

Empirische Studie zum  
Einsatz von Problembasiertem Lernen (PBL)  
im interdisziplinären naturwissenschaftlichen  
Unterricht  
Kompetenzentwicklung bei Schülerinnen und Schülern  
und Akzeptanz bei Lehrerinnen und Lehrern

Von der Pädagogischen Hochschule Heidelberg  
zur Erlangung des Grades einer  
Doktorin der Philosophie (Dr. phil.)  
genehmigte Dissertation von

Verena Jannack  
aus  
Heidelberg

2017

Erstgutachterin: Prof. apl. Dr. Nicole Marmé

Zweitgutachter: Prof. Dr. Michael Schallies

Fach: Naturwissenschaften und ihre Didaktik

Tag der Mündlichen Prüfung: 13.06.2017

*„Wenn [...] du einfach nicht weiter willst,  
weil du dich nur noch fragst warum und wozu [...]  
Halt durch, schmeiß jetzt nicht alles hin! [...]  
Steh auf, wenn du am Boden bist! [...]  
Steh auf, es wird schon irgendwie weitergehn!  
[...] du brauchst hier keinem irgendeinen Beweis zu  
bringen, es sei denn es ist für dich selbst!“*

*[Die Toten Hosen, dt. Rock-Band  
Textauszug: „Steh auf, wenn du am Boden bist“]*

## Danksagungen

Mein ständiger Begleiter bei der Erstellung dieser Arbeit war das Lied „Steh auf, wenn du am Boden bist“ von den Toten Hosen. Diese motivierenden und relativierenden Worte haben mir oft geholfen, dran zu bleiben, wenn die Kraft nachzulassen schien und das Ziel in weite Ferne rückte. In diesen schwierigen, aber auch in den zielstrebigen Zeiten, haben mich einige Menschen begleitet und unterstützt, die dadurch erheblich zum Gelingen dieser Dissertation beigetragen haben. Heute, wenn sich mein Dasein als „Gehetzte zwischen zwei Welten“ [Zitat eines Kollegen] dem Ende zuneigt, möchte ich diesen Personen meinen Dank aussprechen.

Mein besonderer Dank gilt Frau Prof. apl. Dr. Nicole Marmé für die gute Betreuung, die vielfältigen Anregungen und vor allem die interessante Thematik, die mir einen neuen Blick auf den naturwissenschaftlichen Unterricht ermöglichte.

Ebenso möchte ich Herrn Prof. Dr. Michael Schallies für die Begleitung, die konstruktiven Gespräche und sein persönliches Engagement danken.

Danke an alle Mitglieder des Arbeitskreises *didaktik-aktuell* für die gemeinsame Arbeit bei der Entwicklung der *Lucycity*-Projekte, die vielseitige Unterstützung und die guten Dialoge. Für die Verteilung der Fragebögen und den besonderen Einsatz, diese auch wieder einzusammeln, danke ich Annette, Jens-Peter, Jonathan, Raoul, Dennis, Alexandra und Uta.

Ein besonderer Dank richtet sich an alle Schulen, die dieses Forschungsvorhaben unterstützt haben und hier nicht namentlich genannt werden möchten.

In der Schule, an der der Unterrichtsversuch stattfinden konnte, danke ich der Schulleitung und den Lehrkräften für die entgegengebrachte Unterstützung sowie den Schülerinnen und Schülern für die

Teilnahme an den Projekten und die ehrlichen Antworten bei den Befragungen.

Danke auch an alle anderen Schulleitungen, die Befragungen an ihren Schulen ermöglichten sowie den Lehrkräften für die Teilnahme daran.

Ich danke Thomas Wendt, der die Lehrkräftefortbildungen organisierte und deren Durchführung im *Explo-Labor* (Heidelberg) unterstützte. Danke auch für die weitere Verbreitung der Projekte im Schülerlabor und bei Fortbildungen in der *experimenta* (Heilbronn).

Danke auch an alle Kolleginnen und Kollegen, die mich in der Zeit der Doppelbelastung im beruflichen Umfeld unterstützt und entlastet haben. Stellvertretend sei an dieser Stelle Marc Zeller genannt.

Ebenso danke ich allen fleißigen Korrekturleserinnen für das Engagement und die aufgebrauchte Zeit.

Das größte Dankeschön gilt abschließend meiner Familie – für den Zuspruch, die Geduld und das Zuhören. Besonders möchte ich mich bei meinem Freund Jochen bedanken, der seinen Namen für die *Windhösel*-Kraftwerke zur Verfügung stellte und in jeder Phase dieser Arbeit meine Launen ertragen hat. DANKE!

## Zusammenfassung

Das wichtigste Ziel der schulischen Bildung muss sein, mündige Bürgerinnen und Bürger auszubilden, die zum selbstständigen lebenslangen Weiterlernen erzogen wurden. Neben flexiblem, fachlichem Wissen, sind dafür vor allem soziale und personale Kompetenzen zu fördern.

Eine konstruktivistische Methode, die diese Ziele adressiert, ist das Problembasierte Lernen (PBL), das ursprünglich aus dem Fachbereich der Medizin stammt. Dabei generieren die Lernenden ausgehend von einem authentischen Problem, selbstgesteuert in Kleingruppen mit Hilfe eines Lösungszyklus und unter Begleitung einer Tutorin bzw. eines Tutors, Fachwissen und Kompetenzen für lebenslanges Lernen. Diese Methode wurde im Arbeitskreis *didaktik-aktuell* für die Arbeit mit Kindern und Jugendlichen angepasst. Zentrale Ergänzungen sind Strukturierungshilfen und die Kopplung der Problemstellung an einen Firmenauftrag sowie die Möglichkeit inhaltlicher Ergänzungen in sogenannten Mitarbeiterseminaren. Das entstandene Unterrichtskonzept heißt *Lucycity* und wurde nach der virtuellen Lernstadt und dem Sitz der fiktiven Firmen benannt ([www.lucycity.de](http://www.lucycity.de)).

Diese Arbeit untersucht die folgenden Fragestellungen: (1) Kann Problembasiertes Lernen mit dem Unterrichtskonzept im Schulunterricht umgesetzt werden? (2) Können damit ausgewählte naturwissenschaftliche Arbeitsweisen bei Schülerinnen und Schülern gefördert werden? (3) Sind Lehrkräftefortbildungen für die Verbreitung des Unterrichtskonzepts hilfreich? (4) Schätzen Lehrkräfte die Möglichkeit ein Unterrichtsprojekt im Rahmen einer Fortbildung selbst zu durchlaufen?

Es wurden Unterrichtsversuche mit zwei ausgewählten Projekten durchgeführt und die Schülerinnen und Schüler befragt (N=198). Dabei konnte gezeigt werden, dass die Schülerinnen und Schüler Spaß an den *Lucycity*-Unterrichtseinheiten haben und diese ihr Interesse an naturwissenschaftlichen Fragestellungen und ihre Mitarbeit im Unterricht steigern. Die angestrebte Kompetenzförderung wurde in den Bereichen Team- und Planungskompetenzen erreicht. Für die Problemlöse-, Dokumentations- und Reflexionsprozesse wurden Vorgehensweisen vorgestellt, wobei offen bleibt, inwiefern die Schülerinnen und Schüler diese in ihr persönliches Repertoire übernehmen werden. Für das Bilden von Hypothesen und den Umgang mit naturwissenschaftlichen Texten wurde die Bedeutung der Mitarbeiterseminare als Unterstützungsmaßnahme deutlich.

Eine Lehrkräftebefragung (N=99) ergab, dass lehrerzentrierte Methoden immer noch den größten Anteil der Unterrichtszeit bestimmen. Problembasiertes Lernen in der beschriebenen Form wird nur von einem kleinen Anteil der Lehrkräfte umgesetzt. Die Lehrpersonen erkennen, dass zum Erlernen neuer Methoden Lehrkräftefortbildungen nötig sind. Daraufhin wurden Fortbildungsveranstaltungen zu einem ausgewählten *Lucycity*-Projekt durchgeführt und evaluiert (N=38). Die Teilnehmenden lobten die Aufteilung in Theorie- und Praxisphase sowie das Unterrichtskonzept *Lucycity*.



