein passender Notenschlüssel bei.

Methodische Fähigkeiten											
Gewichtung der Kenntnis/Fertigkeit				Benennung der Fähigkeit	Typische Verhaltensbeispiele	Ausprägung beim Auszubildenden (Schulnoten)					
sehr unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	sehr wichtig			sehr gut	gut	befriedigend	ausreichend	mangelhaft	ungenügend
1	2	3	4	<b>Auffassungsgabe, Aufmerksamkeit, Merkfähigkeit</b>	Arbeitet sich schnell in neue Themengebiete ein; merkt sich Arbeitsaufträge, Störungsmuster, besondere Vorkommnisse; arbeitet sorgfältig und konzentriert über lange Zeiträume	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	<b>Übersicht bei komplexen Arbeiten</b>	Systematisches, umsichtiges und zweckmäßiges Vorgehen; behält die Übersicht; begreift schnell sachliche Zusammenhänge	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	<b>Fähigkeit zur Fehlersuche und Fehlererkennung</b>	Bemerkt Unregelmäßigkeiten; unterscheidet sicher Ursache und Wirkung; setzt richtige Prioritäten bei kritischen und unkritischen Fehlermeldungen	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	<b>Problemlösefähigkeit</b>	Isoliert Probleme; beschafft fehlende Informationen; sucht systematisch nach Lösungsansätzen; wägt Vor- und Nachteile gefundener Lösungen gegeneinander ab	1	2	3	4	5	6
Gewichtete Durchschnittsnote im Bereich methodische Fertigkeiten											

Abbildung 30 Struktur des Ausbildergesprächsleitfadens [42]

Insbesondere die Operationalisierung der Bewertung des Einzelkriteriums stellt eine gute Möglichkeit dar, den bereits im Unternehmen vorliegenden Beurteilungs- und Förderungsbogen (vgl. Kapitel 14.7) zu schärfen. Hierzu ist es von Unternehmensseite geplant, innerhalb einer Workshop-Reihe mit Ausbildern und Ausbildungsbeauftragten spezifische, auf die jeweiligen Ausbildungsstationen des Unternehmens abgestimmte Gesprächsleitfäden zu konzipieren.



### **10.3 Eignung der Untersuchungsinstrumente**

In den Kapiteln 10.1 und 10.2 werden Herkunft, Struktur sowie ursprüngliche Verwendung der Untersuchungsinstrumente dargelegt. Im Folgenden werden Untersuchungsabsichten und organisatorische Rahmenbedingungen der beiden Modellversuche mit den Untersuchungsabsichten und Rahmenbedingungen dieser Arbeit verglichen. Dabei aufgezeigte Parallelen legen den Transfer-einsatz der Untersuchungsinstrumente nahe.

#### **10.3.1 Untersuchungsabsichten und Rahmenbedingungen**

Sowohl in Modellversuch 1 (vgl. Kapitel 10.1.1) wie auch in dieser Arbeit steht die Konzipierung neuer Ausbildungsmodule, die es zum Ziel haben,

- die Bereitschaft zur schnellen und wirkungsvollen Unterstützung von Nicht-Berufskollegen zu stärken,
- die Bereitschaft zur gemeinsamen, selbstorganisierten Bearbeitung von Aufgaben- und Problemstellungen zu erhöhen,
- das berufsfeldübergreifende Grundwissen zu vertiefen
- und berufsfeldübergreifende Grundfertigkeiten zu erlernen,

im Vordergrund.

Dabei soll die Qualität der Ausbildungsbemühungen (beispielsweise Funktion des Ausbilders als Lernberater, Ausbildungsformen als Strukturgeber) gemessen werden, um im Sinne eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses Ansatzpunkte für eine Optimierung aufzuzeigen.

Der beschriebene Auszubildendenfragebogen wurde innerhalb des 1. Modellversuches in einem großen Chemieunternehmen standardmäßig eingesetzt. Evaluiert wurden an sieben Messzeitpunkten vier Versuchsgruppen mit je 48 Auszubildenden aus den Berufsbildern Chemikant, Industriemechaniker und Prozessleitelektroniker. Weiterhin wurde der Fragebogen in Modellversuch 2 bei 280 Messungen eingesetzt. In den hier beschriebenen Ausbildungsmodulen liegt eine Untersuchungsgruppe mit 17 Teilnehmern aus den Berufsfeldern Chemikant, Energieelektroniker, Informatikkaufmann und Laborant vor. Es wurden in Summe drei Messungen durchgeführt (vgl. Kapitel 10.4). Eine Absicherung des gewonnenen Datenmaterials erfolgt durch einen Vergleich mit den umfangreichen, in den Modellversuchen gewonnenen Daten.

Der im 2. Modellversuch entwickelte Bedarfsermittlungs- und Beurteilungsbogen (hier Ausbildergesprächsleitfaden zur Führung eines Beurteilungs- und Förderungsgesprächs) soll dazu beitragen,

- betriebliche Anforderungen an Auszubildende strukturiert zu erfassen,
- Einzelleistungen der Auszubildenden objektiv, isoliert vom Teamarbeitsergebnis, durch operationalisierte Tätigkeitsbeispiele beurteilen zu können
- und durch den Vergleich von Qualifikation und Tätigkeitsanforderungen individuellen Qualifizierungsbedarf der Auszubildenden abzuleiten.

Die Praxistauglichkeit dieses Instrumentes zur Führung eines individuellen Beurteilungs- und Förderungsgesprächs wird exemplarisch durch Verwendung in Ausbildungsmodul 3 demonstriert.

#### **10.4 Untersuchungsverlauf**

Die Befragung der Untersuchungsgruppen erfolgt schriftlich, anonym während der Arbeitszeit. Pro Messung stehen den Auszubildenden zur Bearbeitung des Fragebogens 45 Minuten Zeit zur Verfügung. Die Auszubildenden werden instruiert, die Fragebögen selbständig und in Einzelarbeit auszufüllen. Zur Klärung etwaiger, nicht verständlicher Fragen ist während der Bearbeitung ein Projektbetreuer als Ansprechpartner anwesend.

Die Befragungsgruppe zu Ausbildungsmodul 1 besteht aus zwei Chemielaboranten, zwei Energieelektronikern und zwei Chemikanten. An Ausbildungsmodul 2 nehmen ein Chemielaborant, zwei Energieelektroniker und zwei Informatikkaufleute teil. An den Befragungen zu Ausbildungsmodul 3 sind zwei Chemielaboranten und vier Energieelektroniker beteiligt. In Summe nehmen an der Untersuchung 17 Personen, davon 11 männliche und 6 weibliche teil. Das Lebensalter der befragten Personen variiert zu den Befragungszeitpunkten zwischen 16 und 20 Jahren.

Die Befragung der Auszubildenden mittels des Fragebogens wurde ex-post für alle Ausbildungsmodule durchgeführt.

In Ausbildungsmodul 3 wurde zusätzlich zu den genannten Messzeitpunkten von den Projektbetreuern der Gesprächsleitfaden zur Führung eines Beurteilungs- und Förderungsgesprächs eingesetzt.

Messung	Auszubildendenfragebogen	Ausbildergesprächsleitfaden
1	Ex-Post-Messung: Ausbildungsmodul 1 Untersuchungsgruppe: 2 EE, 2 CHL, 2 CHK (n = 6)	
2	Ex-Post-Messung: Ausbildungsmodul 2 Untersuchungsgruppe: 2 EE, 1 CHL, 2 IFK (n = 5)	
3	Ex-Post-Messung: Ausbildungsmodul 3 Untersuchungsgruppe: 4 EE, 2 CHL (n = 6)	Statusmessung 1: Ausbildungsmodul 3 Untersuchungsgruppe: 4 EE, 2 CHL (n = 6)
4		Statusmessung 2: Ausbildungsmodul 3 Untersuchungsgruppe: 4 EE, 2 CHL (n = 6)

*Tabelle 15 Verlauf der Untersuchung*

## 10.5 Untersuchungsbefunde

Die Auswertung der verdichteten Untersuchungsergebnisse erfolgt entsprechend der drei zuvor definierten Themengebiete

- Prüfung der Ausbildungsrealisation aus Sicht der Auszubildenden,
- Einstellungen und Werthaltungen der Auszubildenden und
- subjektive Kompetenz der Auszubildenden

mit ihren in Summe 21 Subkategorien (vgl. Kapitel 10.2.1).

Dabei werden zur Absicherung die innerhalb dieser Arbeit gewonnenen Daten mit denen der Modellversuche (vgl. Kapitel 10.1) verglichen (DEG MV 1: n = 48; DEG MV 2: n = 280). Einzeldatensätze können dem Kapitel 14.8 entnommen werden.

Um Möglichkeiten der praktischen Verwendung des Ausbilder-gesprächsleitfadens in Beurteilungs- und Förderungsgesprächen aufzuzeigen, werden im Anschluss in Kapitel 10.5.5 exemplarisch einige Auswertungen besprochen.

## 10.5.1 Prüfung der Ausbildungsrealisation aus Sicht der Auszubildenden

### 10.5.1.1 Kat. 1: Informationsversorgung

Die in den Ausbildungsmodulen zu bearbeitenden Aufgabenstellungen erfordern die selbständige und selbstorganisierte Recherche und Beschaffung von Informationen durch Auszubildende. Damit Auszubildende die anstehenden Arbeiten innerhalb der Module planen und ausführen können, müssen bestimmte Informationen bzw. die Ressourcen zur Informationsbeschaffung zu einem bestimmten Zeitpunkt in einer definierten Form zur Verfügung stehen oder beschafft werden können (vgl. [40], S. 48). Mit der verdichteten Darstellung zur Kat. 1 Informationsversorgung (vgl. Abbildung 31) wird überprüft, ob diese wichtige Randbedingung innerhalb der Ausbildungsmodule gewährleistet werden kann.

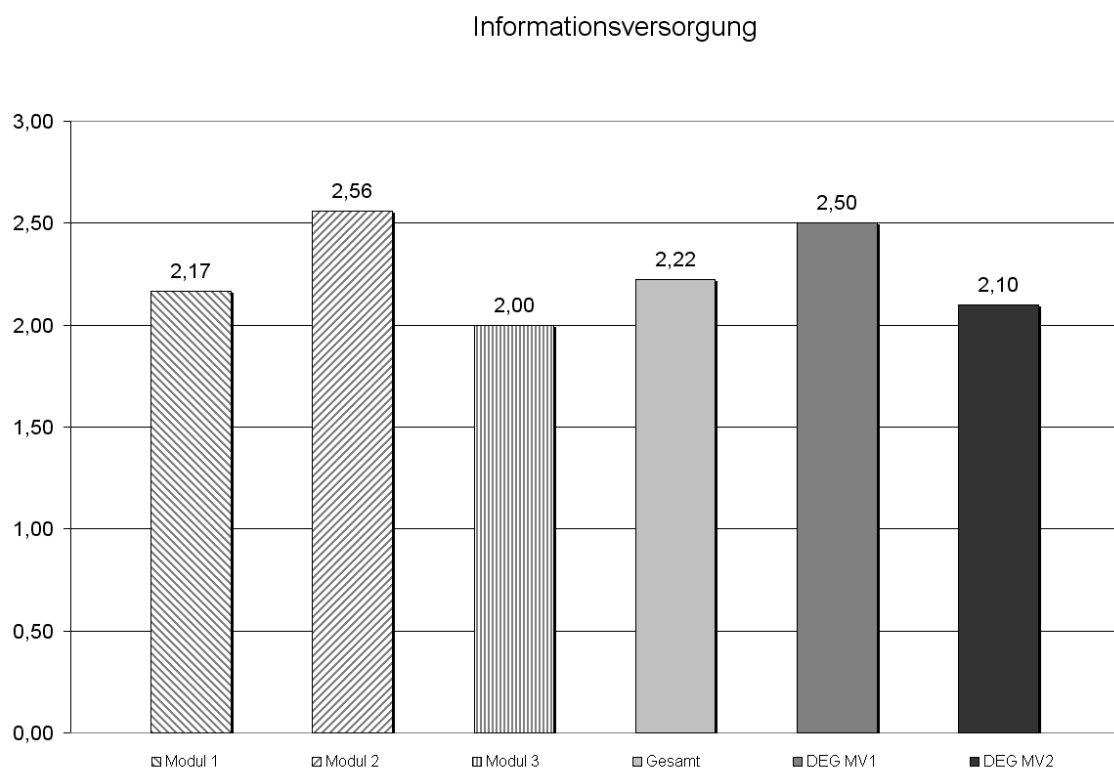


Abbildung 31 Auswertung Kat. 1 - Informationsversorgung

Die Güte der Informationsverfügbarkeit ist im Durchschnitt (Gesamt = 2,22) vergleichbar mit der in Modellversuch 2 (MV 2 = 2,10). Die hohen Niveaus in Modul 1 (Modul 1 = 2,17) und insbesondere in Modul 2 (Modul 2 = 2,56) lassen auch Rückschluss auf eine gute Verwertbarkeit der in den Ausbildungsmodulen aufbereiteten Informationen zu (vgl. Kapitel 4.2). Eine Erhöhung des Arbeitsaufwandes zur eigenständigen Informationsbeschaffung begründet die sinkende Tendenz zur Informationsverfügbarkeit in Modul 3 (Modul 3 = 2,00).

#### 10.5.1.2 Kat. 2: Innovationsklima

Eine erfolgreiche soziale Eingliederung von Auszubildenden erfordert einen zweckdienlichen Austausch von aufgaben- und betriebsspezifischen Informationen. Insbesondere das Arbeiten in Teams setzt neben den fachlichen Qualifikationen Kompetenzen im methodischen und kommunikativen Bereich voraus. Das Procedere des Informationsaustausches, das für die gemeinsame Arbeitsplanung und für das Lösen von betrieblichen Problemen von zentraler Bedeutung ist, wird institutionalisiert (vgl. [40], S. 48). Inwieweit dieser Prozess aus Sicht der Auszubildenden umgesetzt worden ist, kann der grafischen Auswertung in Abbildung 32 entnommen werden.

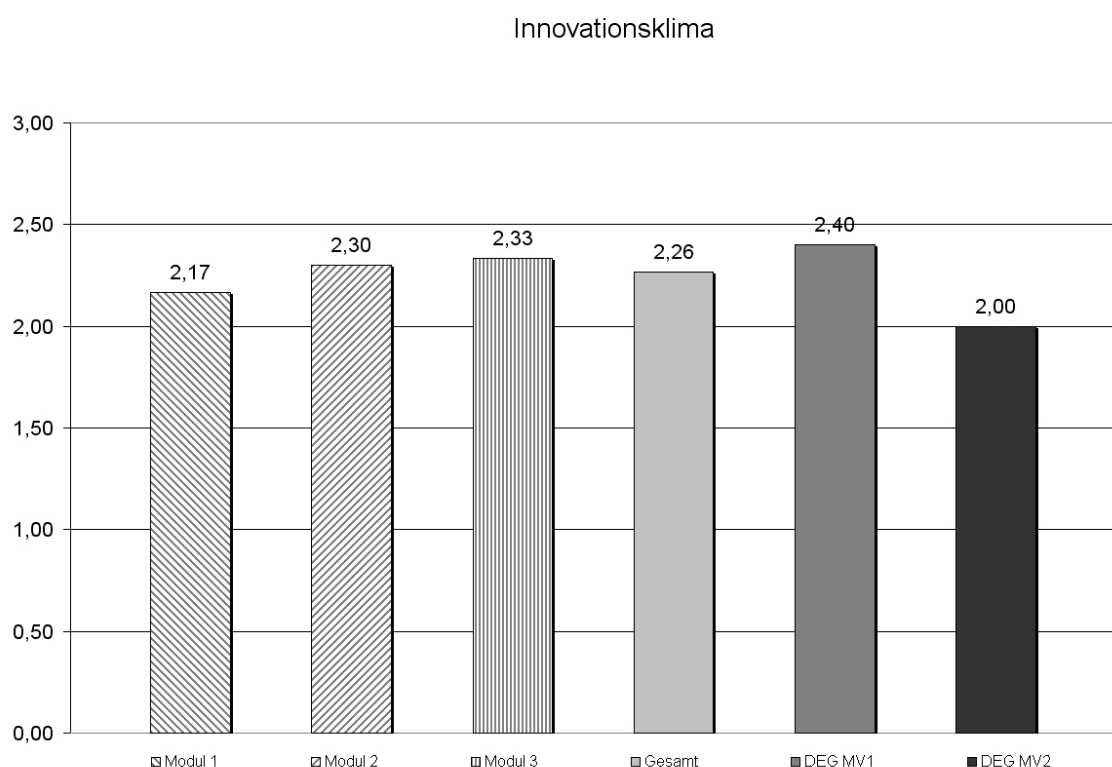


Abbildung 32 Auswertung Kat. 2 - Innovationsklima

Bei Vergleich der Ausbildungsmodule untereinander sind keine signifikanten Differenzen festzustellen (Modul 1 = 2,17; Modul 2 = 2,30; Modul 3 = 2,33). Der Informationsaustausch wird von den Auszubildenden als funktionierend eingeschätzt. Der Durchschnittswert für die Daten der Ausbildungsmodule (Gesamt = 2,26) liegt in vergleichender Betrachtung im Ergebniskorridor der Modellversuche (MV 1 = 2,40; MV 2 = 2,00). Die Auswertung kann als Bestätigung dafür angesehen werden, dass in den Ausbildungsmodulen das Procedere zum Informationsaustausch zwischen den Auszubildenden auf hohem Niveau umgesetzt wird.

### 10.5.1.3 Kat. 3: Leistungsrückmeldung

Der Zielsetzungstheorie von LOCKE und LATHAM folgend, führen ein angemessenes Leistungs-Feedback, ein angemessener Schwierigkeitsgrad der Aufgabe (vgl. Kat. 19) und eine genaue Zielformulierung (vgl. Kat. 6) zu besseren Leistungen (vgl. Kapitel 7.5.4). Inwieweit die Leistungsrückmeldung bei Durchführung der Ausbildungsmodule im Sinne eines guten Informationsaustausches zwischen Ausbilder und Auszubildenden gelingt, wird im Folgenden analysiert.

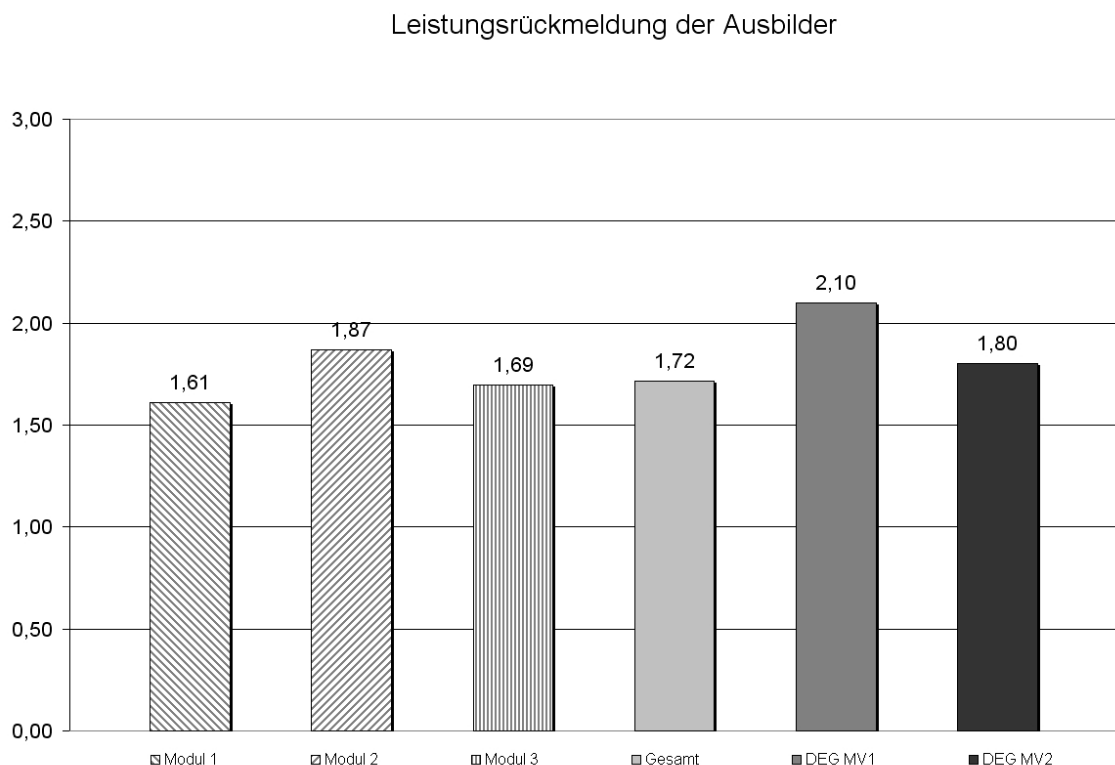


Abbildung 33 Auswertung Kat. 3 - Leistungsrückmeldung der Ausbilder

Die Ergebnisse der Abfragen zum Item Leistungsrückmeldung bewegen sich in den Ausbildungsmodulen nur auf durchschnittlichem Niveau (Modul 1 = 1,61; Modul 2 = 1,87; Modul 3 = 1,69), liegen im Vergleich aber noch im unteren Bereich des Ergebniskorridors der Modellversuche (MV 1 = 2,10; MV 2 = 1,80). In diesen Messergebnissen spiegelt sich für den Ausbilder die Schwierigkeit wieder, aufgrund des forcierten Teamarbeitsergebnisses dem einzelnen Auszubildenden eine adäquate Rückmeldung zu seinen individuellen Leistungen zu geben.

#### 10.5.1.4 Kat. 4: Leistungsanspruch

Ausbilder, die einen hohen Leistungsanspruch gegenüber ihren Auszubildenden haben, bauen einen unspezifischen Erfolgsdruck auf (vgl. [40], S. 46). Die Vermittlung von Leistungsansprüchen fördert nur dann die Selbstorganisation auf Seiten der Auszubildenden, wenn Ausbilder konkrete Leistungsziele vereinbaren (vgl. Kat. 6), die Auszubildenden anleiten, bei der Lösung von Problemen unterstützend eingreifen (vgl. Kat. 7) und über die Güte der erbrachten Leistungen informieren (vgl. Kat. 3).

Leistungsanspruch der Ausbilder

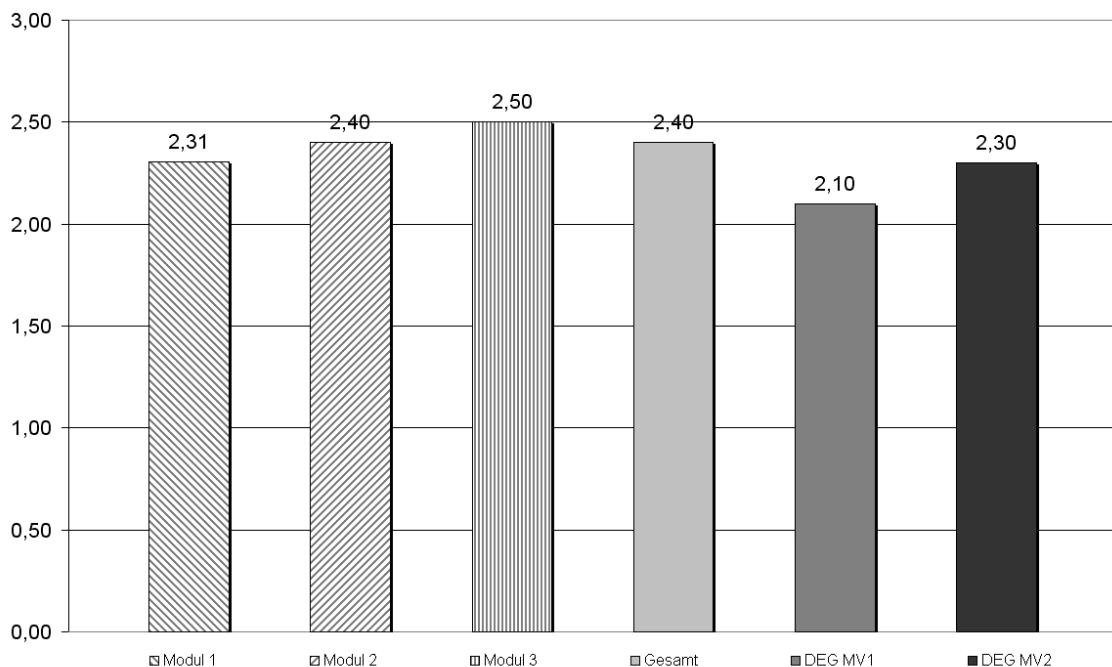


Abbildung 34 Auswertung Kat. 4 - Leistungsanspruch der Ausbilder

Der Leistungsanspruch der Ausbilder gegenüber ihren Auszubildenden bewegt sich in den Ausbildungsmodulen auf hohem Niveau mit kontinuierlich ansteigender Tendenz (Modul 1 = 2,31; Modul 2 = 2,40; Modul 3 = 2,50). Zurückzuführen ist dies auf die Zunahme der Komplexität der Aufgabenstellung.

Im Vergleich mit den Daten der Modellversuche bewegt sich der Leistungsanspruch der Ausbilder knapp oberhalb des durch die Modellversuche vorgegebenen Ergebniskorridors (MV 1 = 2,10; MV 2 = 2,30).

#### 10.5.1.5 Kat.5: Ausbildungsplanung und Erfolgskontrolle

„Ausbilder, die ihre Ausbildungseinheiten nachvollziehbar strukturieren, einen guten Überblick über das Ausbildungsgeschehen haben und sich fortlaufend über den Arbeitsfortschritt ihrer Auszubildenden informieren (lassen), werden von ihren Auszubildenden in der Regel als kompetent und verbindlich erlebt. Sie dienen als Rollenvorbild und regen angesichts komplexer Arbeitsaufgaben zur Nachahmung an („wie gehe ich vor, um das vorliegende Problem systematisch zu strukturieren“)“ (vgl. [40], S. 46).

Ausbildungsplanung und Erfolgskontrolle

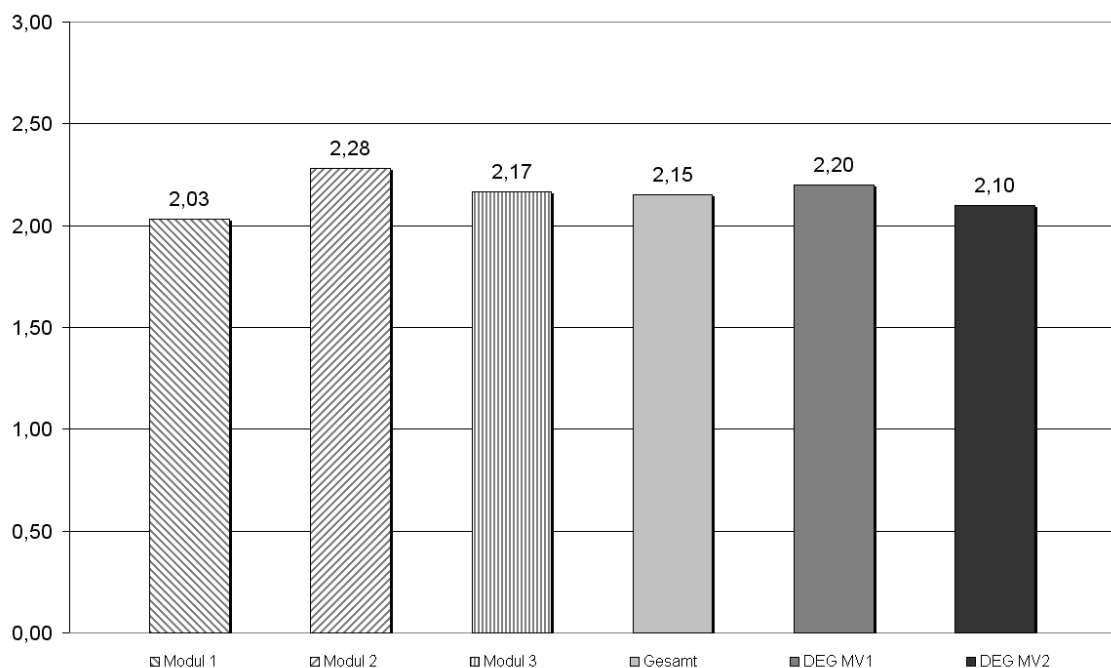


Abbildung 35 Auswertung Kat. 5 - Ausbildungsplanung und Erfolgskontrolle



Das hohe Niveau in dieser Kategorie spiegelt eine für die Auszubildenden transparente Vorgehensweise in den Ausbildungsmodulen 1 und 2 (Modul 1 = 2,03; Modul 2 = 2,28) wider. Die leichte Abnahme in Modul 3 (Modul 3 = 2,17) ist mit den dort fehlenden Strukturgebern in Form von detailliert vorbereiteten Ausbildungsmaterialien zu erklären. Jedoch gelingt mit der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform ein systematisches Vorgehen auf hohem Niveau. Die gewonnenen Ergebnisse sind vergleichbar mit denen der Modellversuche (MV 1 = 2,20; MV 2 = 2,10).

#### 10.5.1.6 Kat. 6: Vorgabe von Leistungszielen

„Ausbilder, welche die Auszubildenden genau instruieren bzw. konkrete Leistungsziele vermitteln, machen deutlich, was sie von den Auszubildenden erwarten. Durch die Vorgabe konkreter Leistungsziele suggerieren Ausbilder, daß die Auszubildenden positiv bewertet werden, wenn sie die genannten Leistungsziele erfüllen. Damit formen sie Rollenerwartungen (genauer: Ergebnis-Bewertungs-Erwartungen) bei den Auszubildenden, ohne näher zu präzisieren, welche Leistungen mit welcher Bewertung einher gehen. Der Auszubildende fühlt sich überfordert, wenn er den Anforderungen oder Erwartungen, die an ihn gerichtet werden, nicht entsprechen kann. Er fühlt sich unterfordert, wenn er anspruchsvollere Aufgaben bearbeiten und höheren Anforderungen oder Erwartungen gerecht werden will, jedoch keine Gelegenheit hierzu erhält. Er erlebt einen Rollenkonflikt, wenn er selbst, seine Kollegen oder seine Ausbilder mehrere unterschiedliche Anforderungen oder Erwartungen an sich richtet bzw. an ihn richten, die er weder gleichzeitig noch nacheinander befriedigen kann“ (vgl. [40], S. 46).

Die Vermittlung von Leistungszielen wird von den Ausbildern in den drei Ausbildungsmodulen ohne signifikante Änderungen auf hohem Niveau geleistet (Modul 1 = 2,13; Modul 2 = 2,15; Modul 3 = 2,06) und bewegt sich im Vergleich zu den Daten der Modellversuche knapp unterhalb des Ergebniskorridors (MV 1 = 2,30; MV 2 = 2,20).

## Vorgabe Leistungsziele

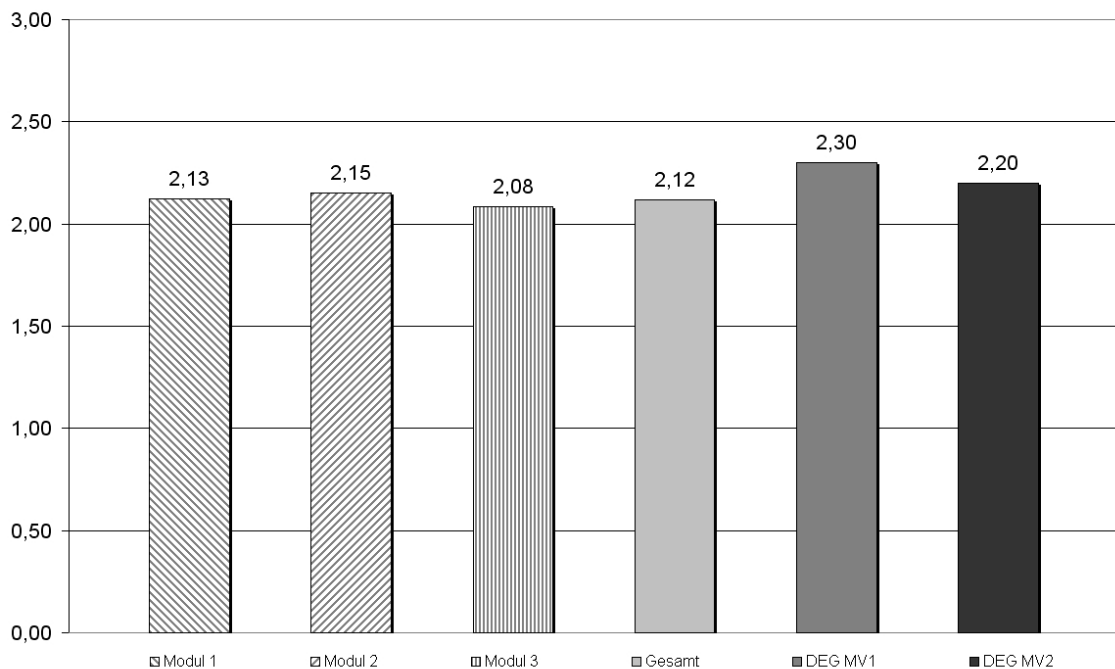


Abbildung 36 Auswertung Kat. 6 - Vorgabe von Leistungszielen

#### 10.5.1.7 Kat. 7: Unterstützung des Problemlösens

„Ausbilder, die Auszubildende bei der Bearbeitung einer fachlichen Problemstellung bzw. bei der Bewältigung eines zwischenmenschlichen Konfliktes als Lernberater unterstützen, helfen den Auszubildenden, Problemstellungen bzw. Konfliktsituationen systematisch zu analysieren, selbst Ziele zu formulieren, Lösungsansätze zu vergleichen, brauchbare Handlungen aus ihrem Handlungsrepertoire auszuwählen, Handlungsergebnisse selbst zu prüfen, zu bewerten und Konsequenzen aus ihrem Erfolg bzw. Mißerfolg zu ziehen. Sie unterstützen die Auszubildenden dabei, präzise fachliche bzw. soziale Rollenerwartungen (genauer: Handlungs-Ergebnis-Erwartungen) zu formen. Im Ausbildungsalltag entwickeln sich Handlungs-Ergebnis-Erwartungen meist in Form allgemeiner Handlungsstrategien. Sie bilden sich im Zuge der wiederholten Auseinandersetzung mit komplexen und inhaltlich eng umgrenzten Fragestellungen heraus und können eine Stärkung des Selbstvertrauens induzieren“ (vgl. [40], S. 46). In ihrer Funktion als Rollenvorbild erscheint es daher wichtig, das Ausbilder die in Kapitel 7.5.5 genannten Eigenschaften in Ausbildungseinheiten einflechten und vorleben.

## Unterstützung des Problemlösens

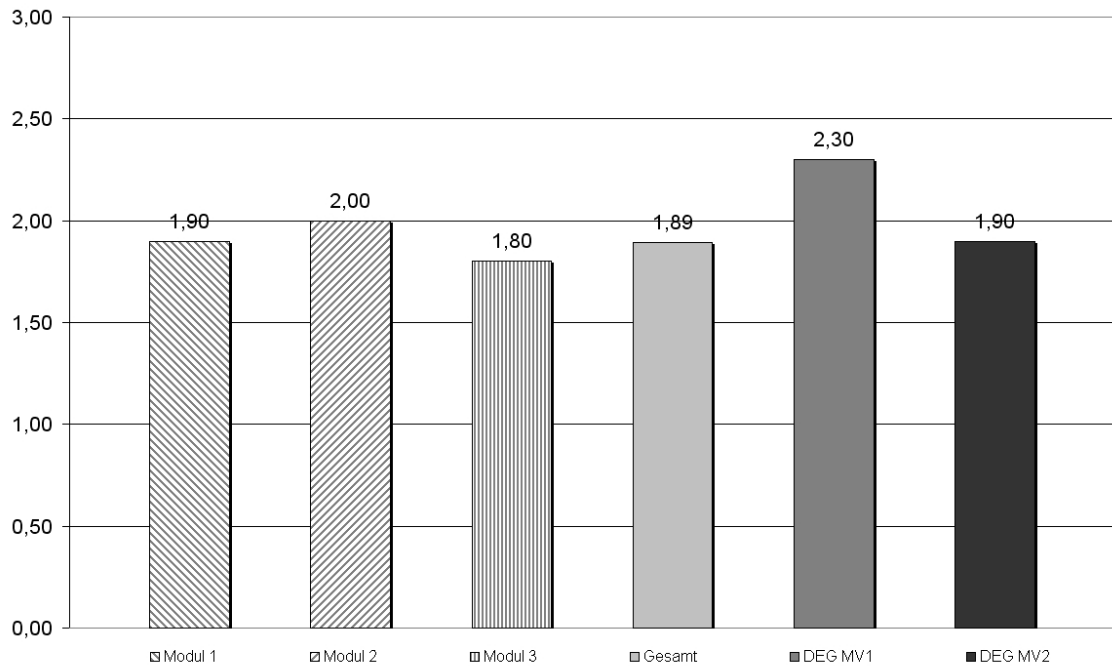


Abbildung 37 Auswertung Kat. 7 - Unterstützung des Problemlösens

Die Unterstützung des Problemlösens durch den Ausbilder funktioniert im ersten und zweiten Ausbildungsmodul (Projektorientierte Ausbildungsform) auf hohem Niveau (Modul 1 = 1,90; Modul 2 = 2,00), nimmt im dritten Modul (Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierte Ausbildungsform) jedoch leicht ab (Modul 3 = 1,80). Dies zeigt möglicherweise den bestehenden Trainingsbedarf der Ausbilder in Bezug auf den Einsatz neuer Ausbildungsformen. Im Vergleich zu den Ergebnissen der Modellversuche bewegen sich die Messungen im unteren Bereich des Ergebniskorridors (MV 1 = 2,30; MV 2 = 1,90).

#### 10.5.1.8 Kat. 8: Partizipation

Die Beteiligung von Auszubildenden an Entscheidungen wird in den favorisierten Ausbildungsformen (vgl. Kapitel 4.3) als gegeben vorausgesetzt. Bei qualifizierten Mitarbeitern erhöht eine angemessene Partizipation eine Verbesserung des Arbeitsverhaltens und der Arbeitsmoral.

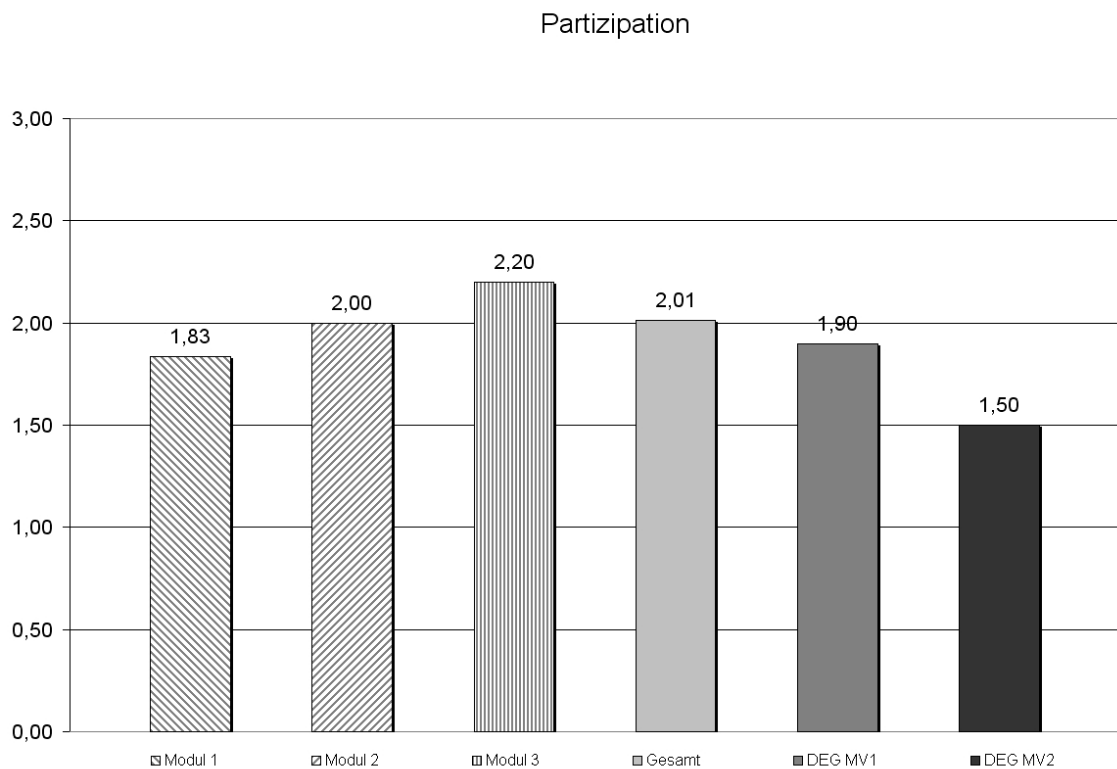


Abbildung 38 Auswertung Kat. 8 - Partizipation

Die Möglichkeit, sich im Ausbildungsverlauf an Entscheidungen zu beteiligen, nimmt nach Einschätzung der Auszubildenden über die Module kontinuierlich zu (Modul 1 = 1,83; Modul 2 = 2,00; Modul 3 = 2,20). Mit Zunahme des Selbstorganisationsgrades der Auszubildenden (vgl. Kapitel 9) erfolgt eine Erhöhung des Partizipationsgrades. Die gemessenen Werte bewegen sich im Ergebniskorridor der Modellversuche (MV 1 = 1,90; MV 2 = 1,50).

#### 10.5.1.9 Kat. 9: Persönliche Zuwendung

„Ausbilder, die sich um die Sorgen und Bedürfnisse ihrer Auszubildenden kümmern, ihre Auszubildenden nach einheitlichen Maßstäben behandeln und Auszubildende nicht losgelöst von ihren Ausbildungsleistungen bevorzugen, wirken glaubwürdig und machen das betriebliche Bewertungs- und Anreizsystem für die Auszubildenden eindeutig und verlässlich. Damit werden auch die Rollenerwartungen (genauer: Ergebnis-Bewertungs- und Bewertungs-Folge-Erwartungen) der Auszubildenden präziser. Die Auszubildenden erleben den Ausbildungskontext als sichere und faire Umgebung“ (vgl. [40], S. 47).

## Persönliche Zuwendung

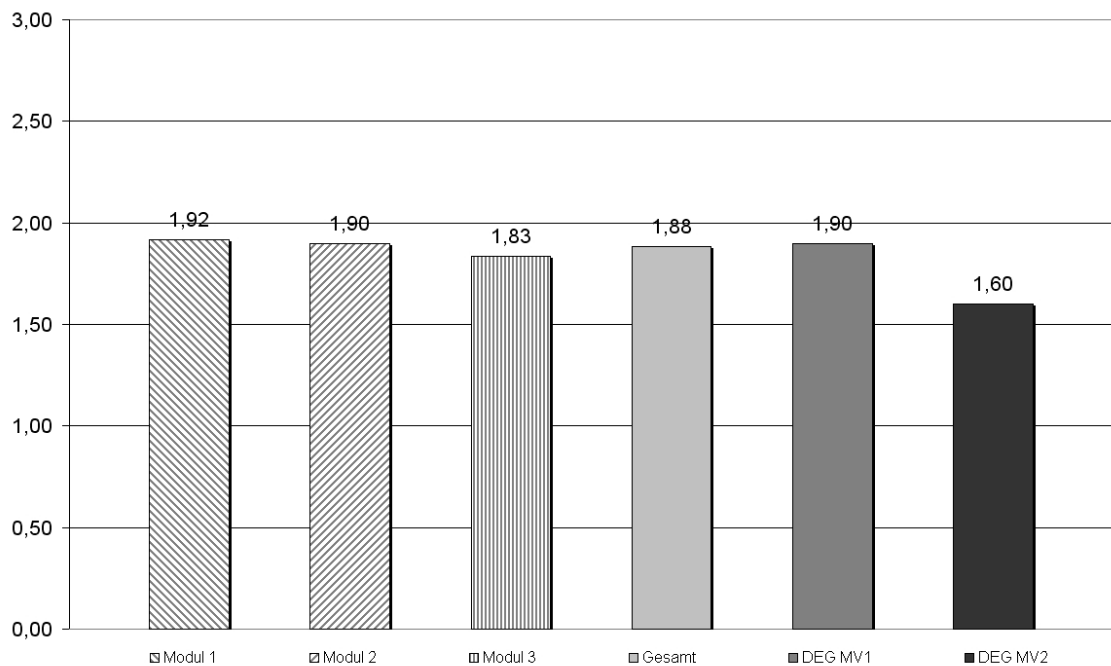


Abbildung 39 Auswertung Kat. 9 - Persönliche Zuwendung

Die Daten des Items „Persönliche Zuwendung“ bewegen sich auf durchschnittlich hohem Niveau ohne signifikante Messwertabweichungen zwischen den Modulen (Modul 1 = 1,92; Modul 2 = 1,90; Modul 3 = 1,83). Sie liegen innerhalb des Ergebniskorridors der Modellversuche (MV 1 = 1,90; MV 2 = 1,60).

#### 10.5.1.10 Kat. 10: Berufliche Förderung

„Ausbilder, die ihre Auszubildenden auf berufliche Entwicklungsmöglichkeiten (vor allem die Übernahme nach der Ausbildung) hinweisen, setzen Anreize für entsprechend interessierte Auszubildende“ (vgl. [40], S. 47). Dies erfolgt auf durchschnittlich hohem Niveau (Modul 1 = 1,50; Modul 2 = 2,00; Modul 3 = 2,00). Die Messergebnisse liegen auch hier im Ergebniskorridor der Modellversuche (MV 1 = 1,90; MV 2 = 1,70).

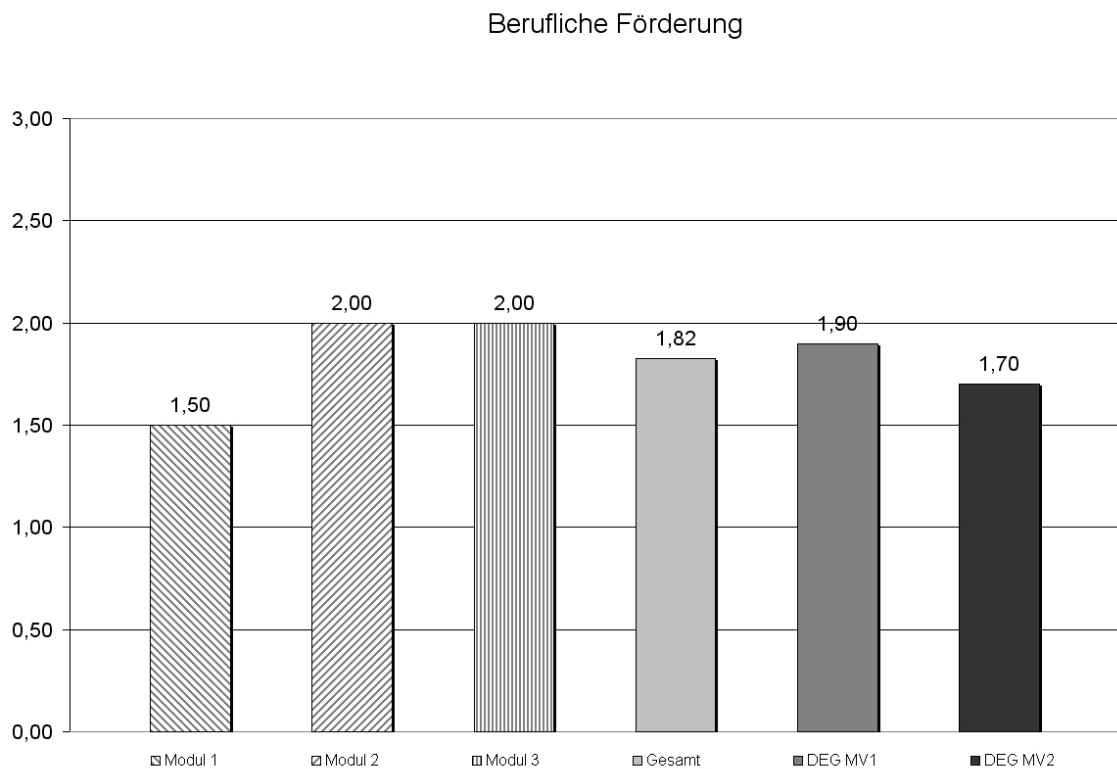


Abbildung 40 Auswertung Kat. 10 - Berufliche Förderung

#### 10.5.1.11 Kat. 11: Soziale Leistungserfolge

„Ausbilder, die mitteilen, wie sie den Erfolg bzw. Mißerfolg eines Auszubildenden (bei der Durchführung eines Experimentes, bei der Bewältigung eines Konfliktes usw.) bewerten, informieren über die Richtigkeit, Genauigkeit bzw. Angemessenheit des Handelns des Auszubildenden. Auszubildende können diese Informationen zu der Einschätzung "verdichten", welche Leistungen bzw. welches Verhalten die Ausbilder von ihnen erwarten“ (vgl. [40], S. 47).

## Soziale Leistungserfolge

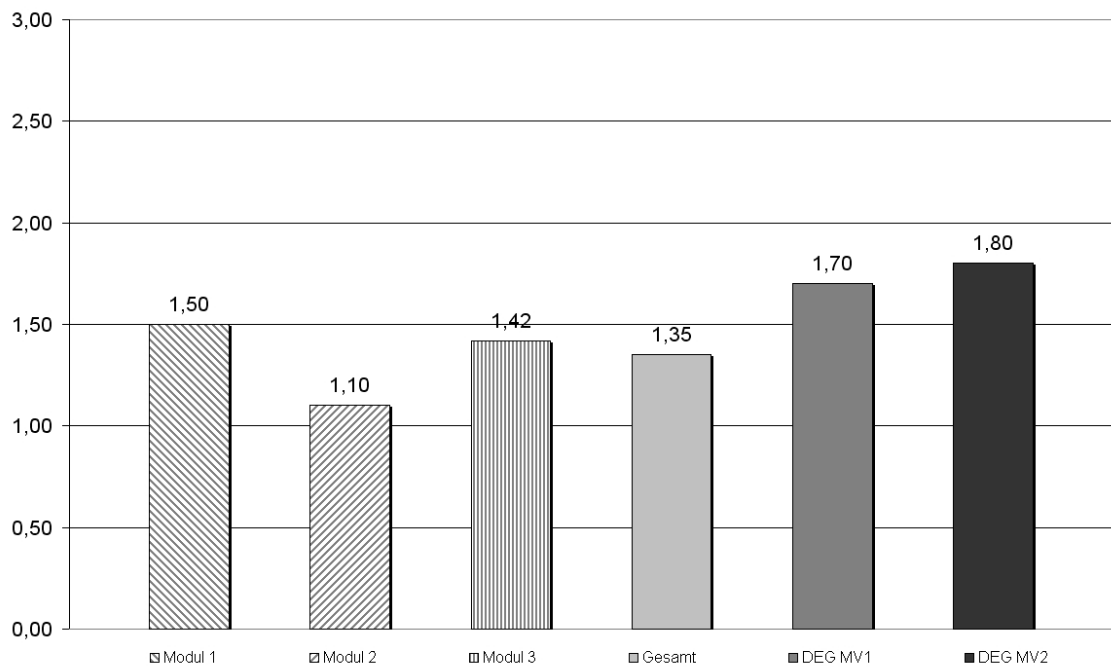


Abbildung 41 Auswertung Kat.11 - Soziale Leistungserfolge

In den Modulen werden soziale Leistungserfolge der Auszubildenden nur auf unterdurchschnittlichem Niveau von den Ausbildern reflektiert (Modul 1 = 1,50; Modul 2 = 1,10; Modul 3 = 1,42). Das Gesamtergebnis liegt unterhalb des Ergebniskorridors der Modellversuche (MV 1 = 1,70; MV 2 = 1,80). Eine Steigerung der Rückmeldung von Leistungserfolgen an die Auszubildenden, z. B. durch den angemessenen Ausspruch von Lob, ist zukünftig anzustreben.

### 10.5.1.12 Kat. 12: Vertrauen in die Ausbilder

Die einheitliche Behandlung aller Auszubildenden durch die Ausbilder ist wichtig. Betriebliche Bewertungssysteme werden für den Auszubildenden hierdurch deutlich und verlässlich. Er empfindet seine Lernumgebung als fair.

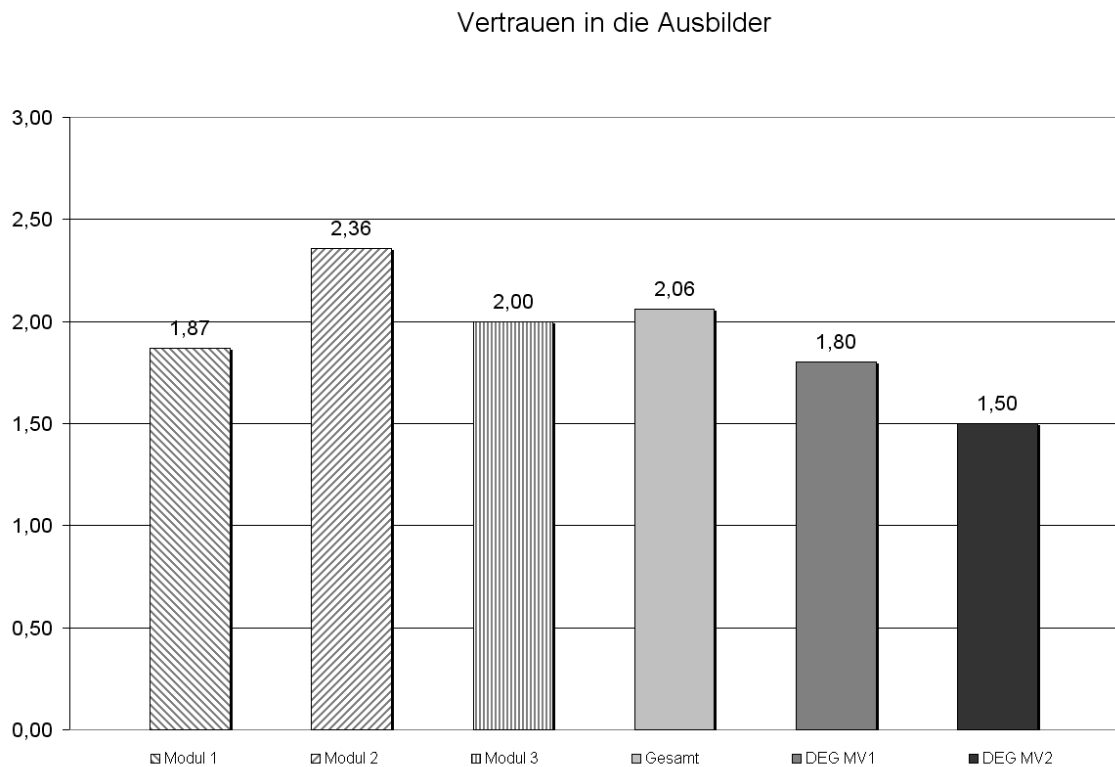


Abbildung 42 Auswertung Kat. 12 - Vertrauen in die Ausbilder

Das Vertrauen der Auszubildenden in ihre Ausbilder bewegt sich in den drei Modulen auf überdurchschnittlichem Niveau (Modul 1 = 1,87; Modul 2 = 2,36; Modul 3 = 2,00). Die Gesamtauswertung liegt oberhalb des Ergebniskorridors der Modellversuche (MV 1 = 1,80; MV 2 = 1,50).



### 10.5.2 Motivation, Einstellungen und Werthaltungen der Auszubildenden

Als Motiv bezeichnet man den Beweggrund eines Verhaltens, der als auslösende, richtungsgebende und antreibende Zielvorstellung bewusst oder unbewusst wirken kann und affektiv, gefühls- oder triebhaft wie auch intellektuell bestimmt sein kann (vgl. auch Kapitel 7.5.4).

Motivation im Sinne des Ausbildungsprozesses bedeutet das Schaffen und Aufrechterhalten einer positiven Lerneinstellung beim Auszubildenden während des gesamten Lernvorganges.

Tatsächlich muss hierbei zwischen motivierenden Maßnahmen seitens des Ausbilders und der dadurch beabsichtigten Motivation beim Auszubildenden unterschieden werden.

Man differenziert zwischen intrinsischer und extrinsischer Motivation. Intrinsische Motivation (vgl. Kat. 13) ist bedingt durch in der Sache liegende Anreize. Sie erfolgt durch eigenen Antrieb und dem Interesse an der Sache als solche. Extrinsische Motivation (vgl. Kat. 14) unterliegt äußeren Anlässen, wie beispielsweise Zwängen oder dem Streben nach Strafvermeidung.

Nach HECKHAUSEN [27] können in diesem dichotomen Konzept verschiedene Arten von Motivationen wirksam werden:

*Sachbezogene Motivation* ist gekennzeichnet durch das Schaffen von Interessen und Kompetenzen beim Auszubildenden. Sie ist als intrinsische Motivation zu klassifizieren.

*Motivation durch soziale Gegebenheiten* meint das Schaffen von Motivation durch Bedürfnisse des Verlangens nach z. B. Erwachsenenvorbild, Zustimmung und Anerkennung bei Auszubildenden und Ausbildern.

*Leistungsmotivation* ist gekennzeichnet durch die Schaffung von Leistungsbereitschaft trotz Schwierigkeiten. Sie wird bedingt durch Schaffen von Selbstbewusstsein und dem Streben nach Erfolg. Hier sind Überschneidungen von intrinsischen und extrinsischen Motivationsmerkmalen zu finden.

Je höher das Interesse von Auszubildenden an einem Lerngegenstand ist, desto leichter wird dieser gelernt und behalten. In der Ausbildungspraxis ist es daher von entscheidender Bedeutung, intrinsische Motive zu stärken und extrinsische in intrinsische Motive zu transformieren.

Ziel der Ausbildungsbemühungen ist u.a. die erfolgreiche Vermittlung der in [10], [11], [12] genannten berufsspezifischen Fertigkeiten und Kenntnisse. Diese werden stufenweise durch den Unterricht der Berufsschule, durch die Vor-Ort-Ausbildung im Betrieb und durch die Ausbildung im Berufsbildungszentrum des Unternehmens vermittelt. Hierzu existieren unterschiedlichste

Möglichkeiten, um diesen Prozess zu gestalten. Eine Variante ist die Arbeit in berufsfeldübergreifenden Teams, wie sie in den zuvor beschriebenen Ausbildungsformen (vgl. Kapitel 4.3) favorisiert wird. Teamarbeit kann in diesem Kontext als eine Option verstanden werden, welche die Vermittlung der definierten Ausbildungsziele unterstützt. Über das Item Einstellung gegenüber Teamarbeit kann bedingt geprüft werden, inwieweit die Vorgehensweise vom Auszubildenden als Weg (Teamarbeit) zur Erreichung des Ziels (erfolgreiche Vermittlung von Ausbildungsinhalten, Vermeidung negativer persönlicher, sozialer und betrieblicher Folgen) gewertet wird.

### 10.5.2.1 Kat. 13: Intrinsische Motivation

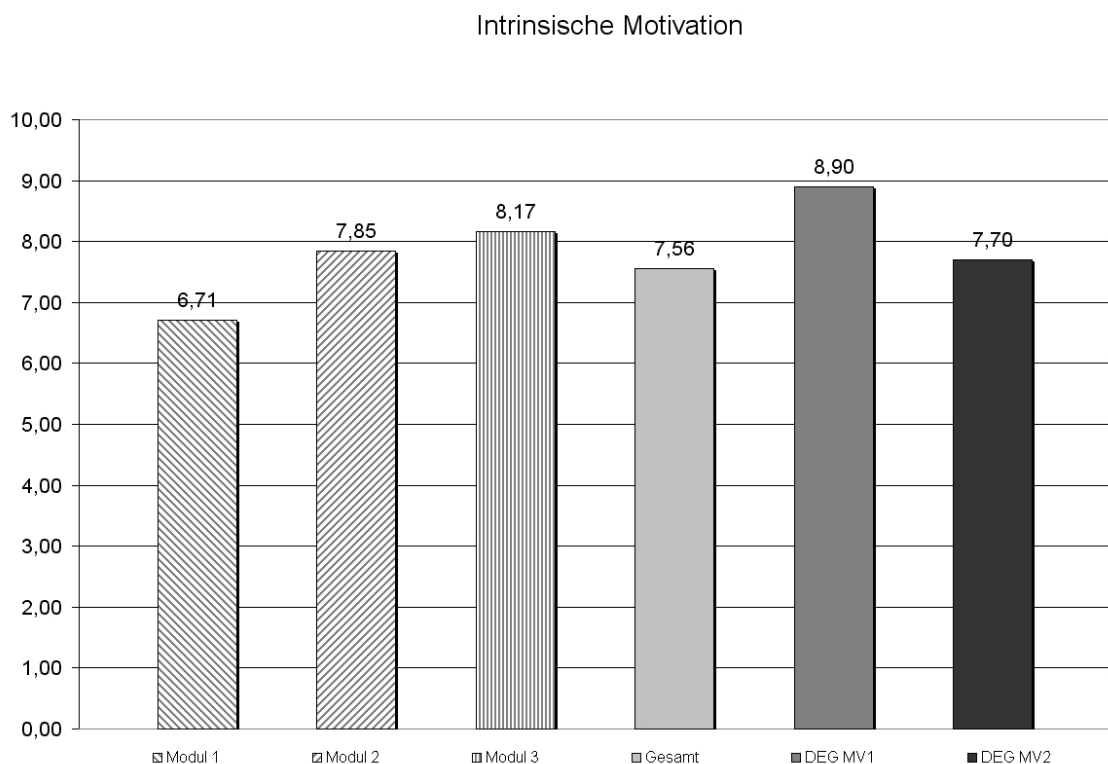


Abbildung 43 Auswertung Kat. 13 - Intrinsische Motivation

Über den Verlauf der drei Ausbildungsmodule ist ein signifikanter Anstieg der intrinsischen Motivationslage der Auszubildenden zu beobachten (Modul 1 = 6,71; Modul 2 = 7,85; Modul 3 = 8,17). Insbesondere wird bei der mit der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform in Modul 3 bearbeiteten betrieblich realen Problemstellung ein hoher Messwert induziert. Im Vergleich mit den Daten der Modellversuche (MV 1 = 8,90; MV 2 = 7,70) bewegen sich die Ergebnisse knapp unterhalb des Erwartungskorridors.

## 10.5.2.2 Kat. 14: Extrinsische Motivation

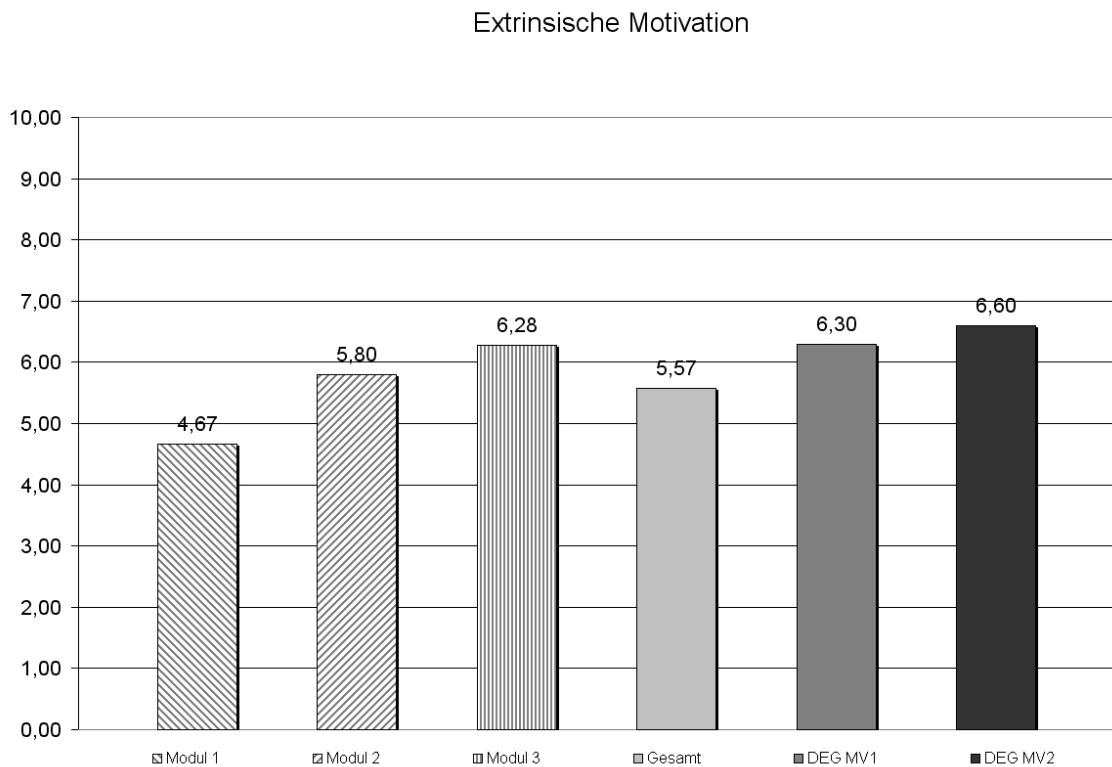


Abbildung 44 Auswertung Kat. 14 - Extrinsische Motivation

Die extrinsische Motivation der Auszubildenden nimmt stetig signifikant über die drei Ausbildungsmodule zu (Modul 1 = 4,67; Modul 2 = 5,80; Modul 3 = 6,28). Zu begründen ist dieses, insbesondere in Modul 3, mit der dem internen Kunden gegenüber bestehenden verbindlichen Zusage zur Auftragsbearbeitung. Weiterhin spiegelt sich in diesem Verlauf das zeitlich näher rückende Ausbildungsende mit der anstehenden Abschlussprüfung und der damit stärker verbundenen extrinsischen Motivationslage der Auszubildenden wider. Im Vergleich mit den Daten der Modellversuche bewegen sich die Ergebnisse unterhalb des Ergebniskorridors (MV 1 = 6,30; MV 2 = 6,60).

## 10.5.2.3 Kat. 15: Einstellung gegenüber Berufsausbildung

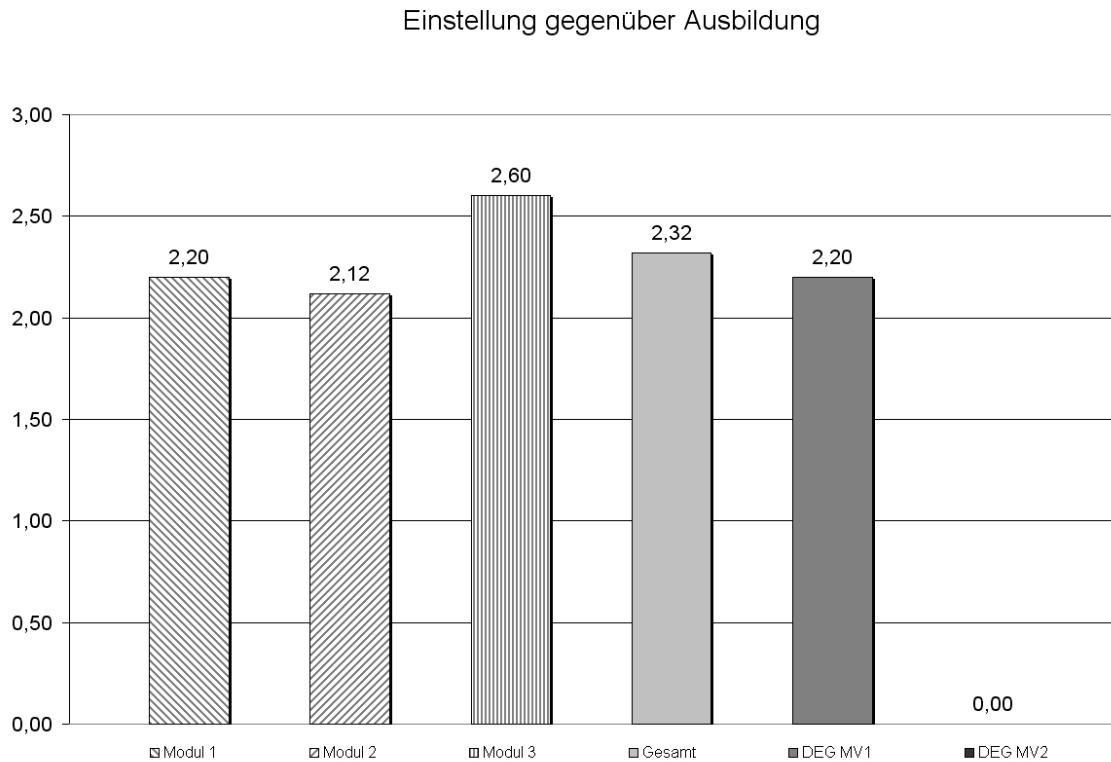


Abbildung 45 Auswertung Kat. 15 - Einstellung gegenüber Berufsausbildung

Es ist zu prüfen, inwieweit die befragten Auszubildenden zu ihrer Berufsausbildung stehen. Die Messungen zeigen Stabilität auf hohem Niveau (Modul 1 = 2,20; Modul 2 = 2,12; Modul 3 = 2,60) mit einem signifikanten Anstieg im dritten Ausbildungsmodul. Im Vergleich zum 1. Modellversuch bewegen sich die Messdaten im Ergebniskorridor (MV 1 = 2,20). Vergleichsdaten zum 2. Modellversuch sind für dieses Item nicht verfügbar.

## 10.5.2.4 Kat. 16: Einstellung gegenüber Teamarbeit

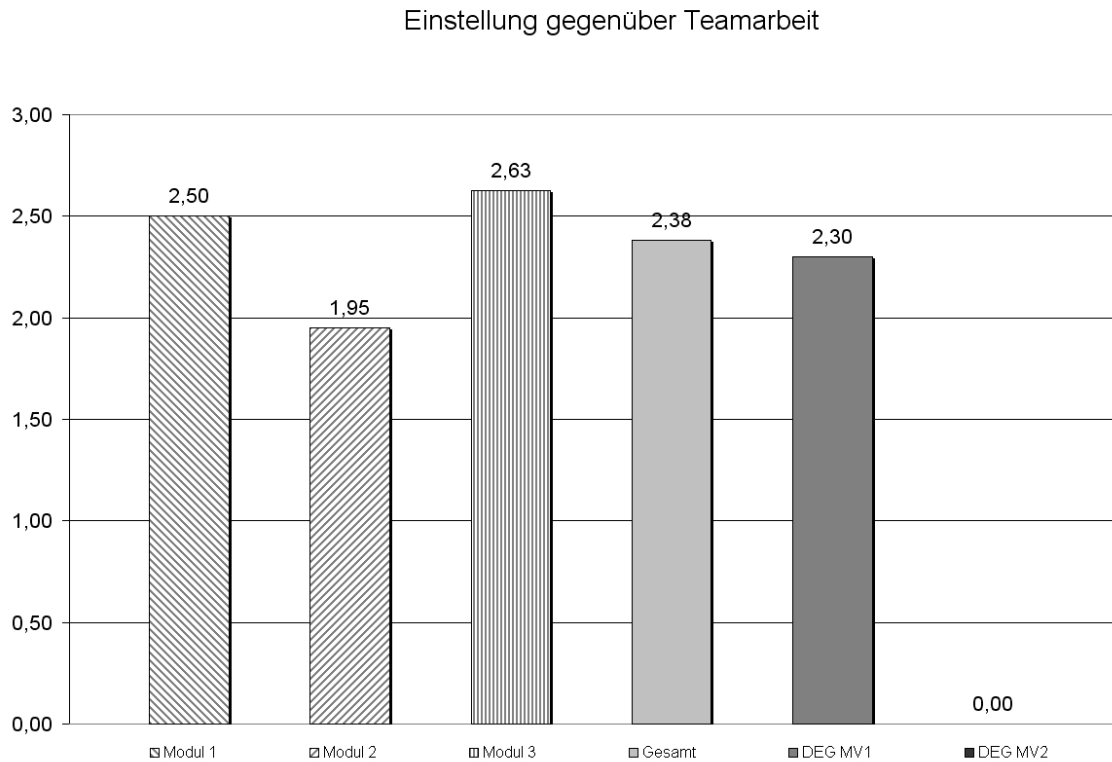


Abbildung 46 Auswertung Kat. 16 - Einstellung gegenüber Teamarbeit

Die Einstellungen der Ausbildungsgruppen gegenüber der Arbeit im Team festigen sich auch hohem Niveau (Modul 1 = 2,50; Modul 2 = 1,95; Modul 3 = 2,63), werden von den Auszubildenden also durchweg als positiv und zielführend interpretiert. Die gemessenen Werte bewegen sich im Ergebniskorridor des 1. Modellversuches (MV 1 = 2,38). Eine vergleichende Datenerhebung im 2. Modellversuch liegt nicht vor.

### 10.5.3 Subjektive Kompetenz der Auszubildenden

Rollenklarheit ist gekennzeichnet durch das Maß an Sicherheit, das Auszubildende aus eindeutigen und widerspruchsfreien Informationen zu unterschiedlichen Aspekten ihrer Arbeitsrolle schöpfen.

Rollenklarheit wird hier bezogen auf die zu erledigenden Aufgaben, die damit verbundenen Rechte, Pflichten und zu tragende Verantwortung, die Art und Weise der Ausführung der Arbeit in Bezug auf Methode und zeitlichen Verlauf sowie die Eigenschaften, nach denen Leistungen bewertet werden.

BREAUGH und COLIHAN [3] interpretieren Rollenklarheit als ein mehrdimensionales Konzept mit folgenden drei Facetten:

- Klarheit zur Vorgehensweisen und Methode (work method ambiguity)
- Klarheit der zeitlichen Abfolge der zu erledigenden Arbeiten (scheduling ambiguity)
- Klarheit von Kriterien und Standards, nach denen Leistungen bewertet werden (performance criteria ambiguity)

#### 10.5.3.1 Kat. 17: Klarheit des Vorgehens

Beschäftigten, die kontinuierlich eine zuverlässige Leistungsrückmeldung erhalten (vgl. Kat. 3), sind die Folgen der eigenen Arbeit bewusst. Sie können über die Angemessenheit des von ihnen gewählten Vorgehens besser urteilen und so ihre methodischen Vorgehensweisen sukzessive optimieren.

Die Unsicherheit eines Beschäftigten in Bezug auf die zeitliche Abfolge der von ihm zu bearbeitenden Aufgaben betrifft im Wesentlichen die Aufgabenprioritäten. Uneindeutige oder gänzlich fehlenden Informationen hierüber behindern die Ausbildung von Strategien der zeitlichen Selbstorganisation und erschweren die Strukturierung von Arbeitsprozessen.

## Klarheit Vorgehen

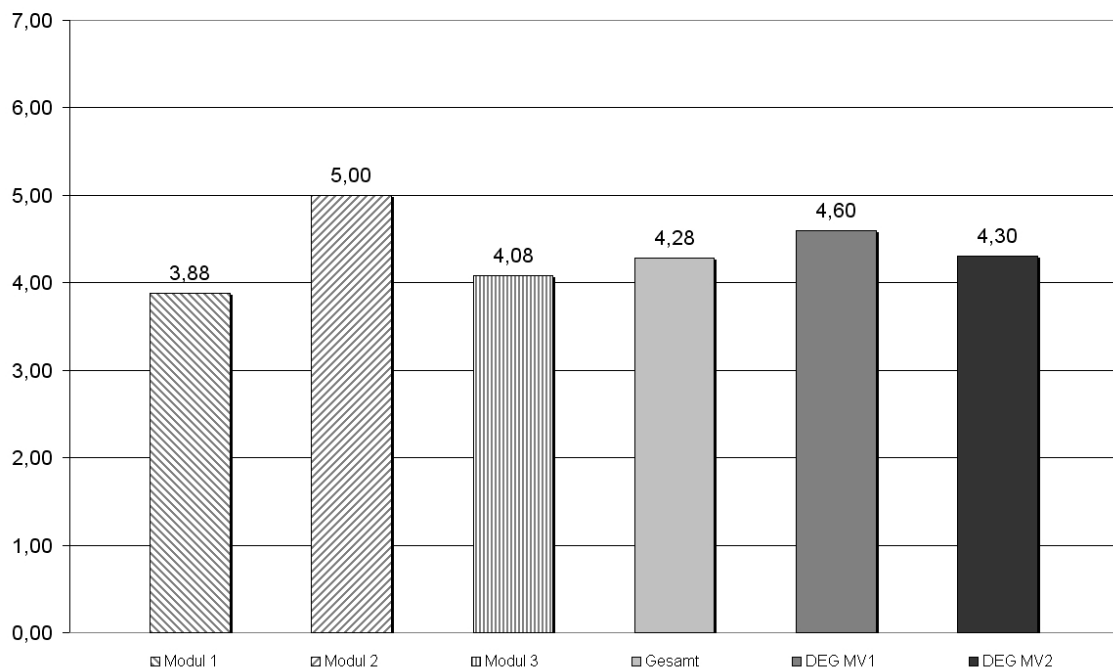


Abbildung 47 Auswertung Kat. 17 - Klarheit des Vorgehens

Die Messergebnisse zum Item Klarheit des Vorgehens steigern sich von Ausbildungsmodul 1 nach Ausbildungsmodul 2 signifikant (Modul 1 = 3,88; Modul 2 = 5,00). In Modul 3 ist ein deutliches Nachlassen zu verzeichnen (Modul 3 = 4,08), das mit dem bei Verwendung der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform angestrebten höheren Selbstorganisationsgrad der Auszubildenden begründet werden kann. Insgesamt bewegen sich die gewonnenen Ergebnisse auf durchschnittlichem Niveau und liegen im unteren Ergebniskorridor der Modellversuche (MV 1 = 4,60; MV 2 = 4,30).

#### 10.5.3.2 Kat. 18: Klarheit der Leistungsmaßstäbe

Wie erwähnt, ist ein weiterer Gesichtspunkt, auf den BREAUGH und COLIHAN Bezug nehmen, die Unklarheit über Kriterien, nach denen Arbeitsleistungen bewertet werden (performance criteria ambiguity). Unsicherheit über Leistungsmaßstäbe zählen hier zu den am negativsten erlebten Stressfaktoren bei der beruflichen Arbeit. Vorgesetzte und Arbeitskollegen können daher über widerspruchsfreie, eindeutige Rückmeldungen zur Definition der relevanten Leistungskriterien beitragen.

## Klarheit Leistungsmaßstäbe

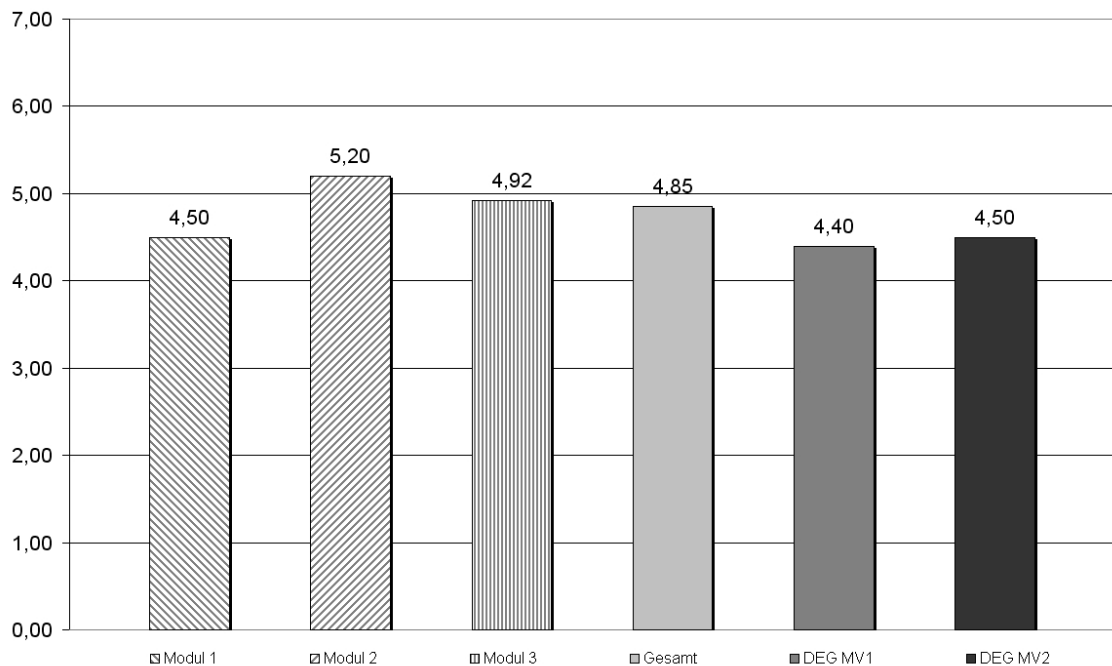


Abbildung 48 Auswertung Kat. 18 - Klarheit der Leistungsmaßstäbe

Die Messergebnisse zum Item Klarheit der Leistungsmaßstäbe bewegen sich auf überdurchschnittlichem Niveau (Modul 1 = 4,50; Modul 2 = 5,20; Modul 3 = 4,92). In allen Ausbildungsmodulen werden demnach Definitionen zum Thema Leistungsmaßstäbe klar von den Ausbildern an ihre Auszubildenden kommuniziert. Die gewonnenen Messdaten bewegen sich oberhalb des durch die Modellversuche vorgegebenen Ergebniskorridors (MV 1 = 4,40; MV 2 = 4,50).



## 10.5.3.3 Kat. 19: Anforderungen

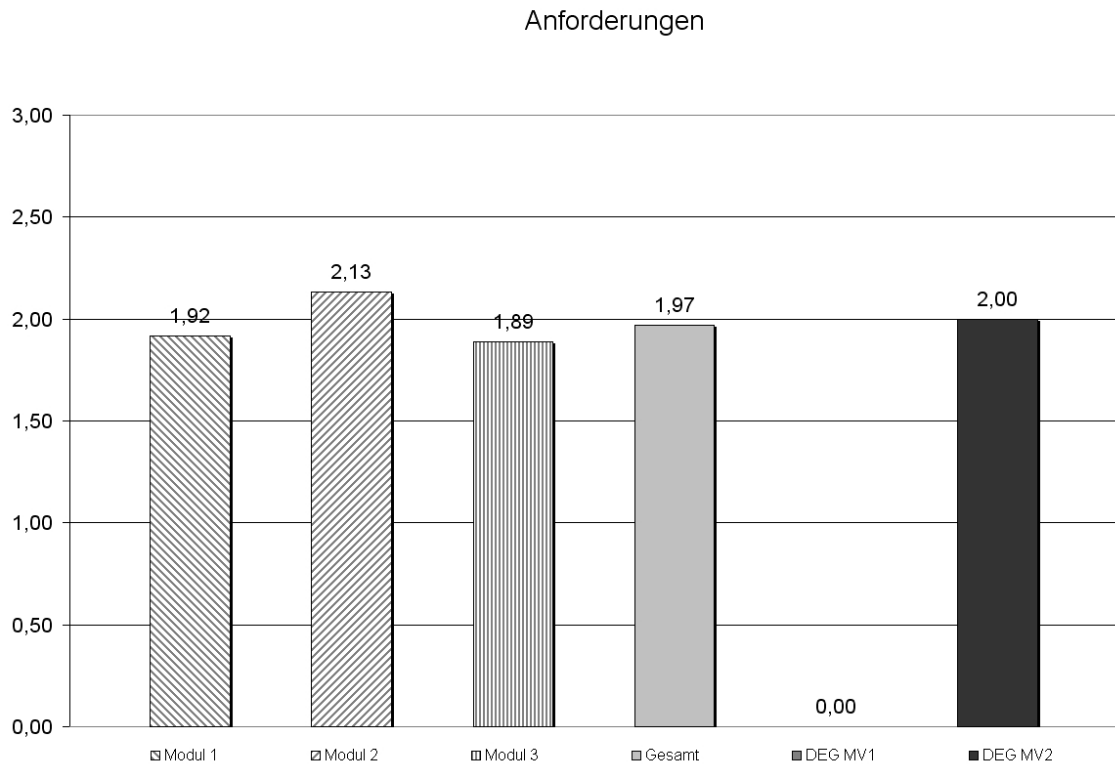


Abbildung 49 Auswertung Kat. 19 - Anforderungen

Die Messdaten des im Kontext von Motivationsbetrachtungen (vgl. Kapitel 7.5.4 und 10.5.2) relevanten Items Anforderungen stabilisieren sich für die drei Ausbildungsmodule auf hohem Niveau (Modul 1 = 1,92; Modul 2 = 2,13; Modul 3 = 1,89) und laufen konform mit den Messdaten des zweiten Modellversuchs (MV 2 = 2,00). Vergleichende Betrachtungen zum ersten Modellversuch sind aufgrund nicht erhobener Daten nicht möglich.

#### 10.5.3.4 Kat. 20: Fachliches Selbstvertrauen

Selbstvertrauen wird hier als die Überzeugung eines Auszubildenden definiert, die erforderlichen Fähigkeiten und Fertigkeiten zu besitzen, ein spezifiziertes Ziel selbständig zu erreichen. Fähigkeiten können sich hierbei im Sinne des Schlüsselkompetenzbegriffes auf fachliche, soziale und methodische Leistungsanforderungen beziehen.

Das Konzept des Selbstvertrauens bietet eine Erklärung für das Phänomen, dass sich verschiedene Auszubildende bei äquivalenten beruflichen Anforderungen in unterschiedlichem Maße herausgefordert oder beansprucht fühlen. Vergleicht man zwei identisch qualifizierte und erfahrene Auszubildende, die eine bestimmte fachliche oder soziale Problemstellung zu bearbeiten haben, wird derjenige Auszubildende die Problembearbeitung als belastender erleben, der weniger Vertrauen in seine eigene Leistungsfähigkeit besitzt. Für einen Auszubildenden stellt die gelungene oder misslungene Lösung eines Problems einen Erfahrungsvergleich zwischen dem eigenen Verhalten und dem Resultat des Bewältigungsversuches dar. Auf dieser Erfahrung basiert eine entsprechende positive oder negative Kompetenzerwartung für zukünftige ähnlich gelagerte Problemstellungen. Erfährt der Auszubildende die Problemstellung als von ihm kontrollierbar, dann erhöht sich sein Selbstvertrauen und seine Bereitschaft, sich ähnlichen Situationen erneut zu stellen. Ist sie hingegen unkontrollierbar, sinken Selbstvertrauen und Bereitschaft, zukünftig derart gelagerte Situationen anzugehen. Das Bild, das ein Auszubildender in Auseinandersetzung mit seinen Aufgaben, Kollegen und Vorgesetzten von sich selbst gewinnt, trägt dazu bei, ob er seine beruflichen Aufgaben selbstbewusst und sicher angeht oder ob er ängstlich und unsicher handelt (vgl. [40], S. 64).

## Fachliches Selbstvertrauen

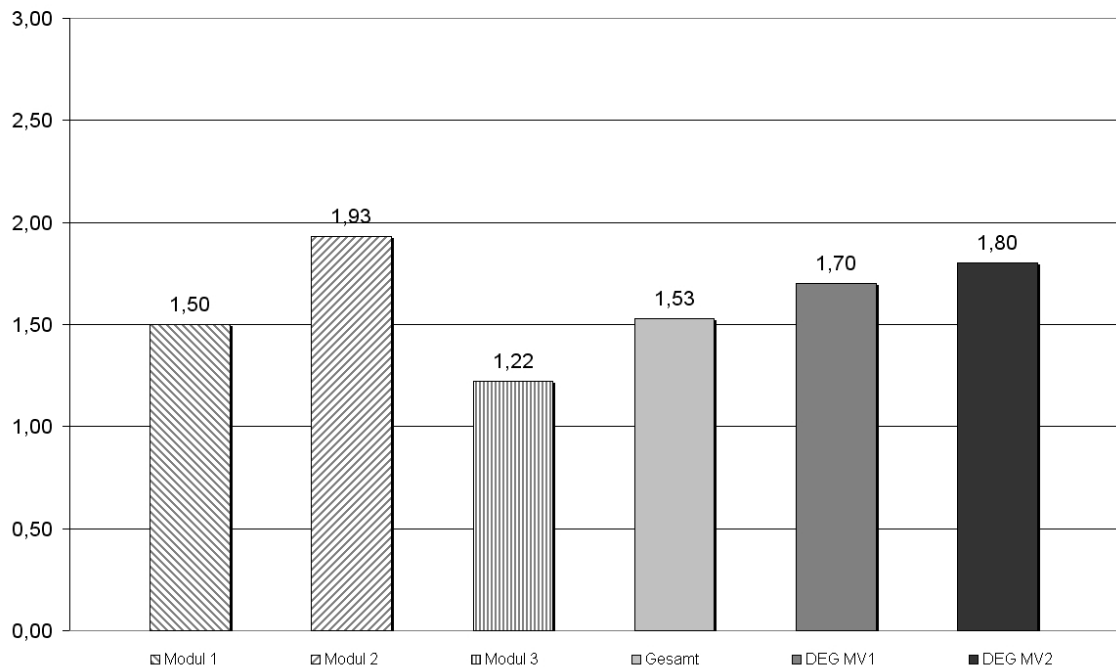


Abbildung 50 Auswertung Kat. 20 - Fachliches Selbstvertrauen

Das fachliche Selbstvertrauen der Auszubildenden entwickelt sich über die drei Module sehr uneinheitlich. Während im Vergleich des ersten und zweiten Ausbildungsmoduls ein signifikanter Anstieg des Messwertes zu beobachten ist (Modul 1 = 1,50; Modul 2 = 1,93), bricht dieser im dritten Modul (Modul 3 = 1,22) ein. In vergleichender Betrachtung zu den Daten der Modellversuche (MV 1 = 1,70; MV 2 = 1,80) liegen die gewonnenen Datensätze unterhalb des Ergebniskorridors.