# Inhaltsverzeichnis

Danksagungen.....	III
Zusammenfassung .....	V
Inhaltsverzeichnis.....	VII
Einleitung.....	9
<b>TEIL I THEORETISCHE GRUNDLAGEN.....</b>	<b>17</b>
<b>1. Naturwissenschaftlicher Unterricht .....</b>	<b>19</b>
1.1 Lerntheoretischer Hintergrund .....	21
1.2 Didaktische Grundlagen.....	25
1.3 Der Kompetenzbegriff.....	31
1.4 Naturwissenschaftliche Grundbildung.....	32
1.5 Naturwissenschaftliche Bildung in Baden-Württemberg: gestern – heute – morgen .....	42
1.6 Traditioneller naturwissenschaftlicher Unterricht.....	49
1.7 Gestaltung eines naturwissenschaftlichen Unterrichts zur Förderung naturwissenschaftlicher Grundbildung .....	51
1.8 Bedeutung der Lehrkräfte sowie ihrer Aus- und Weiterbildung.....	57
<b>2. Problembasiertes Lernen (PBL) .....</b>	<b>65</b>
2.1 Geschichte.....	66
2.2 Definition von Problembasiertem Lernen.....	69
2.3 Ablauf des Problemlöseprozesses .....	71
2.4 Das Problem als Ausgangspunkt.....	75
2.5 Ziele bei der Verwendung von PBL .....	79
2.6 Wirksamkeit von PBL als hochschuldidaktische Methode .....	81
2.7 Lerntheoretische und methodische Einordnung von PBL .....	87
2.8 Erfahrungen zum Einsatz von PBL in der Schule.....	91
2.9 Die neue Rolle der Lehrkraft als Herausforderung .....	97
2.10 Weitere Herausforderungen von PBL im Unterricht.....	101
<b>TEIL II UNTERRICHTSKONZEPT UND FORSCHUNGSDESIGN .....</b>	<b>109</b>
<b>3. Aktionsforschung und Design-based Research .....</b>	<b>111</b>
3.1 Entwicklung und Merkmale der Aktionsforschung.....	111
3.2 Design-Based Research.....	115
<b>4. Modifikation von PBL für den Schulunterricht.....</b>	<b>119</b>
4.1 Das Unterrichtskonzepts <i>Lucycity</i> und seine Entstehung.....	120
4.2 Bedienung von Ansprüchen an naturwissenschaftlichen Unterricht.....	127
4.3 Antworten auf Herausforderungen beim Einsatz von PBL im Unterricht .....	130
4.4 <i>Windhösel-Kraftwerke</i> .....	132
4.5 <i>Lucy's Diner</i> .....	141
4.6 <i>Marmétics</i> .....	145

<b>5. Studiendesign .....</b>	<b>147</b>
5.1 Unterrichtsversuch und Schülerbefragung .....	149
5.2 Befragung von Lehrkräften zur Verbreitung von Methoden und zum Fortbildungsverhalten .....	153
5.3 Erprobung einer Fortbildung im Bereich PBL .....	156
5.4 Leitfaden-Interview .....	158
5.5 Überblick Studien .....	160
<b>TEIL III DISKUSSION DER ERGEBNISSE UND AUSBLICK.....</b>	<b>165</b>
<b>6. <i>Lucycity</i> im Schulunterricht .....</b>	<b>167</b>
6.1 Praktische Erfahrungen beim Einsatz von <i>Lucycity</i> in der Schule .....	168
6.2 Rückmeldungen der Schülerinnen und Schüler im ersten Jahr .....	172
6.3 Kompetenzentwicklung bei Schülerinnen und Schülern .....	180
6.4 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse.....	194
<b>7. Akzeptanz bei Lehrerinnen und Lehrern.....</b>	<b>205</b>
7.1 Verbreitung von Frontalunterricht und PBL im Schulunterricht.....	206
7.2 Erweiterung des persönlichen Methodenrepertoires von Lehrkräften – Chancen von Lehrkräftefortbildungen.....	211
7.3 Lehrkräftefortbildung im Bereich PBL.....	222
<b>8. Zusammenfassung der Ergebnisse.....</b>	<b>231</b>
<b>9. Ausblick.....</b>	<b>241</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>IX</b>
<b>ANHANG .....</b>	<b>XXXV</b>



*„The objective of education is to prepare the young to educate themselves throughout their lives.“*

*[Robert M. Hutchins, amerik. Bildungstheoretiker]*

## Einleitung

Im Jahr 1996 titelte DIE ZEIT „Eine neue Studie zeigt: Chemiestudenten lernen viel, aber das Falsche“ [Etzold 1996] und berichtet im Artikel über eine Studie von Erich Staudt et al. zum Thema Inkompetenz bei Naturwissenschaftlern und Ingenieuren beiderlei Geschlechts. Die Wissenschaftler untersuchten die Ursachen für den Anstieg arbeitsloser examinierter Chemie-Studierender und den gleichzeitigen Fachkräftemangel in dieser Branche [Staudt, Kottmann & Merker 1999]. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die Kompetenzen der Absolventinnen und Absolventen auf der einen Seite sowie die Anforderungen der Unternehmen auf der anderen Seite große Differenzen aufweisen. So seien die hochqualifizierten und überwiegend promovierten Chemikerinnen und Chemiker nicht in der Lage, ihr Wissen im Beruf anzuwenden oder auf andere Bereiche außerhalb der reinen Forschungsarbeit im Labor zu übertragen. Diese Tatsache führt, neben einem sprunghaften Anstieg der Absolventenzahlen und geringerer Einstellungszahlen aufgrund von strukturellen Änderungen, zu der dargestellten wider sprüchlichen Situation auf dem Arbeitsmarkt. Die beschriebene Inkompatibilität ist nicht auf den Bereich der chemischen Industrie beschränkt und wird als **träges Wissen** bezeichnet. „Darunter wird theoretisches Wissen verstanden, das für die Lösung komplexer, realitätsnaher Probleme nicht genutzt werden kann.“ [Gruber, Mandl & Renkl 1999] Als zentralen Grund für träges Wissen nennt Heinz Mandl [2000] in seinem Vortrag beim 15. Dortmunder Sommersymposium der Chemiedidaktik die traditionelle Unterrichtsgestaltung, die Wissen als übertragbar und den Lerner als passives Objekt ansieht.



Abb. 1: Karikatur „Träges Wissen“ [Ammann 2008]

[2000] in seinem Vortrag beim 15. Dortmunder Sommersymposium der Chemiedidaktik die traditionelle Unterrichtsgestaltung, die Wissen als übertragbar und den Lerner als passives Objekt ansieht.

Doch bevor intensiver über Alternativen für Lerntheorie und Unterrichtsgestaltung nachgedacht werden kann, muss zunächst beleuchtet werden, was von **(Hoch-)Schulabgängerinnen und -abgängern** tatsächlich erwartet wird und warum sich die **Anforderungen** in den letzten Jahren derart verändert haben. Eine erste Antwort darauf gibt eine Untersuchung des US-Arbeitsmarktes in den Jahren 1960 bis 2000 von Frank Levy und Richard J. Murnane [2005]. Sie stellten fest, dass der Bedarf an Arbeitskräften für kognitive Routineaufgaben und manuelle Tätigkeiten über die Jahre hinweg sank. Dieser Rückgang kann durch die zunehmende Computerisierung und Globalisierung erklärt werden. Prozesse, die immer einem gleichen Ablauf folgen, können einerseits von Maschinen übernommen oder alternativ kostengünstig ins Ausland verlagert werden (zum Beispiel Produktionsprozesse). Im Gegensatz dazu erfordern variable Situationen (wie Krankheitsbilder von Patientinnen und Patienten oder technische Innovationen) Problemlösekompetenz und Expertisen, für die Computer (noch) nicht programmiert werden können. Ebenso stieg die Nachfrage nach Arbeitskräften, die komplexe Themen kommunizieren und in Interaktion mit anderen Personen Meinungen vertreten und Verträge aushandeln können (zum Beispiel Manager oder Ein- und Verkäufer). Aus dieser Studie lässt sich folgern, dass die Schülerinnen und Schüler für eine Teilhabe an der globalen Wirtschaft der heutigen Zeit in der Lage sein müssen, „komplexe wissenschaftliche Ideen klar und überzeugend auszudrücken“ und „Probleme lösen [zu] können, für die es keine klaren, regelbasierten Lösungen gibt“ [OECD 2007:39f.]. Auch die Komplexität der aktuellen gesellschaftlichen Herausforderungen (Energiewende, Terrorismusbekämpfung, Nachhaltigkeit etc.) macht es nötig, dass Jugendliche bereits in der Schule zu Problemlöserinnen und Problemlösern ausgebildet werden [Barell 2010:177; OECD 2005:6]. Die dafür nötigen fachlichen, sozialen und persönlichen Kompetenzen von Schulabgängerinnen und Schulabgängern benennen die Industrie- und Handelskammern (IHK) in Deutschland auf ihren verschiedenen Homepages bzw. den Flyern der Regionen [IHK 2005]. Im Bereich der fachlichen Fertigkeiten wird eine breite Grundbildung in verschiedenen Disziplinen betont, während im Bereich der sozialen Kompetenzen neben Kooperations- und Konfliktfähigkeit auch Höflichkeit und Toleranz genannt werden. Im individuellen Bereich sind mit Lernbereitschaft, Selbstständigkeit und Flexibilität Eigenschaften genannt, die aus dem Beispiel der Staudt-Studie [Staudt et al. 1999] bereits bekannt sind. Diese Eigenschaften werden ergänzt durch Gewissenhaftigkeit, Durchhaltevermögen und Reflexionsfähigkeit. Neben den fachlichen Inhalten betont auch John Abbott [1996], Direktor der *21st Century Learning Initiative*, die Bedeutung von „neuen Kompetenzen“ [Abbott 1996:4. Antwort] im sozialen und individuellen Sinn und weist darüber hinaus auch auf die gesellschaftliche Verantwortung hin. Die Untersuchungen von Levy und Murnane [2005] zeigen, dass diese Ansprüche auf einem höheren Niveau auch für Hochschulabsolventinnen und -absolventen gelten. Zusammenfassend kann man festhalten, dass fachliche Expertise alleine nicht ausreicht, um am

Arbeitsmarkt zu bestehen. Darüber hinaus sind allgemeine persönliche und soziale Kompetenzen unabdingbar, die es Menschen ermöglichen, sich flexibel auf neue Situationen einzustellen.

Die Forderung nach Flexibilität und Anpassungsfähigkeit von Unternehmen und Einzelpersonen kann auf die Entwicklungen in einer Zeit des schnellen Wandels zurückgeführt werden. Der Wandel ist bedingt durch die zunehmende Globalisierung und die Entwicklung neuer Technologien [EU-Kommission 2007; Gatzke 2007; OECD 2005:6]. Als Folge daraus werden zunehmend klare Berufsbilder verschwinden und interdisziplinäre Berufsfelder entstehen [Dubs 1999; Staudt et al. 1999]. Auch der demographische Wandel wird langfristig Einfluss auf die Anforderungen am Arbeitsmarkt haben [Gatzke 2007] und ein mehrmaliger Berufswechsel im Verlauf der Lebensarbeitszeit wird für viele Menschen nicht mehr vermeidbar sein [Dubs 1999].

Auf diese Entwicklung und die veränderten Anforderungen an den Menschen geht auch eine Briefmarke aus dem Jahr 2001 mit der Überschrift „**lebenslanges lernen**“ ein [Bartl 2001]. Die Briefmarke zeigt ein Zitat von Wilhelm Busch aus dem Jahr 1865 zum Thema Schulpflicht. In der Beschreibung wird neben der beruflichen Anpassungsfähigkeit auch die gesellschaftliche Relevanz angesprochen (siehe Abb. 2). Rolf Dubs [1999] erennt in diesem Kontext „die Vorbereitung auf das *lebenslange, selbstregulierte (selbstgesteuerte) Lernen* zur wichtigsten pädagogischen Aufgabe der schulischen Grundbildung“ [ebd.:58, Hervorh. i. O.].



Abb. 2: Briefmarke „lebenslanges lernen“ mit der Beschreibung aus dem Briefmarken-Archiv [Bartl 2001]

Unter lebenslangem Lernen versteht man nach der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) und der Bund-Länder-Kommission (BLK) den Erwerb von Kenntnissen, Fertigkeiten und Einsichten in formalen und informellen Lernumgebungen sowie die persönliche und soziale Entwicklung jedes Einzelnen [OECD 2007:23; BLK 2004:5]. Die BLK [2004:5-7] konkretisiert acht Entwicklungsschwerpunkte und ordnet diese den Lebensphasen zu, so dass daraus direkt **Aufgaben schulischer Bildung** entnommen werden können. Während im Kindesalter mit der Vermittlung von Lernmotivation und Lernfähigkeit sowie der Entwicklung einer selbstständigen Persönlichkeit die Grundlagen für lebenslanges Lernen gelegt werden, gestalten sich die Aufgaben im Umgang

mit Jugendlichen personen- und zielbezogener. Die BLK [2004:6] nennt hier die „Kompetenzentwicklung, d.h. dass die Schule über Fachkompetenz hinaus Basiskompetenzen wie Lern-, Handlungs-, Sozialkompetenz, personale Kompetenzen und Teamfähigkeit vermittelt“ sowie die Selbststeuerung, d.h. „selbstorganisiertes Lernen zu vermitteln und selbständiges Lernen einzuüben“. Ergänzt wird das schulische Aufgabenspektrum im genannten BLK-Bericht durch Lernberatung, Entwicklung einer neuen Lernkultur und Fördermaßnahmen, die einen chancengerechten Zugang zu einem lebenslangen Lern- und Bildungsprozess ermöglichen sollen.

Um die zu Beginn angesprochene Kluft zwischen Wissen und Handeln überbrücken zu können, sind also neben Fachwissen auch personale Kompetenzen nötig. Beide Bereiche bilden gemeinsam die Grundlage für lebenslanges Lernen und sollen in der Schule vermittelt werden. Diese Aufgabe kann jedoch durch den klassischen von Instruktion geprägten Unterricht nicht erreicht werden [Mandl 2000; Rieck 2005]. Vielmehr ist eine **Unterrichtsgestaltung** nötig, welche die Lernenden in den Mittelpunkt stellt, ihnen die aktive Auseinandersetzung mit dem Lernstoff und auch das Sammeln von praktischen Erfahrungen ermöglicht – kurz gesagt: Unterricht, in dem Wissen mit Handeln verknüpft wird [Bauch, Maitzen & Katzenbach 2011:17ff.; Kessler & Ziener 2004; Suwelack 2010]. Dorninger et al. resümieren:

Zusammenfassend zielt kompetenzorientiertes Unterrichten darauf ab, dass die Schülerinnen und Schüler jene Kompetenzen erwerben, die es ihnen ermöglichen, erworbenes Wissen und Können miteinander zu vernetzen und in realen Sach-, Sinn- und Problemzusammenhängen anzuwenden. Wissen muss in Können münden und in Handlungen sichtbar werden. [Dorninger et al. 2011:7]

Klieme und Rakoczy [2008:223] betonen dabei, dass Basiskompetenzen keineswegs unabhängig vom Inhalt erarbeitet werden können, sondern dass die Schülerinnen und Schüler im kompetenzorientierten Unterricht die „Gelegenheit haben, die Grundkompetenzen des jeweiligen Faches in herausfordernden Aufgabenstellungen zu erwerben.“ Für diesen Prozess benötigt es Möglichkeiten zur Reflexion [Bauch et al. 2011:29ff.] und die Unterstützung durch die Lehrperson [ebd.:8ff.]. Darüber hinaus sind auch „systematisch entwickelte Lern- und Prüfungsaufgaben“ [Klieme & Rakoczy 2008:224] nötig. (Zur veränderten Aufgabenkultur vergleiche auch [Baptist & Raab 2007; BLK 1997:12].)

Zur Umsetzung der genannten Aspekte werden neue Lehr-Lern-Methoden beansprucht, die Schüleraktivität und Selbststeuerung ermöglichen [Bauch et al. 2011:26ff.; Kessler & Ziener 2004]. Dorninger et al. [2011] zeigen diesbezüglich verschiedene Möglichkeiten auf. Unter anderem auch das Problembasierte Lernen (PBL):

PBL eignet sich sehr gut zum Aufbau von Kompetenzen. Neben der Erweiterung der fachlichen, sozialen und kommunikativen Kompetenzen erwerben die Lernenden Lösungskom-

petenz durch Arbeit an konkreten, praxisbezogenen Fällen. Sie lernen dabei Probleme aufbauend auf ihrem Vorwissen zu analysieren und durch Aneignung von neuem Wissen zu lösen. Durch die Arbeit im Team erweitern sich insbesondere auch die sozial-kommunikativen Kompetenzen und die Teamfähigkeit. [ebd.:13]

Aufgrund dieser Aussage scheint die Methode des **Problembasierten Lernens** wie geschaffen für die vorab beschriebenen Ziele. In der Schule gibt es bereits eine Vielzahl schülerzentrierter Methoden, die ein Problem oder eine Fragestellung an den Beginn einer Unterrichtseinheit oder -stunde stellen. Diese werden unter dem Begriff der problemorientierten Lernumgebungen zusammengefasst (z. B. [Reusser 2005]). Das Problembasierte Lernen wie es Dorninger et al. [2011] beschreiben, stammt aus Kanada, wurde dort erstmals an der *McMaster* Universität in Hamilton eingesetzt und kann bereits heute eine erfolgreiche Verbreitung in den Medizinstudiengängen weltweit verzeichnen [McMaster 2015; Kassebaum 1989]. Auch dort waren die Ziele, das träge Wissen angehender Ärzte zu reduzieren und flexibles Wissen bereits im Studium aufzubauen. Problembasiertes Lernen nach *McMaster* folgt einem vorstrukturierten Ablauf und stellt eine Möglichkeit unter vielen problemorientierten Methoden dar.