## Kat. 21: Selbstvertrauen in sozialen Arbeitssituationen

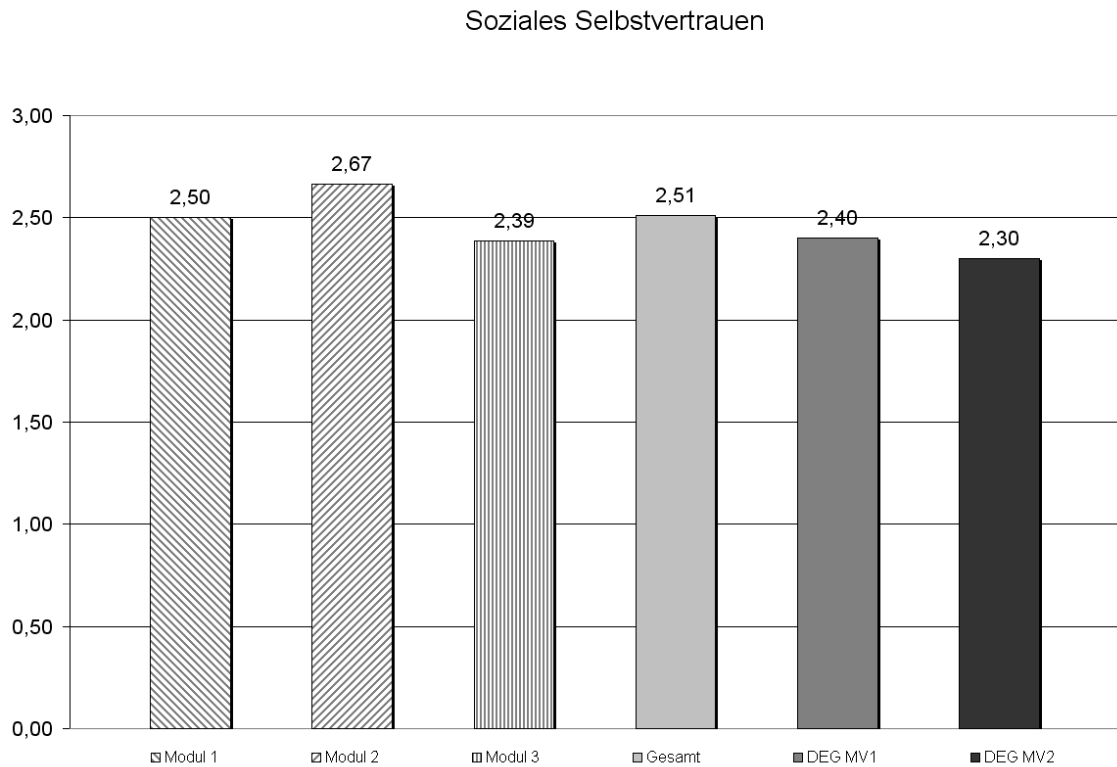


Abbildung 51 Auswertung Kat. 21 - Soziales Selbstvertrauen

Die Messungen zum sozialen Selbstvertrauen der Auszubildenden stabilisieren sich über die drei Ausbildungsmodule auf hohem Niveau (Modul1 = 2,50; Modul 2 = 2,67; Modul 3 = 2,39). Im Vergleich zu den Daten der Modellversuche (MV 1 = 2,40; MV 2 = 2,30) sind keine signifikanten Differenzen festzustellen.

### 10.5.4 Zusammenfassung Auszubildendenfragebogenauswertung

Vergleicht man die gemittelten Befragungsergebnisse der drei Ausbildungsmodule (x ges) mit den Gesamtmessergebnissen der beiden Modellversuche (x M1 und x M2) über die drei Themenbereiche mit ihren 21 Kategorien, liegen diese im oder nahe am durch die Modellversuche definierten Erwartungskorridor. Grundsätzlich signifikante Differenzen sind nicht festzustellen (vgl. Tabelle 16). Dies weist darauf hin, dass die Validität der Versuchsdaten, trotz der vergleichsweise kleinen Probandengruppe, gewährleistet sein muss.

Kat.	Klartext	n ges	x ges	n M1	x M1	n M2	x M2	min.	max.
01	Informationsversorgung	17	2,22	48	2,50	280	2,10	0,00	3,00
02	Innovationsklima	17	2,26	48	2,40	280	2,00	0,00	3,00
03	Leistungsrückmeldung der Ausbilder	17	1,72	48	2,10	280	1,80	0,00	3,00
04	Leistungsanspruch der Ausbilder	17	2,40	48	2,10	280	2,30	0,00	3,00
05	Ausbildungsplanung, Erfolgskontrolle	17	2,15	48	2,20	280	2,10	0,00	3,00
06	Vorgabe Leistungsziele	17	2,12	48	2,30	280	2,20	0,00	3,00
07	Unterstützung des Problemlösens	17	1,89	48	2,30	280	1,90	0,00	3,00
08	Partizipation	17	2,01	48	1,90	280	1,50	0,00	3,00
09	Persönliche Zuwendung	17	1,88	48	1,90	280	1,60	0,00	3,00
10	Berufliche Förderung	17	1,82	48	1,90	280	1,70	0,00	3,00
11	Soziale Leistungserfolge	17	1,35	48	1,70	280	1,80	0,00	3,00
12	Vertrauen in die Ausbilder	17	2,06	48	1,80	280	1,50	0,00	3,00
13	Intrinsische Motivation	17	7,56	48	8,90	280	7,70	0,00	10,00
14	Extrinsische Motivation	17	5,57	48	6,30	280	6,60	0,00	10,00
15	Einstellung gegenüber Ausbildung	17	2,32	48	2,20	280	0,00	0,00	3,00
16	Einstellung gegenüber Teamarbeit	17	2,38	48	2,30	280	0,00	0,00	3,00
17	Klarheit Vorgehen	17	4,28	48	4,60	280	4,30	1,00	7,00
18	Klarheit Leistungsmaßstäbe	17	4,85	48	4,40	280	4,50	1,00	7,00
19	Anforderungen	17	1,97	48	0,00	280	2,00	0,00	3,00
20	Fachliches Selbstvertrauen	17	1,53	48	1,70	280	1,80	0,00	3,00
21	Soziales Selbstvertrauen	17	2,51	48	2,40	280	2,30	0,00	3,00

Tabelle 16 Datenvergleich: Ausbildungsmodule vs. MV1 vs. MV2

Die Messwerte zur individuellen Leistungsrückmeldung (Kat 3 = 1,72) der Ausbilder an ihre Auszubildenden bewegen sich nur auf durchschnittlichem Niveau. Trotz des geforderten Teamarbeitsergebnisses ist seitens der Ausbilder hier zukünftig eine stärkere individuelle Rückmeldung anzustreben.

Die Messwerte zur Kategorie Leistungsanspruch der Ausbilder bewegen sich auf hohem Niveau (Kat. 4 = 2,40). Dies ist vertretbar, wenn gleichzeitig klare Leistungsziele (Kat. 6 = 2,12) gesetzt werden, eine gute Leistungsrückmeldung seitens des Ausbilders erfolgt (Kat. 3 = 1,72) und Strategien zur Problemlösung (Kat. 7 = 1,89) angeboten werden. Neben der Verbesserung zur Leistungsrückmeldung der Ausbilder besteht zukünftig die Notwendigkeit, Auszubildende noch stärker bei der Entwicklung von Problemlösungen zu unterstützen.

Deutlich unterdurchschnittlich sind die Messdaten zur Rückmeldung von Leistungserfolgen (Kat. 11 = 1,35). Trotz der offenkundig aus Ausbilersicht in den meisten Bereichen erreichten oder übertroffenen Ausbildungsziele (vgl. exemplarisch Kapitel 10.5.5) werden Leistungserfolge von den Ausbildern nur unzureichend an die Auszubildenden zurückgemeldet. Zukünftig sollten Ausbilder dieses Defizit, z. B. durch die angemessene Äußerung von Lob, abbauen.

Hingegen bewegen sich die Messungen zu den Kategorien Informationsversorgung (Kat. 1 = 2,22) und Innovationsklima (Kat. 2 = 2,26) auf hohem Niveau und werden von den Auszubildenden durchweg positiv eingeschätzt.

Die Ausbildungsplanung wird als transparent bewertet (Kat. 5 = 2,15). Dies zeigt, dass die eingesetzten Ausbildungsformen als Strukturgeber in den besprochenen Ausbildungsmodulen funktionieren.

Die Vorgabe von Leistungszielen wird mit einem ähnlich hohen Niveau bewertet (Kat. 6 = 2,12).

Positiv zu bewerten ist, dass Messungen zur intrinsischen Motivation (Kat. 13 = 7,56) einen höheren Wert annehmen, als Messungen zur extrinsischen Motivation (Kat. 14 = 5,57). Dies legt den Schluss nahe, dass die bearbeiteten Themen- und Problemstellungen für die Auszubildenden durchaus attraktiv erscheinen.

### 10.5.5 Auswertung Ausbildergesprächsleitfaden

Die Auswertung der mit dem in Kapitel 10.2.2 beschriebenen Gesprächsleitfaden gewonnenen Daten gelingt anschaulich unter Verwendung von Netzdiagrammen. In den folgenden Abbildungen werden die gemittelten Messdaten der Untersuchungsgruppe von Messzeitpunkt 4 (vgl. Tabelle 15) in Bezug zu den einzelnen Kompetenzfacetten visualisiert. Gestrichelt dargestellte Diagrammverläufe zeigen die Beurteilung der Auszubildenden nach dem Schulnotensystem, während durchgängige Diagrammverläufe die Wichtigkeit des Beurteilungs-Items in der konkreten Ausbildungssituation darstellen. Der Diagrammverlauf ist auf eine gemeinsame Skala (0 - 100) normiert. Einzeldatensätze können Kapitel 14.9 entnommen werden.

#### 10.5.5.1 Fachliche Kenntnisse und Fertigkeiten

##### Fachliche Kenntnisse und Fertigkeiten

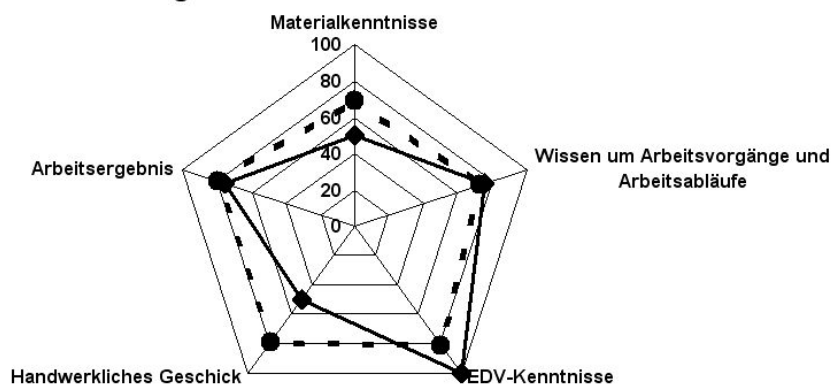


Abbildung 52 Auswertung Ausbildergesprächsleitfaden Ausbildungsmodul 3, Teil 1

Die Qualität des Arbeitsergebnisses sowie das Wissen um Arbeitsvorgänge und Arbeitsabläufe der Auszubildenden entsprechen in Modul 3 den gestellten Anforderungen. Die Erwartungen bezüglich Fertigkeiten und Kenntnisse in EDV-relevanten Themen werden von der Ausbildungsgruppe übertroffen. Handlungsbedarf ergibt sich in den Bereichen Materialkenntnisse und handwerkliches Geschick. In diesen Bereichen sollten den Auszubildenden in zukünftigen Ausbildungseinheiten gezielte Fördermaßnahmen angeboten werden.

### 10.5.5.2 Methodische Kenntnisse

#### Methodische Kenntnisse

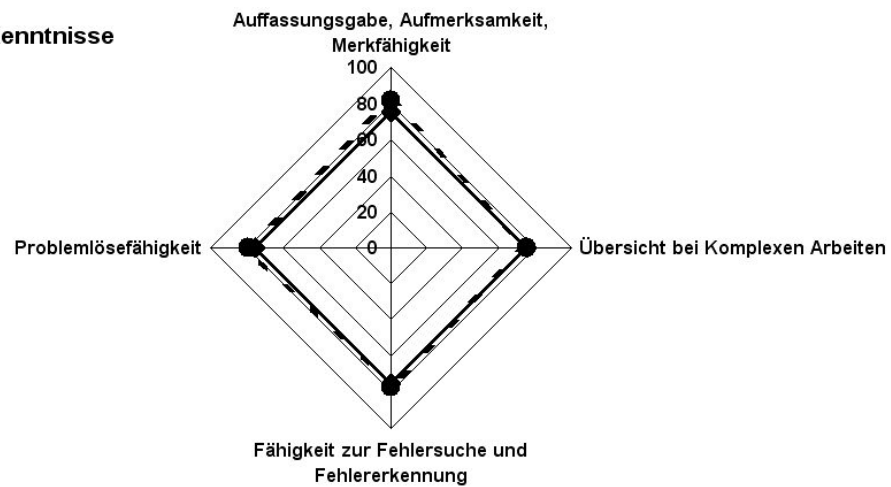


Abbildung 53 Auswertung Ausbildergesprächsleitfaden Ausbildungsmodul 3, Teil 2

Ausbildererwartungen und Kenntnisse der Auszubildenden im methodischen Bereich stehen in einem sehr gut ausbalancierten Verhältnis zueinander. Konkreter Handlungsbedarf ist in diesem Modul zum genannten Kompetenzbereich und zum gewählten Messzeitpunkt für den Ausbilder nicht ableitbar.

### 10.5.5.3 Soziale Fähigkeiten

#### Soziale Fähigkeiten

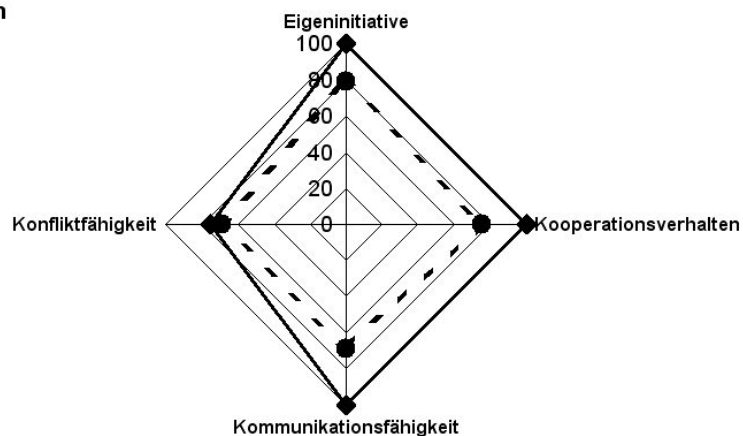


Abbildung 54 Auswertung Ausbildergesprächsleitfaden Ausbildungsmodul 3, Teil 3



Die Bereiche Kommunikationsverhalten, Eigeninitiative und Kooperationsverhalten werden von den Ausbildern für dieses Ausbildungsmodul mit einer sehr hohen Priorität versehen. Umsetzungen der Auszubildenden in diesen Bereichen erfüllen nicht das von den Ausbildern erwartete Niveau, bewegen sich aber mit einem Wert von 80 auf einem vertretbar hohen Grad. Zu überprüfen ist, ob möglicherweise der hier seitens der Ausbilder quantifizierte Leistungsanspruch zu hoch ist (vgl. auch Kapitel 10.5.1.4). Die Bereitschaft der Auszubildenden zur Lösung von Konfliktsituationen entspricht dem von den Ausbildern erwarteten Niveau.

#### 10.5.5.4 Persönliche Arbeitshaltung

##### Persönliche Arbeitshaltung

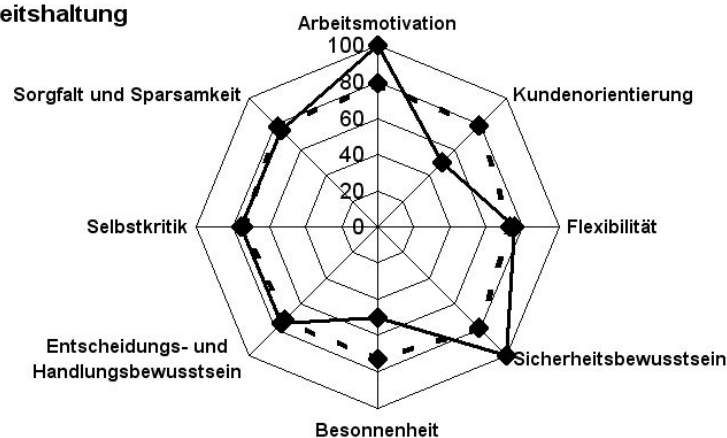


Abbildung 55 Auswertung Ausbildergesprächsleitfaden Ausbildungsmodul 3, Teil 4

Die Eigenschaften Sorgfalt, Fähigkeit zur Selbstkritik, Entscheidungs- und Handlungsbewusstsein sowie Flexibilität haben aus Sicht der Ausbilder im durchgeführten Ausbildungsmodul einen hohen Stellenwert. Sie werden den Erfordernissen entsprechend gut von den Auszubildenden gezeigt und umgesetzt. Messungen zu den Eigenschaften Motivation und Sicherheitsbewusstsein bewegen sich auf hohem Niveau, zeigen jedoch noch Verbesserungspotentiale im Vergleich zu den Erwartungen der Ausbilder.

## 11 Abschlussfazit

Nimmt man die in Kapitel 3.3 formulierten Optimierungsvorhaben (vgl. Abbildung 4) als Grundlage eines abschließenden Fazits, ergeben sich folgende Lösungsperspektiven:

1. Durch die Berücksichtigung neuer thematischer Inhalte aus den Bereichen elektronisches Messen, Steuern und Regeln, der Verknüpfung dieser technischen Inhalte mit chemischen Problemstellungen, der Nutzung neuer computerunterstützter Entwicklungsumgebungen, die das selbstorganisierte Lösen von Problemstellungen seitens der Auszubildenden unterstützen und des Einsatzes von Ausbildungsformen, die den Erwerb von Schlüsselkompetenzen und das Arbeiten in berufsfeldübergreifenden Teams fördern, werden die durch den Gesetzgeber und Ausbildungsbetrieb formulierten Anforderungen erfüllt.
2. Die Forderung von Auszubildenden, innerhalb von Ausbildungsbemühungen sinnvolle Handlungsprodukte zu erstellen, die im realen Betriebs- oder Ausbildungsalltag verwendbar sind, konnte insbesondere in Ausbildungsmodul 3 gut realisiert werden. Untermuert wird dies z. B. durch Messungen zur Motivation (vgl. Abbildung 43), die für Modul 3 den höchsten Wert annehmen.
3. Die Evaluation zeigt auch, dass sich die Einstellung der Auszubildenden gegenüber Teamarbeit auf hohem Niveau festigt (vgl. Abbildung 46). Eine zentrale Forderung der internen Kunden der Abteilung Aus- und Weiterbildung nach teamarbeitsfähigen Nachwuchs wird so erfüllt.
4. Die berufsfeldübergreifende Bearbeitung interdisziplinärer Problemstellungen bedingt, dass Ausbilder unterschiedlicher Professionen gemeinsam Ausbildungsgruppen betreuen. Durch die Gründung eines produktionstechnischen Ausbildungsteams mit Ausbildern aus den Fachbereichen Chemie, Elektrotechnik und Metall werden zukünftig weitere berufsfeldübergreifende Ausbildungseinheiten etabliert.
5. Den hieran beteiligten Ausbildern steht mit der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform ein strukturiertes, praktisch erprobtes und funktionierendes Verfahren zur Verfügung, das sie bei der Realisierung neuer Ausbildungseinheiten unterstützt.

6. Die in Kapitel 10 vorgestellten Evaluationsinstrumente ermöglichen die Initiierung eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses. Die isolierten Verbesserungspotentiale können in zukünftigen mit der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform gestalteten Projekten berücksichtigt werden.
7. Der Transfer der Kerngedanken der am Konzernstandort Marl, mit seinen in Summe etwa 800 Auszubildenden, durchgeführten Modellversuche gelingt mit der in dieser Arbeit beschriebenen pragmatischen Vorgehensweise auch an eher mittelständisch geprägten Standorten des Unternehmens mit deutlich kleineren Ausbildungsgruppen und den dadurch bedingten differenten Rahmenbedingungen.
8. Insbesondere mit Ausbildungsmodul 3 wird bestätigt, dass der intelligente Einsatz der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform zur Kostenminderung von Ausbildungsbemühungen beitragen kann.

## 12 Ausblick

Bestreben des Autors ist es, durch die Nutzung firmeninterner Kommunikationskanäle und Medien auf Ausbildungsprojekte, die nach der Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierten Ausbildungsform durchgeführt werden, aufmerksam zu machen (vgl. Kapitel 14.4). Die sich daraus ergebenden Diskussionen mit Mitarbeitern des Unternehmens sind oftmals mit wertvollen Ideen für mögliche Folgeprojekte angereichert:

Im Jahre 2002 wurden im Berufsbildungszentrum des Unternehmens zwei aus den achtziger Jahren stammende Gaschromatographen reaktiviert. Für Auszubildende besteht an diesen Geräten die Möglichkeit, die Grundprinzipien der Gaschromatographie innerhalb einer Wahlqualifikationseinheit anschaulich zu erarbeiten. Die manuelle Steuerung von Temperaturprogrammen ist an diesen Geräten ebenso möglich, wie die Datenauswertung mit Hilfe eines elektromechanisch arbeitenden Schreibers und Integrators. Sowohl für die automatische Temperatursteuerung als auch für die komfortable Datenauswertung ist der Einsatz des in Kapitel 5.1.1 beschriebenen Schaltungssimulators zukünftig denkbar.

Zwei durchaus anspruchsvolle Aufgaben, die unter Verwendung der in Kapitel 5.2.1 dargestellten Mikrocontrollersysteme gelöst werden können, wurden vom Leiter eines Betriebslabors geäußert:

Zur Qualitätsuntersuchung von Harzen und Lacken aus der laufenden Produktion werden diese vor den eigentlichen Kratz-, Temperatur- und Belichtungstests in einer definierten Schichtdicke auf Testträgern aufgebracht. Dieses erfolgt derzeit manuell, so dass die erreichte Testschichtdicke variieren könnte. Die Erstellung eines Gerätes, das Testträger reproduzierbar mit identischer Schichtdicke überzieht, wäre wünschenswert.

Ebenso werden in diesem Betriebslaboratorium Viskositätsmessungen am UBBELOHDE-Viskosimeter durchgeführt. Die Automatisierung dieser Messungen wurde angeregt. Dabei müssen Flüssigkeitsmenisken mittels geeigneter Sensoren erfasst werden. Durch die Ermittlung der Laufzeit des Harzes oder des Lackes zwischen zwei Messpunkten kann unter Berücksichtigung der Temperatur die jeweilige Viskosität berechnet und ausgegeben werden.

Die Nachfrage seitens des Betriebes, weitere Projekte nach den in dieser Arbeit beschriebenen Grundsätzen zu initiieren, zeigt auch, dass es sich nicht um 'Orchideenkonzepte' handeln kann, sondern um Verfahrensweisen, die sich in der praktischen Durchführung bewährt haben und daher auf Akzeptanz stoßen.

Im beschriebenen Unternehmen steht man der Förderung des Gedankens der berufsfeldübergreifenden Ausbildung offen gegenüber. Resultat ist im Jahre 2003 die Gründung eines sogenannten produktionstechnischen Ausbildungsteams. In diesem begleiten zukünftig drei Ausbilder unterschiedlicher Professionen (Chemikant, Energieelektroniker, Industriemechaniker) neben der selbstverständlichen berufsspezifischen Ausbildung die Durchführung übergreifender Ausbildungsmodulare. So werden beispielsweise Wartungsarbeiten an den Reaktoren und verfahrenstechnischen Anlagen des Ausbildungstechnikums in Kooperation mit Auszubildenden der drei genannten Gewerke geleistet. Die stärkere Verzahnung der Fachbereiche untereinander ist weiteres Ziel dieser Bemühungen.

Um die in Kapitel 10.2.2 beschriebene optimierte Vorgehensweise zur Führung eines Beurteilungs- und Förderungsgesprächs zu etablieren, werden im Winter 2003 Seminarworkshops mit allen Ausbildungsbeauftragten des Unternehmens durchgeführt. Ziel dieser Veranstaltungen ist es, individuelle, auf den jeweiligen Vor-Ort-Ausbildungsbereich abgestimmte Gesprächsleitfäden zu erstellen, um Auszubildenden zukünftig noch präzisere Förderempfehlungen aussprechen zu können.

Durch die Neugestaltung der Ausbildungsordnungen für Laboranten und Chemikanten besteht seitens der Ausbildungsabteilungen in Unternehmen der chemischen Industrie nun auch der passende rechtliche Rahmen, Ausbildungsbemühungen zeitnahe und flexibel an die sich immer schneller ändernden Rahmenbedingungen, unter denen sich ein Unternehmen behaupten muss, anzupassen.

In letzter Konsequenz hängt die Konkurrenzfähigkeit eines Unternehmens entscheidend von der Flexibilität und den Qualifikationen seiner Mitarbeiter ab. Hier möglichst früh, das bedeutet schon während der Erstausbildung, auf den aktuellen Qualifikationsbedarf der Mitarbeiter des Unternehmens abgestimmte Ausbildungskonzepte anbieten und durchführen zu können, trägt maßgeblich zur Sicherung einer hohen Unternehmenskonkurrenzfähigkeit bei.

## 13 Verzeichnisse

### 13.1 Literaturverzeichnis

- [1] ABACOM-Ingenieurgesellschaft (Hrsg.): Softwarehandbuch DMM-Profi-Lab Expert 2.0. Delmenhorst: ABACOM, 2001
- [2] Brater, M.; Büchele, U; Fucke, E.; Herz, G.: Berufsbildung und Persönlichkeitsentwicklung. Stuttgart: Verlag Freies Geistesleben, 1988
- [3] Breugh, J.A.; Colihan, J.P.: Measuring facets of job ambiguity: Construct validity evidence. In: Journal of Applied Psychology, 79, S. 191 - 202, 1994
- [4] Bundesanstalt für Arbeit (Hrsg.): Blätter zur Berufskunde – Chemikant / Chemikantin. 2. Aufl. Bielefeld: Bertelsmann Verlag, 1995
- [5] Bundesanstalt für Arbeit (Hrsg.): Blätter zur Berufskunde – Chemielaborant / Chemielaborantin. 4. Aufl. Bielefeld: Bertelsmann Verlag, 1996
- [6] Bundesanstalt für Arbeit (Hrsg.): Blätter zur Berufskunde – Energieelektroniker / Energieelektronikerin Fachrichtung Betriebstechnik. 2. Aufl. Bielefeld: Bertelsmann Verlag, 1994
- [7] Bundesanstalt für Arbeit (Hrsg.): Blätter zur Berufskunde – Informatikkaufmann / Informatikkaufräu. 1. Aufl. Bielefeld: Bertelsmann Verlag, 1998
- [8] Bundesanstalt für Arbeit (Hrsg.): Blätter zur Berufskunde – Lacklaborant / Lacklaborantin. 4. Aufl. Bielefeld: Bertelsmann Verlag, 1996
- [9] Bundesinstitut für Berufsbildung (Hrsg.): Seminarkonzepte zur Ausbilderförderung. Leittexte – ein Weg zum selbständigem Lernen. 2. Aufl. Berlin, 1991
- [10] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Verordnung über die Berufsausbildung im Laborbereich Chemie, Biologie und Lack. In: Bundesgesetzblatt Jahrgang 2000, Teil I, Nr. 12, Bonn: 2000
- [11] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Verordnung über die Erprobung einer neuen Ausbildungsform für die Berufsausbildung zum Chemikanten / zur Chemikantin. In: Bundesgesetzblatt Jahrgang 2002, Teil I, Nr. 35, Bonn: 2001
- [12] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Verordnung über die Berufsausbildung zum Energieelektroniker / zur Energieelektronikerin. In: Bundesgesetzblatt Jahrgang 1987, Teil I, Bonn: 1987
- [13] Cammann, C.; Fichman, M.; Jenkins, G.D. Jr.; Klesh, J.R.: Assessing the attitudes and perceptions of organizational members. In: S.E. Seashore, E.E. Lawler III. P.H. Mirvis, C. Cammann (eds.), Assessing Organizational Change. A Guide to Methods, Measures, and Practices (pp. 71 - 138), New York: Wiley, 1983
- [14] Chomsky, N.: Aspekte der Syntax Theorie. Frankfurt a.M.: Suhrkamp, 1973
- [15] Conrad Electronic: Bedienungsanleitung zum C-Control-System. Hirschau: Conrad Electronic (Hrsg.), 1998
- [16] Deming, W. E.: Out of the Crisis. 2. Aufl. Cambridge/Mass./USA: Massachusetts Institute of Technology Press, 1986
- [17] Erpenbeck, J: Selbstgesteuertes, selbstorganisiertes Lernen. In: Arbeitsgemeinschaft Qualifikations-Entwicklungs-Management (Hrsg.), Kompetenzentwicklung '97: Berufliche Weiterbildung in der Transformation – Fakten und Visionen. Münster: Waxmann, 1997

- [18] Erpenbeck, J; Heyse, V.: Die Kompetenzbiographie: Strategien der Kompetenzentwicklung durch selbstorganisiertes Lernen und multimediale Kommunikation. Münster: Waxmann Verlag, 1999
- [19] Frieling, E.; Kauffeld, S.; Grote, S.; Bernard, H.: Flexibilität und Kompetenz. Kassel: Waxmann, 2000
- [20] Geist, A.; et al.: Projektbericht zum Projekt Coatings. Essen: Goldschmidt AG, Abteilung Aus- und Weiterbildung, 2001
- [21] Goldschmidt AG (Hrsg.): Ausbildung bei der Goldschmidt AG. Essen: Goldschmidt AG, Abteilung Aus- und Weiterbildung, 2002
- [22] Goldschmidt AG (Hrsg.): Chemielaborantenausbildung bei der Goldschmidt AG. Essen: Goldschmidt AG, Abteilung Aus- und Weiterbildung, 2001
- [23] Goldschmidt AG (Hrsg.): Darstellung Standortservice Essen. Essen: Goldschmidt AG, Abteilung Öffentlichkeitsarbeit und Werbung, 2002
- [24] Goldschmidt AG (Hrsg.): Darstellung Unternehmensbereich Performance Chemie. Essen: Goldschmidt AG, Abteilung Öffentlichkeitsarbeit und Werbung, 2002
- [25] Habermann, M.; Weiß, T.: STEP 5-Kompakt. Konstanz: Christiani - Technisches Institut für Aus- und Weiterbildung, 2000
- [26] Hacker, W.: Allgemeine Arbeitspsychologie. Bern: Huber, 1998
- [27] Heckhausen, H.: Motivation und Handeln. 2. Aufl. Berlin: Springer, 1989
- [28] Kainka, B.: Messen, Steuern, Regeln mit dem C-Control / Basic-System. Poing: Franzis Verlag, 1998
- [29] Kainka, B.; Förster, M.: C-Control Anwendungen. Poing: Franzis Verlag, 1998
- [30] Kaminske, G.; Brauer, J.: Qualitätsmanagement von A bis Z. 3. Aufl. Berlin: Carl Hanser Verlag, 1999
- [31] Kauffeld, S.: Das Kasseler-Kompetenz-Raster (KKR) zur Messung der beruflichen Handlungskompetenz. In: Flexibilität und Kompetenz: Schaffen flexible Unternehmen kompetente und flexible Mitarbeiter ? Münster: Waxmann Verlag, 2000
- [32] Kauffold, J.: Kontrollgerät „made by Azubis“, Forum (Mitarbeiterzeitung der Goldschmidt AG), Nr. 2 / 2001, S. 18 - 19
- [33] Keithley Instruments: Data Acquisition and Control Handbook – A Guide to Hardware and Software for computer Based Measurement and Control, 1st Edition, Cleveland / Ohio: Keithley Instruments, Inc., 2001
- [34] Keithley Instruments: PC-Based Measurement Solutions. Cleveland / Ohio: Keithley Instruments, Inc., 2002
- [35] Kilpatrick, W.H.: The Project Method. In: Teachers College Record (Bd. 19), S. 320 ff, 1918
- [36] Kleemann, J.; et al.: Berufsausbildung bei Goldschmidt in Essen. Essen: Goldschmidt AG, Abteilung Aus- und Weiterbildung, 2002
- [37] Klemmer, G.: Lebendiges Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Möglichkeiten der Themenzentrierten Interaktion. IPN-Arbeitsberichte. Kiel: Vertrieb Schmidt und Klaunig, 1985
- [38] Kluth B. Kluth C.: Erfolgreich Automatisieren mit dem C-Control Basic System. Poing: Franzis Verlag, 1999
- [39] Kluth, B.; Kluth, C.: Messen, Steuern und Visualisieren mit PCI Mess-Systemen. Poing: Franzis Verlag, 2000

- [40] Kubik, G.; Grote, K.; Höntsch, V.; Kappe, A.; Schmidkunz, H.; Schröder, L.; Waasdorp, A.; Werthebach, M.: Modellversuch zur Verbesserung der Teamfähigkeit von Chemikanten / Papiermachern, Industriemechanikern und Prozessleitelektronikern / Energieelektronikern für die gemeinsame Bewältigung von Produktionsprozessen – Abschlussbericht. Marl: Hüls-Infracor GmbH, 1999
- [41] Kubik, G.; Metternich, H.-J.; Schmidkunz, H.: Ermittlung eines Instrumentes zur Ermittlung des Qualifizierungsbedarfes von Auszubildenden in Prozessbetreuungsberufen und Verbesserung der Zielgenauigkeit und Effizienz der Ausbildung durch mehrdimensionale Flexibilisierung und Erfolgsmeldung – 2. Zwischenbericht 2001. Marl: Degussa AG (Infracor GmbH), 2002
- [42] Kubik, G.; Metternich, H.-J.; Schmidkunz, H.: Ermittlung eines Instrumentes zur Ermittlung des Qualifizierungsbedarfes von Auszubildenden in Prozessbetreuungsberufen und Verbesserung der Zielgenauigkeit und Effizienz der Ausbildung durch mehrdimensionale Flexibilisierung und Erfolgsmeldung – 3. Zwischenbericht 2002. Marl: Degussa AG (Infracor GmbH), 2003
- [43] Kubik, G.; Schmidkunz, H.: Entwicklung eines Instrumentes zur Ermittlung des Qualifizierungsbedarfes von Auszubildenden in Prozessbetreuungsberufen und Verbesserung der Zielgenauigkeit und Effizienz der Ausbildung durch mehrdimensionale Flexibilisierung und Erfolgsmeldung – 1. Zwischenbericht 2000. Marl: Degussa AG (Infracor GmbH), 2001
- [44] Langmaack, B.: Themenzentrierte Interaktion. Weinheim: Psychologie Verlags Union, 1996
- [45] Leybold: Produktkatalog Physik – CASSY-S-Familie. Hürth: Leybold Didactic GmbH, 2002
- [46] Lindemann, H.: Einführung in die Didaktik der Chemie in Übersichten, Grafiken und Tabellen. Universität Duisburg Essen, Fachbereich Chemie, 2002
- [47] Lutz, B.; Steiner, D.: Computereinsatz im Chemieunterricht. In: Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie, Heft Nr. 28, S. 4 - 9, 1995
- [48] Mirvis, P.H.: Assessing the process of change in organizational change programs. In: S.E. Seashore, E.E. Lawler III, P.H. Mirvis, C. Cammann (eds.), Assessing Organizational Change. A Guide to Methods, Measures and Practices (pp. 417 - 451), New York: Wiley, 1983
- [49] Newton, T.J.; Keenan, A.: Role stress reexamined: An investigation of role stress predictors. In: Organizational Behavior and Human Decision Processes, 40, S. 346 - 368, 1987
- [50] Ott, B.: Grundlagen des beruflichen Lernens und Lehren. Berlin: Cornelsen Verlag, 2000
- [51] Peters, R.: Aufzeichnungen zur Firmengeschichte der Goldschmidt AG. Essen: Goldschmidt AG, 2002
- [52] Pfeifer, P.; Häusler, K.; Lutz, B.: Konkrete Fachdidaktik Chemie. München: Oldenburg Verlag, 1992
- [53] Phywe: Cobra 3 – Das Modulare Messsystem. Göttingen: Phywe Systeme GmbH, 2002
- [54] Riggs, M.L.; Knight, P.A.: The impact of perceived group success – failure on motivational beliefs and attitudes: A causal model. In: Journal of Applied Psychology, 79, S. 755 - 766, 1994
- [55] Ruschel, A.: Arbeits- und Berufspädagogik für Ausbilder in Handlungsfeldern. Nürnberg, Ludwigshafen: Friedrich Kiel Verlag GmbH, 1999
- [56] Schmidkunz, H.; Lindemann, H.: Das Forschend-Entwickelnde-Unterrichtsverfahren. 4. Aufl., Magdeburg: Westarp Wissenschaften, 1995



- [57] Seyd, W.: Berufsbildung: handelnd lernen – lernend handeln: Situation und Perspektive der beruflichen Aus- und Weiterbildung. Handlungsorientierte Gestaltung von Lernsituationen. Hamburg: Feldhaus, 1994
- [58] Th. Goldschmidt AG: Grenzen überwinden – 150 Jahre Th. Goldschmidt AG. Essen: Peter Pomp Verlag, 1997
- [59] Trachte, T.: Computerunterstützte Messdatenerfassung – Eine low-cost Variante. In: Institut für Didaktik der Chemie, Universität Essen: Der naturwissenschaftliche Unterricht an der Schwelle zum 3. Jahrtausend. Essen: Staccato-Verlag, 2000
- [60] Trachte, T.: Messdatenerfassung und Auswertung mit Personalcomputern im Chemieunterricht. Universität Duisburg Essen, Fachbereich Chemie, 1999
- [61] Trachte, T.: Projektunterlagen BAUM 1. Essen, Goldschmidt AG, Abteilung Aus- und Weiterbildung, 2000
- [62] Trachte, T.: Projektunterlagen BAUM 2. Essen, Goldschmidt AG, Abteilung Aus- und Weiterbildung, 2001
- [63] Trachte, T.; Lindemann, H.: Computerunterstützte Messdatenerfassung – Eine low-cost-Variante. In: GDGP, Brechel, R. (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie: Probleme und Perspektiven. Alsbach: Leuchtturm-Verlag, 2000
- [64] Trachte, T.; Lindemann, H.: Computerunterstützte Messdatenerfassung und Auswertung mit dem Personalcomputer – Neue Unterrichtsmodule für Ausbildungsbetriebe der chemischen Industrie im Kontext der Ausbildungsneuordnung für Laborberufe im Jahr 2000. In: GDGP, Brechel, R. (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie: Probleme und Perspektiven. Alsbach: Leuchtturm-Verlag, 2000
- [65] Trachte, T.; Lindemann, H.; Kleemann, J.: Computer- und mikrocontrollerunterstützte Messdatenerfassung in der Laborantenausbildung – Neue Ausbildungsmodul für Laborberufe. In: GDCH: Jahrestagung Chemie 2001 Kurzreferate. Frankfurt/M: Gesellschaft Deutscher Chemiker, 2001
- [66] Weinberg, J.: Kompetenzlernen. Quem Bulletin, 1, S. 3 - 6, 1996
- [67] Werthebach M.; Schmidt, K.-H.; Kleinbeck, U.: Produktivitätsförderung in der Personalverwaltung durch Einführung eines partizipativen Produktivitätssystems (PPM). In: Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 42, S. 100 -108, 1998
- [68] Werthebach, M.: Idee und Praxis der Dialogischen Unternehmensführung in mittelständischen Unternehmen. In: DKB (Hrsg.): Dialogische Unternehmensführung. Was haben Unternehmen von Sozialkultur? Dokumentation u. Forschungsbericht, S. 31 - 51. Dortmund: DKB, 1998
- [69] Werthebach, M.; Grote, K.; Schmidkunz, H.: Berufliche und betriebliche Sozialisation: Ein Modellversuch zur berufsfeldübergreifenden und fallbezogenen Ausbildung von Chemikanten/Papiermachern, Industriemechanikern und Prozessleitelektronikern / Energieelektronikern (I). In: Zeitschrift für Klientenzentrierung, 1/96, S. 73 - 121, 1996
- [70] Werthebach, M.; Grote, K.; Schmidkunz, H.: Modellversuch zur berufsfeldübergreifenden und fallbezogenen Ausbildung von Chemikanten bzw. Papiermachern, Industriemechanikern und Prozeßleitelektronikern bzw. Energieelektronikern. In: Metz-Göckel, H.; Kittler, U.(Hrsg.): Erziehungs- und Lernprozesse in Schule und Organisationen (Bd. 2). Essen: Verlag Blaue Eule, 1998
- [71] Zimbardo, P.G.; Gerrig, R.J.: Psychologie. 7. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1999

## 13.2 Abkürzungsverzeichnis

A	Ampere
Abb.	Abbildung
AD-Wandler	Analog-Digital-Wandler
AE	Ausbildungseinheit
AWL	Anweisungsliste
BAUM	Berufsfeldübergreifendes Ausbildungsmodul = Modul
BAVC	Bundesarbeitgeberverband Chemie
BBZ	Berufsbildungszentrum
BIBB	Bundesinstitut für Berufsbildung
BRD	Bundesrepublik Deutschland
CD	Compact Disk
CHK	Chemikant
CHL	Chemielaborant
CPU	Central Processing Unit
CS	Care Specialities
DA-Wandler	Digital-Analog-Wandler
DC	Direct Current
DEG	Degussa AG
DEG MV 1	Degussa Modellversuch 1
DEG MV 2	Degussa Modellversuch 2
DIN	Deutsche Industrienorm
DMM	Digital-Multimeter
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EE	Energieelektroniker
EEPROM	Electrical Erasable Programmable Read Only Memory
etc.	et cetera
Fa.	Firma
FB	Fachbereich
F-E Uv.	Forschend-Entwickelndes Unterrichtsverfahren
FOR	Fachoberschulreife
FUP	Funktionsplan
GanDi	Ganzheitlich-Dienstleistungsorientiert
GB	Geschäftsbereich
ggf.	gegebenenfalls
IFK	Informatikkaufmann
IG BCE	Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie

---

IHK	Industrie und Handelskammer
inkl.	inklusive
Kap.	Kapitel
Kat.	Kategorie
KOP	Kontaktplan
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light Emission Diode
LL	Lacklaborant
MA	Mitarbeiter
MS	Microsoft
MSR	Messen, Steuern, Regeln
MV	Modellversuch
NTC	Negativ Temperature Coefficient
OS	Oligomere Silicone
PC	Personalcomputer
PTC	Positive Temperature Coefficient
PWM	Pulsweitenmodulation
QM	Qualitätsmanagement
RC	Radiation Curable
S	Servicebereich
sog.	sogenannten
SPS	Speicher-Programmierbare-Steuerung
u. a.	unter anderen
UB	Unternehmensbereich
usw.	und so weiter
V	Volt
VDE	Verband der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik
vgl.	vergleiche
VPS	verbindungsprogrammierte Steuerung
Vs.	Versus
WWW	World Wide Web
z. B.	zum Beispiel

### 13.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Aufbauorganisation UB Performance Materials.....	12
Abbildung 2 Aufbauorganisation des Standortservices Essen .....	13
Abbildung 3 Zugangsvoraussetzungen.....	16
Abbildung 4 Optimierungsanforderungen .....	18
Abbildung 5 Eingliederung der Ausbildungsmodule in die Laborantenausbildung.....	24
Abbildung 6 Die Projektmethode als Vierstufenplan.....	29
Abbildung 7 Die Ganzheitlich-Dienstleistungsorientierte Ausbildungsform .....	30
Abbildung 8 Sozialformen Teil 1 v. 2 .....	33
Abbildung 9 Sozialformen Teil 2 v. 2 .....	34
Abbildung 10 Programmoberfläche DMM-Profi-Lab Expert mit virtueller Frontplatte.....	37
Abbildung 11 Schaltungssimulator mit Experimentierumgebung .....	39
Abbildung 12: Übersicht Einplatinencomputer C-Control-Unit.....	42
Abbildung 13 Application-Board (li.) und Relaisplatine (re.) .....	43
Abbildung 14 Programmierumgebungen: C-Control Basic (li), C-Control Plus (re.).....	43
Abbildung 15 C-Control Plus Programm Inverter.....	45
Abbildung 16 Die Programmzelle SCHLEIFE.....	46
Abbildung 17 C-Control-Station .....	48
Abbildung 18 Angehender Energieelektroniker mit Ausbilder und O <sub>2</sub> -GUARDS .....	54
Abbildung 19 Übersicht Cobra 3, Basic-Unit, Sensormodule .....	61
Abbildung 20 Übersicht Cassy-S .....	62
Abbildung 21 Modulübersicht Selfmade-System, Software RTX-View .....	64
Abbildung 22 Keithley Digitalmultimeter Integra 2700 (li.) und Software Testpoint 4.0 (re.) .....	65
Abbildung 23 SPS Basis-Aufbau (CPU-Baugruppe, Digitale Eingangs- u. Ausgangsgruppen). 69	
Abbildung 24 Stromlaufplan, FUP, KOP, AWL zu einer Wechselschaltung.....	70
Abbildung 25 Trianguläre Projektbeurteilung.....	87
Abbildung 26 DEMING-Zyklus der ständigen Verbesserung .....	88
Abbildung 27 Grundkonstellation der Themenzentrierten Interaktion.....	96
Abbildung 28 Dualitäten des Berufsbildungssystem der BRD .....	98
Abbildung 29 Systemprozessmodell der Aus- und Weiterbildung .....	109

---

Abbildung 30 Struktur des Ausbildergesprächsleitfadens.....	116
Abbildung 31 Auswertung Kat. 1 - Informationsversorgung.....	120
Abbildung 32 Auswertung Kat. 2 - Innovationsklima.....	121
Abbildung 33 Auswertung Kat. 3 - Leistungsrückmeldung der Ausbilder .....	122
Abbildung 34 Auswertung Kat. 4 - Leistungsanspruch der Ausbilder.....	123
Abbildung 35 Auswertung Kat. 5 - Ausbildungsplanung und Erfolgskontrolle.....	124
Abbildung 36 Auswertung Kat. 6 - Vorgabe von Leistungszielen .....	126
Abbildung 37 Auswertung Kat. 7 - Unterstützung des Problemlösens .....	127
Abbildung 38 Auswertung Kat. 8 - Partizipation.....	128
Abbildung 39 Auswertung Kat. 9 - Persönliche Zuwendung.....	129
Abbildung 40 Auswertung Kat. 10 - Berufliche Förderung.....	130
Abbildung 41 Auswertung Kat.11 - Soziale Leistungserfolge .....	131
Abbildung 42 Auswertung Kat. 12 - Vertrauen in die Ausbilder .....	132
Abbildung 43 Auswertung Kat. 13 - Intrinsische Motivation.....	134
Abbildung 44 Auswertung Kat. 14 - Extrinsische Motivation.....	135
Abbildung 45 Auswertung Kat. 15 - Einstellung gegenüber Berufsausbildung.....	136
Abbildung 46 Auswertung Kat. 16 - Einstellung gegenüber Teamarbeit .....	137
Abbildung 47 Auswertung Kat. 17 - Klarheit des Vorgehens.....	139
Abbildung 48 Auswertung Kat. 18 - Klarheit der Leistungsmaßstäbe .....	140
Abbildung 49 Auswertung Kat. 19 - Anforderungen.....	141
Abbildung 50 Auswertung Kat. 20 - Fachliches Selbstvertrauen.....	143
Abbildung 51 Auswertung Kat. 21 - Soziales Selbstvertrauen.....	144
Abbildung 52 Auswertung Ausbildergesprächsleitfaden Ausbildungsmodul 3, Teil 1 .....	147
Abbildung 53 Auswertung Ausbildergesprächsleitfaden Ausbildungsmodul 3, Teil 2 .....	148
Abbildung 54 Auswertung Ausbildergesprächsleitfaden Ausbildungsmodul 3, Teil 3 .....	148
Abbildung 55 Auswertung Ausbildergesprächsleitfaden Ausbildungsmodul 3, Teil 4 .....	149

## 13.4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Vergleich der Eigenschaften verschiedener Messdatenerfassungssysteme.....	67
Tabelle 2 Kompetenzmodell ganzheitlicher Berufsausbildung .....	77
Tabelle 3 Prozessorientierter Vergleich .....	85
Tabelle 4 Vergleich didaktischer Prinzipien .....	86
Tabelle 5 Die sich wandelnde Rolle des Ausbilders .....	92
Tabelle 6 Kostenbetrachtung Ausbildungsmodul 3.....	94
Tabelle 7 Beispielkostenrechnung O <sub>2</sub> -GUARD Prototyperstellung.....	95
Tabelle 8 Berufsspezifische Themenzuordnung - Ausbildungsmodul 1 .....	102
Tabelle 9 Berufsspezifische Themenzuordnung - Ausbildungsmodul 2 .....	103
Tabelle 10 Inhaltliche, technische und didaktische Verzahnung der Ausbildungsmodule .....	106
Tabelle 11 Fragen zur Projektrealisation aus Sicht der Auszubildenden .....	112
Tabelle 12 Fragen zur Werthaltung der Auszubildenden.....	113
Tabelle 13 Fragen zur subjektiven Kompetenzeinschätzung der Auszubildenden .....	114
Tabelle 14 Kompetenzfacetten des Gesprächleitfadens .....	115
Tabelle 15 Verlauf der Untersuchung .....	119
Tabelle 16 Datenvergleich: Ausbildungsmodule vs. MV1 vs. MV2.....	145

## 13.5 WWW-Adressen-Verzeichnis

### Homepages von Lieferanten:

<http://www.abacom-online.de/html/demos.html>

<http://www.conrad.de>

<http://www.keithley.com>

<http://www.leybold-didactic.com>

<http://www.phywe.de>

### Homepages öffentlicher Institutionen:

<http://www.bibb.de>

<http://www.biz.de>

### Homepages der kooperierenden Unternehmen:

<http://www.degussa.com>

<http://www.goldschmidt.com>

## **14 Anhang**

### **14.1 Exemplarische Ausbildungseinheit - Modul 1, AE 5**



## 14.1.1 Inhalte des Ausbilderbandes

degussa.