**Ausgangspunkt dieser Arbeit** war die Frage, inwiefern Problembasiertes Lernen nach *McMaster* in den Schulunterricht integriert werden kann. Durch die Erprobung und Weiterentwicklung verschiedener Unterrichtsprojekte entstand ein neues Unterrichtskonzept, das den Namen *Lucycity* trägt und eine Modifikation von PBL zum Einsatz im Schulunterricht aufzeigt [Marmé & Knemeyer 2011; Marmé, Kneißl & Knemeyer 2011]. Dieses Konzept soll im Rahmen dieser Arbeit weiterentwickelt und evaluiert werden.

Die Basis schulischen Lernens stellen die Bildungspläne und die Erkenntnisse der Bildungsforschung dar. Somit muss die Integration von PBL in den Schulunterricht bzw. die Entwicklung eines neuen Unterrichtskonzepts mit diesen beiden Säulen kompatibel sein oder im Optimalfall aus den bestehenden Rahmenbedingungen erwachsen. Im **Theorieteil (I)** der Arbeit sollen daher zunächst der lerntheoretische Hintergrund und die Ansprüche an den naturwissenschaftlichen Unterricht sowie eine Beschreibung der bildungspolitischen Rahmenbedingungen für Baden-Württemberg dargestellt werden. Außerdem wird auf die Gestaltungsmöglichkeiten eines entsprechenden Unterrichts eingegangen, der darüber hinaus die Chance bietet, die Schülerinnen und Schüler auf die neuen Anforderungen der Arbeitswelt vorzubereiten. (Kapitel 1) Im Anschluss wird die Methode des Problembasierten Lernens mit seinen Ursprüngen im Bereich der Medizin vorgestellt. Dabei werden die Ziele und die bestätigte Wirksamkeit dargestellt, bevor eine lerntheoretische und methodische Einordnung für den Schulunterricht erfolgt. Zudem werden erste Erfahrungen und

Herausforderungen beim Einsatz von PBL in der Schule, die bereits dokumentiert sind, erörtert. (Kapitel 2)

Nachdem alle Grundlagen und Rahmenbedingungen für das neue Unterrichtskonzept dargelegt wurden, gibt der **Methodenteil (II)** der Arbeit einen Überblick über das Unterrichtskonzept *Lucycity* und die begleitende Entwicklungsforschung. Die Grundlage bildet der wissenschaftstheoretische Ansatz des *Design-based Researchs*, der zunächst kurz vorgestellt wird. (Kapitel 3) In mehreren Entwicklungsschritten wurden immer wieder Änderungen vorgenommen, bis sich die heutige Form des Unterrichtskonzepts *Lucycity* herauskristallisierte. Das Unterrichtskonzept wird ausführlich vorgestellt und seine Ziele und Elemente im Rückblick auf die theoretischen Grundlagen begründet. (Kapitel 4)

Im Anschluss wird das Forschungsdesign dieser Arbeit dargelegt. Das Ziel, die Chancen für einen Einsatz der modifizierten PBL-Version aus Sicht der Schülerinnen und Schüler sowie der Lehrkräfte auszuloten, wird mit Untersuchungen in drei Bereichen verfolgt. Zunächst wird ein Unterrichtsversuch durchgeführt und die Schülerinnen und Schüler zu ihren Erfahrungen befragt. Dann werden Lehrkräfte zum Einsatz von Methoden und ihrem Fortbildungsverhalten befragt. Anschließend wird eine Lehrkräftefortbildung zu einem ausgewählten *Lucycity*-Projekt durchgeführt und evaluiert. Die dabei untersuchten Hypothesen werden im Einzelnen vorgestellt und dienen der Ausdifferenzierung der im Kasten genannten Forschungsfragen, welche die Grundlage dieser Arbeit bilden. (Kapitel 5)

- (F1) Kann Problembasiertes Lernen (PBL) mit *Lucycity* im naturwissenschaftlichen Unterricht umgesetzt werden?
- (F2) Können mit den entwickelten Unterrichtsprojekten ausgewählte naturwissenschaftliche Arbeitsweisen gefördert werden?
- (F3) Sind Lehrkräftefortbildungen für die Verbreitung von Problembasiertem Lernen (PBL) in den Schulen hilfreich?
- (F4) Schätzen Lehrkräfte die Möglichkeit, das Unterrichtsprojekt in einer Fortbildung selbst durchlaufen zu können, und setzen sie die Fortbildungsinhalte im Folgenden in der Schule ein?

Im **Ergebnisteil (III)** werden zunächst die Antworten der Schülerinnen und Schüler im Rückblick auf die aufgestellten Hypothesen ausgewertet und diskutiert. (Kapitel 6) Dann werden die Ergebnisse der Lehrkräftebefragungen vorgestellt und ebenfalls im Bezug auf die untersuchten Hypothesen reflektiert. (Kapitel 7) Soweit möglich werden die Resultate aus beiden Befragungen im Anschluss gegenübergestellt und die Ergebnisse im Rückblick auf die Forschungsfragen diskutiert. (Kapitel 8)

Im Ausblick werden daraus resultierende Anpassungsmöglichkeiten für den Unterricht sowie weitere mögliche Forschungs- und Einsatzfelder aufgezeigt. Auch die Kompatibilität mit dem 2016 verabschiedeten Bildungsplan in Baden-Württemberg wird belegt. Ein persönliches Fazit rundet diese Arbeit ab. (Kapitel 9)





# **Teil I**

## **Theoretische Grundlagen**



„Sage es mir, und ich werde es vergessen.  
Zeige es mir, und ich werde es vielleicht behalten.  
Lass es mich tun, und ich werde es können.“

[Konfuzius, chin. Philosoph]

## 1. Naturwissenschaftlicher Unterricht

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, inwiefern Problembasiertes Lernen eine Möglichkeit bietet, die Förderung von Kompetenzen im Unterricht zu erreichen. Doch jegliche methodische Gestaltung von Unterricht basiert auf den Grundprinzipien des Lernvorgangs und verschiedenen didaktischen Gestaltungsmöglichkeiten. Daher sollen in diesem Kapitel zunächst ausgehend von der Definition des Lernbegriffs die drei grundlegenden Lerntheorien (Behaviorismus, Kognitivismus und Konstruktivismus) vorgestellt (Teilkapitel 1.1), didaktische Begriffe voneinander abgegrenzt und exemplarisch einige Unterrichtskonzepte beschrieben werden (Teilkapitel 1.2).

Damit werden in einem ersten Schritt zwar mögliche Grundprinzipien der Unterrichtsgestaltung aufgezeigt, aber eine gelungene methodische Umsetzung kann erst auf Grundlage der angestrebten Ziele ausgemacht werden. Es ist eine neue Aufgabe der Schule, die nächste Generation auf veränderten Anforderungen am Arbeitsmarkt (s. Einleitung) vorzubereiten [Dubs 1999]. Außerdem sind für eine effektive Teilnahme an der Gesellschaft und das Treffen begründeter Entscheidungen bei technischen und naturwissenschaftlichen Diskussionen neben fachliche Grundlagen auch Wissen über die Geschichte, die Arbeitsweisen und Konzepte sowie die soziale Handhabung der Naturwissenschaften nötig [KMK 2004b-d:6]. Diese Aspekte werden unter der Bezeichnung *Nature of Science (NOS)* [AAAS 1990] oder übersetzt unter „Natur der Naturwissenschaften“ [Höttecke 2001, 2001a] zusammengefasst. Ergänzt man dieses Wissen durch überfachliche Schlüsselqualifikationen [Weinert 1998], so ergibt sich eine naturwissenschaftliche Grundbildung für mündige Bürgerinnen und Bürger, die im englischsprachigen Raum als *Scientific Literacy* bezeichnet wird [Hurd 1958]. Zunächst wird der Kompetenzbegriff definiert (Teilkapitel 1.3) bevor die Ziele und Inhalte der angestrebten naturwissenschaftlichen Grundbildung im Anschluss dargestellt (Teilkapitel 1.4) und für diese Arbeit auch in die eigene Zielsetzung für die Unterrichtsgestaltung integriert werden.

Der beschriebene neu formulierte Bildungsauftrag der Schule und auch die Ansprüche an naturwissenschaftliche Grundbildung beschäftigen die Bildungspolitik besonders seit den 90er Jahren des vergangenen Jahrtausends [Tillmann 2009]. So enthalten die Bildungspläne seit 2001 nicht mehr, was gelehrt werden soll, sondern was die Schülerinnen und Schüler zu einem bestimmten Zeitpunkt können sollen [MKJS 2001, 2004, 2016]. Die Ausbildung von persönlichen Kompetenzen und sogenannten Schlüsselqualifikationen werden neben der Vermittlung einer fachlichen Allgemeinbildung nun explizit gefordert. Für die Erfüllung dieser Anforderungen im Bereich Naturwissenschaften wurde in Baden-Württemberg mit dem Bildungsplan 2004 am Gymnasium ein zusätzliches integriertes naturwissenschaftliches Fach geschaffen – Naturwissenschaft und Technik (NwT). Das Fach und die Ziele des Bildungsplanes sind Grundlage für die Unterrichtsversuche und Evaluationen dieser Arbeit, weshalb sie in diesem Kapitel eingehend betrachtet werden sollen (Teilkapitel 1.5).