Standortservices Essen

### 6 Fünfte Ausbildungseinheit: Potentiometrische Titrationsen

#### 6.1 Thema der fünften Ausbildungseinheit

Die fünfte Einheit stellt inhaltlich wie auch praktisch die sicherlich anspruchsvollste Komponente des ersten Moduls dar. Thema der fünften Ausbildungseinheit ist der gemeinschaftliche, möglichst eigenverantwortliche Aufbau eines Titrationsautomaten durch die Auszubildenden. Hierbei kommt das in den ersten vier Einheiten erworbene Fachwissen, sowie die erlernte methodische Herangehensweise an eine Problemstellung zur Anwendung. Am Ende der Einheit steht ein durch die Auszubildenden aufgebautes Handlungsprodukt, das im Arbeitsalltag der Laborantenausbildung zum Einsatz kommen kann, zur Verfügung. Mit dem funktionsfähigen System können Titrationsen automatisiert durchgeführt werden. Mögliche Anwendungsbeispiele werden am Ende der Ausbildungseinheit angeführt.

#### 6.2 Sachanalyse der fünften Ausbildungseinheit

##### 6.2.1 Maßanalyse

Die Säure-Base-Titration oder Maßanalyse ist ein Verfahren zur Bestimmung unbekannter Konzentrationen mit Hilfe von Maßlösungen (auch Titerlösungen), also Lösungen mit bekannter Konzentration. Hierbei wird die unbekannte Stoffmenge (bzw. die Konzentration) einer Säure oder Base ermittelt, indem man das Volumen der Lösung einer Base oder Säure mit bekannter Konzentration ermittelt, welches zur Neutralisation der Säure oder Base notwendig ist. Das Erreichen des Äquivalenzpunktes, bei dem die zur Neutralisation erforderlichen äquimolaren Stoffmengen von Säure und Base vorliegen, wird durch den Farbumschlag eines Indikators (z.B. Phenolphthalein erkannt). Anstatt eines klassischen Indikators kann bei der Maßanalyse auch ein pH-Meter zum Einsatz kommen. Dies ist zum Beispiel bei der Analyse farbiger Lösungen, bei denen der Umschlagspunkt des Indikators nicht sauber zu erkennen ist, sinnvoll. Hier wird der pH-Wert der zu bestimmenden Lösung in Abhängigkeit zur hinzugefügten Titerlösung kontinuierlich bestimmt. Bei der grafischen Auswertung der Messdaten in Form einer Titrationskurve, entspricht der Wendepunkt des Graphens dem Äquivalenzpunkt der Titration.

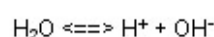
##### 6.2.2 pH-Wert

Der pH-Wert ist ein Meßsystem für den neutralen ( $\text{pH} = 7$ ), sauren ( $\text{pH} < 7$ ) oder basischen Charakter ( $\text{pH} > 7$ ) einer Lösung. Er gibt die Konzentration an Oxonium-Ionen ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) an. Da diese jedoch in verhältnismäßig geringen Mengen in Lösungen vorliegen, gibt man nicht die Konzentration direkt, sondern den negativen dekadischen Logarithmus an. Der pH-Wert entspricht also dem negativ dekadischen Logarithmus der Oxoniumionenkonzentration ( $\text{pH} = -\log c(\text{H}_3\text{O}^+)$ ). Aufgrund der Logarithmierung hat der pH-Wert keine Maßeinheit. Vor der Logarithmierung muss die Konzentration der Oxonium-Ionen in der Einheit  $\text{mol/dm}^3$  vorliegen.

degussa.

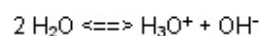
Standortservices Essen

Die Entstehung der Oxonium-Ionen basiert auf dem Zerfall von elektrisch neutralen Wassermolekülen in positiv geladene Wasserstoffionen ( $H^+$ ) und elektrisch negativ aufgeladene Hydroxid-Ionen ( $OH^-$ ) nach:



Da es sich bei der hier vorliegenden Dissoziation um eine Gleichgewichtsreaktion handelt, ist die Wiedervereinigung der bezeichneten Ionen zu einem neutralen Wassermolekül möglich.

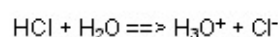
Das aus dem Wasserstoffatom des Wasser zunächst durch Abspaltung eines Elektrons entstehende Wasserstoffion geht in der Gegenwart von Wasser stets in die hydratisierte Form  $H_3O^+$  über. Exakter ist die Autoprotolysereaktion daher als



zu formulieren.

Weil aus einem Molekül Wasser jeweils immer nur ein Oxonium-Ion und ein Hydroxid-Ion freigesetzt werden können, enthält 1  $dm^3$  Wasser daher immer gleich viele Oxonium- und Hydroxid-Ionen. Durch Leitfähigkeitsmessungen hat man hierfür die Konzentration von  $10^{-7} \text{ mol/dm}^3$  ermittelt. Dies entspricht in etwa einer Masse von 0,0001mg Wasserstoff-Ionen in einem Liter. Zur Steigerung der Anschaulichkeit in der Praxis bildet man, wie bereits erwähnt, den negativen dekadischen Logarithmus dieser Konzentration.

Reines Wasser und schwache Säure unterliegen nur einer schwachen Dissoziation. Starke Säuren – wie z.B. die Mineralsäuren Salzsäure, Schwefelsäure oder Salpetersäure – dissoziieren in ihren wässrigen Lösungen praktisch vollständig:



Fügt man also zu einem Liter reinem Wasser, das  $10^{-7} \text{ mol/dm}^3$  Wasserstoffionen enthält, eine Stoffmenge von 0,1 Mol Salzsäure hinzu (Masse entspricht etwa 3,65 g), so wird durch die Protolyse des Chlorwasserstoffs in der Salzsäure die Oxonium-Ionenkonzentration in der Lösung um 6 Zehnerpotenzen auf  $10^{-1} \text{ mol/dm}^3 = \text{pH } 1$  angehoben.

### 6.2.3 Elektrische pH-Wert-Messung

Die elektrische pH-Messung basiert darauf, dass eine Messelektrode beim Eintauchen in eine wässrige Lösung ein Potential annimmt, dessen Höhe von der Wasserstoffionenkonzentration in der Lösung abhängt. Dieses elektrochemische Potential gehorcht der Nernst'schen Gleichung:

$$U = U_0 + \left[ \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \right] \cdot \ln \frac{c(\text{Akzeptor})}{c(\text{Donator})} \quad [V]$$

Durch Bezug der Gleichung auf Standardbedingungen, sowie durch Einbeziehung des Umrechnungsfaktors für den Logarithmus naturalis, ergibt sich die vereinfachte Gleichung zu:

$$U = U_0 + \left( \frac{0,059}{z} \right) \cdot \log \frac{c(\text{Akzeptor})}{c(\text{Donator})} \quad [V]$$

Überträgt man die Gleichung auf die Reduktion von zwei Wasserstoff-Ionen ergibt sich für die Anzahl der pro  $H^+$ -Ionen übertragenen Elektronen ( $z$ ) der Wert 1. Die Konzentration des Wasserstoffs ist bei Normalbedingungen  $1 \text{ mol/dm}^3$ . Dem Elektrodenpotential wird willkürlich das Normalpotential  $U_0=0 \text{ V}$  zugeordnet. Somit vereinfacht sich die Nernst'sche-Gleichung zu:

$$U = - 0,059 \cdot \text{pH} \quad [\text{V}]$$

Die pro pH-Einheit an der Wasserstoffelektrode anliegende Spannung beträgt somit unter Normalbedingungen 59 mV.

Zur pH-Wert-Messung setzte man früher hauptsächlich die Wasserstoffelektrode ein. Aktuell werden fast ausschließlich Glaselektroden eingesetzt. Da für eine Potentialmessung zwei Halbzellen notwendig sind, benötigt man zusätzlich eine Bezugs-elektrode. Häufig sind Glas- und Bezugs-elektrode in einer sogenannten Einstabmesskette vereint.

Die Glaselektrode besteht in der Regel aus einer dünnen Glasmembrankugel, die mit einer Pufferlösung als Bezugs-lösung gefüllt wird. Die elektrische Ableitung wird über einen Silberdraht realisiert. Die in der Einstabmesskette vorhandene Bezugs-elektrode wird häufig aus dem Elektroden-Elektrolyt-System Silber / Silberchlorid gestellt.

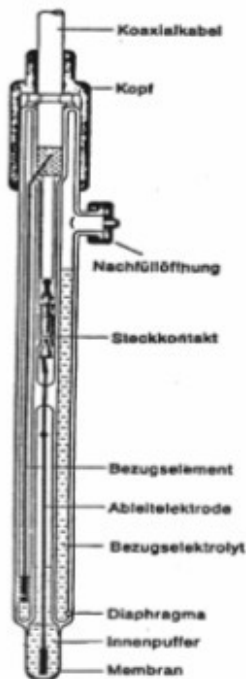


Abbildung 4 Einstabmesskette (schematisch)

Im Detail betrachtet besteht eine Einstabmesskette prinzipbedingt aus vier Elektroden, nämlich

- der Ableitelektrode mit dem System Ag / AgCl und als Elektrolyten eine Pufferlösung mit definierter Chloridionenkonzentration.
- dem Elektrodensystem der inneren Quellschicht der Glasmembran / H<sup>+</sup> und als Elektrolyten dem Innenpuffer.
- dem Elektrodensystem der äußeren Quellschicht der Glasmembran / H<sup>+</sup> und als Elektrolyten der Messlösung.
- der Bezugselektrode mit dem System Ag / AgCl und als Elektrolyten 3 molare gesättigte Kaliumchlorid-Lösung.

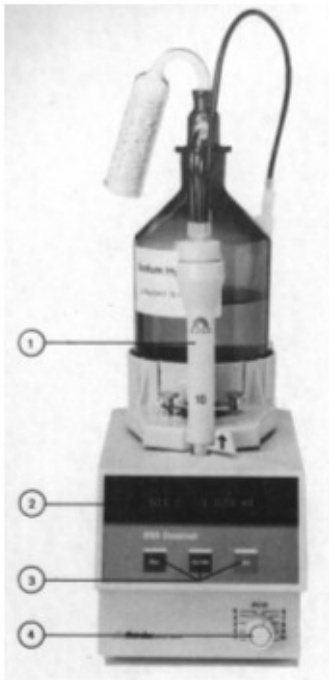
Die Glaselektrode wird aus Glas der Zusammensetzung 72 % SiO<sub>2</sub>, 6 % CaO, 22 % Na<sub>2</sub>O hergestellt. Durch den hohen Natriumanteil im Werkstoff wird gewährleistet, dass die Glasmembran der Elektrode elektrischen Strom geringfügig leitet. Der elektrische Widerstand der Membran liegt im Bereich von 10<sup>8</sup> bis 10<sup>9</sup> Ohm. Normale Multimeter sind aufgrund ihres zu geringen Eingangswiderstandes (etwa 10<sup>7</sup> Ohm) zur Potentialmessung daher nicht geeignet. Die zum Einsatz kommenden pH-Meter sind Spezialspannungsmesser mit Eingangswiderständen von mindestens 10<sup>12</sup> Ohm.



Abbildung 5 pH-Meter und Standard-Einstabmesskette

#### 6.2.4 Motorkolbenburette

Die für eine Titration notwendige Dosiereinheit ist bei manueller Durchführung meist eine Bürette. Die automatisierte Zugabe von Lösungen in definierten Dosierintervallen ist mit sogenannten Motorkolbenburettens, die oftmals auch als Dosimaten bezeichnet werden, zu realisieren. Der Ausstoß einer zuvor exakt festgelegten Flüssigkeitsmenge in ein Reaktionsgefäß kann mit diesen Geräten auch mit einem externen, elektrischen Impuls gesteuert werden.



- 1 = Wechseleinheit
- 2 = Anzeige
- 3 = Bedienungstasten
- 4 = Einstellung Dosiergeschwindigkeit

Abbildung 6 Dosimat Frontansicht

### 6.3 Lernausgangslage für die fünfte Ausbildungseinheit

Die Auszubildenden sollten vor Beginn der Ausbildungseinheit über folgende Kenntnisse verfügen:

Kenntnisse	Profession			Zu vermitteln von
	CHL	CHK	EE	
Grundlagen der Elektrochemie	x	x		Allgemeinbildende Schule, Berufskolleg
Grundlagen der volumetrischen Maßanalyse	x	x		Allgemeinbildende Schule, Berufskolleg
Grundfertigkeiten im Umgang mit der Software DMM-Profi-Lab	x	x	x	Ausbildungsbetrieb
EDV-Grundkenntnisse (PC, MS-Office)	x	x	x	Berufskolleg, Ausbildungsbetrieb
Grundlagen der praktischen Laborarbeit	x	x		Ausbildungsbetrieb

Tabelle 18 Definition der Lernausgangslage der fünften Ausbildungseinheit

### 6.4 Ziele der fünften Ausbildungseinheit

Ziele	Kompetenzart		
	FK	MK	SK
Die Grundlagen der Potentiometrie (im Kontext pH-Wert-Messung) sollen erarbeitet und erklärt werden können.	x		
Die Grundlagen der volumetrischen Maßanalyse (Theorie und Praxis) sollen erarbeitet, verstanden und angewendet werden.	x		
Funktionsweise und Anwendungsgebiete eines pH-Meters und eines Dosimaten sollen erarbeitet und dargestellt werden können. Die Geräte sollen im Experiment praktisch eingesetzt werden können.	x		
Ein Modell-Titrationsautomat soll eigenverantwortlich durch die Auszubildenden aufgebaut werden (Hard- und Software).	x	x	x
Experimente sollen selbständig geplant, durchgeführt, dokumentiert und ausgewertet werden können. Die Durchführungen von eigenverantwortlichen Analysen mit dem erstellten Gerät sollen möglich sein.	x	x	x
Eine projekt- und teamorientierten Arbeitsweise soll praktiziert werden.		x	x
Spezialwissen einer Profession soll so aufbereitet und dargestellt werden können, dass die Sachverhalte für Kollegen anderer Berufsgruppen trotzdem nachvollziehbar sind.		x	x
Arbeitsergebnisse sollen verbalisiert und präsentiert werden können.		x	

Tabelle 19 Ziele der fünften Ausbildungseinheit

## 6.5 Verlaufsplan der fünften Ausbildungseinheit

AE	Inhalt	Sf. / Methode	Materialien	Ort/Zeit
1.5.1	Definition des Projektziels durch den Ausbilder: Aufbau eines Titrationsautomaten. Gruppendiskussion zur Begriffsklärung Titrationsautomat. Kernfrage: Welche Aufgaben lassen sich mit einem solchen Gerät lösen? Welchen Funktionsumfang muss ein solcher Automat haben? Die zum Aufbau des Automaten benötigten Geräte werden durch den Ausbilder zur Verfügung gestellt. Aufbau und Funktionsweise der einzelnen Geräte werden in der Praxis beschrieben. Das Grob-Anforderungsprofil des Automaten sollte schriftlich fixiert werden.	<i>Lehrer-Schüler-Gespräch</i>	Dosimat PH-Meter PC DMM-Profi-Lab Relaiskarte aus AE 1.4.8  OH-Folien	Seminarraum
1.5.2	Laboranten rekapitulieren die Thematik der volumetrischen Maßanalyse und erhalten den Auftrag eine allgemein verständliche, didaktisch reduzierte Einführung zu diesem Thema zu erarbeiten (zu klärende Schlüsselbegriffe). Ebenso ist eine einfache Säure-Base-Titration zur experimentellen Durchführung im Labor vorzubereiten.	<i>Partnerarbeit (CHL)</i>	Kopiervorlage: Arbeitsauftrag  Lösungsvorschlag	Seminarraum
1.5.3	Chemikanten erarbeiten die Funktionsweise des zur Verfügung gestellten pH-Meters. Theoretische Hintergründe, Gerätebedienung, Kalibrierung, Anwendung und Elektrodenpflege sind zu berücksichtigen,	<i>Partnerarbeit (CHK)</i>	Kopiervorlage: Arbeitsauftrag  Lösungsvorschlag	Seminarraum
1.5.4	Energieelektroniker erarbeiten die Funktionsweise einer Motorkolbenbürette (Dosimat). Gerätebedienung, Programmierung und Anschluss an das Messdatenerfassungssystem werden berücksichtigt	<i>Partnerarbeit (EE)</i>	Kopiervorlage: Arbeitsauftrag  Lösungsvorschlag	Seminarraum
1.5.5	Unter Anleitung der Laboranten wird – der Vorbereitung aus AE 1.5.2 folgend – eine einfache Säure-Base-Titration im Labor praktisch durchgeführt und ausgewertet.	Teamarbeit	Lösungsvorschlag (vgl. 1.5.2)	Labor

degussa.

Standortservices Essen

AE	Inhalt	Sf. / Methode	Materialien	Ort/Zeit
1.5.6	Energieelektroniker stellen ihr Arbeitsergebnis aus AE 1.5.4 vor. Die Verwendung des Dosimaten wird demonstriert. Es wird diskutiert, welcher manueller Teil einer Titration mit diesem Gerät ersetzt werden kann, und wie der experimentelle Aufbau modifiziert werden muss.	Teamarbeit Präsentation, Diskussion	Lösungsvorschlag (vgl. 1.5.4)	Seminar- raum  Labor
1.5.7	Chemikanten stellen ihr Arbeitsergebnis aus AE 1.5.3 vor. Die Verwendung des pH-Meters wird demonstriert. Es wird diskutiert, welcher manueller Teil einer Titration mit diesem Gerät ersetzt werden kann, und wie der experimentelle Aufbau modifiziert werden muss.	Teamarbeit Präsentation, Diskussion	Lösungsvorschlag (vgl. 1.5.4)	Seminar- raum  Labor
1.5.8	Den Arbeitsergebnissen aus AE 1.5.6 und AE 1.5.7 folgend wird eine halbautomatische Säure-/Base-Titration unter Verwendung von Motorkolbenbürette und pH-Meter durchgeführt. Eine Titrationskurve wird aus den Messdaten erstellt (manuell oder unter Verwendung von MS-Excel). Interpretation und Auswertung der Kurven erfolgt in Form eines Versuchsprotokolls.  Optional: Bildung der erste Ableitung der Titrationskurve zur Bestimmung des Äquivalenzpunktes (manuell oder unter Verwendung von MS-Excel).	Teamarbeit	Arbeitsauftrag Lösungsvorschlag    Arbeitsanleitung	Labor  Seminar- raum  EDV- Raum
1.5.9	Die Gruppe erarbeitet (wenn notwendig unter Moderation des Ausbilders) einen Lösungsvorschlag zur Integration von pH-Meter und Motorkolbenbürette in das Messdatenerfassungssystem. Anforderungen an das System werden rekapituliert. Verantwortlichkeiten zur Lösung von Teilproblemstellungen werden festgeschrieben und in Arbeitsgruppen delegiert. Ziel ist die Erstellung eines Projektplans.	Teamarbeit  Gandi- Verfahren Brainstorming Projektplan- erstellung	Lösungsvorschlag	Seminar- raum
1.5.10	Realisierung des in 1.5.5 erarbeiteten Lösungskonzeptes und Aufbau des Titrationsautomaten (Hard- und Software) entsprechend des Projektplans aus AE 1.5.9. Abschließende Funktionsprüfung, Kalibrierung des Automaten.	Teamarbeit  Gandi- Verfahren	Lösungsvorschlag	Labor



AE	Inhalt	Sf. / Methode	Materialien	Ort/Zeit
1.5.11	<p>Der erstellte Titrationsautomat kann zur Bearbeitung unterschiedlicher chemischer Problemstellungen eingesetzt werden. Folgende Beispiele sind gut umsetzbar:</p> <p>Titration von farbigen Lösungen (wie Colagetränken)</p> <p>Identifizierung der Säurebestandteile eines Entkalkungsmittels (z.B. Ameisensäure)</p> <p>Reinheitsbestimmung der im präparativen Ausbildungspraktikum hergestellten Acetylsalicylsäure (Säurezahlbestimmung)</p>	Teamarbeit	Versuchs- anleitungen	Labor

Tabelle 20 Verlaufsplan Ausbildungseinheit 5 Modul 1

### 6.6 Inhaltliche und methodische Überlegungen zur fünften Ausbildungseinheit

Ausbildungseinheit 5 von Modul 1 versucht die in den ersten vier Einheiten gewonnenen Erkenntnisse auf die Erstellung eines konkreten Handlungsproduktes anzuwenden. Ziel ist der teamorientierte Aufbau eines Titrationsautomaten. Das funktionsfähige Gerät kann im Ausbildungslaboratorium durchaus zur potentiometrischen Titration von Säuren und Basen eingesetzt werden.

Ausbildungseinheit fünf sollte vom Ausbilder möglichst projektorientiert begleitet werden. Planerische, organisatorische und technische Aspekte sollten möglichst in eigenverantwortlicher Hand der Auszubildenden liegen. Im Idealfall tritt der Ausbilder bei Entscheidung zur Realisierung des Automaten nur in Funktion eines Moderator auf.

Beginnend mit AE 1.5.1 wird der Projektauftrag zur Erstellung des Gerätes an die Auszubildenden übergeben. Das grobe Anforderungsprofil des Gerätes wird vom Ausbilder skizziert. Die zum Aufbau des Automaten zur Verfügung stehenden Komponenten werden den Auszubildenden vorgestellt und ausgehändigt.

Bezüglich der Thematik der Titration ist zwischen den Berufsgruppen von sehr unterschiedlichen fachlichen Voraussetzungen auszugehen. Um hier das Wissensniveau elegant anzugleichen, beschäftigen sich die Laboranten in AE 1.5.2 zunächst rückblickend mit dem Themengebiet der Titration. Sie erhalten den Arbeitsauftrag, eine allgemein verständliche Einführung zum Thema zu erstellen und eine passende experimentelle Praxiseinheit im Ausbildungslabor vorzubereiten. Später treten die so präparierten Laboranten-Azubis als Tutoren für ihre Azubi-Kollegen auf und werden die Durchführung einer einfachen Säure-Base-Titration im Labor anleiten.

Zeitlich parallel erarbeiten Chemikanten in AE 1.5.3 die Funktionsweise des zur Verfügung gestellten pH-Meters. Berücksichtigt werden Gerätebedienung, Kalibrierung, Anwendung, Elektroden- und Gerätepflege.

Die erarbeiteten Inhalte werden dokumentiert.

Energieelektroniker beschäftigen sich ebenfalls zeitgleich in AE 1.5.3 mit dem Dosimaten. Gerätebedienung, Reinigung und Programmierung der Dosierintervalle werden erarbeitet und dokumentiert.

Unter Anleitung der Laboranten wird im Anschluss die vorbereitete manuelle Titration im Ausbildungslabor durchgeführt und ausgewertet, so dass alle Berufsgruppen über die grundlegenden chemischen Sachverhalte in Praxis und Theorie Kenntnis haben.

AE 1.5.6 und AE 1.5.7 dienen der Präsentation der Funktionsweise von pH-Meter und Dosimaten. In einer sich anschließenden Diskussion wird erarbeitet, welche Geräte innerhalb der durchgeführten Titration welche manuellen Tätigkeiten ersetzen können.

In AE 1.5.8 wird in Teamarbeit eine halbautomatische Titration unter Verwendung von pH-Meter und Dosimat durchgeführt. Ziel sollte die Erstellung einer Titrationskurve sein. Dies ist durchaus auch unter Verwendung eines Tabellenkalkulationsprogramms denkbar. Bei der folgenden, optional möglichen mathematischen Bestimmung des Wendepunktes der Titrationskurve, ist unter Umständen Hilfestellung seitens des Ausbilders erforderlich. Eine Arbeitsanweisung zur manuellen Ableitung der Differentialkurve aus den Messwerten ist verfügbar.

In den Schritten AE 1.5.9 und AE 1.5.10 werden nun die einzelnen Komponenten zu einer funktionierenden Einheit integriert. AE 1.5.9 dient primär der Erstellung eines Projektplans durch die Auszubildenden während in AE 1.5.10 die eigenverantwortliche, arbeitsteilige Umsetzung des Plans erfolgen sollten. Dabei sind von den Auszubildenden die folgenden Aufgaben zu planen und durchzuführen:

Erstellung eines Interfaces zur Verbindung von analogem Spannungsausgang des pH-Meters mit dem Digitalmultimeter; Auswahl eines geeigneten Datenkabels zum Anschluss des als A-D-Wandler funktionierenden Multimeters an die serielle Schnittstelle des Rechners; Erstellung eines Interfaces um mit der Relaiskarte den Dosimaten ansteuern zu können; Auswahl eines geeigneten Datenkabels zum Anschluss des Rechners an die Relaiskarte (D-A-Wandler ist auf der Karte integriert); Erstellung einer Software mit dem Schaltungssimulator, um die Daten des pH-Meters auszuwerten und den Dosimaten ansteuern zu können; Test des erstellten Gerätes.

Die Erfahrung zeigt hier, dass der aufwendigste und schwierigste Teil in der Erstellung und dem Test der Software liegt. In Summe sollte der Ausbilder für die Schritte AE 1.5.9 und AE 1.5.10 durchaus zwei Arbeitstage einplanen.

In AE 1.5.11 werden dem Ausbilder drei praktische Problemstellungen angeboten, in denen das Gerät beispielhaft eingesetzt werden kann. Es besteht die Möglichkeit zur Titration von farbigen Lösungen, z.B. einem Colagetränk, von Säuregemischen, z.B. einem Kalköser oder aber der Überprüfung des Reinheitsgrades eines Produktes über die Säurezahl.

---

degussa.

Standortservices Essen

**6.7 Medien und Materialien für die fünfte Ausbildungseinheit**

Artikel	Hersteller	ca. Preis / Stck.
Materialien zur AE 5 (Materialband)		kostenlos
Folien und Kopiervorlagen AE 1.5.1 – AE 1.5.11		kostenlos
Dosimat (Motorkolbenbürette)	Methrom	500,00 EUR
pH-Meter	Greisinger Electronic	100,00 EUR
Einstabmesskette	Greisinger Electronic	30,00 EUR

Tabelle 21 Medien und Materialien zur Ausbildungseinheit 5 Modul 1

## 14.1.2 Inhalte des Materialienbandes



### 1 Ausbildungseinheit 1.5

#### 1.1 Unterlagen zur Ausbildungseinheit 1.5.1

##### 1.1.1 OH-Folie Übersicht der Komponenten



##### 1.1.2 OH-Folie Leistungsbeschreibung des Titrationsautomaten



1.2 Unterlagen zur Ausbildungseinheit 1.5.2

1.2.1 Arbeitsauftrag Grundlagen der Säure-Base-Titration



1.2.2 Lösungsvorschlag Grundlagen der Säure-Base-Titration

1.2.2.1 OH-Folien Thematischer Überblick Säure-Base-Titration



1.2.2.2 OH-Folie Versuchsanleitung Titration von Salzsäure gegen Natronlauge



1.3 Unterlagen zur Ausbildungseinheit 1.5.3

1.3.1 Arbeitsauftrag Bedienung und Kalibrierung eines pH-Meters



1.3.2 OH-Folie Lösungsvorschlag Bedienung und Kalibrierung eines pH-Meters

degussa.  
SMT,orbiteca

Bedienung und Kalibrierung eines pH-Meters (10) ...

**Funktion eines pH-Meters:**

- Zur genauen Bedienung und zur präzisen Messung des pH-Wertes sind die Elektroden des pH-Meters zu kalibrieren und zu warten.
- In einem pH-Meter sind zwei Elektroden (eine Mess- und eine Referenzelektrode) in einem Elektrolyten eingetaucht.
- Die Mess- und Referenzelektroden geben bei Kontakt mit einer Lösung den Potentialwert an, der durch die Konzentration der Ionen in der Lösung bestimmt wird.

**Vorbereitung der pH-Elektroden:**

- Die Elektroden müssen vor der Messung mit einer Standardlösung (pH 7) kalibriert werden. Danach können sie in die zu messende Lösung gegeben werden.

**Kalibrierung:**

- Die Elektroden müssen in die Standardlösung (pH 7) gegeben werden.
- Die Messung des pH-Wertes wird durchgeführt.
- Die Elektroden müssen in die Standardlösung (pH 7) gegeben werden.

Seite 1 von 1

degussa.  
SMT,orbiteca

Bedienung und Kalibrierung eines pH-Meters (20) ...

**Kalibrierung:**

- Die Elektroden müssen in die Standardlösung (pH 7) gegeben werden.
- Die Messung des pH-Wertes wird durchgeführt.
- Die Elektroden müssen in die Standardlösung (pH 7) gegeben werden.

**Lösung:**

- Die Elektroden müssen in die Standardlösung (pH 7) gegeben werden.
- Die Messung des pH-Wertes wird durchgeführt.
- Die Elektroden müssen in die Standardlösung (pH 7) gegeben werden.



Seite 1 von 1

degussa.  
SMT,orbiteca

Bedienung und Kalibrierung eines pH-Meters (30) ...

**Pflege der Elektroden:**

- Die Elektroden müssen regelmäßig gewartet werden.
- Die Elektroden müssen in eine Schutzlösung gegeben werden.
- Die Elektroden müssen in eine Schutzlösung gegeben werden.
- Die Elektroden müssen in eine Schutzlösung gegeben werden.
- Die Elektroden müssen in eine Schutzlösung gegeben werden.
- Die Elektroden müssen in eine Schutzlösung gegeben werden.
- Die Elektroden müssen in eine Schutzlösung gegeben werden.
- Die Elektroden müssen in eine Schutzlösung gegeben werden.
- Die Elektroden müssen in eine Schutzlösung gegeben werden.
- Die Elektroden müssen in eine Schutzlösung gegeben werden.

Seite 1 von 1

1.4 Unterlagen zur Ausbildungseinheit 1.5.4

1.4.1 Arbeitsauftrag Funktionsweise und Bedienung einer Motorkolbenbürette

degussa.  
SMT,orbiteca

Arbeitsauftrag Funktionsweise und Bedienung einer Motorkolbenbürette (10) ...

<b>Benennung:</b>	10
<b>Zweck:</b>	Die Menge an Flüssigkeit...
<b>Materialien:</b>	Standardlösung (pH 7), Standardlösung (pH 4), Standardlösung (pH 10), Standardlösung (pH 12), Standardlösung (pH 14)
<b>Aufgabe 1:</b>	Erklären Sie die Funktionsweise der Motorkolbenbürette.
<b>Aufgabe 2:</b>	Bedienen Sie die Motorkolbenbürette.



Seite 1 von 1

1.4.2 OH-Folie Lösungsvorschlag Funktionsweise und Bedienung einer Motorkolbenbürette



1.5 Unterlagen zur Ausbildungseinheit 1.5.8

1.5.1 Arbeitsauftrag Durchführung einer halbautomatischen Titration





### 1.5.2 Arbeitsanleitung Mathematische Bestimmung des Äquivalenzpunktes einer Titrationskurve

**degussa.**  
Technische Dienstleistungen

Arbeitsanleitung: Mathematische Bestimmung des Äquivalenzpunktes einer Titrationskurve

<b>Standortname:</b>	CH-24, 818
<b>Standortnr.:</b>	00000000
<b>Titel:</b>	Titration
<b>Maßeinheit / Maß:</b>	Prozentanteil w. / Mol/L Konzentration / Substanzmenge

1) Die Äquivalenzpunktbestimmung erfolgt durch einen Messwertverlauf (Messwert vs. Äquivalenzpunkt) und die Bestimmung des Äquivalenzpunktes durch die Bestimmung des Äquivalenzpunktes.

**Aufgabe 1**

Bestimmen Sie den Äquivalenzpunkt einer Titration durch die Bestimmung des Äquivalenzpunktes durch die Bestimmung des Äquivalenzpunktes.

Äquivalenzpunkt	Äquivalenzpunkt	Äquivalenzpunkt	Äquivalenzpunkt

**Aufgabe 2**

Bestimmen Sie den Äquivalenzpunkt einer Titration durch die Bestimmung des Äquivalenzpunktes durch die Bestimmung des Äquivalenzpunktes.

Äquivalenzpunkt: 0,1 mol/l NaOH  
Äquivalenzpunkt: 0,1 mol/l NaOH

Bestimmen Sie den Äquivalenzpunkt einer Titration durch die Bestimmung des Äquivalenzpunktes durch die Bestimmung des Äquivalenzpunktes.

Äquivalenzpunkt: 0,1 mol/l NaOH  
Äquivalenzpunkt: 0,1 mol/l NaOH

### 1.5.3 Lösungsvorschlag Versuchsprotokoll zur Durchführung einer halbautomatischen Titration

#### 1.5.3.1 Die potentiometrische Titration – Theoretische Grundlagen

Die Potentiometrie ist ein elektrisches Indikationsverfahren für chemische Titrations, bei dem mittels stromloser Potentialmessungen der Titrationsendpunkt einer Analyselösung bestimmt wird (erreichbar aus der Potentialänderung während des Titrationsverlaufs). Die Potentialmessung, die stromlos verlaufen muss, um eine Eigenelektrolyse der Lösung zu vermeiden (sonst Verfälschung der Messwerte), erfolgt mit einem hochohmigen Voltmeter (hier pH-Meter). Die verwendeten Elektroden, die auf die titrimetrische Reaktion mit einer Potentialänderung reagierende Indikatorelektrode und die ein konstantes Potential aufweisende Bezugslektrode, arbeiten nach dem Prinzip der galvanischen Konzentrationszelle. Zur Anwendung als Elektroden kommen vor allem Glas-, Kalomel- und Wasserstoffelektroden. Bei einer potentiometrischen Neutralisationsanalyse beobachtet man die Änderung der  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Konzentration bzw. des pH-Wertes mit fortschreitendem Laugen- oder Säurezusatz, indem man die Änderung der Potentialdifferenz einer Indikatorelektrode gegenüber einer Bezugslektrode messend verfolgt. Indikator und Bezugslektrode sind in einer sogenannten Einstabmesskette zusammengefasst

Während die Titrierlösung (0,1-m NaOH) in möglichst kleinen Volumeneinheiten der Analyselösung zugeführt wird, muss ständig gut gerührt werden. Nach Einstellen des Lösungsgleichgewichtes wird das Potential (bzw. der pH-Wert) gemessen, welches sich mit jeder neuen Zugabe von Titrierlösung ändert. Hierbei nimmt die Größe der Potentialstufen bis zum Erreichen des Äquivalenzpunktes der Titration zu. Ist dieser erreicht, werden die Potentialstufen wieder kleiner. Die potentiometrische Titration hat gegenüber der herkömmlichen mit Farbindikatoren durchgeführten Titration den Vorteil, dass sie auch bei farbigen oder trüben Lösungen problemlos angewandt werden kann. Desweiteren können auch Säure- oder Basengemische ohne größeren Aufwand titriert werden. Auch sind hier die Messergebnisse genauer, da

man von subjektiven Wahrnehmungen, z.B. den Farbumschlagpunkt eines Indikators, weitgehend unabhängig ist. Aufgrund der elektrischen Messbarkeit der Potentialänderung ist mit diesem Verfahren bei entsprechender Ausrüstung auch eine Automatisierung der Titration mittels Computer und passendem A/D Wandler denkbar.

### 1.5.3.2 Auswertung der Messergebnisse

Für die konkrete Auswertung der Messergebnisse ist zunächst das Anfertigen eines Messprotokolls notwendig, um so die Messwerte in Form einer Potential- und einer Differentialkurve darstellen zu können. Diese ermöglichen dann im Folgenden eine Interpretation und Auswertung der durchgeführten potentiometrischen Titration.