Nachdem mit den lerntheoretischen und didaktischen Grundlagen sowie der Verankerung im Bildungsplan die Basis gelegt wurde, wird beleuchtet, wie die Anforderungen im Unterricht methodisch umgesetzt werden können. Dabei fällt auf, dass der traditionelle, lehrerzentrierte Unterricht (Teilkapitel 1.6) dies kaum leisten kann und in der Vergangenheit vielmehr zu einem sinkenden Interesse der Schülerinnen und Schüler an Naturwissenschaften und zu einem schlechten Abschneiden Deutschlands in internationalen Vergleichsstudien (TIMSS, PISA) geführt hat [BLK 1997:25f.; Rocard et al. 2007]. Zielführender ist ein kompetenzorientierter Unterricht (Teilkapitel 1.7), der die Lernenden in den Mittelpunkt stellt und ihnen eine aktive und selbstständige Auseinandersetzung mit den Themen ermöglicht. Diese konstruktivistische Auffassung von Lernen kann zum Beispiel durch Kontextorientierung, Kooperation, Kommunikation und/oder Forschung erreicht werden [Eurydice 2011:64f., 68-71]. Eine zentrale Bedeutung kommt Studien zufolge auch der Reflexion [Schwartz, Lederman & Crawford 2004] und der Strukturierung [Sumfleth, Wild, Rumann & Exeler 2002] zu.

Auch wenn die Lehrkräfte nicht mehr im Zentrum des Unterrichts stehen, können sie bei der Unterrichtsgestaltung auf Grundlage des konstruktivistischen Lernbegriffs einen wichtigen Beitrag zum Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler leisten. Um der neuen Rolle und den neuen Anforderungen in den lernerzentrierten Lernumgebungen gerecht werden zu können, ist ein gedanklicher Umbruch nötig, welcher in der Lehrkräfteausbildung oder durch Fortbildungen unterstützt werden kann (Teilkapitel 1.8). Diese sollten nach den gleichen konstruktivistischen Prinzipien gestaltet werden [Stark, Herzmann & Krause 2010] und unmittelbar für den Unterricht relevant sein [Gräsel & Parchmann 2004]. Unterstützungsangebote (wie Materialien) oder die Bildung von Netzwerken können einen weiteren Beitrag zur Integrierung von Fortbildungsinhalten in den Unterricht leisten [ebd.]. Eine besondere Bedeutung kommt der Aus- und Weiterbildung naturwissenschaftlicher Lehrkräfte auch in Bezug auf das Fach NwT in Baden-Württemberg zu.

Alle diese Ziele, Inhalte, Gestaltungsempfehlungen und die Rolle der Lehrkraft hat Prof. Dr. Franz Weinert [2001a] im Rahmen des BLK-Projektes „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ als „Ansprüche an das Lernen in der heutigen Zeit“ (s. Tab. 1) formuliert. Seine zehn Thesen können das erste Kapitel dieser Arbeit prägnant zusammenfassen.

Tab. 1: Zehn Thesen von Prof. Dr. Franz Weinert [Weinert 2001a]

<b>Ansprüche an das Lernen in der heutigen Zeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lernen ist stets auf die Zukunft gerichtet.</li> <li>• Wir brauchen neue Formen einer Lernkultur.</li> <li>• Erfolgreiches schulisches Lernen vollzieht sich häufig als Mischform zwischen individueller und kollektiver Arbeit.</li> <li>• Der Unterricht sei zu leistungsbezogen und zu wenig lernorientiert.</li> <li>• Der Erwerb intelligenten Wissens ist und bleibt eine wichtige Aufgabe vom Unterricht.</li> <li>• Inhaltliches Wissen kann nicht durch den Erwerb von Schlüsselqualifikationen ersetzt werden.</li> <li>• Der Erwerb selbständiger Lernkompetenzen ist als Voraussetzung einer lebenslangen Bildung (Aufbau metakognitiver Kompetenzen) von fundamentaler Bedeutung.</li> <li>• Fachliches und überfachliches Lernen sind zwei notwendige Transferformen dafür, dass sowohl kognitiv-systematisch als auch situiert-lebenspraktisch gelernt wird.</li> <li>• Die erfolgreiche Förderung motivierender Kräfte und willenssteuernder Kompetenz entscheidet darüber, ob nur für die Schule, sondern [sic!] auch und vor allem für das Leben gelernt wird.</li> <li>• Ein guter Lehrer ist immer auch ein gut ausgebildeter Lehrer.</li> </ul>

Dieses erste Kapitel beleuchtet die Grundlagen für die Gestaltung eines naturwissenschaftlichen Unterrichts, der neben Fachwissen auch Kompetenzen fördern kann und damit auch die Basis für das Unterrichtskonzept *Lucycity* darstellt, das im Rahmen dieser Arbeit evaluiert wird. In Kapitel 2 wird im Anschluss die Methode des Problembasierten Lernens als eine methodische Möglichkeit und Grundidee dieser Arbeit vorgestellt.

## 1.1 Lerntheoretischer Hintergrund

Der zentrale Aspekt schulischer Arbeit ist der Lernprozess. Um diesen zu optimieren, müssen zunächst die Abläufe bei den Lernenden betrachtet werden. Wenn der komplexe Vorgang des Lernens definiert ist, können dann die einzelnen Lerntheorien ausdifferenziert werden. In der Psychologie umfasst **Lernen** zwei Bereiche, nämlich Wissenserwerb und Verhaltensänderung [Hammerl & Grabitz 2006; Hasselhorn & Gold 2009:35-65]. So kann Lernen einerseits als „Aufbau und Gebrauch komplexer mentaler Wissensrepräsentationen“ bezeichnet und andererseits als „ein auf Erfahrung, Übung oder Beobachtung basierender Prozess, der zu relativ überdauernden Veränderungen im Verhalten oder Verhaltenspotenzial führt“ definiert werden [Hammerl & Grabitz 2006:204]. Die Formulierung der mentalen Wissensrepräsentationen beinhaltet neben Kenntnissen und Fertigkeiten auch Meta-

Kognitionen und motivationale Konstrukte. Die Verhaltensänderungen müssen nicht immer direkt beobachtbar sein und schließen solche aus, die beispielsweise auf Einflüsse wie Reifung oder Instinkte zurückgeführt werden können. Darüber hinaus kann Lernen absichtlich oder nebenbei erfolgen, positive oder negative Auswirkungen haben und, wie bereits erwähnt, auf unterschiedlichen Wegen stattfinden [Hasselhorn & Gold 2009:35].

Lernprozesse, die durch zeitnahe Verhaltensänderungen sichtbar gemacht werden können, werden in der Theorie des Behaviorismus genauer untersucht und erklärt. Im Bereich des Lernens als Wissenserwerb haben sich noch einmal zwei differenzierte Ansichten ausgebildet: der Kognitivismus und der Konstruktivismus. Diese drei Lerntheorien werden im Folgenden näher erläutert und die Prinzipien des konstruktivistischen Unterrichts aufgezeigt.

Der **Behaviorismus** ist die älteste Lerntheorie, deren Ursprünge man im 19. Jahrhundert findet. Der Begriff wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts durch John B. Watson [1907, 1913] geprägt. Weitere grundlegende Experimente wurden teilweise zeitgleich von Iwan P. Pavlov [1927, 1928] und Edward L. Thorndike [1911] durchgeführt. Die Arbeiten wurden von Burrhus F. Skinner [1935, 1938] fortgeführt und teilweise radikalisiert. Im Behaviorismus ist der Lernprozess eine Folge einer Reiz-Reaktionskette und kann durch Verstärkung und Bestrafung beeinflusst werden [ebd.]. Die Prozesse, die während des Lernprozesses in den Lernenden ablaufen, sind im Behaviorismus nicht von Interesse [Watson 1913]. So werden die Lernenden als „*Black Box*“ und ihr Handeln als passiv betrachtet [Lück 2016: Kap. John B. Watson, zweite Seite].

Im Gegensatz dazu entstand in den 60er Jahren der **Kognitivismus** [Platzmann & Schmitt 2007]. Diese Lerntheorie stellt erstmals die Lernenden in den Mittelpunkt des Lernprozesses. Von Interesse sind nun Informationsaufnahme und -verarbeitung. Die Lernenden agieren aktiv, indem sie an vorhandenes Wissen anknüpfen, Schemata erarbeiten und diese Erfahrungswerte im Folgenden nutzen. Die Lehrperson erhält in dieser Theorie speziell den Auftrag, vorhandene Kenntnisse zu aktivieren, den Lerninhalt sinnvoll zu strukturieren und den Lernenden gegebenenfalls individuelle Hilfestellungen zu geben [Hasselhorn & Gold 2009:224]. Man bezeichnet sie auch als „*didactic leader*“ [ebd.:218f.]. Die Grundlage dieser Theorie legte Jean Piaget [1928] mit seinem Modell für die Entwicklungsstufen bei Kindern und Jugendlichen sowie der Annahme, dass jeder Mensch mit den fundamentalen Tendenzen zu Adaption und Organisation geboren ist [Piaget 1952:4-8].