Mal H (ml)	pH/Wert	$0,5(V+V_{1/2})$	pH	D V	pH / D V
0,00	1,10	1,11	0,01	1,00	0,01
1,00	1,11	1,12	0,01	1,00	0,01
2,00	1,12	1,13	0,02	1,00	0,02
3,00	1,14	1,15	0,02	1,00	0,02
4,00	1,16	1,17	0,02	1,00	0,02
5,00	1,18	1,20	0,03	1,00	0,03
6,00	1,21	1,22	0,02	1,00	0,02
7,00	1,23	1,24	0,02	1,00	0,02
8,00	1,25	1,27	0,03	1,00	0,03
9,00	1,28	1,30	0,03	1,00	0,03
10,00	1,31	1,33	0,03	1,00	0,03
11,00	1,34	1,36	0,03	1,00	0,03
12,00	1,37	1,39	0,03	1,00	0,03
13,00	1,40	1,42	0,03	1,00	0,03
14,00	1,43	1,45	0,03	1,00	0,03
15,00	1,46	1,48	0,04	1,00	0,04
16,00	1,50	1,52	0,04	1,00	0,04
17,00	1,54	1,56	0,04	1,00	0,04
18,00	1,58	1,61	0,05	1,00	0,05
19,00	1,63	1,66	0,05	1,00	0,05
20,00	1,68	1,71	0,05	1,00	0,05
21,00	1,73	1,76	0,06	1,00	0,06
22,00	1,79	1,83	0,07	1,00	0,07
23,00	1,86	1,91	0,08	1,00	0,08
24,00	1,95	2,00	0,09	1,00	0,09
25,00	2,04	2,10	0,11	1,00	0,11
26,00	2,15	2,23	0,16	1,00	0,16
27,00	2,31	2,44	0,25	1,00	0,25
28,00	2,56	2,85	0,66	1,00	0,66
29,00	3,22	3,31	0,18	0,10	1,80
29,10	3,40	3,55	0,30	0,10	3,00
29,20	3,70	4,15	0,95	0,10	9,50
29,30	4,65	6,32	3,33	0,10	33,30
29,40	7,98	8,45	0,93	0,10	9,30
29,50	8,91	9,13	0,44	0,10	4,40
29,60	9,35	9,52	0,33	0,10	3,30
29,70	9,68	9,82	0,27	0,10	2,70
29,80	9,95	10,05	0,19	0,10	1,90
29,90	10,14	10,22	0,15	0,10	1,50
30,00	10,29	10,55	0,60	1,00	0,60
31,00	10,89	11,01	0,23	1,00	0,23
32,00	11,12	11,15	0,14	1,00	0,14
33,00	11,26	11,32	0,11	1,00	0,11
34,00	11,37	11,42	0,09	1,00	0,09
35,00	11,46	11,50	0,07	1,00	0,07
36,00	11,53	11,56	0,06	1,00	0,06
37,00	11,59	11,64	0,10	1,00	0,10
38,00	11,69	11,74	0,04	1,00	0,04

41,00	11,80	11,83	0,03	1,00	0,03
42,00	11,83	11,85	0,03	1,00	0,03
43,00	11,86	11,86	0,03	1,00	0,03
44,00	11,89	11,91	0,03	1,00	0,03
45,00	11,92	11,93	0,03	1,00	0,03
46,00	11,94	11,97	0,06	1,00	0,06
47,00	12,00	12,01	0,02	1,00	0,02
48,00	12,02	12,03	0,02	1,00	0,02
49,00	12,04	12,05	0,01	1,00	0,01
50,00	12,05	12,06	0,03	1,00	0,03
51,00	12,07	12,08	0,01	1,00	0,01
52,00	12,08	12,09	0,01	1,00	0,01
53,00	12,09	12,10	0,01	1,00	0,01
54,00	12,10	12,11	0,01	1,00	0,01
55,00	12,11	6,06	-12,11	-55,00	0,22

Tabelle 1 Messprotokoll

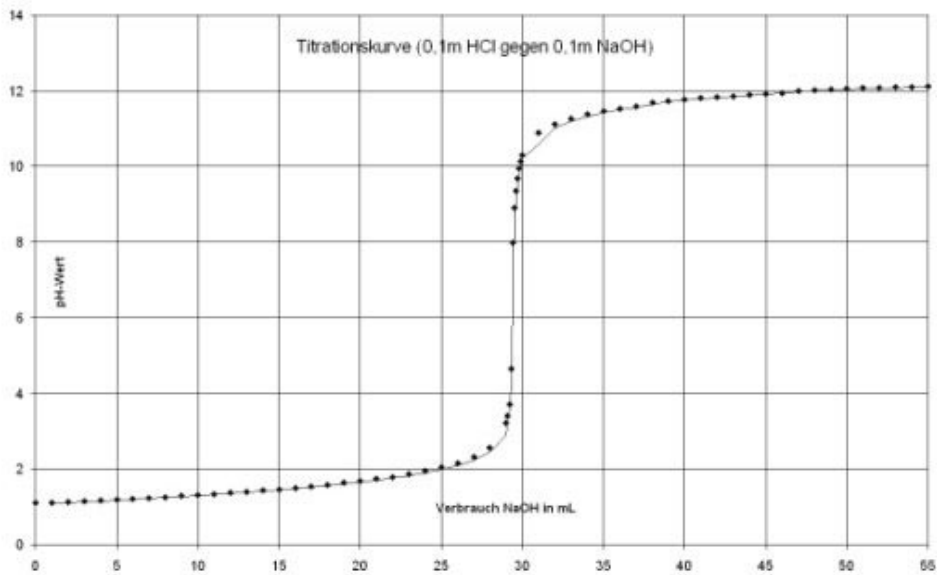


Abbildung 1 Potentialkurve Titration

degussa.

Standortservices Essen

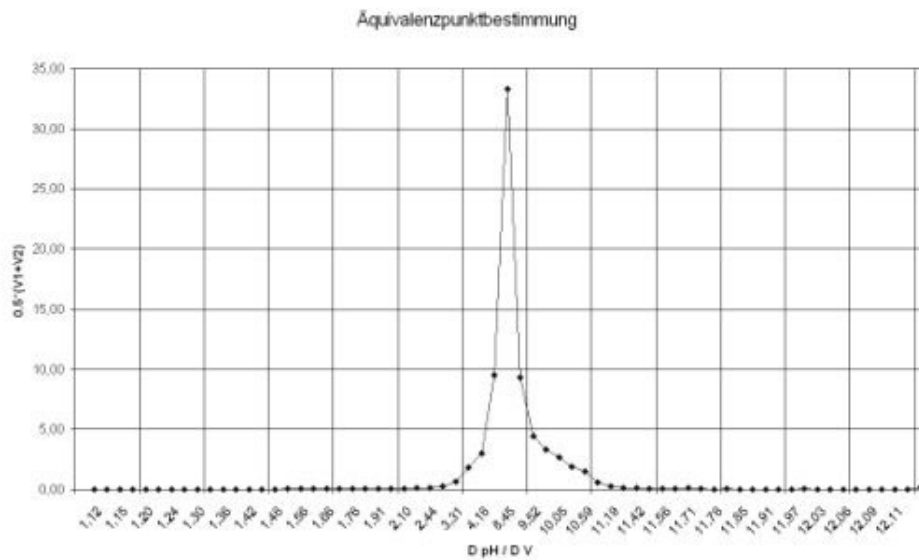


Abbildung 2 Differentialkurve Titration

Den Auswertungen folgend, liegt der Äquivalenzpunkt hier bei einem pH-Wert von pH 6,32 vor.

**1.6 Unterlagen zur Ausbildungseinheit 1.5.9**

1.6.1 Lösungsvorschlag Realisierung Titrationsautomat

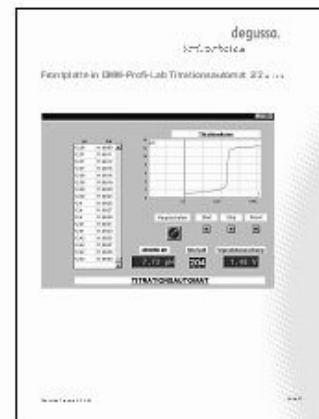


Projektplan zum Aufbau des Titrationsautomaten .....

Starttermin	Zieltermin	Maßnahme
		Vorbereitung der Daten
		Einlesen des pH-Wertes an 2 anEMM
		Einlesen des EMW an den Füllwert
		Einlesen der Füllstände an den Füllwert
		Vorbereitung des Druckwertes
		Einlesen des Druckwertes an den Titrationswert
		Erstellung der relevanten Zuordnung in der Datenabfrageanlage des Prozess
		Vorbereitung von Parameterwerten an Grundwert des EMW
		Erstellung der relevanten Zuordnung

**1.7 Unterlagen zur Ausbildungseinheit 1.5.10**

1.7.1 Lösungsvorschlag Aufbau Titrationsautomat



1.8 Unterlagen zur Ausbildungseinheit 1.5.11

1.8.1 Arbeitsauftrag Beispiel-Versuche

degussa.  
Sinterbatterie

Arbeitsauftrag: Titration von Mineralisatoren und Cola-Gelbstoffen ...

<b>Blattabgriffe:</b>	Titri., Titri., Titri.
<b>Ergebnisse:</b>	bestimmt
<b>Zustimmung:</b>	0,0000
<b>Maßnahmen / Maßnahmen:</b>	Mineralisatordaten werden im Labor nach Bedarf in der Anfertigung

**Aufgabe 1**  
Es wird die erste Versuchsreihe mit 18 Mineralisatoren (je 100 mg) gegeben. Die in der Tabelle angegebenen Mengen sind zu berücksichtigen.  
0,2 ml Mineralisatordaten  
0,2 ml Cola-Gelbstoff  
0,2 ml Cola-Gelbstoff  
0,2 ml Cola-Gelbstoff  
Die Mineralisatordaten sind im Labor nach Bedarf in der Anfertigung zu berücksichtigen.

**Aufgabe 2**  
Es wird die zweite Versuchsreihe mit den folgenden Mineralisatordaten durchgeführt. Die in der Tabelle angegebenen Mengen sind zu berücksichtigen.  
0,2 ml Mineralisatordaten  
0,2 ml Cola-Gelbstoff  
0,2 ml Cola-Gelbstoff  
Die Mineralisatordaten sind im Labor nach Bedarf in der Anfertigung zu berücksichtigen.

degussa.  
Sinterbatterie

Arbeitsauftrag: Bestimmung der Sinterzahl von Acetylacetylen ...

<b>Blattabgriffe:</b>	Titri., Titri., Titri.
<b>Ergebnisse:</b>	bestimmt
<b>Zustimmung:</b>	0,0000
<b>Maßnahmen / Maßnahmen:</b>	Mineralisatordaten werden im Labor nach Bedarf in der Anfertigung

**Aufgabe 1**  
Es wird die erste Versuchsreihe mit 18 Mineralisatoren (je 100 mg) gegeben. Die in der Tabelle angegebenen Mengen sind zu berücksichtigen.  
0,2 ml Mineralisatordaten  
0,2 ml Cola-Gelbstoff  
0,2 ml Cola-Gelbstoff  
Die Mineralisatordaten sind im Labor nach Bedarf in der Anfertigung zu berücksichtigen.

**Aufgabe 2**  
Es wird die zweite Versuchsreihe mit den folgenden Mineralisatordaten durchgeführt. Die in der Tabelle angegebenen Mengen sind zu berücksichtigen.  
0,2 ml Mineralisatordaten  
0,2 ml Cola-Gelbstoff  
0,2 ml Cola-Gelbstoff  
Die Mineralisatordaten sind im Labor nach Bedarf in der Anfertigung zu berücksichtigen.

**Aufgabe 3**  
Es wird die dritte Versuchsreihe mit den folgenden Mineralisatordaten durchgeführt. Die in der Tabelle angegebenen Mengen sind zu berücksichtigen.  
0,2 ml Mineralisatordaten  
0,2 ml Cola-Gelbstoff  
0,2 ml Cola-Gelbstoff  
Die Mineralisatordaten sind im Labor nach Bedarf in der Anfertigung zu berücksichtigen.

**Aufgabe 4**  
Es wird die vierte Versuchsreihe mit den folgenden Mineralisatordaten durchgeführt. Die in der Tabelle angegebenen Mengen sind zu berücksichtigen.  
0,2 ml Mineralisatordaten  
0,2 ml Cola-Gelbstoff  
0,2 ml Cola-Gelbstoff  
Die Mineralisatordaten sind im Labor nach Bedarf in der Anfertigung zu berücksichtigen.

degussa.  
Sinterbatterie

Arbeitsauftrag: Identifizierung der in 4 verschiedenen Sinter ...

<b>Blattabgriffe:</b>	Titri., Titri., Titri.
<b>Ergebnisse:</b>	bestimmt
<b>Zustimmung:</b>	0,0000
<b>Maßnahmen / Maßnahmen:</b>	Mineralisatordaten werden im Labor nach Bedarf in der Anfertigung

**Aufgabe 1**  
Es wird die erste Versuchsreihe mit 18 Mineralisatoren (je 100 mg) gegeben. Die in der Tabelle angegebenen Mengen sind zu berücksichtigen.  
0,2 ml Mineralisatordaten  
0,2 ml Cola-Gelbstoff  
0,2 ml Cola-Gelbstoff  
Die Mineralisatordaten sind im Labor nach Bedarf in der Anfertigung zu berücksichtigen.

**Aufgabe 2**  
Es wird die zweite Versuchsreihe mit den folgenden Mineralisatordaten durchgeführt. Die in der Tabelle angegebenen Mengen sind zu berücksichtigen.  
0,2 ml Mineralisatordaten  
0,2 ml Cola-Gelbstoff  
0,2 ml Cola-Gelbstoff  
Die Mineralisatordaten sind im Labor nach Bedarf in der Anfertigung zu berücksichtigen.

**Problemlösung**  
Es wird die dritte Versuchsreihe mit den folgenden Mineralisatordaten durchgeführt. Die in der Tabelle angegebenen Mengen sind zu berücksichtigen.  
0,2 ml Mineralisatordaten  
0,2 ml Cola-Gelbstoff  
0,2 ml Cola-Gelbstoff  
Die Mineralisatordaten sind im Labor nach Bedarf in der Anfertigung zu berücksichtigen.

### 14.1.3 Inhalte des Folienbandes

degussa.

Standortservices Essen

# Foliensammlung BAUM 1.5.1 – 1.5.11

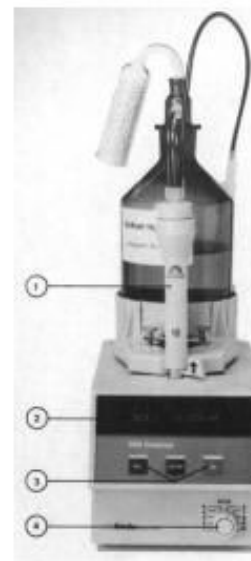
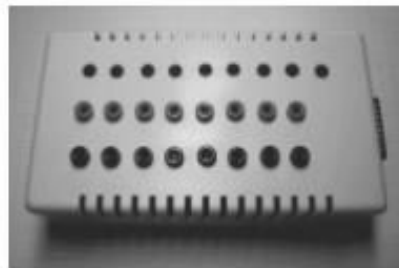
Computerunterstützte Messdatenerfassung und Auswertung  
in der betrieblichen Ausbildung von Laboranten,  
Chemikanten und Energieelektroniker

Thorsten Trachte  
Gokschmidt AG • D-45116 Essen  
Aus- und Weiterbildung (S2 AW)

**degussa.**

Standortservices Essen

## Übersicht der Komponenten des zur erstellenden Titrationsautomaten AE 1.5.1



Titrotrac S2 AW

Folie 2



**degussa.**

Standortservices Essen

### Leistungsbeschreibung des Titrationsautomaten AE 15.1

<b>Hardware</b>	Elektrische Integration des pH-Meters in das Messdatenerfassungssystem (Messfunktion)
	Elektrische Integration des Dosimaten in das Messdatenerfassungssystem (Steuerungsfunktion)
<b>Software</b>	Auswertung der Signaldaten des pH-Meters im Messdatenerfassungssystem
	Ansteuerungssequenz zur Dosierung des Titrans mit einem Dosimaten
	Grafische Datenauswertung: Erstellung einer Titrationskurve mit pH-Wertdarstellung in Abhängigkeit zur zugegebenen Menge des Titrans
	Messdatenexport; Weiterbearbeitung der Daten in einer Tabellenkalkulation
	Erstellung einer grafischen Benutzerschnittstelle zur Automatenbedienung
<b>Experiment</b>	Erstellung einer Experimentierumgebung zur Überprüfung der Validität der vom Automaten gelieferten Messdaten

**degussa.**

Standortservices Essen

**Arbeitsauftrag: Grundlagen der Säure-Base Titration** AE 1.5.2

<b>Berufsgruppe:</b>	CHL
<b>Sozialform:</b>	Partnerarbeit
<b>Zeitbedarf:</b>	4 Stunden
<b>Materialien / Medien:</b>	Wissenschaftliche Bibliothek Fachliteratur Materialien zum chemischen Grundpraktikum Ausbildungslabor
<b>Aufgabe 1</b>	Informieren Sie sich rückblickend über die Grundlagen der Säure-Base-Titration. Erarbeiten Sie eine allgemein verständliche Darstellung zu diesem Thema. Folgende Schlüsselbegriffe sollten von Ihnen berücksichtigt werden: Säure, Base, pH-Wert, Indikator, Titrationskurve, Äquivalenzpunkt
<b>Aufgabe 2</b>	Erarbeiten Sie eine allgemein verständliche Versuchsanleitung für eine Titration zwischen 0,1 m Natronlauge und 0,1 m Salzsäure. Bereiten Sie die praktische Durchführung so vor, dass Sie diese als Tutoren im Ausbildungslabor begleiten können.

degussa.

Standortservices Essen

## Grundlagen der Säure-Base Titration 1 / 2 AE 1.52

Die *Titration* oder *Maßanalyse* ist ein Verfahren zur Bestimmung unbekannter Konzentrationen mit Hilfe von *Maßlösungen*, also Lösungen bekannter Konzentration (franz. *titre*: Gehalt).

**Titration mit Säure-Base-Indikator.** Will man beispielsweise die Konzentration einer Salzsäure bestimmen, wird ein abgemessenes Volumen der Säure mit einem Indikator versetzt. Aus einer Bürette gibt man als Maßlösung tropfenweise solange Natronlauge zu, bis man am Farbumschlag des Indikators erkennt, daß alle Hydronium-Ionen der Säure mit den Hydroxid-Ionen der Lauge reagiert haben:



Die Stoffmenge der ursprünglich vorhandenen Säure ist dann gleich der Stoffmenge der zugesetzten Lauge. Man spricht daher vom *Äquivalenzpunkt* (lat. *aequivalere*: gleich stark sein). Die in Lösung verbleibenden Natrium-Ionen und Chlorid-Ionen reagieren weder sauer noch alkalisch. Die Lösung besitzt also hier den pH-Wert 7. Für die Titration starker Säuren mit starken Basen wählt man daher einen Indikator, der in diesem Bereich seine Farbe ändert.

Da die Stoffmengen der eingesetzten Säure und der bis zum Umschlag des Indikators zugefügten Base gleich sind, läßt sich die Konzentration der Säure bestimmen:



degussa.

Standortservices Essen

## Grundlagen der Säure-Base Titration 2 / 2 AE 1.52

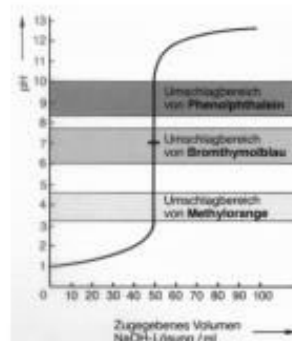
**Titrationen.** Bei der Titration einer Säure mit einer Base nimmt der pH-Wert der Lösung zu. Trägt man die mit einem pH-Meter gemessenen pH-Werte der Lösung gegen das Volumen der als Maßlösung zugegebenen Base in einem Diagramm auf, so ergibt sich die *Titrationenkurve*.

Titriert man beispielsweise 100 ml Salzsäure der Konzentration  $0,01 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$  mit Natronlauge der Konzentration  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ , so steigt die Kurve zunächst nur sehr langsam. Die ursprüngliche Stoffmenge der Hydronium-Ionen beträgt 1 mmol. Nach Zugabe von 9 ml Lauge (0,9 mmol) sind 90 % der Säure neutralisiert. Die Stoffmenge der Hydronium-Ionen beträgt nur noch 0,1 mmol. Unter Vernachlässigung der geringen Volumenvergrößerung ergibt sich ein pH-Wert von 3; er ist also nur um eine pH-Einheit gestiegen. Nach Zugabe von weiteren 0,9 ml Lauge ist die Säure zu 99 % neutralisiert, der pH-Wert beträgt 4.

Tropft man jetzt eine geringe Menge Lauge zu, steigt die Kurve sprunghaft an. Nach Zugabe von genau 10 ml Lauge ist rein rechnerisch der *Äquivalenzpunkt* ( $\text{pH} = 7$ ) erreicht. Allerdings läßt sich dieser Punkt wegen der sprunghaften Änderung des pH-Werts experimentell nicht einstellen.

Bei Zugabe von insgesamt 10,1 ml Lauge ist die Konzentration der Hydroxid-Ionen gleich  $10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ , der pH-Wert beträgt bereits 10. Anschließend steigt die Kurve nur noch langsam. Nach Zugabe von insgesamt 11 ml Lauge ist der pH-Wert 11 erreicht, nach 20 ml Laugen-zugabe beträgt der pH-Wert 12.

Als Ergebnis erhält man eine nahezu punktsymmetrische Titrationenkurve. Dieser Kurvenverlauf ist typisch für die Titration starker Säuren mit starken Basen. Der Wendepunkt (Äquivalenzpunkt) liegt bei  $\text{pH} = 7$ .



Titrationen S2 AW

Folie 6

**degussa.**

Standortservices Essen

## Versuchsanleitung: Titration von Salzsäure gegen Natronlauge AE 1.5.2

Führe in Partnerarbeit die folgende Versuchsanleitung durch. Kennzeichne dabei jeden durchgeführten Arbeitsschritt.

- Montiere die Bürette in dem dafür vorgesehenen Bürettenhalter.
- Positioniere unterhalb der Bürette ein Becherglas. |
- Spüle die Bürette zur Reinigung dreimal mit dest. Wasser durch.
- Spüle die Bürette anschließend einmal mit der Salzsäure-Lösung durch.
- Befülle die Bürette sodann mit 50 ml der Salzsäure-Lösung (Konzentration 0,1 mol/l).
- Beschrifte einen Erlenmeyerkolben mit Deinem Namen.
- Fülle in diesem Erlenmeyerkolben ein beliebiges Volumen zwischen 20 ml und 40 ml der Salzsäure-Lösung ab.
- Lies das exakte Volumen der Salzsäure am Schellbachstreifen der Bürette ab.
- Notiere das Volumen hier: \_\_\_\_\_
  
- Tausche den Erlenmeyerkolben nun mit einer anderen Arbeitsgruppe aus.
- Notiere, von welcher Gruppe Du den Erlenmeyerkolben erhalten hast: \_\_\_\_\_
  
- Reinige die Bürette, indem Du die restliche Salzsäure-Lösung in das Becherglas ablässt und dreimal mit dest. Wasser spülst.
- Spüle die Bürette sodann einmal mit der Natronlauge.
- Befülle die Bürette mit 50 ml Natronlauge (Konzentration 0,1 mol/l).
- Füge zu der Lösung im Erlenmeyerkolben 3 Tropfen Phenolphthalein-Lösung als Indikator hinzu.
- Stelle den Erlenmeyerkolben auf ein weißes Blatt Papier.
- Gib nun langsam solange Natronlauge aus der Bürette hinzu (der Erlenmeyerkolben muss hierbei ständig geschwenkt werden), bis sich die Lösung leicht rosa färbt (Titrationsendpunkt).
  
- Lies das Volumen der verbrauchten Natronlauge am Schellbachstreifen ab.
- Notiere das Volumen hier: \_\_\_\_\_

degussa.

Standortservices Essen

### Arbeitsauftrag: Bedienung und Kalibrierung eines pH-Meters AE 1.5.3

<b>Berufsgruppe:</b>	CHK
<b>Sozialform:</b>	Partnerarbeit
<b>Zeitbedarf:</b>	4 Stunden
<b>Materialien / Medien:</b>	Wissenschaftliche Bibliothek Fachliteratur pH-Meter (incl. Elektrode, Bedienungsanleitung, Kalibrierlösung)
<b>Aufgabe 1</b>	Informieren Sie sich über die Funktionsweise eines pH-Meters. Nutzen Sie hierzu entsprechende Fachliteratur.
<b>Aufgabe 2</b>	Machen Sie sich mit der Bedienung des zur Verfügung gestellten pH-Meters vertraut.
<b>Aufgabe 3</b>	Kalibrieren Sie das Gerät entsprechend der Betriebsanweisung.
<b>Aufgabe 4</b>	Erstellen Sie eine Kurzreferenz, in der die Bedienung der Geräte beschrieben wird und in der Sie auf die Elektrodenpflege eingehen.
	

**degussa.**

Standortservices Essen

## Bedienung und Kalibrierung eines pH-Meters (1/3) AE 1.5.3

### Funktion eines pH-Meters

- Zur genauen Bestimmung des pH-Wertes einer Lösung kann anstelle von Farbindikatoren auch ein pH-Meter eingesetzt werden.
- In einer Einstabmesskette sind hierbei Mess- und Bezugselektrode in einem Gerät zusammengefasst.
- Die von der Einstabmesskette gelieferte Spannung, welche von der Konzentration der Oxonium-Ionen in der Messlösung abhängig ist, wird mit einem hochohmigen Voltmeter gemessen, in die gewünschte Messgröße (pH-Wert) umgerechnet und auf einem Display angezeigt.

### Vorbereitung der pH-Einstabmesskette

- Die Wässerungskappe der Messkette wird abgezogen und die Elektrode gut mit dest. Wasser abgespült. Bei Bedarf wird der Elektrolyt (KCl-Lösung) unter Verwendung einer Einwegspritze nachgefüllt.

### Kalibrierung

- Der Regler Temperatur wird auf die Temperatur der Kalibrierungslösung eingestellt.
- Die Messkette wird so in die erste Kalibrierungspufferlösung (pH 7) getaucht, dass das Diaphragma gut bedeckt ist.
- Hat sich die pH-Wert-Anzeige stabilisiert, wird mit dem Asymmetrie-Potentiometer der pH-Wert der Pufferlösung exakt eingestellt.

**degussa.**

Standortservices Essen

**Bedienung und Kalibrierung eines pH-Meters (2/3) AE 1.5.3****Kalibrierung**

- Die Elektrode wird sorgfältig mit dest. Wasser abgespült.
- Anschließend wird die Elektrode in eine zweite Pufferlösung mit bekanntem pH-Wert eingetaucht.
- Mit dem Steilheitsregler wird nun der pH-Wert des Puffers eingestellt.

**Messung**

- Die Elektrode wird mit dest. Wasser sorgfältig abgespült und anschließend in die Messlösung getaucht.
- Die Temperatur der Messlösung muss ggf. am Temperaturpotentiometer nachgeregelt werden.
- Das pH-Meter zeigt nun den pH-Wert der Lösung an.





**degussa.**

Standortservices Essen

**Bedienung und Kalibrierung eines pH-Meters (3/3) AE 1.5.3****Pflege der Einstabmesskette**

- Zur Erhaltung der linearen Potentialfunktion, ist ein schonender Umgang erforderlich
- Vor Inbetriebnahme müssen die Elektroden gewässert werden (Quellung der Glasmembran)
- Elektrodenmembran ist zur Verringerung des elektrischen Widerstands sehr dünn (~ 0,5 mm). Daher sind sie entsprechend schlag- und stoßempfindlich.
- Elektroden sind bei kurzfristiger Nichtbenutzung stets in sauberem Wasser zu verwahren.
- Der Elektrolyt muss bei Bedarf nachgefüllt werden.
- Erwärmung beschleunigt die Alterung der Elektrode. Sie ist daher zu vermeiden
- Kontakte, Stecker und Schraubverbindungen sind stets sauber und trocken zu halten.
- Fettartige Verschmutzungen der Membranen können durch Eintauchen in 50%ige Natriumcitratlösung entfernt werden.
- Eiweißhaltige Verschmutzungen können mit Pepsin- oder Seifenlösungen entfernt werden.
- Die langfristige Aufbewahrung der Einstabmesskette erfolgt in 3-molarer KCl-Lösung

**degussa.**

Standortservices Essen

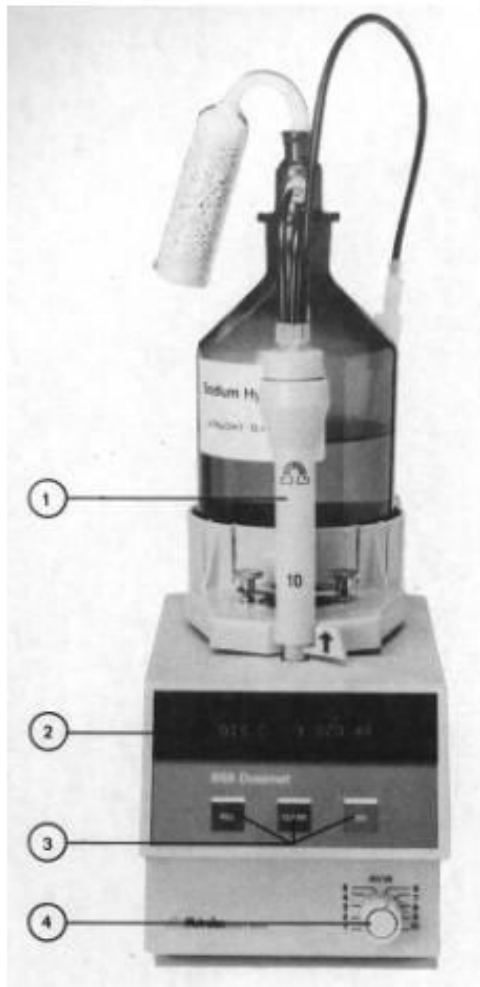
### Arbeitsauftrag: Funktionsweise und Bedienung einer Motorkolbenbürette (Dosimat) AE 1.5.4

<b>Berufsgruppe:</b>	EE
<b>Sozialform:</b>	Partnerarbeit
<b>Zeitbedarf:</b>	4 Stunden
<b>Materialien / Medien:</b>	Motorkolbenbürette (Dosimat) Zubehör (Wechseleinheiten, Kabelmaterial, etc.) Bedienungsanleitung
<b>Aufgabe 1</b>	Machen Sie sich mit der Bedienung des zur Verfügung stehenden Dosimaten vertraut. Erstellen Sie eine Kurzreferenz.
<b>Aufgabe 2</b>	Welche Möglichkeiten bestehen, um den Dosimaten über externe Bedieneinheiten anzusteuern ?
	

**degussa.**

Standortservices Essen

## Funktionsweise und Bedienung einer Motorkolbenbürette (Dosimat) (1/2) AE 1.5.4

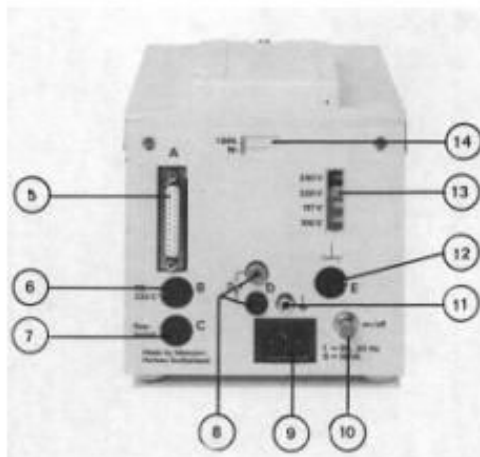


- **1** Wechseleinheit  
Bürettenzylindervolumen mit 20 ml  
oder 50 ml
- **2** Anzeige z.B. DOS = Dosieren;  
Anzeige des dosierten Volumens  
in ml
- **3** Bedienungstasten am Dosimaten:  
FILL: Füllen  
CLEAR: Nullstellen der  
Volumenanzeige, wenn der  
Dosimat nicht dosiert  
GO: Befehl zu Ausführen des  
eingestellte Arbeitsmode
- **4** Analoge Einstellung der  
Dosiergeschwindigkeit:  
Stellung 1 = kleinste  
Geschwindigkeit,  
Stellung 10 = größte  
Geschwindigkeit

**degussa.**

Standortservices Essen

## Funktionsweise und Bedienung einer Motorkolbenbürette (Dosimat) ( 2/2) AE 1.5.4



- 5 Daten- Ein- und Ausgänge (RS 232 C-Schnittstelle)
- 6 Daten-Eingänge und Ausgänge
- 7 Anschluss für externe numerische Tastatur
- 8 Anschluss für einen externen Dosierkontakt
- 9 Netzanschluss
- 10 Netzschalter
- 11 Erdungsbuchse
- 12 Anschluss für optionalen Rührer
- 13 Angabe der verfügbaren Netzspannung
- 14 Typenbezeichnung


*Standortservices Essen*

## Arbeitsauftrag: Durchführung einer halbautomatischen Titration AE 1.5.8

<b>Berufsgruppe:</b>	CHK, CHL, EE
<b>Sozialform:</b>	Teamarbeit
<b>Zeitbedarf:</b>	4 Stunden
<b>Materialien / Medien:</b>	pH-Meter Einstabmesskette Motorkolbenbürette (Dosimat) Geräte und Chemikalien zur Titration (vgl. Versuchsanleitung AE 1.5.2)
<b>Aufgabe 1</b>	Führen Sie unter Verwendung von pH-Meter und Dosimat analog zur Versuchsanleitung aus AE 1.5.2. Die Titration von 0,1 m Salzsäure gegen 0,1 m Natronlauge durch.
<b>Aufgabe 2</b>	Fertigen Sie mit MS-Word ein Versuchsprotokoll an. Erstellen Sie in der Auswertung des Protokolls eine Titrationskurve, bei der Sie pH-Wert (y-Achse) und zugegebene Titemenge (x-Achse) zueinander in Relation setzen. Der Einsatz von MS-Excel zur Diagrammerstellung ist möglich. Werten Sie die erstellten Titrationskurven aus.
<b>Aufgabe 3</b>	Optional: Eine präzise Bestimmung des Äquivalenzpunktes der Titrationskurve ist durch Ableitung einer Differentialkurve möglich.



Standortservices Essen

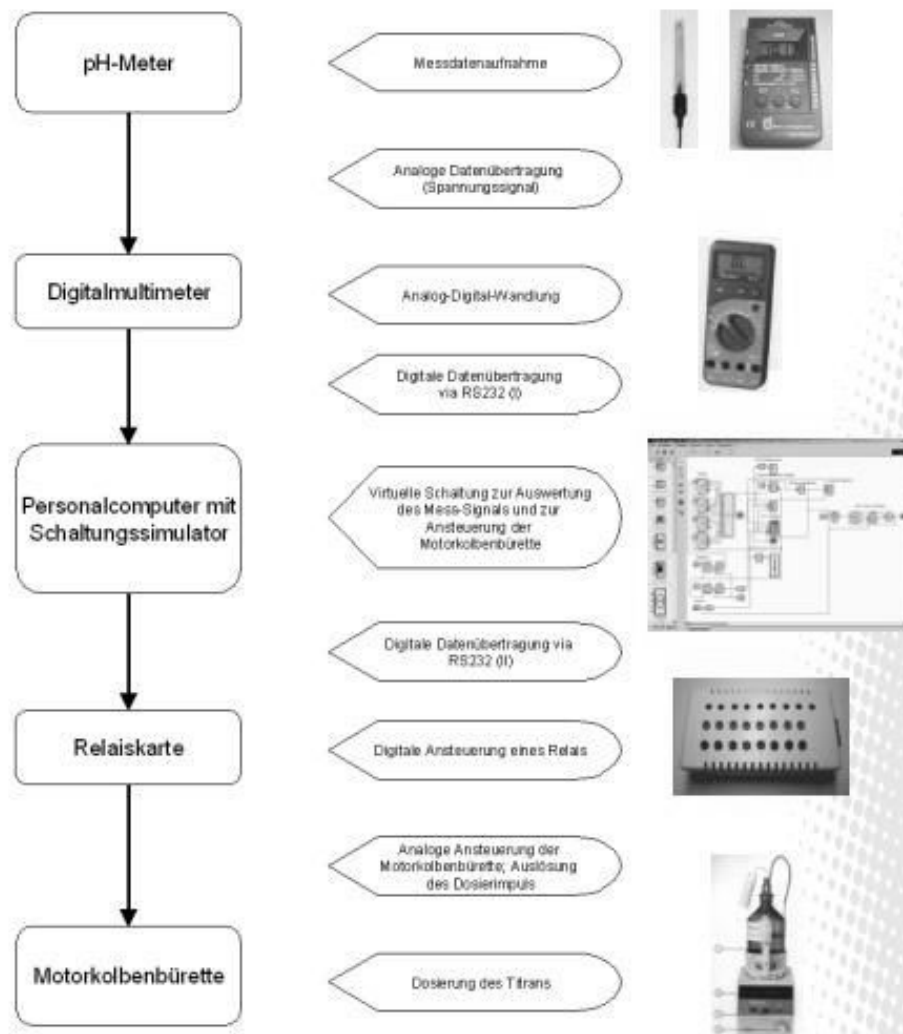
### Arbeitsanleitung: Mathematische Bestimmung des Äquivalenzpunktes einer Titrationskurve AE 1.5.8

<b>Berufsgruppe:</b>	CHK, CHL, EE																																																																		
<b>Sozialform:</b>	Teamarbeit																																																																		
<b>Zeitbedarf:</b>	2 Stunden																																																																		
<b>Materialien / Medien:</b>	Zeichenmaterial, Millimeterpapier, Taschenrechner																																																																		
	Um den Äquivalenzpunkt (mathematisch Wendepunkt) einer Titrationskurve bestimmen zu können, ist es erforderlich die erste Ableitung der Kurve zu bilden. Diese gibt die Steigung der Funktion an. Am Wendepunkt der Kurve nimmt die Steigung ein Maximum an.																																																																		
<b>Aufgabe 1</b>	Erstellen Sie die erste Ableitung einer Titrationskurve (Natronlauge, gegen Salzsäure). Benutzen Sie nicht den Computer! Zur Lösung dieser Aufgabe bietet sich eine Tabelle an, die folgende Daten enthält: <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th>Volumen Titer (V)</th> <th>pH</th> <th><math>0,5 \cdot (V_1 + V_2)</math></th> <th><math>\Delta pH</math></th> <th><math>\Delta V</math></th> <th><math>\Delta pH / \Delta V</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	Volumen Titer (V)	pH	$0,5 \cdot (V_1 + V_2)$	$\Delta pH$	$\Delta V$	$\Delta pH / \Delta V$																																																												
Volumen Titer (V)	pH	$0,5 \cdot (V_1 + V_2)$	$\Delta pH$	$\Delta V$	$\Delta pH / \Delta V$																																																														
<b>Aufgabe 2</b>	Zeichnen Sie (unter Verwendung von Bleistift und Millimeterpapier) ein entsprechendes Diagramm: X-Achse: $0,5 \cdot (V_1 + V_2)$ y-Achse: $\Delta pH / \Delta V$ Bestimmen Sie mit Hilfe des von Ihnen erstellten Diagramms (1. Ableitung der Titrationskurve) den Äquivalenzpunkt Ihrer Titrationskurve. Eine Automatisierung der Auswertung in MS-Excel ist denkbar.																																																																		

degussa.

Standortservices Essen

## Schematischer Aufbau des Titrationsautomaten AE 1.5.9



**degussa.**

Standortservices Essen

### Projektplan zum Aufbau des Titrationsautomatens AE 1.5.9

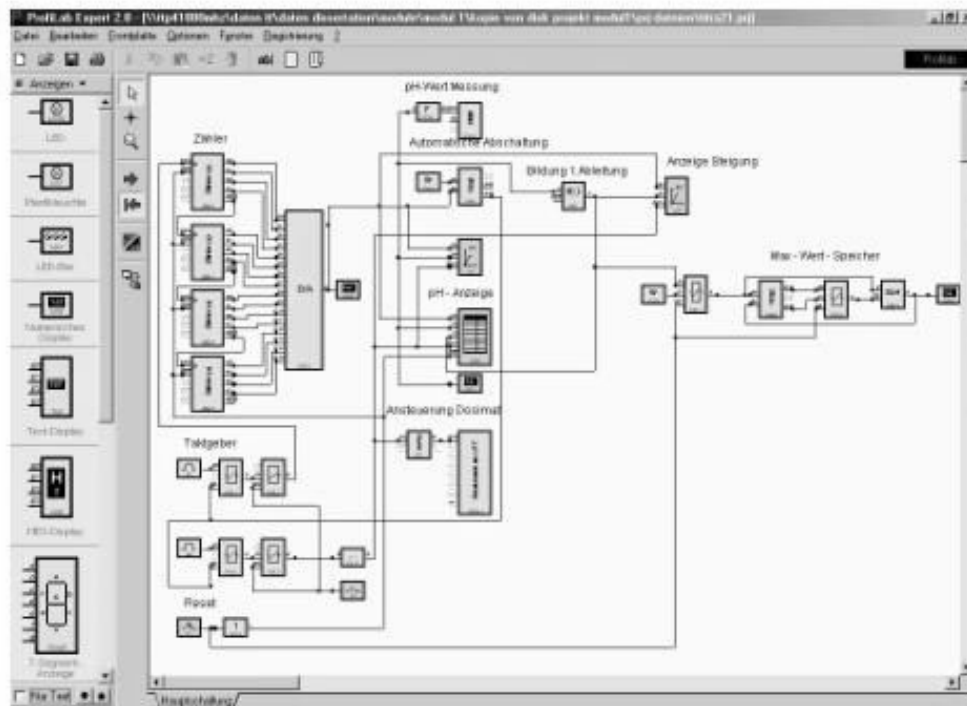
Berufsgruppe	Zeitbedarf	Teilaufgabe
		Vorbereitung pH-Meter
		Anschluss des pH-Meters an das DMM
		Anschluss des DMM an den Rechner
		Anschluss der Relaiskarte an den Rechner
		Vorbereitung des Dosimaten
		Anschluss des Dosimaten an die Relaiskarte
		Erstellung der virtuellen Schaltung in der Simulationsumgebung des Rechner
		Vorbereitung einer Experimentierumgebung zum Gerätetest
		Durchführung eines Gerätetests
		.....
		.....



degussa.

Standortservices Essen

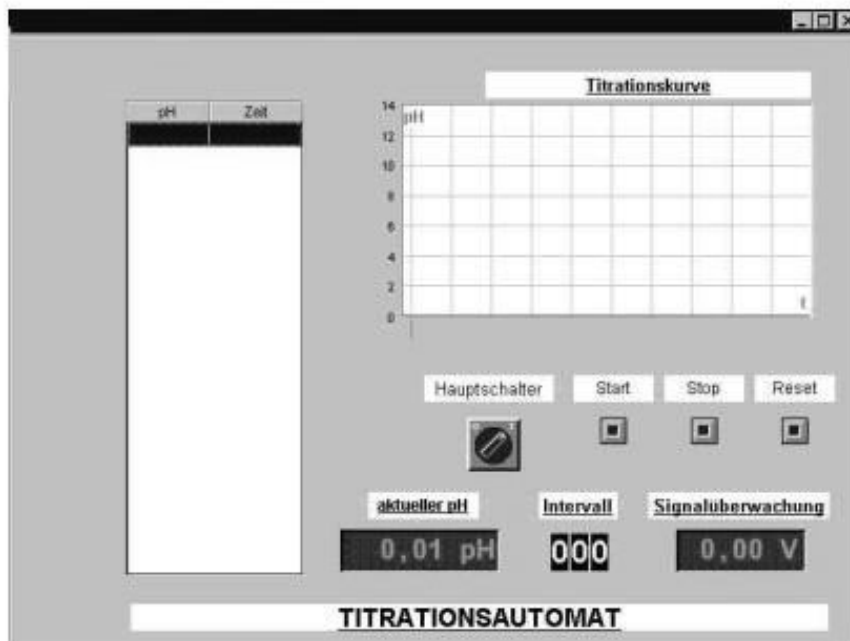
## Schaltung in DMM-Profi-Lab Titrationsautomat AE 1.5.10



**degussa.**

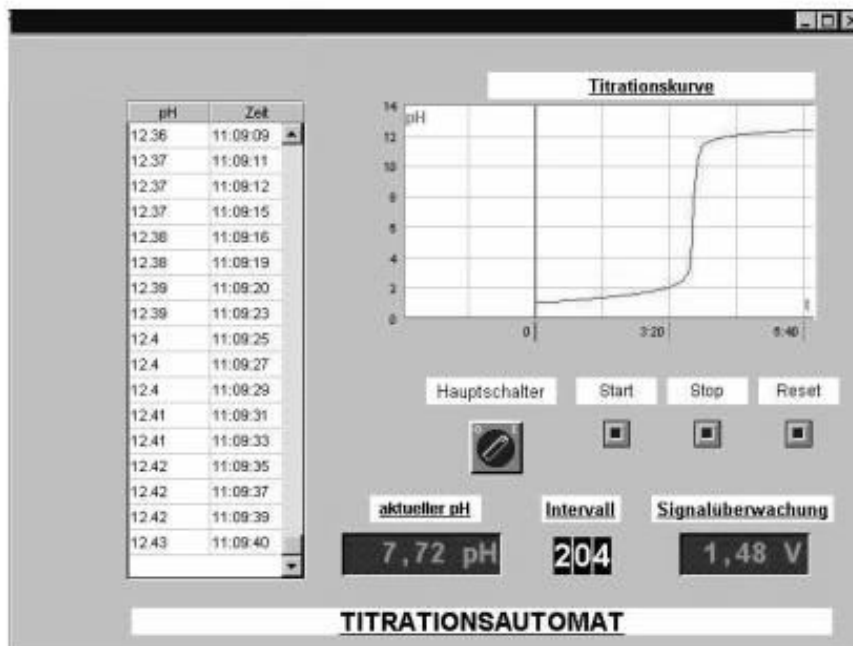
Standortservices Essen

## Frontplatte in DMM-Profi-Lab Titrationsautomat 1/2 AE 1.5.10



**degussa.**  
Standortservices Essen

## Frontplatte in DMM-Profi-Lab Titrationsautomat 2/2 AE 1.5.10





Standortservices Essen

### Arbeitsauftrag: Titration von Mineralwässern und Cola-Getränken AE 1.5.11

<b>Berufsgruppe:</b>	CHK, CHL, EE
<b>Sozialform:</b>	Teamarbeit
<b>Zeitbedarf:</b>	8 Stunden
<b>Materialien / Medien:</b>	Titrationautomat weiteres Material nach Bedarf der Arbeitsgruppe
<b>Aufgabe 1</b>	<p>Führen Sie unter Verwendung Ihres Titrationautomatens folgende Titrationen gegen 0,1 m Natronlauge durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>50 ml Mineralwasser unbehandelt</li> <li>50 ml Mineralwasser (15 min gekocht)</li> <li>50 ml Coca-Cola unbehandelt</li> <li>50 ml Coca-Cola (15 min gekocht)</li> </ul> <p>Um reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten, ist jede Titration dreifach durchzuführen.</p>
<b>Aufgabe 2</b>	<p>Erstellen Sie in Teamarbeit ein Versuchprotokoll mit den folgenden Gliederungspunkten: Thema, Geräte, Chemikalien, Aufbau, Durchführung, Beobachtung, Auswertung.</p> <p>Erläutern Sie in der Auswertung die von Ihnen erstellten Titrationkurven und deren erste Ableitung.</p> <p>Wie ist der unterschiedliche Verlauf der Kurven zu erklären ?</p> <p>Berechnen Sie die Konzentration der jeweiligen Säure in den Proben.</p>


*Standortservices Essen*

## Arbeitsauftrag: Bestimmung der Säurezahl von Acetylsalicylsäure AE 1.5.11

<b>Berufsgruppe:</b>	CHK, CHL, EE
<b>Sozialform:</b>	Teamarbeit
<b>Zeitbedarf:</b>	8 Stunden
<b>Materialien / Medien:</b>	Titrationautomat weiteres Material nach Bedarf der Arbeitsgruppe
<b>Aufgabe 1</b>	Im präparativen Teil der Chemielaborantenausbildung wird Acetylsalicylsäure synthetisiert. Eine Möglichkeit die Reinheit dieses Produktes zu ermitteln, ist die Bestimmung der Säurezahl. Informieren Sie sich zunächst über den Begriff der Säurezahl.
<b>Aufgabe 2</b>	Entwickeln Sie dann eine experimentelle Anordnung mit der Sie unter Verwendung Ihres Titrationsautomaten eine entsprechende Säurezahlbestimmung der aus eigener Produktion stammenden Acetylsalicylsäure durchführen können.
<b>Aufgabe 3</b>	Erstellen Sie in Teamarbeit ein Versuchprotokoll mit den folgenden Gliederungspunkten: Thema, Geräte, Chemikalien, Aufbau, Durchführung, Beobachtung, Auswertung. Vergleichen Sie in der Auswertung Ihres Protokolls die ermittelte Säurezahl mit der theoretischen Säurezahl für Acetylsalicylsäure. Welche Aussage ist über die Reinheit des Produktes möglich.
<b>Aufgabe 4</b>	Klären Sie abschließend auch, welche physiologische Wirkung Acetylsalicylsäure auf den menschlichen Organismus hat.

degussa.

Standortservices Essen

### Arbeitsauftrag: Identifizierung der in einem Kalklöser enthaltenen Säure AE 1.5.11

<b>Berufsgruppe:</b>	CHK, CHL, EE
<b>Sozialform:</b>	Teamarbeit
<b>Zeitbedarf:</b>	8 Stunden
<b>Materialien / Medien:</b>	Titrationautomat weiteres Material nach Bedarf der Arbeitsgruppe
<b>Aufgabe 1</b>	Identifizieren Sie unter Verwendung des von Ihnen erstellten Titrationsautomaten die in Kalklöser-Produkten (hier Produkt Calcit) enthaltene Säure. Erstellen Sie hierzu eine Titrationskurve, indem Sie 1ml des Kalklösers (mit Aqua. dest. auf ein Gesamtvolumen von 20 ml auffüllen) und gegen 1 m Natronlauge titrieren.
<b>Aufgabe 2</b>	Erstellen Sie ein Versuchsprotokoll (Thema, Geräte, Chemikalien, Aufbau, Durchführung, Beobachtung, Auswertung).
<b>Hinweise</b>	Eine Identifizierung von Säuren ist über den sog. $pK_s$ -Wert möglich. Der $pK_s$ -Wert kann aus der Titrationskurve bestimmt werden. In Kalklöser-Produkten liegen oft mehrprotonige anorganische und schwache organische Säuren vor.

## 14.2 Projektdokumentation - Ausbildungsmodul 3

degussa.

Standortservices Essen

### Projekt Coatings 2001

Berufsfeldübergreifendes Projekt für  
Energieelektroniker und  
Chemielaboranten

degussa.

Standortservices Essen

### Projektziele

#### Lösen eines „messtechnischen“ Problems für einen internen Kunden

- Erlernen von Schlüsselqualifikationen:
  - Fachkompetenz (Vermittlung von Kenntnissen zwischen den Teilnehmern)
  - Methodenkompetenz (selbständiges Planen und Arbeiten)
  - Sozialkompetenz (insbes. Zusammenarbeit zweier Berufsgruppen)

**degussa.***Standortservices Essen*

## Projektteilnehmer

**Projektbetreuung:** Hr. Merzenich  
Hr. Trachte

**Projektteilnehmer:** Peter Florian (EE)  
André Geist (CL)  
Patrick Grendka (EE)  
Christian Jahnke (EE)  
Sven Kubiak (EE)  
Christina Schütz (CL)

08.06.2001

goldschmidt/S2 PSAW/Projekt Coatings 2001

Slide 3

**degussa.***Standortservices Essen*

## Aufgabenstellung

- selbständige Kontaktaufnahme mit dem internen Kunden
  - Informationen über die entsprechende Abteilung sammeln
- Problem des Kunden analysieren und lösen
  - Erstellen einer Präsentation

08.06.2001

goldschmidt/S2 PSAW/Projekt Coatings 2001

Slide 4



degussa.

Standortservices Essen

## Der interne Kunde: Die Abteilung Coatings

### Was macht die Abteilung Coatings?

- Trennbeschichtungen
  - Stoffe die auf eine Oberfläche aufgetragen werden, dort permanent verbleiben und der Oberfläche bestimmte Eigenschaften verleihen  
(z.B. können Klebstoffe leicht abgelöst werden)

08.06.2001

goldschmidt/S2 PSAW/Projekt Coatings 2001

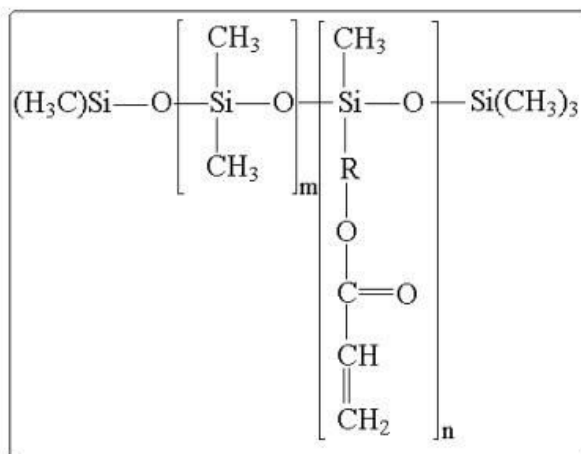
Slide 5

degussa.

Standortservices Essen

### Was sind diese Trennbeschichtungen chemisch gesehen

#### Siliconacrylate, die polymerisiert werden



Beispiel für ein  
Siliconacrylat

08.06.2001

goldschmidt/S2 PSAW/Projekt Coatings 2001

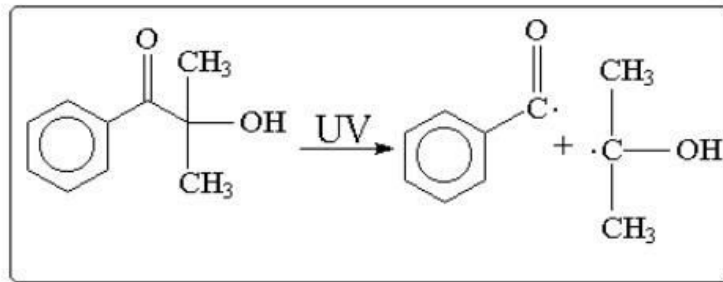
Slide 6

degussa.

Standortservices Essen

## Wie verläuft die Reaktion?

**Es liegt der Mechanismus der radikalischen Photopolymerisation zu Grunde, d.h., ein Photoinitiator (s.Bild) wird durch UV-Licht homolytisch gespalten, so dass zwei Startradikale entstehen.**



photolytische Spaltung des Photoinitiators Ketoalkohol

08.06.2001

goldschmid/S2 PSAW/Projekt Coatings 2001

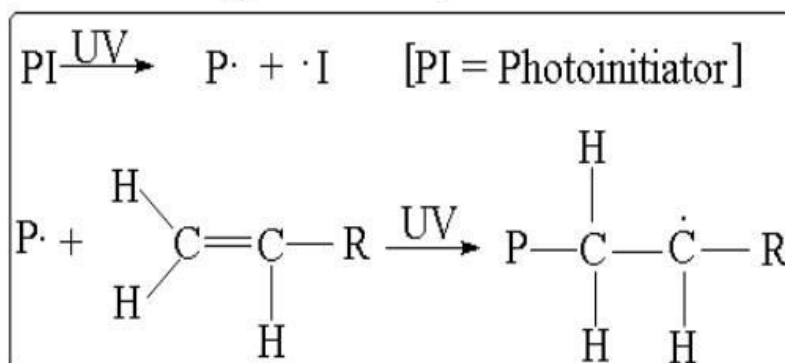
Slide 7

degussa.

Standortservices Essen

## Die Kettenstartreaktion

**Zunächst wird der Photoinitiator in zwei Radikale gespalten. Diese reagieren mit dem Siliconacrylat und erzeugen somit reaktionsfreudige Siliconacrylatradikale.**



08.06.2001

goldschmid/S2 PSAW/Projekt Coatings 2001

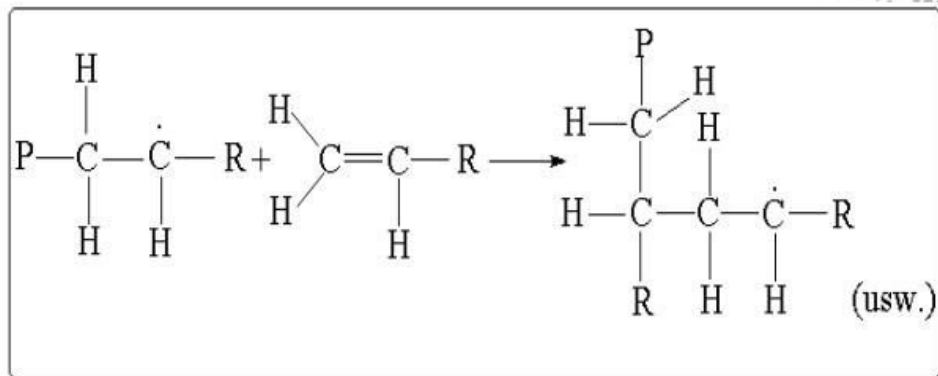
Slide 8

degussa.

Standortservices Essen

## Kettenaufbau

Im nächsten Schritt reagiert ein Siliconacrylatradikal mit einem Siliconacrylatmolekül. Das Reaktionsprodukt ist wiederum ein Radikal, das weiter reagieren kann.



08.06.2001

goldschmidt/S2 PSAW/Projekt Coatings 2001

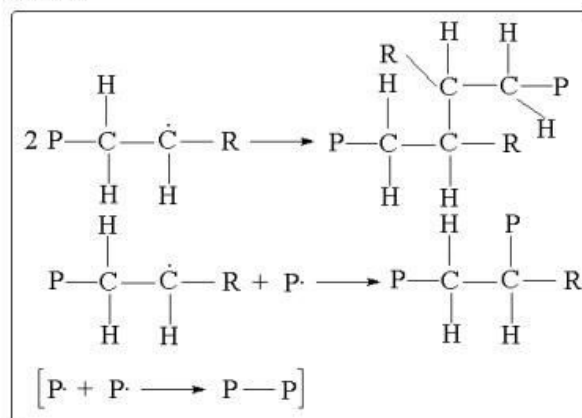
Slide 9

degussa.

Standortservices Essen

## Kettenabbruch

Die zuvor beschriebene Kettenaufbaureaktion kann auf zwei Arten beendet werden. Die erste Möglichkeit ist die Reaktion zweier Radikale.



08.06.2001

goldschmidt/S2 PSAW/Projekt Coatings 2001

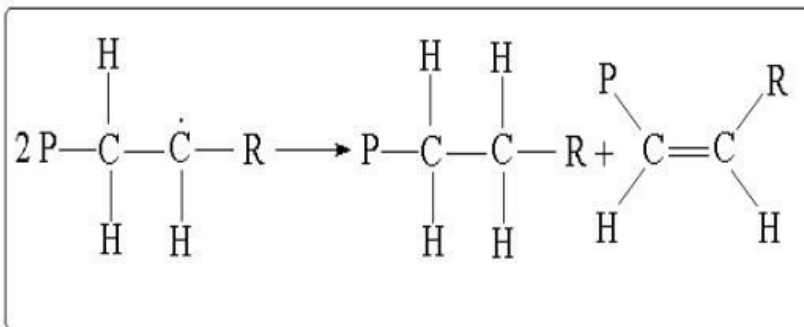
Slide 10

degussa.

Standortservices Essen

## Kettenabbruch II

Die zweite Möglichkeit des Kettenabbruchs ist durch Disproportionierung.



08.06.2001

goldschmid/S2 PSAW/Projekt Coatings 2001

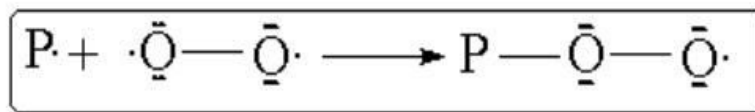
Slide 11

degussa.

Standortservices Essen

## Nebenreaktion

Die zuvor beschriebene Reaktion läuft nur unter Sauerstoffausschluss ab. Vorhandener Sauerstoff würde die entstehenden Radikale abfangen, da Sauerstoff selbst ein Diradikal ist.



Im Prinzip verläuft die Reaktion im Sinne einer Copolymerisation weiter, jedoch sind die entstehenden Radikale so reaktionsträge, dass die Reaktion viel zu langsam verläuft.

[Theoretisch ist auch eine Reaktion des Sauerstoffs mit der Doppelbindung möglich. Diese ist jedoch nicht relevant, da sie zu langsam verläuft.]

08.06.2001

goldschmid/S2 PSAW/Projekt Coatings 2001

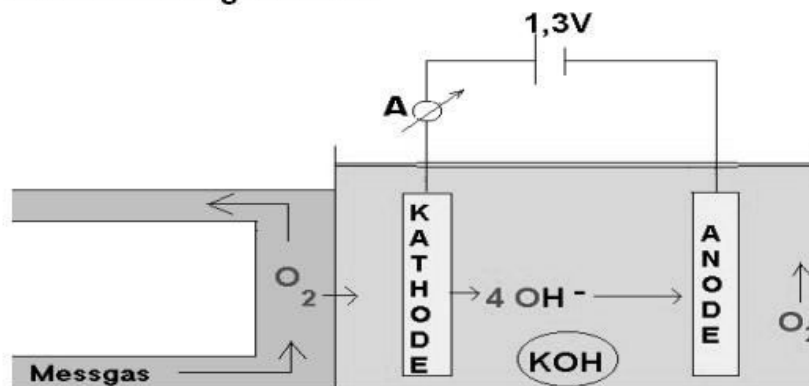
Slide 12

degussa.

Standortservices Essen

## Vermeiden der Nebenreaktion

Um die Nebenreaktion zu unterdrücken, wird in einer Stickstoffatmosphäre mit einem Restsauerstoffgehalt kleiner 50 ppm gearbeitet. Der Restsauerstoff wird mit einer Messzelle der Firma Delta F gemessen.



08.06.2001

goldschmid/S2 PSAW/Projekt Coatings 2001

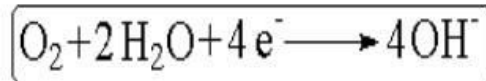
Slide 13

degussa.

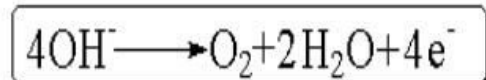
Standortservices Essen

## Funktionsweise der Messzelle

Der Sauerstoff diffundiert aus dem Messgas in die Messzelle und wird an der Kathode reduziert:



Die entstandenen Hydroxidionen werden wiederum an der Anode zu Sauerstoffmolekülen oxidiert:



Der entstehende elektrische Strom ist direkt proportional zum Sauerstoffgehalt und ermöglicht eine lineare Anzeige desselben.

08.06.2001

goldschmid/S2 PSAW/Projekt Coatings 2001

Slide 14

**degussa.**

Standortservices Essen

## Problemstellung

**Der Restsauerstoff steigt so selten über den Maximalwert, dass das Messgerät kaum Beachtung findet. Ist der Messwert jedoch einmal jenseits des kritischen Punktes, werden große Mengen Ausschuss produziert.**

**Hier soll ein Kontrollgerät unterstützend eingreifen.**

08.06.2001

goldschmidt/S2 PSAW/Projekt Coatings 2001

Slide 15

**degussa.**

Standortservices Essen

## Gewünschte Funktionen für das Kontrollgerät

- **Start/Reset – Taste startet Messung**
- **Die ersten zwei Minuten wird die Messung nicht geregelt, danach:**
  - **unter 50 ppm Restsauerstoff: grüne Kontrollleuchte**
  - **zwischen 50 und 80 ppm Restsauerstoff: gelbe Kontrollleuchte**
  - **über 80 ppm Restsauerstoff: rote Kontrollleuchte**
  - **ab 200 ppm selbstständiger Betriebsstop des Messgeräts**
- **Option: rollender Messwertspeicher**  
**[Die Zahlenwerte sollen nur mit Hilfe eines Computers zu verändern sein.]**

08.06.2001

goldschmidt/S2 PSAW/Projekt Coatings 2001

Slide 16

degussa.

Standortservices Essen

## Mögliche Lösungsansätze

### SPS

- "SpeicherProgrammierbareSteuerung"
- programmierbarer Microcontroller

### C-Control

- SPS-Variante
- einfache Programmierung über graphische Benutzeroberfläche

### Platine

- Problemlösung durch elektrische Schaltung

08.06.2001

goldschmidt/S2 PSAW/Projekt Coatings 2001

Slide 17

degussa.

Standortservices Essen

## Auswahl der Lösungsart

Die Entscheidung für C-Control wurde mit Hilfe folgender Lösungsmatrix getroffen:

Aufgabe	C-Control	SPS	Platine
Startverzögerung	+	+	+
Signalleuchten	+	+	+
Selbstabschaltung	+	+	+
Leicht einstellbar	+	+	-
Leicht erweiterbar	+	+	-
Kosten	+	+	?
Bekanntheitsgrad	+	0	-

08.06.2001

goldschmidt/S2 PSAW/Projekt Coatings 2001

Slide 18

**degussa.**

*Standortservices Essen*

### Das Kontrollgerät - Außenansicht



08.06.2001

goldschmidt/S2 PSAW/Projekt Coatings 2001

Slide 19

**degussa.**

*Standortservices Essen*

### Das Kontrollgerät - Innenansicht



08.06.2001

goldschmidt/S2 PSAW/Projekt Coatings 2001

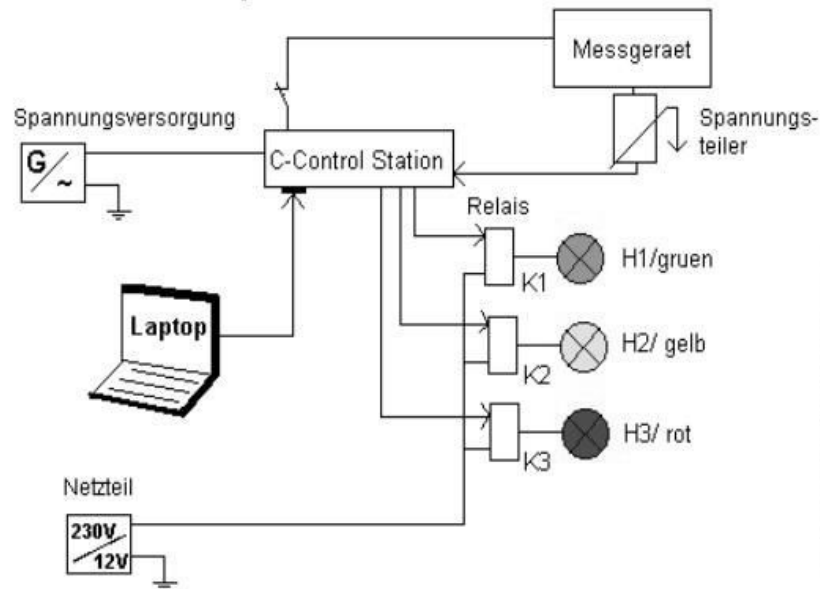
Slide 20



degussa.

Standortservices Essen

## Geräteschaltplan



08.06.2001

goldschmid/S2 PSAW/Projekt Coatings 2001

Slide 21

degussa.

Standortservices Essen

## Funktionsweise

**Ein Spannungsteiler reduziert die Spannung so weit, dass der A/D-Wandler der C-Control Station das Signal verarbeiten kann.**

**Je nach Messwert schaltet die C-Control Station über ein internes Relais die Stromversorgung für das Messgerät und über externe Relais die Signallampen.**

**[Die externen Relais sind notwendig, da die C-Control Station nur über zwei Relais verfügt, die 230V schalten können.]**

08.06.2001

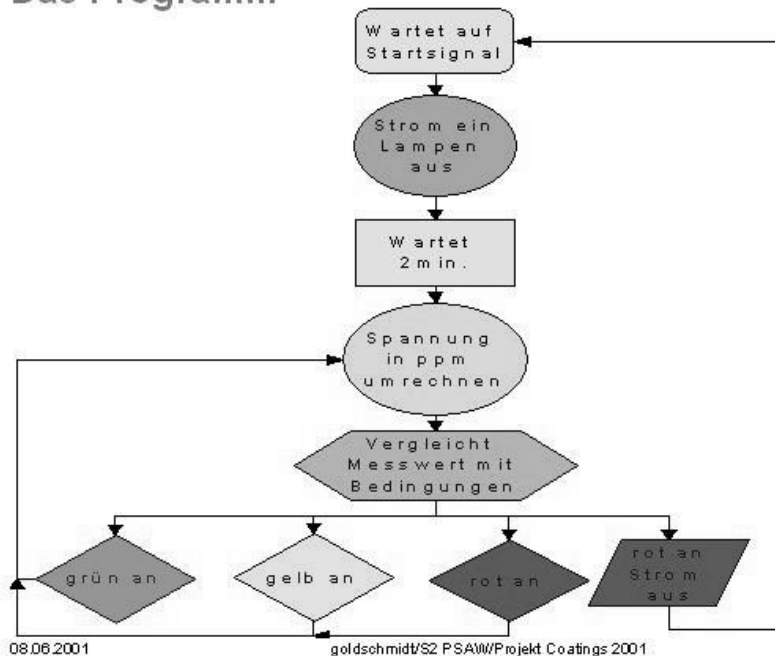
goldschmid/S2 PSAW/Projekt Coatings 2001

Slide 22

degussa.

Standortservices Essen

## Das Programm



Slide 23

degussa.

Standortservices Essen

## Abschließende Gedanken

Das inhaltliche Projektziel (Entwerfen und Bauen des Kontrollgerätes) konnte trotz verschiedener Probleme (Lieferzeiten der Bauteile, ...) erreicht werden.

Durch die organisatorischen Aspekte war es allen möglich die Unternehmensstruktur (z.B. Abteilungen wie den Technischen Einkauf) besser kennen zu lernen.

Obwohl etwa die Hälfte der Gruppe etwas anderes vom Projekt erwartet hätte (chemisches Problem, kleinere Gruppe), fühlten sich alle angemessen gefordert und hatte den Eindruck einen vernünftigen Anteil am Projekt gehabt zu haben.

08.06.2001

goldschmidt/S2 PSAW/Projekt Coatings 2001

Slide 24

**degussa.***Standortservices Essen*

## Abschließende Gedanken II

### **Ein weiteres Projektziel bestand darin den Teilnehmern Schlüsselqualifikationen zu vermitteln.**

- **Fachkompetenz:** alle waren der Meinung etwas für ihren Beruf gelernt und zumindest gute Eindrücke vom jeweils anderen Beruf bekommen zu haben
- **Methodenkompetenz:** alle waren der Meinung neue Arbeitsmethoden (Metaplanmethode, ...) gelernt zu haben, wobei die Hälfte der Gruppe daran zweifelte diese Methoden in Zukunft öfter anzuwenden
- **Sozialkompetenz:** alle waren der Meinung die Zusammenarbeit habe gut bis sehr gut funktioniert und ihre Teamfähigkeit habe sich zumindest etwas weiterentwickelt

### 14.3 Bedienungsanleitung O<sub>2</sub>-GUARD

**Bedienungsanleitung**

**für das**

**Kontrollgerät**  
**zum Sauerstoffmeßgerät**  
**der Firma Delta F**

### **Inbetriebnahme**

- Der **Netzstecker** des Kontrollgerätes wird an das Hausnetz angeschlossen.
- An der seitlich am Kontrollgerät angebrachten Steckdose wird der **Netzstecker des Messgerätes** angeschlossen.
- Das **Messverbindungskabel** des Kontrollgerätes wird an den Klemmen **STD OUT** und **Masse** des Messgerätes angeschlossen.
- Das Messgerät wird wie gewohnt bedient. Es ist jedoch darauf zu achten, dass der **Messbereich 0 bis 1000 ppm** gewählt werden muß.  
[Für andere Messbereiche muß eine Änderung im Programm vorgenommen werden.]
- Der **Netzschalter** des Kontrollgerätes wird betätigt. Das Aufleuchten der drei Kontrollleuchten zeigt die korrekte Funktion des Gerätes an.
- Die **Starttaste** wird gedrückt, wodurch das Programm **startbereit** wird.
- Die **F1-Taste** wird betätigt, um das Programm zu starten.

### **Funktion des Kontrollgerätes**

Nachdem das Programm – wie unter **Inbetriebnahme** geschildert – gestartet wurde, beginnt eine Reinigungsphase (Standarteinstellung: 2min.). Während der Reinigungsphase misst das Messgerät, ohne dass das Kontrollgerät eingreift. Die Kontrollleuchten leuchten während dieser Phase nicht.

Nach Ablauf der voreingestellten Zeit beginnt das Kontrollgerät mit der Überwachung der Messwerte.

Kontrolleuchte	Bedeutung
GRÜN	Der Sauerstoffgehalt ist ideal (Standarteinstellung: <50 ppm).
GELB	Der Sauerstoffgehalt ist leicht erhöht (50 – 80 ppm). Ein entsprechendes Eingreifen ist ratsam.
ROT	Der Sauerstoffgehalt ist zu hoch (>80 ppm). Ein entsprechendes Eingreifen ist erforderlich.

Übersteigt der Sauerstoffgehalt ein kritisches Maximum (Standarteinstellung: >200 ppm) so schaltet das Kontrollgerät die Stromversorgung des Messgerätes ab, um eine unnötige „Vergiftung“ der Messzelle zu vermeiden. Die rote Kontrollleuchte bleibt an und signalisiert, dass die Abschaltung **automatisch** erfolgt ist.

Um die Messung später fortzusetzen muss erneut die **F1-Taste** gedrückt werden. Stellt man fest, dass der Messwert immer noch zu hoch ist, lässt sich die Messung mit der **F2-Taste** jederzeit abbrechen.

### **Eingreifen während der Messung**

- Mit der **F2-Taste** lässt sich das Programm in jeder Phase abbrechen. Es kehrt in den Modus: startbereit zurück.
- Mit der **F1-Taste** lässt sich das Programm jederzeit reseten, d.h. es kehrt zur Reinigungsphase zurück.

### **Beenden der Messung**

Um die Messung zu beenden wird zunächst mit der **F2-Taste** das Programm beendet. Nun kann das Kontrollgerät über den Netzschalter ausgeschaltet werden.

### **Einstellen der Grenzwerte**

Die Grenzwerte für die einzelnen Phasen können am Computer mit dem Programm C-Control Station geändert werden.

- Obergrenze Grünphase: Zelle 9
- Obergrenze Gelbphase: Zelle 10
- Untergrenze Rotphase = Obergrenze Gelbphase
- Grenzwert Selbstabschaltung: Zelle 14

Das geänderte Programm muss über die Schnittstelle erneut auf das Kontrollgerät übertragen werden.

### **Einstellen der unüberwachten Zeit**

Die Länge der unüberwachten Zeit (Reinigungsphase) lässt sich am Computer mit dem Programm C-Control Station einstellen. Hierzu ist die Konstante in Programmzelle 7 zu ändern. Ein Wert von 5000 entspricht einer Minute. Die Zeit verhält sich direkt proportional zum eingestellten Zahlenwert, so dass beliebige Zeitspannen eingestellt werden können. [Zahlenwerte größer 32767 sind nicht möglich.] Das geänderte Programm muss über die Schnittstelle erneut auf das Kontrollgerät übertragen werden.

### **Einstellen des Messbereiches**

Der Messbereich lässt sich am Computer mit dem Programm C-Control Station einstellen. Hierzu muss in Programmzelle 8 die Umrechnung vom A/D-Wandler zum Speicher 1 so geändert werden, daß ein A/D-Wandlerwert von 250 in den maximalen Wert des Messbereiches umgewandelt wird. Hierzu ist nur die Multiplikation mit bzw. die Division durch ganzzahlige Werte möglich. Gegebenenfalls muß die Umrechnung in mehreren Schritten erfolgen. Das geänderte Programm muss über die Schnittstelle erneut auf das Kontrollgerät übertragen werden.

[Es ist darauf zu achten, dass das Messgerät 0-10 Volt ausgibt. Ist dies nicht der Fall, muss eine Veränderung an der Hardware vorgenommen werden.]

## **Technische Daten**

### **C-Control Station**

Betriebsspannung	230V~ (Klemme 16 und 17)
max. Leistungsaufnahme	2,5W
max. zulässiger Strom aus Klemme 6 (5V)	I <sub>6,max</sub> = 50mA
max. Portstrom an Klemmen 28 bis 33 (P1...P6)	I <sub>9,max</sub> = je 10mA
max. Gesamtstromabgabe	I <sub>6,9,28,...,33</sub> = 100mA
Akku-Pufferstrom aus Klemme 7	ca. 5mA
Relais-Schaltung (K1,K2)	max. 230V~ max. 6A Dauerstrom
Temperaturmessbereich (T1,T2)	-25,0°C...102,5°C max. Fehler +/- 2,5%
Messbereich A/D-Ports (A1 ...A4)	0...2,55V 0,01V Auflösung, max. Fehler +/- 1 Digit
Frequenzmessbereich (Klemme 35)	1Hz...30000Hz
Zulässige Umgebungs-Bedingungen	0...40°C, 20...60% rel. Luftfeuchte

### **Netzteil für Hutschienen-Montage**

Eingangsspannung	220-240V~, 50/60 Hz
Ausgangsspannung	12 Volt = +/- 5%
Ausgangsstrom	max. 150mA Kurzzeitig max. 125mA Dauerlast

### **Relais BN641162**

Eingangsspannung	12V DC
Schaltbare Ausgangsspannung	Max. 230V~
Schaltbarer Ausgangsstrom	Max. 12A
Schaltbare Ausgangsleistung	Max. 3000VA

**Klemmenleistenplan****Klemmen C-CS**

Nr.	Ziel 1	Ziel 2
1	RS 232 KI.2	
2	RS 232 KI.3	
3	RS 232 KI.3	
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10	x1.1	
11	S	
12		
13		
14		
15		
16	x1.2	
17	x1.4	
18		
19		
20		
21		
22		
23	AD-W. 2	
24		
25		
26		
27	AD-W. 3	
28		
29	K3 4	
30	K2 4	
31	K1 4	
32		
33		
34	T1 10	
35		

**Klemmenleiste x1**

Ziel	Brücke	Nr.	Ziel 1	Ziel 2
L1		1	T1 2	x2.16
		2	K1 3	x2.10
N		3	T1 1	x2.17
		4	K3 1	S
PE		5	S	✓

**Klemmen K1**

Nr.	Ziel 1	Ziel 2
1	H3 x1	
2		
3	K2 3	
4	x2.31	
5	T1 11	K2 5
6	T1 9	K2 6

**Klemmen K2**

Nr.	Ziel 1	Ziel 2
1	H2 x1	
2		
3	K3 3	K1 3
4	x2.30	
5	K1 5	K3 5
6	K1 6	K3 6

**Klemmen K3**

Nr.	Ziel 1	Ziel 2
1	H1 x1	
2		
3	x1.2	K2 3
4	x2.29	
5	K2 5	
6	K2 6	

**AD-Wandler**

Nr.	Ziel 1	Ziel 2
1	W02 +	
2	x2.23	
3	x2.27	
4	W02 -	

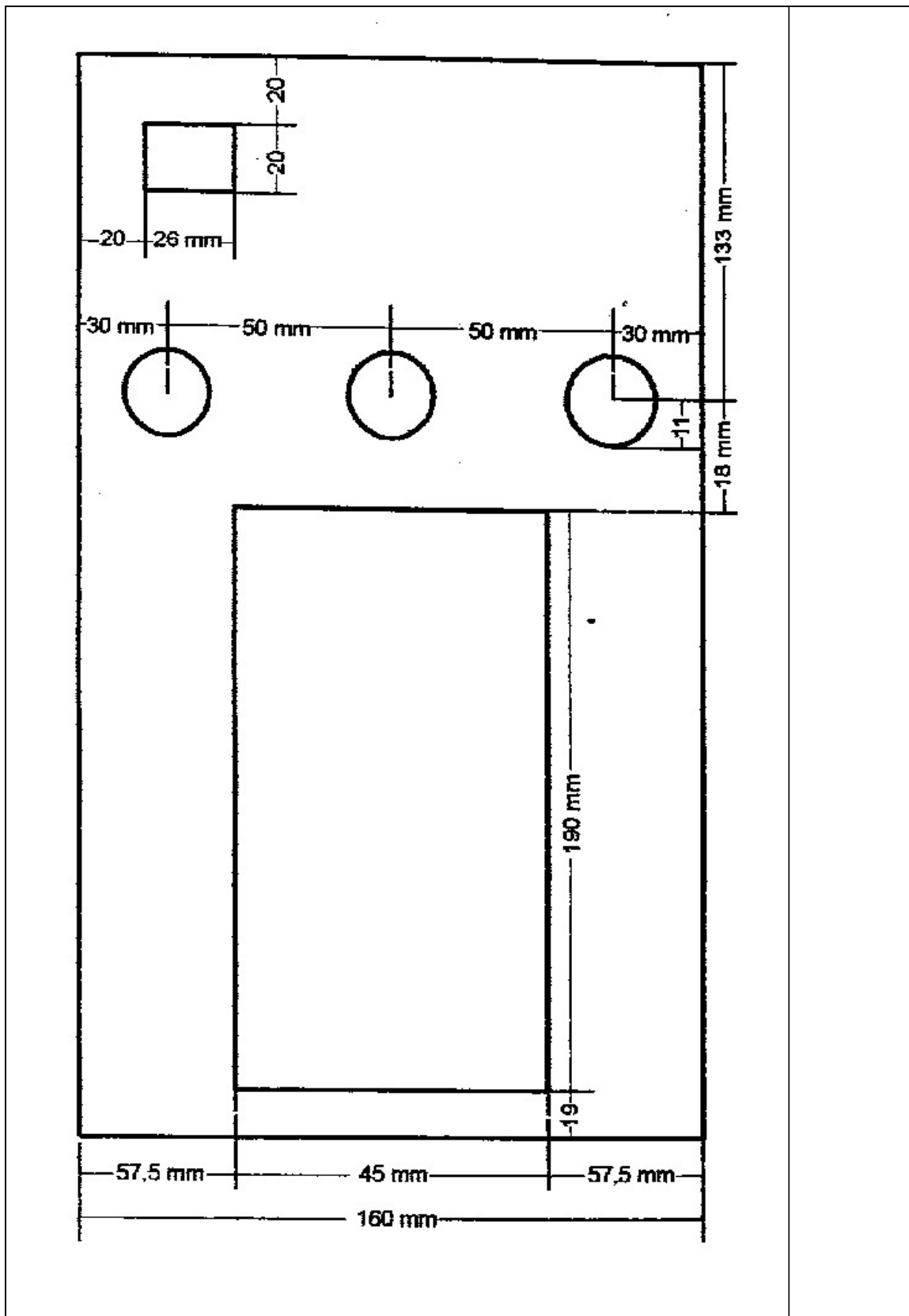
**RS 232**

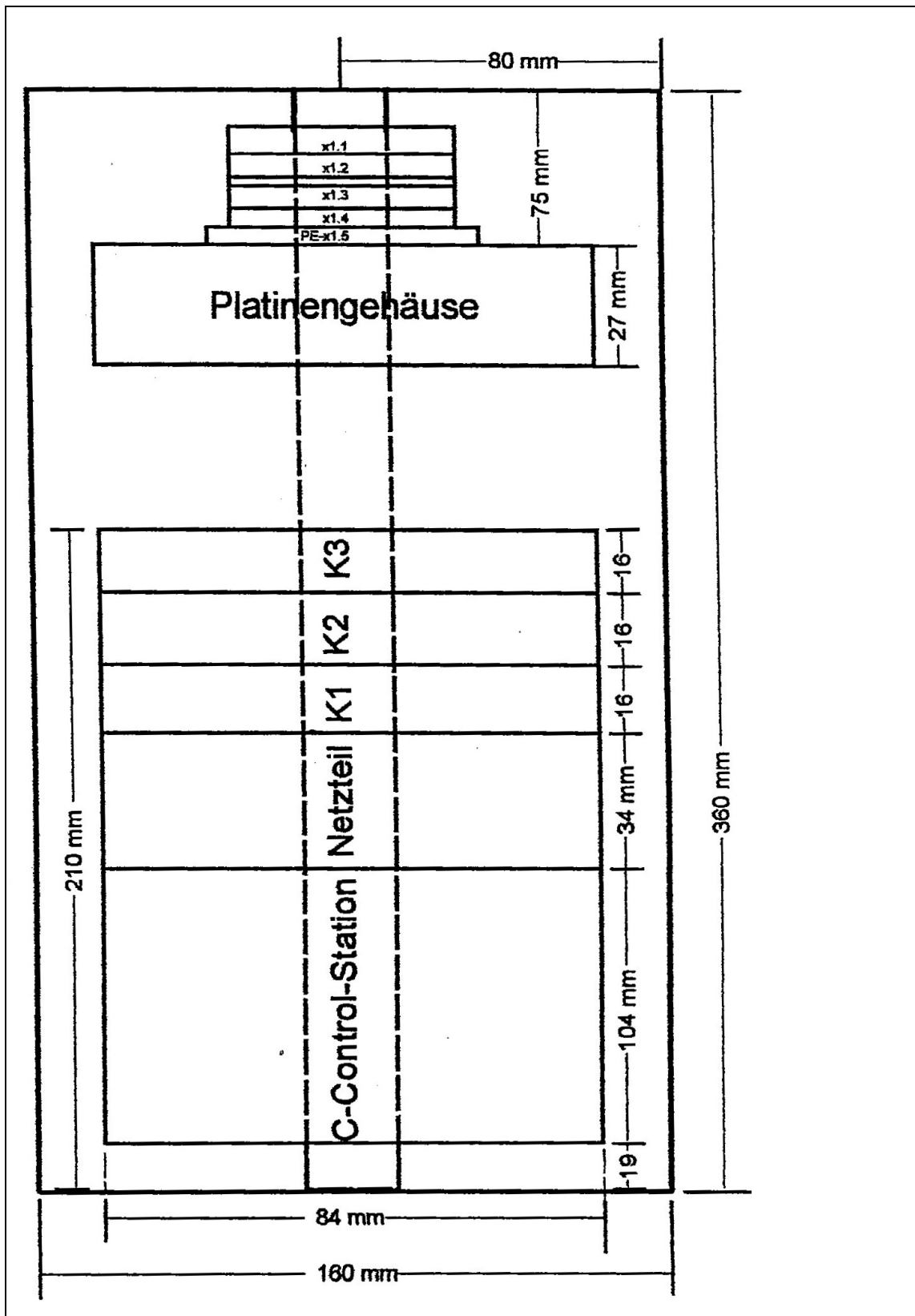
Nr.	Ziel 1	Ziel 2
1		
2	x2.1	
3	x2.3	
4		
5	x2.2	
6		
7		
8		
9		

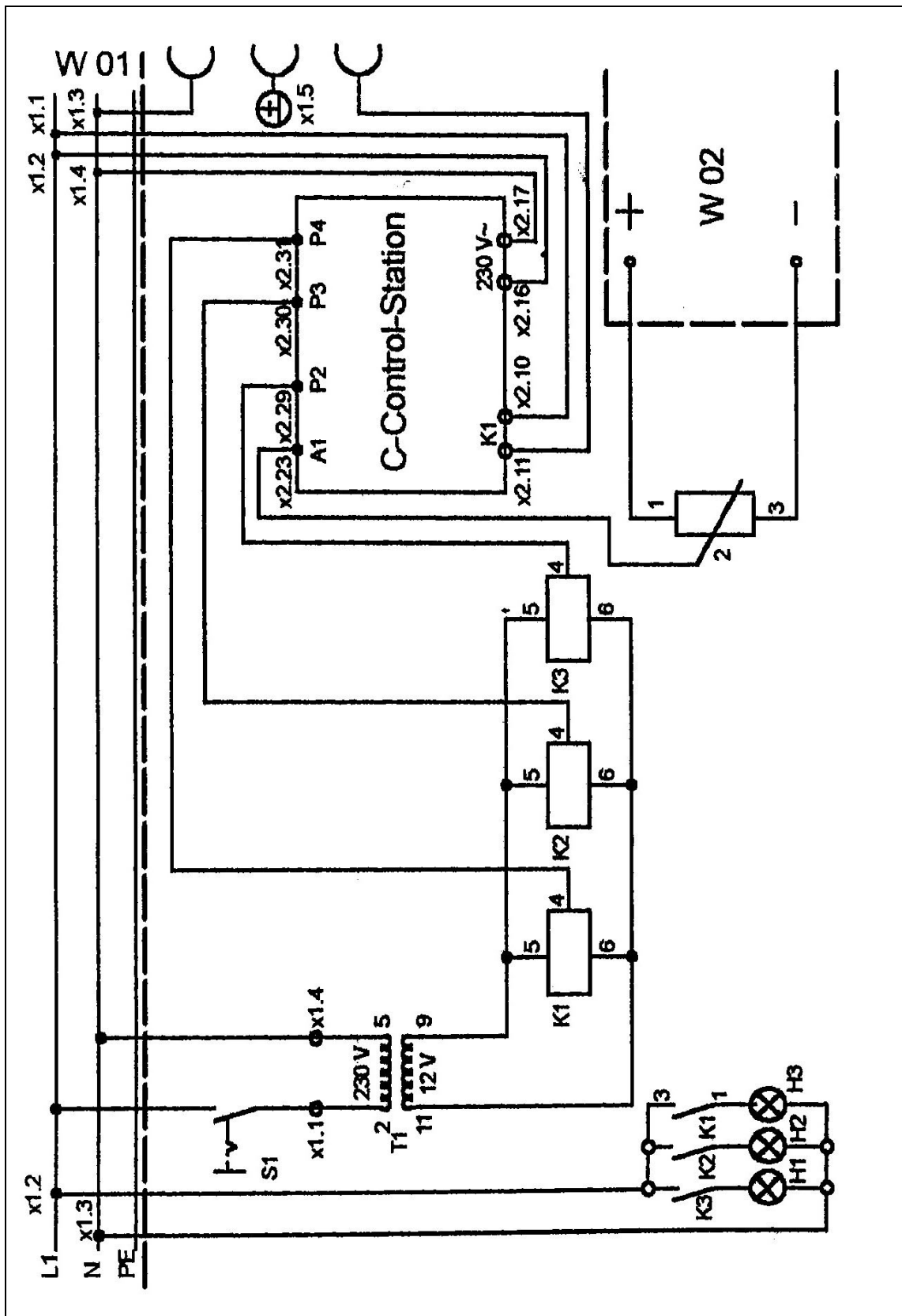
**Erklärungen:**

1. C-CS = Conned Control Station
2. x2.1, x2.2 usw sind die Klemmen von der C-CS
3. W01 = die externe Netzschnittstelle
4. W02 = die Messleitung des Sauerstoffanalyzers
5. S = Steckdose
6. RS 232 = serielle Schnittstelle









## 14.4 Interne Unternehmenskommunikation

Auszubildende Julia Kaufhold berichtet über ein erfolgreiches Projekt:

# Kontrollgerät

Flexibilität, Selbstständigkeit, Teamgeist und berufsübergreifendes Fachwissen werden in der Arbeitswelt immer wichtiger. Logische Konsequenz: Auch Ausbildungsverordnungen müssen entsprechend aktualisiert und dem veränderten Berufsbild angepasst werden. Im Rahmen seiner Doktorarbeit hat Thorsten Trachte, der sich mit der praktischen Umsetzung der Ausbildungsneuerungen beschäftigt (wir berichteten in Forum 2/00), zu diesem Thema ein Projekt für Energieelektroniker (EE) und Chemielaboranten (CL) aus dem dritten Lehrjahr entwickelt.