Parallel zum Kognitivismus entstand auch der **Konstruktivismus**, der von der gleichen Grundannahme ausgeht. Lernen ist ein aktiver Prozess und Wissen muss schrittweise individuell aufgebaut werden [Glaserfeld 1995:18]. Es wird betont, dass jede und jeder Lernende dabei ein individuelles Bild der Realität konstruiert, das auf dem jeweiligen Vorwissen und den subjektiven Interpretationen beruht [Glaserfeld 1995:18; Terhart 1999]. Ergänzend dazu unterstellt der Konstruktivismus den

Lernenden eine intrinsische Motivation und betont die Bedeutung sozialer Interaktion. Nur im Austausch mit anderen kann die konstruierte Wirklichkeit Verbindlichkeit erlangen. Hasselhorn und Gold [2009] beschreiben die Lernenden und ihre Konstruktionen der Realität wie folgt:

Der lernende Mensch wird als zielgerichtet Handelnder aufgefasst, der aktiv nach Informationen sucht, diese vor dem Hintergrund seines Vorwissens interpretiert und daraus neue Konzepte und Auffassungen über die Wirklichkeit ableitet. [ebd.:64]

In dieser Darstellung wird klar, dass es sich beim Lernen um einen selbstständigen und selbstgesteuerten Prozess handelt. Während die (eher psychologische) radikale Form des Konstruktivismus davon ausgeht, dass Wissen nicht (von außen) vermittelt werden kann, wurden im pädagogischen und didaktischen Kontext schon immer eher moderate, gemäßigte Ansichten vertreten [Terhart 1999], welche die Vereinbarkeit von Konstruktion und Instruktion betonen:

Bei den gemäßigten Konstruktivisten wird das selbstgesteuerte Lernen durch den von der Lehrkraft unterstützten Dialog in der Gesamtklasse ergänzt, und den Lernenden stehen häufig fertige Informationen oder Demonstrationen der Lehrkraft als Modell – beides im Sinne von objektivem Wissen – zur Verfügung, die im weiteren Dialog oder in selbstgesteuertem Lernen verarbeitet werden. [Dubs 1995]  
(Vergleiche dazu auch [Hasselhorn & Gold 2009:232ff.; Reinmann-Rothmeier & Mandl 1998]; für die Bedeutung der Instruktion siehe [Kirschner, Sweller & Clark 2006].)

Daneben haben die Lehrkräfte die Aufgaben, Angebote zum Lernen in förderlicher Lernatmosphäre zu schaffen und den Lernprozess als Moderatorin oder Coach zu begleiten [Hasselhorn & Gold 2009:225]. Noch immer werden die Konsequenzen diskutiert, die sich aus der Lerntheorie des Konstruktivismus für die Pädagogik und Didaktik der heutigen Zeit ergeben. Exemplarisch seien in diesem Zusammenhang Horst Siebert [1998] und seine Ausführungen zur Erwachsenenbildung sowie Prof. Dr. Kersten Reich von der Universität Köln mit seiner vielfältigen Literatur zu dieser Thematik genannt (einen Überblick findet man auf seiner Homepage [Reich 2014]).

Die **Gemeinsamkeiten zwischen Kognitivismus und Konstruktivismus** werden noch einmal verdeutlicht, wenn man die bekannten Vertreter des Konstruktivismus betrachtet. Wiederum ist es Piaget, der die Grundlagen für diese Lerntheorie liefert, und dessen Ideen von Lew S. Vygotsky, John Dewey und Jerome S. Bruner aufgegriffen und ergänzt wurden [Neubert, Reich & Voß 2001]. Dabei war Vygotsky [1978, 1986] weitgehend der gleichen Meinung wie Piaget, betonte aber noch mehr die soziale und kulturelle Lernumgebung. In seinen Ausführungen geht er auf die Rolle der Lehrkraft und der Sprache für den Lernprozess ein (vgl. auch [Bliss 1996]). Bruner [1983, 1996:1-43], der als Verfechter von Vygotskys Ansichten gilt [Neubert et al. 2001], fügte zu Piagets Konstruktivismus ebenfalls die soziale Interaktion und ferner eine kulturelle Dimension dazu. Auch Dewey war sich des kulturellen Einflusses bewusst, betonte aber in erster Linie die Selbstständigkeit im Sinne von Aktivität und die Selbstbestimmung der Lernenden [Dewey & Dewey 1915], was den zentralen Kern dieser

Lerntheorie nochmals betont. Des Weiteren war er einer der ersten, die in diesem Zusammenhang auch eine strukturelle Reform von Schulen forderten [Dewey 1916]. Die zentralen Aspekte der drei Lerntheorien werden in Tabelle 2 nochmals vergleichend gegenübergestellt.

Tab. 2: Vergleich der drei Lerntheorien bezüglich Lernbegriff sowie Rolle der Lernenden und Lehrenden [Hechenleitner & Vogt 2007, gekürzte Darstellung]

	Behaviorismus	Kognitivismus	Konstruktivismus
<b>Lernen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lernen wird als Bilden von Assoziationen gesehen.</li> <li>• Assoziationen können durch Verstärkung gefestigt werden.</li> <li>• Wissen ist von außen gesetzt und muss kleinschrittig erworben werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lernen ist zielgerichtet und systematisch.</li> <li>• Es laufen interne, kognitive Prozesse ab (Verstehen, Denken, Problemlösen).</li> <li>• Lernen ist dennoch von außen steuerbar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lernen ist ein individueller Konstruktionsprozess.</li> <li>• Wissen kann nicht von außen vermittelt werden.</li> </ul>
<b>Lernerin/ Lerner</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• passiv</li> <li>• <i>Black Box</i></li> <li>• muss nicht verstehen, sondern nur wiedergeben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aktiv</li> <li>• verarbeitet und interpretiert neue Informationen, vernetzt Wissen (das von Lehrkraft vorstrukturiert wurde)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aktiv, zielgerichtet handelnd</li> <li>• holt sich Informationen, knüpft an Vorwissen an, konstruiert sein Wissen, tauscht sich darüber aus</li> </ul>
<b>Lehrerin/ Lehrer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autorität</li> <li>• Bereitstellerin/ Bereitsteller von Wissensseinheiten.</li> <li>• verstärkt durch Feedback</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Didactic Leader</i></li> <li>• strukturiert Wissen, legt zeitliche Reihenfolge fest</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coach, Moderatorin/ Moderator</li> <li>• gestaltet Lernumgebung und Lerngelegenheit (authentische Situationen)</li> <li>• reflektiert gemeinsam mit Lernenden das neu erworbene Wissen</li> </ul>

Im weiteren Verlauf der Arbeit wird von einer konstruktivistischen Definition des Lernens ausgegangen, wie sie der deutsche Erziehungswissenschaftler Horst Siebert formuliert hat:

Lernen ist eine komplexe, selbstorganisierte und auf erfolgreiches Handeln bezogene Tätigkeit. Durch Lernen konstruieren wir unsere Wirklichkeit so, daß sie für uns ‚viabel‘ (Anm.: passend, brauchbar) ist. [Siebert 1998:37]

Er berücksichtigt dabei, wie Hammerl und Grabitz [2006], den Wissenserwerb und die Verhaltensänderung als mögliche Aspekte eines Lernprozesses, unterstreicht aber darüber hinaus die Selbsttätigkeit der Lernenden. Aus dieser konstruktivistischen Auffassung von Lernen als aktivem, lernerzentrierten Prozess, ergeben sich für **konstruktivistischen Unterricht** folgende Prinzipien:

- Konstruktivistischer Unterricht orientiert sich an den Lernenden. Er berücksichtigt deren Vorwissen und deren Interessen und unterstützt ihre meta-kognitiven Fähigkeiten [Dubs 1995; Neubert et al. 2001; Wolff 1994].



- Die Lernenden beschäftigen sich aktiv und selbstgesteuert mit authentischen, komplexen Problemstellungen [Cunningham, Duffy & Knuth 1993; Dubs 1995; Mandl 2000; Reinmann-Rothmeier & Mandl 1998; Shuell 1986; Siebert 1998:37ff.; Wolff 1994].
- Das Lernen erfolgt konstruktiv, kumulativ und häufig auch kooperativ [Cunningham et al. 1993; Dubs 1995; Mandl 2000; Reinmann-Rothmeier & Mandl 1998; Shuell 1986; Siebert 1998:38f.; Wolff 1994].

Diese Prinzipien sollten nach heutiger Ansicht die Basis für die Gestaltung von Unterricht bilden.

## 1.2 Didaktische Grundlagen

Aus den drei beschriebenen Lerntheorien (vgl. Teilkap. 1.1) ergaben sich im Laufe der Zeit verschiedene Unterrichtskonzepte (auch Lehr-Lern-Modelle) und Unterrichtsmethoden. Abbildung 3 zeigt den Zusammenhang und bildet gleichzeitig den strukturgebenden Rahmen für dieses Teilkapitel. Da man in der Literatur weder eine einheitliche Verwendung von Begriffen, noch eine geeignete Systematisierung der einsetzbaren Methoden findet, soll zunächst eine Einordnung für diese Arbeit auf Grundlage der **Begriffe** von Hilbert Meyer [2002] erfolgen. Dieser unterscheidet drei methodische Großformen, die durch vier Sozialformen, eine Vielzahl von Handlungsmustern (bei Fachdidaktikern auch „Aktionsformen“ [Thumann 2003:1; Wagner 2005:2]) und unter Berücksichtigung von (zeitlichen) Verlaufsformen umgesetzt werden können (vgl. Tab. 3, nächste Seite).

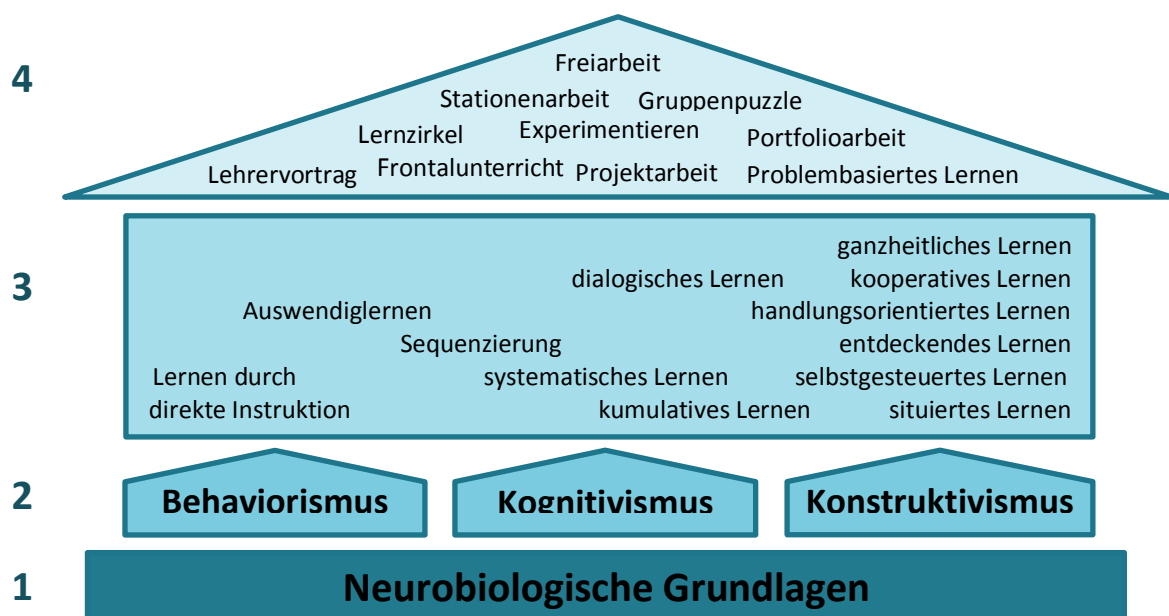


Abb. 3: Schematische Darstellung der Zusammenhänge zwischen Neurobiologie (1), Lerntheorien (2), Unterrichtskonzepte (3) und Unterrichtsmethoden (4) (verändert nach [Hechenleitner & Vogt 2007]).

Tab. 3: Auszug aus dem Drei-Ebenen-Modell von Hilbert Meyer [2002] – Darstellung der Großformen und Dimensionen methodischen Handelns

METHODISCHE GROSSFORMEN		
<b>Lehrgänge</b> (starke Lehrerlenkung, überwiegend Klassenunterricht)	<b>Freiarbeit</b> (individualisierter Unterricht, große Anteile selbstständigen Lernens, überwiegend EA, PA)	<b>Projektarbeit</b> (kooperativer Unterricht, mit gemeinsamen Zielabsprachen, überwiegend GA)
DIMENSIONEN METHODISCHEN HANDELNS		
<u>SOZIALFORMEN</u>	<u>HANDLUNGSMUSTER</u>	<u>VERLAUFSFORMEN</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klassenunterricht (KU)</li> <li>• Einzelarbeit (EA)</li> <li>• Partnerarbeit (PA)</li> <li>• Gruppenarbeit (GA)</li> </ul> <p><i>(Mehr als vier gibt es nicht!)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Darbietend (Vorträge)</li> <li>• Erarbeitend (Gespräche)</li> <li>• Entdecken-lassend (Sonstige)</li> </ul> <p><i>(mehrere hundert)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einstieg</li> <li>• Erarbeitung</li> <li>• Ergebnissicherung</li> </ul>

Oft wird der Begriff der Unterrichtsmethode in diesem Feld mit dem der Handlungsmuster gleichgesetzt, da man damit die „Wege zu den Unterrichtszielen“ genauer beschreibt [Huwendiek 2006:69]. Die Unterscheidung zwischen Unterrichtskonzepten (Lehr-Lern-Methoden) und Unterrichtsmethoden in der oben dargestellten Art (vgl. Abb. 3, vorige Seite) erscheint sinnvoll, wird aber von Meyer nur indirekt aufgegriffen. Er verwendet den Begriff des Unterrichtskonzepts zwar im Zusammenhang mit dem handlungsorientierten Unterricht, zeigt allerdings keine Alternativen auf. Dafür gibt es eine kaum zu überblickende Vielzahl an Handlungsmustern bzw. Unterrichtsmethoden.

In der Literatur findet man oft eine Vermischung der Unterrichtsmethoden mit den Sozialformen und auch den Unterrichtskonzepten. So entdeckt man unter den über 125 „Methoden“ im „Kleinen Methoden-Lexikon“ von Peterßen [2009:65, 225] auch die Einzel- und Partnerarbeit (die nach Meyer Sozialformen darstellen) oder das handlungsorientierte Lernen (das nach Meyer ein Unterrichtskonzept ist). Auch die im Folgenden vorgestellten Unterrichtskonzepte werden häufig im Kontext der Unterrichtsmethoden (Handlungsmuster) genannt. So enthält das „Kleine Methodenlexikon“ von Peterßen [2009:66, 116, 265] auch entdeckendes, ganzheitliches und situiertes Lernen und der „Methodenpool“ von Kersten Reich neben situiertem auch kooperatives Lernen [Reich 2012].

Da die Systematisierung nach Meyer meines Erachtens nicht alle Facetten abdeckt, werden nun **grundlegende konstruktivistische Unterrichtskonzepte** vorgestellt. In einem Unterrichtskonzept, werden auf Grundlage eines bestimmten Welt- und Menschenbildes Merkmale von Unterricht benannt [Jank & Meyer 1994]. Die im Folgenden kurz vorgestellten Unterrichtskonzepte basieren jeweils auf der konstruktivistischen Vorstellung von Lernen. Auf die ergänzenden Feinheiten der einzelnen Menschenbilder soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden. Vielmehr sollen neben den

kurzen Beschreibungen, deren zentrale Merkmale heraus gestellt werden. Die Auswahl der vorgestellten Unterrichtskonzepte basiert auf Abbildung 3 und orientierte sich daran, ob diese in der Literatur mit Problembasiertem Lernen in Verbindung gebracht werden.

„**Handlungsorientierter Unterricht** ist ein ganzheitlicher und schüleraktiver Unterricht, in dem die zwischen dem Lehrer/der Lehrerin und den SchülerInnen vereinbarten Handlungsprodukte die Gestaltung des Unterrichtsprozesses leiten, so dass Kopf- und Handarbeit der SchülerInnen in ein ausgewogenes Verhältnis zueinander gebracht werden können.“ [Jank & Meyer 1994:355] Merkmale handlungsorientierter Methoden sind demnach Inhalts- und Produktorientierung sowie Orientierung an den Lernenden und deren Selbsttätigkeit. Das handlungsorientierte Lernen hat seine Ursprünge in der *learning by doing*-Initiative von John Dewey (vgl. [Dewey & Dewey 1915]). Dieses Konzept spielt heute überwiegend in der Berufspädagogik eine Rolle, da es in erster Linie auf den Erwerb praktischer Kompetenzen abzielt [Jank & Meyer 1994; Huwendiek 2006].