Ein Ziel dieses Projektes ist es, die Auszubildenden durch möglichst reale Einblicke in die Ar-

beitspraxis optimal auf die Berufswelt vorzubereiten. Die Vorgaben waren klar definiert: Ein Team aus Auszubildenden sollte ein chemisch-technisches Problem selbstständig, d.h. so weit wie möglich ohne Hilfe der Ausbilder lösen und anschließend präsentieren. Grundvoraussetzung dafür: Nach Vorstellung des Projektes mussten sie sich selbst einschätzen und dann entscheiden, ob sie dieser verantwortungsvollen Aufgabe gewachsen sind.

### ■ Mehr Bewerber als freie Plätze

Für die meisten kein Problem: Die Resonanz war sogar so groß, dass

schließlich mehr Bewerbungen als freie Plätze vorhanden waren. Für die Chemielaboranten aus dem dritten Lehrjahr, die zur Zeit des Projektes in den Vorbereitungen zu ihrer Abschlussprüfung steckten, sprangen einige Laboranten des ersten Lehrjahres in die Bresche. So bildete sich folgendes Azubi-Team heraus: Peter Florian (EE), André Geist (CL), Patrick Grendka (EE), Christian Jahnke (EE), Sven Kubiak (EE) und Christina Schütz (CL). Die Betreuung übernahmen Thorsten Trachte (Chemielaboranten) und Ulrich Merzenich (Ausbilder Energieelektroniker).

Der konkrete Praxisbezug kam dabei eher zufällig zustande. Als Thorsten Trachte das Projekt auf

einer Laborleitersitzung dem Geschäftsgebiet Industrial Specialties vorstellte, weckte er auch das Interesse von Hardi Döhler aus der Anwendungstechnik für strahlhärtende Trennbeschichtung. Er erklärte sich nicht nur dazu bereit, das Projekt zu unterstützen, sondern lieferte auch gleich noch eine konkrete Problemstellung.

### ■ Die Aufgabenstellung

Entwickelt werden sollte ein Messgerät für eine Apparatur zur Härtung von Trennbeschichtungen. In einem Teil dieser Apparatur wird eine Silikonverbindung durch UV-Licht auf einem durchlaufenden Streifen erhärtet. Er-





Das Projektteam mit seinen Ausbildern (v.l.n.r.): Thorsten Trachte, Peter Florian, Ulrich Merzenich, Christina Schütz, Christian Jahnke, Sven Kubiak, André Geist (Fotos links und oben: Christian Schlüter)

laubt ist dort nur ein Sauerstoffgehalt von < 50 ppm, da es sonst zu Mängeln in der Qualität der Trennbeschichtungen kommen würde. Um den störenden Sauerstoff auszuschließen, wird dieser Bereich daher mit Stickstoff durchflutet. Die Aufgabe an die Azubis: Ein Kontrollgerät zu entwickeln, das bei Überschreitung des Maximalwertes die gesamte Apparatur abschaltet. Die zur Zeit vorhandenen Messgeräte überwachen lediglich den Sauerstoffgehalt.

### ■ Pünktlich fertig

Zunächst wurden die Auszubildenden von den Betreuern an das Problem herangeführt, die ihnen auch die verschiedenen, innerbetrieblichen, Ressourcen und Möglichkeiten aufzeigten, wie z.B. die Zusammenarbeit mit dem Einkauf. Natürlich lief während der Projektausführung nicht immer alles glatt ab. So ruhte beispielsweise einmal die Arbeit für geraume Zeit, weil ein Lieferant die benötigten Bauteile nicht rechtzeitig liefern konnte. Momente, die es schwierig machten, die vorgegebene Zeit von 22 Arbeitstagen einzuhalten. Doch die Azubis schafften es trotzdem und wurden mit der Entwicklung

„ihres“ Gerätes noch rechtzeitig fertig.

In einer Abschlusspräsentation stellten sie das Ergebnis zunächst ihren Ausbildern sowie „Auftraggeber“ Hardi Döhler vor, präsentierten das Projekt dann in einer weiteren Runde auch Standortleiter Siegfried Menk und Vertretern des Betriebsrates.

### ■ Bereicherung für die Ausbildung

Trotz des erfolgreichen Projektabschlusses gab es von Seiten der Auszubildenden auch Kritik. Während alle Azubis die Gruppe mit sechs Teilnehmern als zu groß

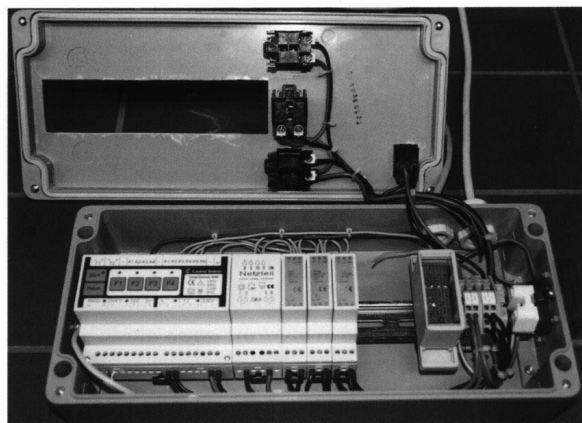
beurteilten, bedauerten die Chemielaboranten vor allem den geringen chemischen Anteil an der Problemstellung.

Dennoch sieht Dr. Jörg Kleemann, Leiter der Abteilung Aus- und Weiterbildung, das Projekt grundsätzlich als eine wichtige Bereicherung für die Ausbildung bei Goldschmidt: „Die Bedeutung überfachlicher Qualifikationen und Selbstständigkeit wird immer größer“, umreißt er die heutigen Anforderungen. Die Auszubildenden müssten daher frühzeitig

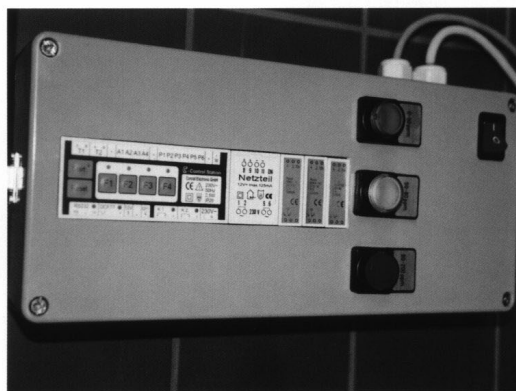
lernen, Aufgaben und Tätigkeiten selbstständig auszuarbeiten bzw. durchzuführen und das Zusammenspiel der einzelnen Berufsbereiche zu verstehen und zu praktizieren.

### ■ Nachfolgeprojekte schon geplant

Ausbildung soll in Zukunft allerdings nicht nur aus solchen Projekten bestehen. Ulrich Merzenich: „Bevor derartige Aufgaben gestellt werden können, müssen



Ein Ergebnis, das sich sehen lassen kann: Das fertige Kontrollgerät schaltet automatisch eine Apparatur zur Herstellung von Silicontrennbeschichtungen ab, wenn ein bestimmter Grenzwert überschritten wird. (Fotos: Goldschmidt)



zunächst grundlegende Ausbildungsinhalte vermittelt werden.“ Nachfolgeprojekte sind laut Thorsten Trachte trotzdem schon geplant, denn: „Die veränderte Arbeitswirklichkeit macht auch neue Ausbildungsmaßnahmen erforderlich.“

Übrigens: Das Kontrollgerät ist eine so innovative Entwicklung, dass überlegt wird, es auch an Kunden zu verschenken.

## 14.5 Auszubildendenfragebogen

### Fragebogen<sup>1</sup> zur berufsfeldübergreifenden Projektarbeit im Berufsbildungszentrum (BBZ) der Goldschmidt AG Essen

Im folgenden stellen wir Ihnen eine Reihe von Fragen zur berufsfeldübergreifenden Projektarbeit im BBZ. Der Fragebogen behandelt Themenbereiche, die für den Erfolg dieser Projekte wichtig sind. Mit der Befragung soll die Qualität der berufsfeldübergreifenden Ausbildungsmodule überprüft werden. Durch die gewissenhafte Beantwortung der Fragen leisten Sie damit einen wichtigen Beitrag zur Weiterentwicklung und Verbesserung der berufsfeldübergreifenden Ausbildungsmodule im BBZ.

Vorgehensweise:

- Bitte arbeiten Sie die Themenbereiche der Reihe nach vollständig ab.
- Ihre persönliche Einschätzung erfolgt durch Markieren der für Sie zutreffenden Antwort.
- Bitte nehmen Sie sich zur Bearbeitung des Fragebogens etwa 30 Minuten Zeit.
- Die Befragung erfolgt anonym. Notieren Sie daher keinen Namen auf dem Bogen.
- Die ausgewerteten Ergebnisse der Befragung können eingesehen werden.
- Die Ergebnisse der Befragung haben keinen Einfluss auf die Leistungsbeurteilung der Auszubildenden.

Wir danken für Ihre Mitarbeit !

<sup>1</sup>) Modifiziert nach Markus Werthebach, GMA, Lünen

### Wie beurteilen Sie die Rahmenbedingungen bei der Projektdurchführung ?

Bitte markieren Sie zunächst in Spalte 0 – 3 ein Kästchen, das Ihre Meinung am besten wiedergibt.

Markieren Sie dann in den Spalten ↑,→,↓ ein Kästchen, das die von Ihnen wahrgenommene Änderung während der Projektdurchführung wiedergibt.

<b>Material- und Informationsverfügbarkeit</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>↑</b>	<b>→</b>	<b>↓</b>	<b>#</b>
	<b>(fast) nie</b>	<b>eher selten</b>	<b>eher häufig</b>	<b>(fast) immer</b>	Verbesserung	keine Änderung	Verschlechterung	
Die Informationen die ich benötige, um meine Arbeit im Projekt angemessen zu erledigen								
• stehen mir rechtzeitig zur Verfügung.	0	1	2	3	↑	→	↓	1
• sind vollständig und zuverlässig.	0	1	2	3	↑	→	↓	2
• sind übersichtlich aufbereitet.	0	1	2	3	↑	→	↓	3
Die Arbeitsmittel, die ich benötige, um meine Arbeit im Projekt angemessen zu erledigen, stehen mir zur Verfügung.	0	1	2	3	↑	→	↓	4
Meine Ansprechpartner, die ich benötige um meine Arbeit im Projekt erfolgreich erledigen zu können, sind gut erreichbar.	0	1	2	3	↑	→	↓	5

### Funktioniert der Informationsfluss im Projekt ?

Bitte markieren Sie zunächst in Spalte 0 – 3 ein Kästchen, das Ihre Meinung am besten wiedergibt.

Markieren Sie dann in den Spalten ↑,→,↓ ein Kästchen, das die von Ihnen wahrgenommene Änderung während der Projektdurchführung wiedergibt.

Informationsklima / Leistungsfeedback	0	1	2	3	↑	→	↓	#
	(fast) nie	eher selten	eher häufig	(fast) immer	Verbesserung	keine Änderung	Verschlechterung	
Innerhalb des Projektes haben wir regelmäßig und häufig								
• Gelegenheit zum Informationsaustausch.	0	1	2	3	↑	→	↓	6
• Gelegenheit, Dinge kritisch zu hinterfragen.	0	1	2	3	↑	→	↓	7
• Gelegenheit, Dinge systematisch zu bearbeiten.	0	1	2	3	↑	→	↓	8
Innerhalb des Projektes ist es erwünscht, dass von uns								
• Verbesserungsvorschläge gemacht werden.	0	1	2	3	↑	→	↓	11
Während des Projektes erfolgt die persönliche Rückmeldung zu meinen Leistungen								
• prompt.	0	1	2	3	↑	→	↓	12
• präzise.	0	1	2	3	↑	→	↓	13
• konstruktiv / aufbauend.	0	1	2	3	↑	→	↓	14
Während des Projektes erfolgt die persönliche Rückmeldung zu Leistungen der gesamten Ausbildungsgruppe								
• prompt.	0	1	2	3	↑	→	↓	15
• präzise.	0	1	2	3	↑	→	↓	16
• konstruktiv / aufbauend.	0	1	2	3	↑	→	↓	17



### Wie erleben Sie die Projektbetreuer ?

Bitte markieren Sie zunächst in Spalte 0 – 3 ein Kästchen, das Ihre Meinung am besten wiedergibt.

Markieren Sie dann in den Spalten ↑,→,↓ ein Kästchen, das die von Ihnen wahrgenommene Änderung während der Projektdurchführung wiedergibt.

Coaching Teil 1/3	0	1	2	3	↑	→	↓	#
	(fast) nie	eher selten	eher häufig	(fast) immer	Verbesserung	keine Änderung	Verschlechterung	
Die Projektbetreuer wollen, dass wir Azubis uns bei der Arbeit bestmöglich anstrengen.	0	1	2	3	↑	→	↓	18
Die Projektbetreuer lassen sich über die Arbeiten informieren, die gerade erledigt wurden.	0	1	2	3	↑	→	↓	19
Die Projektbetreuer sorgen dafür, dass wir Azubis klare Leistungsziele haben.	0	1	2	3	↑	→	↓	20
Die Projektbetreuer helfen uns dabei, arbeitsbezogene Probleme zu lösen.	0	1	2	3	↑	→	↓	21
Die Projektbetreuer legen Wert darauf, dass wir uns an wichtigen Entscheidungen beteiligen.	0	1	2	3	↑	→	↓	22
Die Projektbetreuer belohnen uns für gute Leistungen.	0	1	2	3	↑	→	↓	23
Die Projektbetreuer vertragen es nicht, kritisiert zu werden.	0	1	2	3	↑	→	↓	24
Die Projektbetreuer bestehen darauf, dass wir hoch konzentriert arbeiten.	0	1	2	3	↑	→	↓	25
Die Projektbetreuer zeigen uns, welche Arbeiten besonders wichtig sind.	0	1	2	3	↑	→	↓	26
Die Projektbetreuer helfen uns dabei, Probleme zu entdecken, bevor sie überhand nehmen.	0	1	2	3	↑	→	↓	27
Die Projektbetreuer legen Wert darauf, dass wir uns zu Wort melden, wenn wir mit einer Entscheidung nicht übereinstimmen.	0	1	2	3	↑	→	↓	28
Die Projektbetreuer kümmern sich persönlich um uns.	0	1	2	3	↑	→	↓	29
Die Projektbetreuer helfen uns, unsere Fähigkeiten weiterzuentwickeln.	0	1	2	3	↑	→	↓	30

<b>Coaching Teil 2/3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>↑</b>	<b>→</b>	<b>↓</b>	<b>#</b>
	<b>(fast) nie</b>	<b>eher selten</b>	<b>eher häufig</b>	<b>(fast) immer</b>	Verbesserung	keine Änderung	Verschlechterung	
Die Projektbetreuer loben gute Arbeit.	0	1	2	3	↑	→	↓	31
Die Projektbetreuer versuchen einen Schuldigen zu finden, wenn etwas falsch gelaufen ist.	0	1	2	3	↑	→	↓	32
Die Projektbetreuer verlangen, dass wir qualitativ hochwertige Arbeit leisten.	0	1	2	3	↑	→	↓	33
Die Projektbetreuer zeigen uns, auf welche Art und Weise wir unsere Arbeit erledigen sollen.	0	1	2	3	↑	→	↓	34
Die Projektbetreuer bringen uns dazu, über Dinge nachzudenken, die wir bislang nicht hinterfragt haben.	0	1	2	3	↑	→	↓	35
Die Projektbetreuer treffen wichtige Entscheidungen, ohne uns nach unserer Einschätzung zu fragen.	0	1	2	3	↑	→	↓	36
Die Projektbetreuer zeigen, dass ihnen jeder einzelne Azubi wichtig ist.	0	1	2	3	↑	→	↓	37
Die Projektbetreuer freuen sich, wenn wir gute Arbeit leisten.	0	1	2	3	↑	→	↓	38
Die Projektbetreuer merken nicht, wenn sie mit ihrer Kritik verletzen.	0	1	2	3	↑	→	↓	39
Die Projektbetreuer bestehen darauf, dass wir uns bei der Arbeit voll einsetzen.	0	1	2	3	↑	→	↓	40
Die Projektbetreuer prüfen die Qualität unserer Arbeit.	0	1	2	3	↑	→	↓	41
Die Projektbetreuer sagen uns, in welcher Qualität wir unsere Arbeit zu erledigen haben.	0	1	2	3	↑	→	↓	42
Die Projektbetreuer regen uns dazu an, auf neuartige Weise über bekannte Probleme nachzudenken.	0	1	2	3	↑	→	↓	43
Die Projektbetreuer treffen wichtige Entscheidungen, ohne uns einzubeziehen.	0	1	2	3	↑	→	↓	44
Die Projektbetreuer stellen sich auf jeden einzelnen Azubi ein.	0	1	2	3	↑	→	↓	45
Die Projektbetreuer machen uns darauf aufmerksam, wenn wir schlechte Leistungen bringen.	0	1	2	3	↑	→	↓	46

<b>Coaching Teil 3/3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>↑</b>	<b>→</b>	<b>↓</b>	
	<b>(fast) nie</b>	<b>eher selten</b>	<b>eher häufig</b>	<b>(fast) immer</b>	Verbesserung	keine Änderung	Verschlechterung	
Die Projektbetreuer geben uns keine Rückendeckung, wenn etwas falsch gelaufen ist.	0	1	2	3	↑	→	↓	47
Die Projektbetreuer verlangen, dass wir mit Ausdauer arbeiten.	0	1	2	3	↑	→	↓	48
Die Projektbetreuer haben die technische Seite des Projektes gut im Griff.	0	1	2	3	↑	→	↓	49
Die Projektbetreuer sagen uns, welche Arbeiten dringend erledigt werden müssen.	0	1	2	3	↑	→	↓	50
Die Projektbetreuer zeigen uns, wie wir einige Probleme angehen können, die uns bislang Kopfzerbrechen bereitet haben.	0	1	2	3	↑	→	↓	51
Sie respektieren unsere Entscheidungen, auch wenn sie diese nicht teilen.	0	1	2	3	↑	→	↓	52

### Wie sind die Merkmale Ihrer Arbeit im Projekt ?

Bitte markieren Sie zunächst in Spalte 1 – 7 ein Kästchen, das Ihre Meinung am besten wiedergibt.

Markieren Sie dann in den Spalten ↑, →, ↓ ein Kästchen, das die von Ihnen wahrgenommene Änderung während der Projektdurchführung wiedergibt.

Aufgabenmerkmale	1		4			7		↑	→	↓	n
	stimmt überhaupt nicht		teils/teils			stimmt vollständig		Verbesserung	keine Änderung	Verschlechterung	
Meine Arbeit innerhalb des Projektes ist so, dass ich immer genau weiß, wie ich bei der Erledigung meiner Aufgaben vorgehen soll.	1	2	3	4	5	6	7	↑	→	↓	53
Manchmal bin ich innerhalb des Projektes unsicher, auf welche Art und Weise ich meine Aufgaben erledigen soll.	1	2	3	4	5	6	7	↑	→	↓	54
Meine Arbeit innerhalb des Projektes ist so, dass ich immer genau weiß, in welcher zeitlichen Abfolge ich meine Aufgaben erledigen soll.	1	2	3	4	5	6	7	↑	→	↓	55
Manchmal bin ich unsicher, welche Arbeitsaufgaben ich während des Projektes zuerst erledigen soll.	1	2	3	4	5	6	7	↑	→	↓	56
Ich weiß genau, welche Arbeitsleistungen meinen Ausbilder / die Projektgruppe zufrieden stellen.	1	2	3	4	5	6	7	↑	→	↓	57
Manchmal ist mir nicht ganz klar, welche Arbeitsleistungen mein Ausbilder / die Projektgruppe von mir erwartet.	1	2	3	4	5	6	7	↑	→	↓	58

### Wie ist der Schwierigkeitsgrad der im Projekt gestellten Aufgaben ?

Bitte markieren Sie zunächst in Spalte 0 – 3 ein Kästchen, das Ihre Meinung am besten wiedergibt.

Markieren Sie dann in den Spalten ↑, →, ↓ ein Kästchen, das die von Ihnen wahrgenommene Änderung während der Projektdurchführung wiedergibt.

Anspruch / Schwierigkeitsgrad der Aufgaben	0	1	2	3	↑	→	↓	#
	(fast) nie	eher selten	eher häufig	(fast) immer	Verbesserung	keine Änderung	Verschlechterung	
Bei meiner Arbeit im Projekt habe ich die Möglichkeit mein Können weiterzuentwickeln und Neues dazulernen.	0	1	2	3	↑	→	↓	59
Bei meiner Arbeit im Projekt habe ich häufig wechselnde, unterschiedliche Arbeitsaufgaben.	0	1	2	3	↑	→	↓	60
Bei meiner Arbeit im Projekt sehe ich selber am Ergebnis, ob ich meine Arbeit zufriedenstellend erledigt habe oder nicht.	0	1	2	3	↑	→	↓	61
Die Arbeit im Projekt ist so gestaltet, dass ich Problemstellungen von Anfang bis Ende begleiten kann.	0	1	2	3	↑	→	↓	62
Im Projekt werde ich meinen Fähigkeiten entsprechend gefordert.	0	1	2	3	↑	→	↓	63
Im Projekt werde ich meinen Fähigkeiten entsprechend eingesetzt.	0	1	2	3	↑	→	↓	64

### Wie erleben Sie die Arbeit im Projekt ?

Bitte markieren Sie zunächst in Spalte 0 – 10 ein Kästchen, das Ihre Meinung am besten wiedergibt.

Markieren Sie dann in den Spalten ↑, →, ↓ ein Kästchen, das die von Ihnen wahrgenommene Änderung während der Projektdurchführung wiedergibt.

Motivation	0				5				10				↑	→	↓	#
	äußerst unwahrscheinlich				mittlere Wahrscheinlichkeit				äußerst wahrscheinlich							
Wie wahrscheinlich ist es, dass ...																
... Sie mit sich zufrieden sind, wenn Sie Ihre Arbeit im Projekt besonders gut erledigt haben ?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	↑	→	↓		65
... Sie mit sich unzufrieden sind, wenn Sie Ihre Arbeit im Projekt schlecht erledigt haben ?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	↑	→	↓		66
... Sie stolz auf Ihre Leistung sind, wenn Sie Ihre Arbeit im Projekt besonders gut erledigt haben ?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	↑	→	↓		67
... Sie sich über sich selbst ärgern, wenn Sie Ihre Arbeit im Projekt schlecht erledigt haben ?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	↑	→	↓		68
... Ihr Ausbilder Ihre Leistung lobt, wenn Sie Ihre Arbeit im Projekt besonders gut erledigen ?	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	↑	→	↓		69
... Sie mehr entscheiden dürfen, wenn Sie Ihre Arbeit im Projekt besonders gut erledigen.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	↑	→	↓		70
... Sie im Projekt die Gelegenheit erhalten, Ihr Können weiterzuentwickeln, wenn Sie Ihre Arbeit besonders gut erledigen.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	↑	→	↓		71

### Wie erleben Sie sich selbst im Projekt?

Bitte markieren Sie zunächst in Spalte 0 – 3 ein Kästchen, das Ihre Meinung am besten wiedergibt.

Markieren Sie dann in den Spalten ↑, →, ↓ ein Kästchen, das die von Ihnen wahrgenommene Änderung während der Projektdurchführung wiedergibt.

	0	1	2	3	↑	→	↓	#
	stimme überhaupt nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme voll zu	Verbesserung	keine Änderung	Verschlechterung	
<b>Fachliches Selbstvertrauen</b>								
Ich habe Vertrauen in meine Fähigkeiten, das Projekt gut zu bewältigen.	0	1	2	3	↑	→	↓	72
Einige der Aufgaben, die das Projekt mit sich bringt, beherrsche ich nicht so gut.	0	1	2	3	↑	→	↓	73
Ich verfüge über all die Fähigkeiten und Fertigkeiten, die ich benötige, um das Projekt gut zu bewältigen.	0	1	2	3	↑	→	↓	74
<b>Soziales Selbstvertrauen</b>								
Ich komme gut mit Situationen klar, die eine intensive Zusammenarbeit mit Kollegen erfordern.	0	1	2	3	↑	→	↓	75
Ich bin fit dann, mit Kollegen zusammenzuarbeiten.	0	1	2	3	↑	→	↓	76
Teamarbeit liegt mir nicht.	0	1	2	3	↑	→	↓	77

### Wie wichtig sind Ihnen die folgenden Aspekte bei der Arbeit im Projekt?

Bitte markieren Sie zunächst in Spalte 0 – 3 ein Kästchen, das Ihre Meinung am besten wiedergibt.

Markieren Sie dann in den Spalten ↑, →, ↓ ein Kästchen, das die von Ihnen wahrgenommene Änderung während der Projektdurchführung wiedergibt.

Einstellungen	0	1	2	3	↑	→	↓	n
	sehr unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	sehr wichtig	Verbesserung	keine Änderung	Verschlechterung	
Arbeitsaufgaben im Projekt zu erfüllen, bei denen man geistig herausgefordert wird.	0	1	2	3	↑	→	↓	78
Aufgaben im Projekt zu erfüllen, bei denen man viel nachdenken und überlegen muss.	0	1	2	3	↑	→	↓	79
Aufgaben im Projekt zu erfüllen, bei denen komplizierte Zusammenhänge zu klären sind.	0	1	2	3	↑	→	↓	80
Leistungen im Projekt erbringen zu können, denen man ansieht, ob man gut gearbeitet hat.	0	1	2	3	↑	→	↓	81
Die Ergebnisse der eigenen Anstrengungen im Projekt sehen können.	0	1	2	3	↑	→	↓	82
Mit Arbeitskollegen im Projekt zusammenzuarbeiten.	0	1	2	3	↑	→	↓	83
Arbeitskollegen im Projekt zu helfen.	0	1	2	3	↑	→	↓	84
Von Arbeitskollegen im Projekt Hilfe zu erhalten.	0	1	2	3	↑	→	↓	85
Auf Arbeitskollegen im Projekt Rücksicht zu nehmen.	0	1	2	3	↑	→	↓	86



## 14.6 Ausbildergesprächsleitfaden

### Gesprächsleitfaden<sup>1</sup> zur Führung eines Beurteilungs- und Förderungsgesprächs bezogen auf die berufsfeldübergreifende Projektarbeit im Berufsbildungszentrum der Goldschmidt AG Essen

Der im folgenden dargestellte Gesprächsleitfaden, bietet dem Ausbilder ein Instrumentarium zur gewichteten Erfassung der Anforderungen an den Auszubildenden innerhalb der Projektarbeit sowie zur strukturierten und objektiven Feedbackgebung zu den individuellen Leistungen des Auszubildenden. Durch den sich anschließenden Vergleich zwischen Anforderungen und Leistungen lassen sich Fördermaßnahmen zur individuellen Begleitung des Auszubildenden entwickeln.

Vorgehensweise:

- Betrachtet werden die Bereiche fachliche Kenntnisse und Fertigkeiten, methodische Fähigkeiten, soziale Fähigkeiten und persönliche Arbeitshaltung.
- Zu jedem Punkt besteht seitens des Ausbilders die Möglichkeit, eine Gewichtung der Fähigkeiten aus betrieblicher Sicht vorzunehmen (Spalte 1)
- Durch die Nennung typischer Verhaltensbeispiele in Spalte 3, soll die Bewertung der in Spalte 2 genannten Fertigkeiten objektiviert werden. Durch arbeitsplatzspezifische Erweiterung der Verhaltensbeispiele, kann der Gesprächsleitfaden auch auf individuelle betrieblichen Gegebenheiten maßgeschneidert werden.
- Die Bewertung der Leistungen des Auszubildenden ergibt sich nach dem Schulnotenprinzip (vgl. Notenschlüssel Seite 6).
- Zur unkomplizierten und schnellen Auswertung der Daten – insbesondere zum Vergleich des definierten Qualifikationsprofils und des Leistungsprofils – steht eine passende Excel-Datei zur Verfügung.

1) Modifiziert nach Markus Werthebach, GMA, Lünen

Fachliche Kenntnisse und Fertigkeiten											
Gewichtung der Kenntnis/Fertigkeit				Benennung der Fertigkeit	Typische Verhaltensbeispiele	Leistung des Auszubildenden (Schulnoten)					
sehr unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	sehr wichtig			sehr gut	gut	befriedigend	ausreichend	mangelhaft	ungenügend
1	2	3	4	<b>Materialkenntnisse (1)</b>	z.B.: Wissen um die Beschaffenheit und Bearbeitung von Stoffen (Kunststoffe, Metalle, Hölzer,...)	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	<b>Wissen um Arbeitsvorgänge und Arbeitsabläufe (2)</b>	z.B.: Zweckmäßiges Vorgehen bei der Abstimmung mit vor- oder nachgelagerten Bereichen	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	<b>EDV-Kenntnisse (3)</b>	z.B.: Fertigkeiten beim Umgang mit Standardanwendungen oder berufsspezifischer Hard- und Software	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	<b>Handwerkliches Geschick und Schnelligkeit (4)</b>	z.B.: Praktische Fertigkeiten bei der Bedienung von Werkzeugen und Maschinen	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	<b>Arbeitsergebnis (5)</b>	z.B.: Qualität des hergestellten Produktes und der Arbeitsgeschwindigkeit (Terminreue)	1	2	3	4	5	6
Gewichtete Durchschnittsnote im Bereich Kenntnisse und Fertigkeiten											

Methodische Fähigkeiten											
Gewichtung der Kenntnis/Fertigkeit				Benennung der Fähigkeit	Typische Verhaltensbeispiele	Ausprägung beim Auszubildenden (Schulnoten)					
sehr unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	sehr wichtig			sehr gut	gut	befriedigend	ausreichend	mangelhaft	ungenügend
1	2	3	4	<b>Auffassungsgabe, Aufmerksamkeit, Merkfähigkeit (6)</b>	Arbeitsich schnell in neue Themengebiete ein; merkt sich Arbeitsaufträge, Störungsmuster, besondere Vorkommnisse; arbeitet sorgfältig und konzentriert über lange Zeiträume	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	<b>Übersicht bei komplexen Arbeiten (7)</b>	Systematisches, umsichtiges und zweckmäßiges Vorgehen; behält die Übersicht; begreift schnell sachliche Zusammenhänge	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	<b>Fähigkeit zur Fehlersuche und Fehlererkennung (8)</b>	Bemerkt Unregelmäßigkeiten; unterscheidet sicher Ursache und Wirkung; setzt richtige Prioritäten bei kritischen und unkritischen Fehlermeldungen	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	<b>Problemlösefähigkeit (9)</b>	Isoliert Probleme; beschafft fehlende Informationen; sucht systematisch nach Lösungsansätzen; wägt Vor- und Nachteile gefundener Lösungen gegeneinander ab	1	2	3	4	5	6
Gewichtete Durchschnittsnote im Bereich methodische Fertigkeiten											

Soziale Fähigkeiten											
Gewichtung der Kenntnis/Fertigkeit				Benennung der Fähigkeit	Typische Verhaltensbeispiele	Ausprägung beim Auszubildenden (Schulnoten)					
sehr unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	sehr wichtig			sehr gut	gut	befriedigend	ausreichend	mangelhaft	ungenügend
1	2	3	4	<b>Eigeninitiative (10)</b>	Geht offen und freundlich auf andere Mitarbeiter zu; bietet sich an Aufgaben zu übernehmen; meldet sich nach Eriedigung von Aufgaben und fragt nach neuen Aufgaben; sucht selbst nach Hilfe; erfragt selbst zusätzliche Informationen	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	<b>Kooperationsverhalten (11)</b>	Eriedigt gewissenhaft seinen Anteil an der Gruppenarbeit; unterstützt Kollegen bei der Arbeit; nimmt bei Bedarf Hilfe an; stimmt sich ab.; hält Absprachen und Regeln ein	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	<b>Kommunikationsfähigkeit (12)</b>	Hört aufmerksam zu; fragt nach, wenn etwas nicht verstanden wurde; informiert und holt selbst Informationen ein; liefert sachgemäße und verständliche Gesprächsbeiträge	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	<b>Konfliktfähigkeit (13)</b>	Bringt Streitpunkte offen und sachlich vor; respektiert Kollegen und deren Ansichten; ist offen für Kritik am eigenen Verhalten; ist kompromissbereit; sucht nach gemeinsamen Lösungen	1	2	3	4	5	6
Gewichtete Durchschnittsnote im Bereich soziale Fähigkeiten											

Persönliche Arbeitshaltung											
Gewichtung der Kenntnis/Fertigkeit				Benennung der Fähigkeit	Typische Verhaltensbeispiele	Ausprägung beim Auszubildenden (Schulnoten)					
sehr unwichtig	eher unwichtig	eher wichtig	sehr wichtig			sehr gut	gut	befriedigend	ausreichend	mangelhaft	ungenügend
1	2	3	4	<b>Arbeitsmotivation (14)</b>	Ist fleißig, gewissenhaft; erledigt seine Aufgaben vollständig und sorgfältig; zeigt Ausdauer, wenn eine Arbeit nicht auf Anhieb gelingt	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	<b>Kundenorientierung (15)</b>	Hat Verständnis für Kundenfragen und Kundensichtweise; ist respektvoll und hilfbereit gegenüber internen und externen Kunden	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	<b>Flexibilität (16)</b>	Passt das eigene Verhalten im Falle neuer Anforderungen oder Engpässe an (z.B. Werkzeug oder Materialverfügbarkeit); nutzt eine große Bandbreite an Verhaltensmöglichkeiten	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	<b>Sicherheitsbewusstsein (17)</b>	Hält Verfahrensanweisungen und Sicherheitsvorschriften ein; ist umsichtig gegenüber möglichen Gefahrenquellen	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	<b>Besonnenheit (18)</b>	Arbeitet auch unter schwierigen Arbeitsbedingungen sorgfältig	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	<b>Entscheidungs- und Handlungsbewusstsein (19)</b>	Wählt eine der Aufgabe angemessene Lösung aus, und setzt diese tatkräftig um	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	<b>Selbstkritik (20)</b>	Sagt, was noch nicht beherrscht wird; ist nicht überheblich; überschätzt sich nicht	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	<b>Sorgfalt und Sparsamkeit (21)</b>	Geht sorgfältig mit Werkzeugen und sparsam mit Arbeitsmaterialien um.	1	2	3	4	5	6
Gewichtete Durchschnittsnote im Bereich persönliche Arbeitshaltung											

Notenschlüssel	
Sehr gut (1)	Hervorragender Wissensstand (vertiefte Kenntnisse, sicherer Umgang) und hervorragende Fertigkeiten (vielfältiges und souveränes Können).
	Der Mitarbeiter hat ein ausgeprägtes Verständnis für praktische Arbeitsanforderungen und besonnen als auch selbstkritisch hinsichtlich der Brauchbarkeit verschiedener Herangehensweisen.
	Der Mitarbeiter kann komplexe und für ihn neuartige Problemstellungen angemessen strukturieren (z.B. nach Ursachen und Wirkungen), selbständig Lösungsalternativen entwickeln, bewerten und auswählen.
	Vollkommen selbständiger Arbeitseinsatz ist möglich, wenn rechtlich zulässig.
Gut (2)	Detaillierter Wissensstand und ausgeprägte Fertigkeiten (sicheres Können).
	Der Mitarbeiter hat ein ausgeprägtes Verständnis für praktische Arbeitsanforderungen und ist besonnen hinsichtlich der Brauchbarkeit verschiedener Herangehensweisen.
	Der Mitarbeiter kann Erfahrungen und Lösungsansätze auf neue Sachverhalte übertragen.
	Weitgehend selbständiger Arbeitseinsatz möglich.
Befriedigend (3)	Erweitertes Grundwissen und erweiterte Grundfertigkeiten.
	Der Mitarbeiter hat ein allgemeines Verständnis für praktische Arbeitsanforderungen und die Brauchbarkeit verschiedener Herangehensweisen.
	Der Mitarbeiter kann die ausgeführten Arbeitsschritte in der richtigen Reihenfolge benennen, beschreiben und begründen.
	Noch kein selbständiger Arbeitseinsatz möglich.
Ausreichend (4)	Grundwissen und Grundfertigkeiten.
	Der Mitarbeiter kann Arbeiten nach Unterweisungen ausführen und seinen Arbeitserfolg kontrollieren.
	Der Mitarbeiter kann die ausgeführten Arbeitsschritte in der richtigen Reihenfolge benennen und beschreiben.
	Ein selbständiger Arbeitseinsatz ist ausgeschlossen.
Mangelhaft (5)	Der Mitarbeiter hat Lücken im Grundwissen und Mängel bei den Grundfertigkeiten.
	Der Mitarbeiter kann nur begrenzt Arbeiten nach Unterweisungen ausführen und seinen Arbeitserfolg kontrollieren.
	Der Mitarbeiter kann die ausgeführten Arbeitsschritte nicht immer in der richtigen Reihenfolge benennen und beschreiben.
	Ein selbständiger Arbeitseinsatz ist ausgeschlossen.
Ungenügend (6)	Der Mitarbeiter hat kein nennenswertes Grundwissen und keine nennenswerten Grundfertigkeiten.
	Der Mitarbeiter kann keine Arbeiten nach Unterweisung ausführen und seinen Arbeitserfolg nicht kontrollieren.
	Der Mitarbeiter kann keine erforderlichen Arbeitsschritte benennen und beschreiben.
	Ein selbständiger Arbeitseinsatz ist ausgeschlossen.

## 14.7 Beurteilungs- und Förderungsbogen



### Beurteilungs- und Förderungsbogen für Auszubildende des Werkes Essen

Name: ..... Vorname: ..... Alter: .....

Ausbildungsberuf: ..... Beginn der Ausbildung: .....

Zwischenprüfung voraussichtlich am: ..... Ende der Ausbildung: .....

Ausbildungsjahr: ..... Ausbildungsabt./-betr./-lab.: .....

Ausbildungsort: ..... Ausbildung vom ..... bis .....

Ausfallzeit: ..... Tage Ausbildungsbeauftragte/-r: .....

Sicherheitsunterweisung am: .....

Ausbildbetriebl.

Auszubildende/r

Ausbildungsinhalte liegen für die Ausbildungsstation vor. Sie wurden vermittelt:  ja  nein

Was nicht? .....

.....

.....

.....

		(a)	(b)
<b>1. Ausbildungsziele</b>			
Erreichen der dem Ausbildungsabschnitt entsprechenden Ausbildungsziele	Kenntnisse (a) und Fertigkeiten (b) entsprechen in besonderem Maße den Anforderungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Kenntnisse (a) und Fertigkeiten (b) entsprechen den Anforderungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Kenntnisse (a) und Fertigkeiten (b) entsprechen nicht den Anforderungen, und die notwendigen Grundkenntnisse sind lückenhaft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>2. Zusammenarbeit</b>			
Fähigkeit und Bereitschaft zur Lösung gemeinsamer Aufgaben, Hilfsbereitschaft beim Lernen und Arbeiten, angemessene Umgangsformen	kontaktfähig und besonders aufgeschlossen, unterstützt von sich aus andere	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	ist aufgeschlossen, hilfsbereit und fähig zur Zusammenarbeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	muß zur Zusammenarbeit angehalten werden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2

<b>3. Sicherheitsverhalten am Arbeitsplatz</b>		beachtet gewissenhaft alle Sicherheitsvorschriften	<input type="checkbox"/>
Einhalten der Vorschriften zur Arbeitssicherheit und zum Umweltschutz	hält alle wesentlichen Vorschriften ein	<input type="checkbox"/>	
	muß wiederholt zum Beachten der Sicherheitsvorschriften angehalten werden	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
<b>4. Einsatzbereitschaft/Lernbereitschaft</b>		sucht und nutzt von sich aus Möglichkeiten zum Lernen und löst Aufgaben selbständig	<input type="checkbox"/>
Initiative, die berufstypischen Kenntnisse und Fertigkeiten zu erwerben und sie auf die Praxis anzuwenden	nutzt die erforderlichen Anstöße	<input type="checkbox"/>	
	benötigt häufig Anstöße von außen	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
<b>5. Verantwortung</b>		sehr verantwortungsbewußt in der Erledigung der gestellten Aufgaben	<input type="checkbox"/>
Bereitschaft, Vorschriften, Anweisungen und Termine einzuhalten, Fähigkeit und Wille zu verantwortlichem Handeln	übertragene Aufgaben werden meist verantwortungsbewußt durchgeführt, in der Regel werden Vorschriften, Anweisungen und Termine eingehalten	<input type="checkbox"/>	
	Vorschriften und Anweisungen werden zu wenig beachtet, es gibt Schwierigkeiten bei der Einhaltung von Terminen	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
<b>6. Umgang mit Arbeitsmitteln</b>		setzt Geräte und Materialien immer zweckmäßig ein und hält sie einsatzbereit	<input type="checkbox"/>
Sorgfältiges Umgehen mit Arbeitsmitteln und deren zweckmäßiger Einsatz	setzt Geräte und Materialien zweckmäßig ein	<input type="checkbox"/>	
	benutzt Geräte und Materialien teilweise unüberlegt	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	
<b>7. Lernhilfen und Förderempfehlungen</b>			
.....			
.....			
Ggf. Bemerkung des/der Auszubildenden			
.....			
.....			
Dieser Bogen wird dem Auszubildenden nach beendeter Ausbildung und Zeugnisvergabe auf Wunsch ausgehändigt und andernfalls nach 6 Monaten vernichtet.			
Gesprächsdatum: .....			
.....	.....	.....	.....
Betreiber	Auszubildende/r	Ausbildungsleitung	

## 14.8 Daten Auszubildendenfragebogen

### 14.8.1 Ausbildungsmodul 1

Frage	TN1	TN2	TN3	TN4	TN5	TN6	n	x	s	min	max
01	02	02	03	03	02	02	6	<b>2,33</b>	<b>0,47</b>	0,00	3,00
02	01	01	03	02	01	01	6	<b>1,50</b>	<b>0,76</b>	0,00	3,00
03	02	01	02	03	03	02	6	<b>2,17</b>	<b>0,69</b>	0,00	3,00
04	02	02	03	02	03	02	6	<b>2,33</b>	<b>0,47</b>	0,00	3,00
05	02	02	02	03	03	03	6	<b>2,50</b>	<b>0,50</b>	0,00	3,00
06	01	02	03	02	03	03	6	<b>2,33</b>	<b>0,75</b>	0,00	3,00
07	02	01	03	03	03	02	6	<b>2,33</b>	<b>0,75</b>	0,00	3,00
08	02	01	03	02	03	03	6	<b>2,33</b>	<b>0,75</b>	0,00	3,00
09	03	02	02	01	03	03	6	<b>2,33</b>	<b>0,75</b>	0,00	3,00
10	03	02	03	02	02	02	6	<b>2,33</b>	<b>0,47</b>	0,00	3,00
11	03	01	02	00	01	01	6	<b>1,33</b>	<b>0,94</b>	0,00	3,00
12	02	01	03	01	01	01	6	<b>1,50</b>	<b>0,76</b>	0,00	3,00
13	02	01	03	02	01	01	6	<b>1,67</b>	<b>0,75</b>	0,00	3,00
14	02	00	02	01	01	01	6	<b>1,17</b>	<b>0,69</b>	0,00	3,00
15	01	01	02	02	03	02	6	<b>1,83</b>	<b>0,69</b>	0,00	3,00
16	02	01	02	02	02	02	6	<b>1,83</b>	<b>0,37</b>	0,00	3,00
17	01	00	03	02	02	02	6	<b>1,67</b>	<b>0,94</b>	0,00	3,00
18	03	03	03	03	03	03	6	<b>3,00</b>	<b>0,00</b>	0,00	3,00
19	02	01	03	02	03	03	6	<b>2,33</b>	<b>0,75</b>	0,00	3,00
20	02	02	03	03	03	03	6	<b>2,67</b>	<b>0,47</b>	0,00	3,00
21	02	01	03	02	02	02	6	<b>2,00</b>	<b>0,58</b>	0,00	3,00
22	02	02	03	01	01	01	6	<b>1,67</b>	<b>0,75</b>	0,00	3,00
23	01	01	02	01	01	01	6	<b>1,17</b>	<b>0,37</b>	0,00	3,00
24	01	03	00	02	01	01	6	<b>1,33</b>	<b>0,94</b>	0,00	3,00
25	02	03	02	01	03	03	6	<b>2,33</b>	<b>0,75</b>	0,00	3,00
26	03	01	03	01	01	01	6	<b>1,67</b>	<b>0,94</b>	0,00	3,00
27	02	01	03	02	01	01	6	<b>1,67</b>	<b>0,75</b>	0,00	3,00
28	03	01	03	01	01	01	6	<b>1,67</b>	<b>0,94</b>	0,00	3,00
29	03	01	02	03	03	03	6	<b>2,50</b>	<b>0,76</b>	0,00	3,00
30	02	02	03	02	00	00	6	<b>1,50</b>	<b>1,12</b>	0,00	3,00
31	03	01	03	02	01	01	6	<b>1,83</b>	<b>0,90</b>	0,00	3,00
32	01	03	00	01	01	01	6	<b>1,17</b>	<b>0,90</b>	0,00	3,00
33	03	03	02	01	03	03	6	<b>2,50</b>	<b>0,76</b>	0,00	3,00
34	01	02	03	01	01	01	6	<b>1,50</b>	<b>0,76</b>	0,00	3,00
35	02	02	02	02	02	02	6	<b>2,00</b>	<b>0,00</b>	0,00	3,00
36	01	01	00	01	01	01	6	<b>0,83</b>	<b>0,37</b>	0,00	3,00
37	02	01	03	02	01	01	6	<b>1,67</b>	<b>0,75</b>	0,00	3,00
38	02	02	03	02	02	02	6	<b>2,17</b>	<b>0,37</b>	0,00	3,00
39	01	01	01	00	02	02	6	<b>1,17</b>	<b>0,69</b>	0,00	3,00
40	03	03	02	01	03	03	6	<b>2,50</b>	<b>0,76</b>	0,00	3,00
41	02	03	02	02	02	02	6	<b>2,17</b>	<b>0,37</b>	0,00	3,00
42	02	02	02	01	01	02	6	<b>1,67</b>	<b>0,47</b>	0,00	3,00



Frage	TN1	TN2	TN3	TN4	TN5	TN6	n	x	s	min	max
43	01	02	02	02	02	02	6	1,83	0,37	0,00	3,00
44	01	01	00	01	01	02	6	1,00	0,58	0,00	3,00
45	02	01	02	01	01	01	6	1,33	0,47	0,00	3,00
46	02	03	03	02	02	02	6	2,33	0,47	0,00	3,00
47	01	01	00	00	01	01	6	0,67	0,47	0,00	3,00
48	02	02	01	01	01	01	6	1,33	0,47	0,00	3,00
49	02	02	03	02	03	03	6	2,50	0,50	0,00	3,00
50	02	01	03	01	02	02	6	1,83	0,69	0,00	3,00
51	02	01	03	02	02	02	6	2,00	0,58	0,00	3,00
52	02	01	02	02	01	02	6	1,67	0,47	0,00	3,00
53	04	03	05	05	04	03	6	4,00	0,82	1,00	7,00
54	03	04	03	03	05	04	6	3,67	0,75	1,00	7,00
55	03	05	06	06	04	04	6	4,67	1,11	1,00	7,00
56	04	01	05	06	02	03	6	3,50	1,71	1,00	7,00
57	04	02	06	05	06	05	6	4,67	1,37	1,00	7,00
58	04	04	02	03	02	01	6	2,67	1,11	1,00	7,00
59	02	01	03	02	03	03	6	2,33	0,75	0,00	3,00
60	01	01	03	01	02	02	6	1,67	0,75	0,00	3,00
61	02	01	02	02	01	02	6	1,67	0,47	0,00	3,00
62	02	01	02	01	02	02	6	1,67	0,47	0,00	3,00
63	02	02	03	02	01	01	6	1,83	0,69	0,00	3,00
64	02	01	02	03	03	03	6	2,33	0,75	0,00	3,00
65	05	07	09	09	08	08	6	7,67	1,37	0,00	10,00
66	05	03	07	09	08	07	6	6,50	1,98	0,00	10,00
67	05	04	08	07	08	08	6	6,67	1,60	0,00	10,00
68	04	04	07	06	08	07	6	6,00	1,53	0,00	10,00
69	05	02	06	07	04	03	6	4,50	1,71	0,00	10,00
70	04	05	04	06	02	03	6	4,00	1,29	0,00	10,00
71	05	07	09	05	03	04	6	5,50	1,98	0,00	10,00
72	02	02	03	02	03	03	6	2,50	0,50	0,00	3,00
72	02	01	02	03	03	03	6	2,33	0,75	0,00	3,00
74	02	02	02	00	01	01	6	1,33	0,75	0,00	3,00
75	02	03	03	01	03	03	6	2,50	0,76	0,00	3,00
76	02	03	03	02	03	02	6	2,50	0,50	0,00	3,00
77	01	01	00	01	00	00	6	0,50	0,50	0,00	3,00
78	02	02	02	02	02	02	6	2,00	0,00	0,00	3,00
79	02	02	03	02	02	02	6	2,17	0,37	0,00	3,00
80	02	02	02	02	02	02	6	2,00	0,00	0,00	3,00
81	02	02	02	02	03	03	6	2,33	0,47	0,00	3,00
82	02	02	03	02	03	03	6	2,50	0,50	0,00	3,00
83	02	03	02	02	03	03	6	2,50	0,50	0,00	3,00
84	02	03	03	02	03	03	6	2,67	0,47	0,00	3,00
85	02	03	03	02	03	03	6	2,67	0,47	0,00	3,00
86	02	03	02	02	02	02	6	2,17	0,37	0,00	3,00

## 14.8.2 Ausbildungsmodul 2

Frage	TN1	TN2	TN3	TN4	TN5	TN6	n	x	s	min	max
01	03	03	02	03	03		5	2,80	0,40	0,00	3,00
02	03	02	02	02	03		5	2,40	0,49	0,00	3,00
03	02	02	02	02	02		5	2,00	0,00	0,00	3,00
04	03	03	03	02	02		5	2,60	0,49	0,00	3,00
05	03	03	03	03	03		5	3,00	0,00	0,00	3,00
06	02	02	03	02	03		5	2,40	0,49	0,00	3,00
07	03	01	02	03	02		5	2,20	0,75	0,00	3,00
08	02	02	02	02	02		5	2,00	0,00	0,00	3,00
09	03	02	02	02	02		5	2,20	0,40	0,00	3,00
10	03	02	02	03	03		5	2,60	0,49	0,00	3,00
11	02	02	02	03	03		5	2,40	0,49	0,00	3,00
12	02	03	02	02	02		5	2,20	0,40	0,00	3,00
13	02	03	02	03	02		5	2,40	0,49	0,00	3,00
14	02	02	02	02	02		5	2,00	0,00	0,00	3,00
15	02	02	02	02	01		5	1,80	0,40	0,00	3,00
16	01	01	01	01	01		5	1,00	0,00	0,00	3,00
17	02	01	02	02	02		5	1,80	0,40	0,00	3,00
18	03	03	03	02	03		5	2,80	0,40	0,00	3,00
19	03	03	02	02	02		5	2,40	0,49	0,00	3,00
20	03	03	02	02	02		5	2,40	0,49	0,00	3,00
21	03	02	03	02	02		5	2,40	0,49	0,00	3,00
22	02	02	02	02	02		5	2,00	0,00	0,00	3,00
23	01	01	01	01	01		5	1,00	0,00	0,00	3,00
24	00	01	01	01	01		5	0,80	0,40	0,00	3,00
25	02	02	02	02	03		5	2,20	0,40	0,00	3,00
26	02	02	01	02	02		5	1,80	0,40	0,00	3,00
27	02	01	02	02	02		5	1,80	0,40	0,00	3,00
28	03	02	03	02	02		5	2,40	0,49	0,00	3,00
29	02	03	02	02	02		5	2,20	0,40	0,00	3,00
30	02	02	02	02	02		5	2,00	0,00	0,00	3,00
31	01	02	01	01	01		5	1,20	0,40	0,00	3,00
32	00	01	00	00	00		5	0,20	0,40	0,00	3,00
33	02	02	03	02	03		5	2,40	0,49	0,00	3,00
34	01	01	02	02	02		5	1,60	0,49	0,00	3,00
35	02	01	02	02	02		5	1,80	0,40	0,00	3,00
36	01	02	01	01	01		5	1,20	0,40	0,00	3,00
37	02	02	02	01	02		5	1,80	0,40	0,00	3,00
38	02	02	03	02	02		5	2,20	0,40	0,00	3,00
39	01	01	00	01	01		5	0,80	0,40	0,00	3,00
40	02	02	03	03	02		5	2,40	0,49	0,00	3,00
41	03	03	03	03	03		5	3,00	0,00	0,00	3,00
42	02	02	02	02	02		5	2,00	0,00	0,00	3,00
43	02	01	02	02	02		5	1,80	0,40	0,00	3,00
44	01	02	01	01	01		5	1,20	0,40	0,00	3,00
45	02	01	02	02	01		5	1,60	0,49	0,00	3,00

Frage	TN1	TN2	TN3	TN4	TN5	TN6	n	x	s	min	max
46	02	02	03	02	02		5	<b>2,20</b>	<b>0,40</b>	0,00	3,00
47	00	01	00	00	00		5	<b>0,20</b>	<b>0,40</b>	0,00	3,00
48	02	02	03	03	02		5	<b>2,40</b>	<b>0,49</b>	0,00	3,00
49	03	02	02	03	03		5	<b>2,60</b>	<b>0,49</b>	0,00	3,00
50	02	02	02	02	02		5	<b>2,00</b>	<b>0,00</b>	0,00	3,00
51	02	02	03	02	02		5	<b>2,20</b>	<b>0,40</b>	0,00	3,00
52	02	02	02	02	02		5	<b>2,00</b>	<b>0,00</b>	0,00	3,00
53	05	05	05	05	06		5	<b>5,20</b>	<b>0,40</b>	1,00	7,00
54	02	05	02	03	02		5	<b>2,80</b>	<b>1,17</b>	1,00	7,00
55	05	06	06	06	06		5	<b>5,80</b>	<b>0,40</b>	1,00	7,00
56	03	02	02	02	02		5	<b>2,20</b>	<b>0,40</b>	1,00	7,00
57	06	05	06	05	05		5	<b>5,40</b>	<b>0,49</b>	1,00	7,00
58	02	02	02	02	02		5	<b>2,00</b>	<b>0,00</b>	1,00	7,00
59	02	01	02	02	03		5	<b>2,00</b>	<b>0,63</b>	0,00	3,00
60	02	02	02	02	02		5	<b>2,00</b>	<b>0,00</b>	0,00	3,00
61	03	02	02	02	03		5	<b>2,40</b>	<b>0,49</b>	0,00	3,00
62	03	02	03	03	03		5	<b>2,80</b>	<b>0,40</b>	0,00	3,00
63	02	01	02	02	02		5	<b>1,80</b>	<b>0,40</b>	0,00	3,00
64	02	01	02	02	02		5	<b>1,80</b>	<b>0,40</b>	0,00	3,00
65	08	09	09	08	08		5	<b>8,40</b>	<b>0,49</b>	0,00	10,00
66	09	09	08	08	01		5	<b>7,00</b>	<b>3,03</b>	0,00	10,00
67	08	09	08	08	07		5	<b>8,00</b>	<b>0,63</b>	0,00	10,00
68	08	09	08	08	07		5	<b>8,00</b>	<b>0,63</b>	0,00	10,00
69	05	02	06	05	05		5	<b>4,60</b>	<b>1,36</b>	0,00	10,00
70	07	07	07	06	07		5	<b>6,80</b>	<b>0,40</b>	0,00	10,00
71	07	03	07	06	07		5	<b>6,00</b>	<b>1,55</b>	0,00	10,00
72	02	02	02	02	02		5	<b>2,00</b>	<b>0,00</b>	0,00	3,00
72	01	02	01	01	01		5	<b>1,20</b>	<b>0,40</b>	0,00	3,00
74	03	01	02	02	02		5	<b>2,00</b>	<b>0,63</b>	0,00	3,00
75	03	02	03	03	02		5	<b>2,60</b>	<b>0,49</b>	0,00	3,00
76	03	02	03	03	02		5	<b>2,60</b>	<b>0,49</b>	0,00	3,00
77	00	00	01	00	00		5	<b>0,20</b>	<b>0,40</b>	0,00	3,00
78	02	02	02	02	02		5	<b>2,00</b>	<b>0,00</b>	0,00	3,00
79	02	02	02	02	02		5	<b>2,00</b>	<b>0,00</b>	0,00	3,00
80	02	02	02	02	02		5	<b>2,00</b>	<b>0,00</b>	0,00	3,00
81	03	02	02	02	02		5	<b>2,20</b>	<b>0,40</b>	0,00	3,00
82	03	02	03	02	02		5	<b>2,40</b>	<b>0,49</b>	0,00	3,00
83	02	03	02	02	02		5	<b>2,20</b>	<b>0,40</b>	0,00	3,00
84	02	02	02	01	02		5	<b>1,80</b>	<b>0,40</b>	0,00	3,00
85	02	02	02	01	02		5	<b>1,80</b>	<b>0,40</b>	0,00	3,00
86	02	02	02	02	02		5	<b>2,00</b>	<b>0,00</b>	0,00	3,00

## 14.8.3 Ausbildungsmodul 3

Frage	TN1	TN2	TN3	TN4	TN5	TN6	n	x	s	min	max
01	02	02	02	02	02	02	6	<b>2,00</b>	<b>0,00</b>	0,00	3,00
02	02	02	01	01	02	01	6	<b>1,50</b>	<b>0,50</b>	0,00	3,00
03	01	02	00	01	02	01	6	<b>1,17</b>	<b>0,69</b>	0,00	3,00
04	02	03	03	02	03	02	6	<b>2,50</b>	<b>0,50</b>	0,00	3,00
05	03	03	03	03	02	03	6	<b>2,83</b>	<b>0,37</b>	0,00	3,00
06	01	03	02	02	03	03	6	<b>2,33</b>	<b>0,75</b>	0,00	3,00
07	02	03	01	03	03	02	6	<b>2,33</b>	<b>0,75</b>	0,00	3,00
08	01	03	01	02	03	02	6	<b>2,00</b>	<b>0,82</b>	0,00	3,00
09	03	03	00	03	02	02	6	<b>2,17</b>	<b>1,07</b>	0,00	3,00
10	03	03	02	02	03	03	6	<b>2,67</b>	<b>0,47</b>	0,00	3,00
11	03	03	01	02	03	03	6	<b>2,50</b>	<b>0,76</b>	0,00	3,00
12	00	03	03	01	01	02	6	<b>1,67</b>	<b>1,11</b>	0,00	3,00
13	00	03	02	01	01	01	6	<b>1,33</b>	<b>0,94</b>	0,00	3,00
14	00	03	00	02	01	01	6	<b>1,17</b>	<b>1,07</b>	0,00	3,00
15	02	03	03	01	02	02	6	<b>2,17</b>	<b>0,69</b>	0,00	3,00
16	03	03	02	01	02	02	6	<b>2,17</b>	<b>0,69</b>	0,00	3,00
17	01	03	00	02	02	02	6	<b>1,67</b>	<b>0,94</b>	0,00	3,00
18	03	03	02	03	03	03	6	<b>2,83</b>	<b>0,37</b>	0,00	3,00
19	03	03	02	03	02	02	6	<b>2,50</b>	<b>0,50</b>	0,00	3,00
20	03	03	03	02	02	03	6	<b>2,67</b>	<b>0,47</b>	0,00	3,00
21	01	03	01	02	02	02	6	<b>1,83</b>	<b>0,69</b>	0,00	3,00
22	02	03	02	02	03	03	6	<b>2,50</b>	<b>0,50</b>	0,00	3,00
23	01	03	00	00	00	01	6	<b>0,83</b>	<b>1,07</b>	0,00	3,00
24	01	01	01	01	01	01	6	<b>1,00</b>	<b>0,00</b>	0,00	3,00
25	01	03	03	02	03	02	6	<b>2,33</b>	<b>0,75</b>	0,00	3,00
26	02	03	02	02	02	02	6	<b>2,17</b>	<b>0,37</b>	0,00	3,00
27	02	02	02	02	01	02	6	<b>1,83</b>	<b>0,37</b>	0,00	3,00
28	03	03	01	03	02	03	6	<b>2,50</b>	<b>0,76</b>	0,00	3,00
29	03	03	02	02	01	03	6	<b>2,33</b>	<b>0,75</b>	0,00	3,00
30	01	03	02	02	02	02	6	<b>2,00</b>	<b>0,58</b>	0,00	3,00
31	02	03	02	02	01	02	6	<b>2,00</b>	<b>0,58</b>	0,00	3,00
32	00	00	00	00	00	01	6	<b>0,17</b>	<b>0,37</b>	0,00	3,00
33	03	03	02	03	03	02	6	<b>2,67</b>	<b>0,47</b>	0,00	3,00
34	02	01	03	02	01	01	6	<b>1,67</b>	<b>0,75</b>	0,00	3,00
35	02	02	02	02	02	02	6	<b>2,00</b>	<b>0,00</b>	0,00	3,00
36	00	00	02	00	00	00	6	<b>0,33</b>	<b>0,75</b>	0,00	3,00
37	01	03	01	01	01	01	6	<b>1,33</b>	<b>0,75</b>	0,00	3,00
38	02	03	03	02	03	02	6	<b>2,50</b>	<b>0,50</b>	0,00	3,00
39	02	01	02	01	01	01	6	<b>1,33</b>	<b>0,47</b>	0,00	3,00
40	02	02	03	03	03	02	6	<b>2,50</b>	<b>0,50</b>	0,00	3,00
41	03	01	02	02	03	03	6	<b>2,33</b>	<b>0,75</b>	0,00	3,00
42	02	01	02	02	02	03	6	<b>2,00</b>	<b>0,58</b>	0,00	3,00
43	01	02	03	01	02	03	6	<b>2,00</b>	<b>0,82</b>	0,00	3,00
44	03	01	02	00	00	00	6	<b>1,00</b>	<b>1,15</b>	0,00	3,00
45	01	03	00	02	01	01	6	<b>1,33</b>	<b>0,94</b>	0,00	3,00

Frage	TN1	TN2	TN3	TN4	TN5	TN6	n	x	s	min	max
46	03	01	03	01	02	02	6	<b>2,00</b>	<b>0,82</b>	0,00	3,00
47	01	00	01	01	01	01	6	<b>0,83</b>	<b>0,37</b>	0,00	3,00
48	02	02	02	02	03	02	6	<b>2,17</b>	<b>0,37</b>	0,00	3,00
49	02	02	03	02	02	02	6	<b>2,17</b>	<b>0,37</b>	0,00	3,00
50	02	01	02	02	01	02	6	<b>1,67</b>	<b>0,47</b>	0,00	3,00
51	01	01	01	01	02	02	6	<b>1,33</b>	<b>0,47</b>	0,00	3,00
52	01	02	00	02	01	02	6	<b>1,33</b>	<b>0,75</b>	0,00	3,00
53	04	05	04	04	05	03	6	<b>4,17</b>	<b>0,69</b>	1,00	7,00
54	04	02	03	04	04	04	6	<b>3,50</b>	<b>0,76</b>	1,00	7,00
55	05	07	05	03	04	04	6	<b>4,67</b>	<b>1,25</b>	1,00	7,00
56	03	02	02	05	02	04	6	<b>3,00</b>	<b>1,15</b>	1,00	7,00
57	06	07	06	04	06	04	6	<b>5,50</b>	<b>1,12</b>	1,00	7,00
58	05	01	02	02	02	04	6	<b>2,67</b>	<b>1,37</b>	1,00	7,00
59	01	03	02	02	02	02	6	<b>2,00</b>	<b>0,58</b>	0,00	3,00
60	01	03	01	03	01	03	6	<b>2,00</b>	<b>1,00</b>	0,00	3,00
61	03	02	02	02	03	02	6	<b>2,33</b>	<b>0,47</b>	0,00	3,00
62	01	03	00	01	02	01	6	<b>1,33</b>	<b>0,94</b>	0,00	3,00
63	01	03	01	02	03	02	6	<b>2,00</b>	<b>0,82</b>	0,00	3,00
64	01	03	00	02	02	02	6	<b>1,67</b>	<b>0,94</b>	0,00	3,00
65	09	10	08	05	06	10	6	<b>8,00</b>	<b>1,91</b>	0,00	10,00
66	09	07	10	07	08	10	6	<b>8,50</b>	<b>1,26</b>	0,00	10,00
67	09	10	04	07	08	10	6	<b>8,00</b>	<b>2,08</b>	0,00	10,00
68	09	07	10	05	08	10	6	<b>8,17</b>	<b>1,77</b>	0,00	10,00
69	07	10	03	09	04	05	6	<b>6,33</b>	<b>2,56</b>	0,00	10,00
70	07	09	08	05	01	07	6	<b>6,17</b>	<b>2,61</b>	0,00	10,00
71	06	09	03	04	07	09	6	<b>6,33</b>	<b>2,29</b>	0,00	10,00
72	01	03	02	01	02	02	6	<b>1,83</b>	<b>0,69</b>	0,00	3,00
72	02	03	03	02	02	02	6	<b>2,33</b>	<b>0,47</b>	0,00	3,00
74	01	03	00	01	01	01	6	<b>1,17</b>	<b>0,90</b>	0,00	3,00
75	02	03	03	02	02	02	6	<b>2,33</b>	<b>0,47</b>	0,00	3,00
76	02	02	03	02	02	03	6	<b>2,33</b>	<b>0,47</b>	0,00	3,00
77	00	01	00	00	02	00	6	<b>0,50</b>	<b>0,76</b>	0,00	3,00
78	03	03	03	02	03	03	6	<b>2,83</b>	<b>0,37</b>	0,00	3,00
79	02	02	03	02	03	03	6	<b>2,50</b>	<b>0,50</b>	0,00	3,00
80	02	03	03	02	03	03	6	<b>2,67</b>	<b>0,47</b>	0,00	3,00
81	03	03	02	02	03	02	6	<b>2,50</b>	<b>0,50</b>	0,00	3,00
82	03	03	02	03	03	01	6	<b>2,50</b>	<b>0,76</b>	0,00	3,00
83	02	03	02	03	03	03	6	<b>2,67</b>	<b>0,47</b>	0,00	3,00
84	02	03	03	02	02	03	6	<b>2,50</b>	<b>0,50</b>	0,00	3,00
85	03	03	02	02	03	03	6	<b>2,67</b>	<b>0,47</b>	0,00	3,00
86	03	03	02	02	03	03	6	<b>2,67</b>	<b>0,47</b>	0,00	3,00

## 14.8.4 Datenverdichtung 1

Frage	Kat.	Modul 1			Modul 2			Modul 3			Mittel Gesamt		
		n 1	x 1	s 1	n 2	x 2	s 2	n 3	x 3	s 3	n ges	x ges	s ges
01	01	6,00	2,33	0,47	5,00	2,80	0,40	6,00	2,00	0,00	17,00	2,35	0,56
02	01	6,00	1,50	0,76	5,00	2,40	0,49	6,00	1,50	0,50	17,00	1,76	0,70
03	01	6,00	2,17	0,69	5,00	2,00	0,00	6,00	1,17	0,69	17,00	1,76	0,70
04	01	6,00	2,33	0,47	5,00	2,60	0,49	6,00	2,50	0,50	17,00	2,47	0,57
05	01	6,00	2,50	0,50	5,00	3,00	0,00	6,00	2,83	0,37	17,00	2,76	0,48
06	02	6,00	2,33	0,75	5,00	2,40	0,49	6,00	2,33	0,75	17,00	2,35	0,61
07	02	6,00	2,33	0,75	5,00	2,20	0,75	6,00	2,33	0,75	17,00	2,29	0,72
08	02	6,00	2,33	0,75	5,00	2,00	0,00	6,00	2,00	0,82	17,00	2,12	0,58
09	02	6,00	2,33	0,75	5,00	2,20	0,40	6,00	2,17	1,07	17,00	2,24	0,79
10	02	6,00	2,33	0,47	5,00	2,60	0,49	6,00	2,67	0,47	17,00	2,53	0,58
11	02	6,00	1,33	0,94	5,00	2,40	0,49	6,00	2,50	0,76	17,00	2,06	0,90
12	03	6,00	1,50	0,76	5,00	2,20	0,40	6,00	1,67	1,11	17,00	1,76	0,81
13	03	6,00	1,67	0,75	5,00	2,40	0,49	6,00	1,33	0,94	17,00	1,76	0,78
14	03	6,00	1,17	0,69	5,00	2,00	0,00	6,00	1,17	1,07	17,00	1,41	0,82
15	03	6,00	1,83	0,69	5,00	1,80	0,40	6,00	2,17	0,69	17,00	1,94	0,58
16	03	6,00	1,83	0,37	5,00	1,00	0,00	6,00	2,17	0,69	17,00	1,71	0,64
17	03	6,00	1,67	0,94	5,00	1,80	0,40	6,00	1,67	0,94	17,00	1,71	0,83
18	04	6,00	3,00	0,00	5,00	2,80	0,40	6,00	2,83	0,37	17,00	2,88	0,41
19	05	6,00	2,33	0,75	5,00	2,40	0,49	6,00	2,50	0,50	17,00	2,41	0,63
20	06	6,00	2,67	0,47	5,00	2,40	0,49	6,00	2,67	0,47	17,00	2,59	0,58
21	07	6,00	2,00	0,58	5,00	2,40	0,49	6,00	1,83	0,69	17,00	2,06	0,69
22	08	6,00	1,67	0,75	5,00	2,00	0,00	6,00	2,50	0,50	17,00	2,06	0,74
23	11	6,00	1,17	0,37	5,00	1,00	0,00	6,00	0,83	1,07	17,00	1,00	0,72
24	12	6,00	1,33	0,94	5,00	0,80	0,40	6,00	1,00	0,00	17,00	1,06	0,66
25	04	6,00	2,33	0,75	5,00	2,20	0,40	6,00	2,33	0,75	17,00	2,29	0,64
26	05	6,00	1,67	0,94	5,00	1,80	0,40	6,00	2,17	0,37	17,00	1,88	0,65
27	07	6,00	1,67	0,75	5,00	1,80	0,40	6,00	1,83	0,37	17,00	1,76	0,64
28	08	6,00	1,67	0,94	5,00	2,40	0,49	6,00	2,50	0,76	17,00	2,18	0,83
29	09	6,00	2,50	0,76	5,00	2,20	0,40	6,00	2,33	0,75	17,00	2,35	0,83
30	10	6,00	1,50	1,12	5,00	2,00	0,00	6,00	2,00	0,58	17,00	1,82	0,72
31	11	6,00	1,83	0,90	5,00	1,20	0,40	6,00	2,00	0,58	17,00	1,71	0,69
32	12	6,00	1,17	0,90	5,00	0,20	0,40	6,00	0,17	0,37	17,00	0,53	0,84
33	04	6,00	2,50	0,76	5,00	2,40	0,49	6,00	2,67	0,47	17,00	2,53	0,70
34	05	6,00	1,50	0,76	5,00	1,60	0,49	6,00	1,67	0,75	17,00	1,59	0,68
35	07	6,00	2,00	0,00	5,00	1,80	0,40	6,00	2,00	0,00	17,00	1,94	0,51
36	08	6,00	0,83	0,37	5,00	1,20	0,40	6,00	0,33	0,75	17,00	0,76	0,62
37	12	6,00	1,67	0,75	5,00	1,80	0,40	6,00	1,33	0,75	17,00	1,59	0,68
38	04	6,00	2,17	0,37	5,00	2,20	0,40	6,00	2,50	0,50	17,00	2,29	0,55
39	12	6,00	1,17	0,69	5,00	0,80	0,40	6,00	1,33	0,47	17,00	1,12	0,62
40	04	6,00	2,50	0,76	5,00	2,40	0,49	6,00	2,50	0,50	17,00	2,47	0,61
41	05	6,00	2,17	0,37	5,00	3,00	0,00	6,00	2,33	0,75	17,00	2,47	0,61
42	06	6,00	1,67	0,47	5,00	2,00	0,00	6,00	2,00	0,58	17,00	1,88	0,47

Frage	Kat.	Modul 1			Modul 2			Modul 3			Mittel Gesamt		
		n 1	x 1	s 1	n 2	x 2	s 2	n 3	x 3	s 3	n ges	x ges	s ges
43	07	6,00	1,83	0,37	5,00	1,80	0,40	6,00	2,00	0,82	17,00	1,88	0,67
44	08	6,00	1,00	0,58	5,00	1,20	0,40	6,00	1,00	1,15	17,00	1,06	0,76
45	09	6,00	1,33	0,47	5,00	1,60	0,49	6,00	1,33	0,94	17,00	1,41	0,70
46	06	6,00	2,33	0,47	5,00	2,20	0,40	6,00	2,00	0,82	17,00	2,18	0,68
47	12	6,00	0,67	0,47	5,00	0,20	0,40	6,00	0,83	0,37	17,00	0,59	0,59
48	04	6,00	1,33	0,47	5,00	2,40	0,49	6,00	2,17	0,37	17,00	1,94	0,64
49	05	6,00	2,50	0,50	5,00	2,60	0,49	6,00	2,17	0,37	17,00	2,41	0,49
50	06	6,00	1,83	0,69	5,00	2,00	0,00	6,00	1,67	0,47	17,00	1,82	0,51
51	07	6,00	2,00	0,58	5,00	2,20	0,40	6,00	1,33	0,47	17,00	1,82	0,62
52	08	6,00	1,67	0,47	5,00	2,00	0,00	6,00	1,33	0,75	17,00	1,65	0,67
53	17	6,00	4,00	0,82	5,00	5,20	0,40	6,00	4,17	0,69	17,00	4,41	0,78
54	17	6,00	3,67	0,75	5,00	2,80	1,17	6,00	3,50	0,76	17,00	3,35	0,97
55	17	6,00	4,67	1,11	5,00	5,80	0,40	6,00	4,67	1,25	17,00	5,00	1,14
56	17	6,00	3,50	1,71	5,00	2,20	0,40	6,00	3,00	1,15	17,00	2,94	1,35
57	18	6,00	4,67	1,37	5,00	5,40	0,49	6,00	5,50	1,12	17,00	5,18	1,15
58	18	6,00	2,67	1,11	5,00	2,00	0,00	6,00	2,67	1,37	17,00	2,47	1,03
59	19	6,00	2,33	0,75	5,00	2,00	0,63	6,00	2,00	0,58	17,00	2,12	0,71
60	19	6,00	1,67	0,75	5,00	2,00	0,00	6,00	2,00	1,00	17,00	1,88	0,71
61	19	6,00	1,67	0,47	5,00	2,40	0,49	6,00	2,33	0,47	17,00	2,12	0,64
62	19	6,00	1,67	0,47	5,00	2,80	0,40	6,00	1,33	0,94	17,00	1,88	0,87
63	19	6,00	1,83	0,69	5,00	1,80	0,40	6,00	2,00	0,82	17,00	1,88	0,68
64	19	6,00	2,33	0,75	5,00	1,80	0,40	6,00	1,67	0,94	17,00	1,94	2,06
65	13	6,00	7,67	1,37	5,00	8,40	0,49	6,00	8,00	1,91	17,00	8,00	1,46
66	13	6,00	6,50	1,98	5,00	7,00	3,03	6,00	8,50	1,26	17,00	7,35	2,32
67	13	6,00	6,67	1,60	5,00	8,00	0,63	6,00	8,00	2,08	17,00	7,53	1,72
68	13	6,00	6,00	1,53	5,00	8,00	0,63	6,00	8,17	1,77	17,00	7,35	1,70
69	14	6,00	4,50	1,71	5,00	4,60	1,36	6,00	6,33	2,56	17,00	5,18	2,19
70	14	6,00	4,00	1,29	5,00	6,80	0,40	6,00	6,17	2,61	17,00	5,59	2,24
71	14	6,00	5,50	1,98	5,00	6,00	1,55	6,00	6,33	2,29	17,00	5,94	2,06
72	20	6,00	2,50	0,50	5,00	2,00	0,00	6,00	1,83	0,69	17,00	2,12	0,58
73	20	6,00	2,33	0,75	5,00	1,20	0,40	6,00	2,33	0,47	17,00	2,00	0,80
74	20	6,00	1,33	0,75	5,00	2,00	0,63	6,00	1,17	0,90	17,00	1,47	0,85
75	21	6,00	2,50	0,76	5,00	2,60	0,49	6,00	2,33	0,47	17,00	2,47	0,61
76	21	6,00	2,50	0,50	5,00	2,60	0,49	6,00	2,33	0,47	17,00	2,47	0,75
77	21	6,00	0,50	0,50	5,00	0,20	0,40	6,00	0,50	0,76	17,00	0,41	0,84
78	15	6,00	2,00	0,00	5,00	2,00	0,00	6,00	2,83	0,37	17,00	2,29	0,46
79	15	6,00	2,17	0,37	5,00	2,00	0,00	6,00	2,50	0,50	17,00	2,24	0,42
80	15	6,00	2,00	0,00	5,00	2,00	0,00	6,00	2,67	0,47	17,00	2,24	0,38
81	15	6,00	2,33	0,47	5,00	2,20	0,40	6,00	2,50	0,50	17,00	2,35	0,57
82	15	6,00	2,50	0,50	5,00	2,40	0,49	6,00	2,50	0,76	17,00	2,47	0,49
83	16	6,00	2,50	0,50	5,00	2,20	0,40	6,00	2,67	0,47	17,00	2,47	0,50
84	16	6,00	2,67	0,47	5,00	1,80	0,40	6,00	2,50	0,50	17,00	2,35	0,59
85	16	6,00	2,67	0,47	5,00	1,80	0,40	6,00	2,67	0,47	17,00	2,41	0,60
86	16	6,00	2,17	0,37	5,00	2,00	0,00	6,00	2,67	0,47	17,00	2,29	0,43

### 14.8.5 Datenverdichtung 2 und Vergleichsdaten

Kat.	Modul 1		Modul 2		Modul 3		Gesamt		DEG MV1		DEG MV2		Skala	
	n 1	x 1	n 2	x 2	n 3	x 3	n ges	x ges	n M1	x M1	n M2	x M2	min	max
01	6	2,17	5	2,56	6	2,00	17	2,22	48	2,50	280	2,10	0,00	3,00
02	6	2,17	5	2,30	6	2,33	17	2,26	48	2,40	280	2,00	0,00	3,00
03	6	1,61	5	1,87	6	1,69	17	1,72	48	2,10	280	1,80	0,00	3,00
04	6	2,31	5	2,40	6	2,50	17	2,40	48	2,10	280	2,30	0,00	3,00
05	6	2,03	5	2,28	6	2,17	17	2,15	48	2,20	280	2,10	0,00	3,00
06	6	2,13	5	2,15	6	2,08	17	2,12	48	2,30	280	2,20	0,00	3,00
07	6	1,90	5	2,00	6	1,80	17	1,89	48	2,30	280	1,90	0,00	3,00
08	6	1,83	5	2,00	6	2,20	17	2,01	48	1,90	280	1,50	0,00	3,00
09	6	1,92	5	1,90	6	1,83	17	1,88	48	1,90	280	1,60	0,00	3,00
10	6	1,50	5	2,00	6	2,00	17	1,82	48	1,90	280	1,70	0,00	3,00
11	6	1,50	5	1,10	6	1,42	17	1,35	48	1,70	280	1,80	0,00	3,00
12	6	1,87	5	2,36	6	2,00	17	2,06	48	1,80	280	1,50	0,00	3,00
13	6	6,71	5	7,85	6	8,17	17	7,56	48	8,90	280	7,70	0,00	10,00
14	6	4,67	5	5,80	6	6,28	17	5,57	48	6,30	280	6,60	0,00	10,00
15	6	2,20	5	2,12	6	2,60	17	2,32	48	2,20	280	0,00	0,00	3,00
16	6	2,50	5	1,95	6	2,63	17	2,38	48	2,30	280	0,00	0,00	3,00
17	6	3,88	5	5,00	6	4,08	17	4,28	48	4,60	280	4,30	1,00	7,00
18	6	4,50	5	5,20	6	4,92	17	4,85	48	4,40	280	4,50	1,00	7,00
19	6	1,92	5	2,13	6	1,89	17	1,97	48	0,00	280	2,00	0,00	3,00
20	6	1,50	5	1,93	6	1,22	17	1,53	48	1,70	280	1,80	0,00	3,00
21	6	2,50	5	2,67	6	2,39	17	2,51	48	2,40	280	2,30	0,00	3,00



## 14.9 Daten Ausbildergesprächsleitfaden

### 14.9.1 Ausbildungsmodul 3 Messung 1

Item Nr.	TN1	TN1	TN2	TN2	TN3	TN3	TN4	TN4	TN5	TN5	TN6	TN6	ges	ges
	G	L	G	L	G	L	G	L	G	L	G	L	G	L
01	02	04	02	04	02	04	02	03	02	03	02	03	02	3,38
02	03	03	03	03	03	04	03	02	03	03	03	02	03	3,13
03	04	03	04	04	04	03	04	03	04	02	04	02	04	3,13
04	02	03	02	04	02	04	02	03	02	02	02	02	02	3,00
05	03	03	03	03	03	04	03	02	03	02	03	02	03	2,75
06	03	02	03	03	03	03	03	02	03	02	03	02	03	2,50
07	03	02	03	03	03	04	03	03	03	03	03	03	03	3,25
08	03	03	03	04	03	04	03	03	03	03	03	02	03	3,13
09	03	02	03	03	03	03	03	03	03	03	03	02	03	2,50
10	04	02	04	02	04	04	04	03	04	03	04	01	04	2,38
11	04	02	04	02	04	03	04	02	04	02	04	02	04	2,38
12	04	03	04	03	04	04	04	03	04	03	04	02	04	2,75
13	03	02	03	02	03	04	03	03	03	04	03	02	03	2,63
14	04	02	04	02	04	03	04	02	04	02	04	02	04	2,38
15	02	02	02	03	02	03	02	02	02	02	02	02	02	2,50
16	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	02	03	2,88
17	04	03	04	03	04	03	04	03	04	03	04	03	04	3,00
18	02	03	02	03	02	04	02	03	02	03	02	02	02	3,00
19	03	03	03	03	03	04	03	04	03	03	03	03	03	3,25
20	03	04	03	03	03	03	03	03	03	03	03	02	03	3,00
21	03	02	03	03	03	03	03	02	03	02	03	02	03	2,33

### 14.9.2 Ausbildungsmodul 3 Messung 2

Item Nr.	TN1	TN1	TN2	TN2	TN3	TN3	TN4	TN4	TN5	TN5	TN6	TN6	ges	ges
	G	L	G	L	G	L	G	L	G	L	G	L	G	L
01	02	03	02	03	02	04	02	03	02	03	02	03	02	2,88
02	03	02	03	02	03	04	03	02	03	03	03	02	03	2,63
03	04	01	04	03	04	03	04	02	04	02	04	02	04	2,13
04	02	02	02	02	02	04	02	02	02	02	02	02	02	2,25
05	03	02	03	02	03	04	03	02	03	02	03	02	03	2,25
06	03	01	03	02	03	04	03	02	03	02	03	02	03	2,13
07	03	01	03	02	03	04	03	02	03	03	03	02	03	2,50
08	03	02	03	03	03	04	03	02	03	03	03	01	03	2,38
09	03	02	03	02	03	04	03	02	03	02	03	02	03	2,25
10	04	02	04	02	04	04	04	02	04	03	04	01	04	2,25
11	04	02	04	02	04	04	04	02	04	02	04	02	04	2,50
12	04	02	04	03	04	04	04	03	04	03	04	02	04	2,88
13	03	02	03	03	03	04	03	03	03	04	03	03	03	2,88
14	04	01	04	02	04	04	04	02	04	03	04	02	04	2,25
15	02	01	02	02	02	04	02	02	02	02	02	01	02	2,25
16	03	02	03	03	03	04	03	03	03	03	03	02	03	2,63
17	04	02	04	02	04	02	04	02	04	02	04	02	04	2,25
18	02	02	02	03	02	04	02	03	02	03	02	02	02	2,63
19	03	02	03	02	03	04	03	03	03	03	03	02	03	2,67
20	03	02	03		03	04	03	03	03	03	03	02	03	2,57
21	03	02	03	02	03	04	03	02	03	02	03	02	03	2,33

## 15 Danksagungen

Die vorliegende Arbeit wurde in der Zeit von Januar 2000 bis Oktober 2003 am Institut für Didaktik der Chemie im Fachbereich Chemie der Universität Duisburg Essen angefertigt. Die Erstellung und Erprobung der praktischen Teile dieser Arbeit erfolgte im Berufsbildungszentrum der Goldschmidt AG, Essen.

Herrn Professor Dr. Helmut Lindemann möchte ich dafür danken, dass er mir die Möglichkeit gegeben hat, diese Arbeit zu verfassen und dass er die Entstehung stets mit Interesse verfolgt hat. Sein Engagement hat maßgeblich dazu beigetragen die Kontakte zwischen Hochschule und Industrie zu katalysieren, um so diese Arbeit überhaupt erst zu ermöglichen. Anregende mit ihm geführte Diskussionen, sowie seine wertvollen Hinweise während der Erstellung haben zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Danken möchte ich weiterhin den Vorständen der Goldschmidt AG sowie der Leitung der Abteilung Aus- und Weiterbildung des Unternehmens, für die hervorragenden Rahmenbedingungen während der Erstellung dieser Arbeit.

Ein besonderer Dank gilt auch den Ausbildern sowie allen Auszubildenden, die an der Erprobung der praktischen Teile dieser Arbeit sowie an deren Evaluation beteiligt waren.

Herrn Dipl. Kaufm., Dipl. Psych. Markus Werthebach möchte ich danken für die wertvollen Anregungen zur Adaption der Untersuchungsinstrumente sowie für die Bereitstellung der Vergleichsdaten aus den Modellversuchen.

Herrn Professor Dr. Alfred V. Hirner danke ich für die Übernahme des Koreferates.

Für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes danke ich Frau Priv.-Doz. Dr. Karin Stachelscheid.

## 16 Curriculum vitae

Personalien    Name :            Trachte

                  Vorname :        Thorsten

                  Geburtsdatum:    15. Mai 1973

                  Geburtsort:        Essen

1980-1983        Besuch der Gemeinschafts-Grundschule in  
Bochum-Wattenscheid

1983-1993        Besuch des städt. Gymnasiums Märkische  
Schule in Bochum-Wattenscheid

1993              Erwerb der Allgemeinen Hochschulreife

1993              Beginn des Lehramtstudiums mit den  
Fächern Chemie und Biologie für die  
Sekundarstufe I und II an der Universität  
Essen

1995-1998        Betreuung mehrerer Praktika in den Bereichen  
'Anorganische Chemie' und 'Physikalische  
Chemie' an der Universität Essen

- 
- |           |   |
|-----------|---|
| 1997-1998 | Mitarbeiter im Fachbereich Maschinenbau, Institut für Arbeitswissenschaft der Universität Essen.  |
| 1998      | Meldung und Zulassung zur Ersten Staatsprüfung für das Lehramt der Sekundarstufe I und II   |
| 1999      | Examensarbeit zum Thema: "Messdatenerfassung und Auswertung mit dem Personal Computer im Chemieunterricht"  |
| 1999      | Beendigung des Studiums mit dem Erwerb des Staatsexamens für die Lehrämter der Sekundarstufe I/II in den Fächern Chemie und Biologie  |
| 2000-2001 | Absolvierung eines zwei Jahre dauernden Praktikums bei der Goldschmidt AG Essen, Abteilung Aus- und Weiterbildung   |
| 2000      | Benennung zum Ausbildungsbeauftragten durch die Abteilung Aus- und Weiterbildung der Goldschmidt AG   |
| 2000-2003 | Dissertation am Institut für Didaktik der Chemie der Universität Essen bei Herrn Prof. Dr. Helmut Lindemann. Titel: Entwicklung und Erprobung optimierter Ausbildungskonzepte und Ausbildungsformen in der Berufsausbildung an Beispielen von Berufen in der chemischen Industrie |

- 
- |           |   |
|-----------|---|
| 2001      | Konzeption und Durchführung von Seminaren als freier Mitarbeiter und Dozent am Institut für Aus- und Fortbildung der Stadtverwaltung Duisburg |
| seit 2002 | Mitarbeiter der Goldschmidt AG, Essen in der Funktion als Weiterbildungsreferent  |