Eng verwandt damit ist das **ganzheitliche oder mehrdimensionale Lernen**, welches Johann H. Pestalozzis Grundidee des Lernens mit „Kopf, Herz und Hand“ [Gudjons 2008:20] beschreibt. Eine erlebnisbezogene Konfrontation mit dem Lernstoff rückt Gedanken und Empfindungen der einzelnen Lernenden in den Mittelpunkt des Unterrichtsgesprächs [Crittin & Crittin 1986]. Durch die kognitive, affektive und psychomotorische Erschließung haben die Lernenden die Möglichkeit einer tieferen Durchdringung und somit einer besseren Speicherung des Gelernten.

**Entdeckendes Lernen** stellt bewusst den Weg ins Zentrum des Lernprozesses, nicht das Ziel [Gudjons 2008:22f.; Huber 2009:11; Messner 2009]. Dabei gehen die Lernenden diesen Weg eigenständig, selbstorganisiert und im Optimalfall intrinsisch motiviert. Das entdeckende Lernen orientiert sich in seiner Struktur an naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen. Denn „ob es ein Schüler ist, der selbstständig vorgeht, oder ein Wissenschaftler, der sein wachsendes Gebiet beackert, stets werde ich von der Annahme ausgehen, dass Entdeckung dem Wesen nach ein Fall des Neuordnens oder Transformierens des Gegebenen ist. Dies so, dass man die Möglichkeit hat, über das Gegebene hinauszugehen, das so zu weiteren neuen Einsichten kombiniert wird.“ [Bruner 1973:16] Während die Schülerinnen und Schüler in diesem Prozess in der Regel Fakten entdecken, die der Fachwelt bereits bekannt sind, wird beim **forschenden Lernen** betont, dass der Prozess auf die Generierung neuer Erkenntnisse ausgerichtet ist [Huber 2009:11]. Genau genommen ist dieses Element in der Schule im Regelunterricht nicht umsetzbar. Dies führt dazu, dass die Begriffe entdeckendes und forschendes Lernen im schulischen Kontext oft gleichbedeutend verwendet werden oder entdeckendes Lernen als Vorstufe des forschenden Lernens gesehen wird [Messner 2009]. Beim forschend-entwickelnden Verfahren nach Schmidkunz und Lindemann [2003] wird die forschende Aktivität der Schülerinnen und Schüler sowie die entwickelnde und unterstützende Funktion der Lehrkraft betont. Der Unter-

richt nach diesem Konzept gliedert sich in fünf Denkstufen (Problemgewinnung, Überlegungen zur und Durchführung der Problemlösung, Abstraktion der Ergebnisse, Wissenssicherung [ebd.:37]) und stellt das Experiment ins Zentrum. Das Experiment wird dabei für verschiedene Aufgaben eingesetzt [ebd.:43f.]: zum Aufzeigen eines Problems (Einführungsexperiment), als Teil der Problemlösung (induktives weiterführendes Experiment oder deduktives Bestätigungsexperiment) sowie zur Wissenssicherung (Wiederholungs- oder Anwendungsexperiment).

Im englischsprachigen Raum wird dieser Ansatz mit ***Inquiry-based Science Education (IBSE)*** bezeichnet. Das Konzept und seine methodische Vielfalt und Komplexität werden in den nationalen amerikanischen Bildungsstandards beschrieben:

Scientific inquiry refers to the diverse ways in which scientists study the natural world and propose explanations based on the evidence derived from their work. [...] Inquiry is a multifaceted activity that involves making observations; posing questions; examining books and other sources of information to see what is already known; planning investigations; reviewing what is already known in light of experimental evidence; using tools to gather, analyze, and interpret data; proposing answers, explanations, and predictions; and communicating the results. Inquiry requires identification of assumptions, use of critical and logical thinking, and consideration of alternative explanations. [NRC 1996:23]

Der englische Begriff *Inquiry* wird in der Literatur vielfältig verwendet und mehr oder weniger ausdifferenziert. Einen Überblick liefern Prince und Felders [2006].

Beim **kooperativen Lernen** steht der Austausch zwischen den Schülerinnen und Schülern im Mittelpunkt. Gemeinsam arbeiten sie an der gleichen Aufgabenstellung, wobei es von Bedeutung ist, dass sich jede Person einzeln mit der Bearbeitung beschäftigt [Rumann 2004:21; Sennebogen, Wetsch & Neuhaus 2010]. Nach Ludger Brüning [2010] soll die Bearbeitung von Inhalten dabei immer im Dreischritt erfolgen: Denken (EA) – Austauschen (PA) – Vorstellen (Gruppe/Plenum) (s. a. [Brüning & Saum 2007]). Somit werden in erster Linie soziale und kommunikative Kompetenzen gefördert und zusätzlich individuelle Lernerfolge begünstigt [Sennebogen et al. 2010]. Eine Studie von Slavin [1991] zeigt die Überlegenheit von kooperativen Lernformen gegenüber traditionellem Unterricht (Kontrollgruppendesign, 84% positive Effekte).

Das **selbstbestimmte Lernen** (*SDL: Self-Directed Learning*) hat seinen Ursprung bereits im 19. Jahrhundert [Diesterweg 1873:201f.]. Die radikale Form geht davon aus, dass die Lernenden in allen Bereichen selbstbestimmt handeln. Sie bestimmen wann sie was, wie, wo, mit wem und mit welchem Ziel lernen möchten [Neber 1978:22]. Der Begriff des **selbstgesteuerten** oder **selbstorganisierten Lernens** (*SRL: Self-Regulated Learning*) findet Verwendung, wenn die Ziele und Inhalte von außen vorgegeben werden und nur der Lernprozess selbst organisiert wird [Faulstich 1999; Loyens, Magda & Rikers 2008]. In allen Fällen kann eine erfolgreiche Selbststeuerung nur gelingen, wenn die Lernenden über vielfältige Kompetenzen in den Bereichen Lernstrategie und Arbeitstechnik verfügen

[Artelt, Demmrich & Baumert 2001; Gudjons 2008:30] und auch die Lehrkraft bereit ist, sich selbst zurückzunehmen und die Lernenden selbstbestimmt arbeiten zu lassen (etwa bei der Quellenauswahl) [Loyens et al. 2008].

Beim **situierten Lernen** geht man davon aus, dass Lernen ein situations- und kontextgebundener, aktiver und selbstgesteuerter Prozess ist, der von sozialen Prozessen und intrinsischer Motivation beeinflusst wird [Brown, Collins & Duguid 1989; Hasselhorn & Gold 2009:273f.]. Damit werden auch Teilaspekte des kooperativen und selbstorganisierten Lernens aufgegriffen. Auf dieser Grundlage werden Lernumgebungen gestaltet, welche die Lernenden, den Inhalt und den Prozess in den Fokus rücken. Als Instruktionsmodelle (und damit Handlungsmuster) gelten die „Methode der Verstehensanker“ sowie die „kognitive Meisterlehre“ [Hasselhorn & Gold 2009:274] (vgl. auch [Brown, Collins & Duguid 1989; Gräsel 1997:35-43; Reusser 2005]).

**Kumulatives Lernen** betont den Aufbau von Wissen auf bestehenden Grundlagen [Freiman, Habelitz-Tkotz, Layritz, Mößel & Zühlke 2002; ZUM 2007]. Somit ist ein solides Basiswissen der Ausgangspunkt für die Entstehung weitergehenden Wissens. Der vertikalen und horizontalen Vernetzung, also innerhalb eines Fachs und innerhalb einer Klassenstufe über die Fächergrenzen hinaus, wird eine gesteigerte Bedeutung zugesprochen. Dies drückt sich auch in den verwendeten Methoden aus, die den strukturierenden und visualisierenden Charakter hervorheben (wie Mind- und Concept-Maps, Strukturlegetechnik, ...). Das kumulative Lernen steht im Gegensatz zum additiven Lernen, bei dem Wissen in unabhängigen Portionen erlangt werden kann.

Tab. 4: Überblick über einige Unterrichtskonzepte des Konstruktivismus und deren Merkmale (eigene Zusammenstellung)

Auswahl konstruktivistischer Unterrichtskonzepte/ Lehr-Lern-Modelle	Merkmale der Unterrichtskonzepte					
	Lernerorientierung	Inhaltorientierung	Prozessorientierung	Produktorientierung	Handlungsorientierung	Selbsttätigkeit
Entdeckendes/forschendes Lernen	X		X		X	X
Ganzheitliches/Mehrdimensionales Lernen	X	X			X	X
Genetisches Lernen		X	X			
Handlungsorientiertes Lernen	X	X		X	X	X
Kooperatives Lernen	X	X	X			X
Kumulatives Lernen	X	X				
Selbstbestimmtes und selbstgesteuertes/ -organisiertes Lernen	X		X		X	X

Die beschriebenen didaktischen Prinzipien werden in Tabelle 4 noch einmal vergleichend gegenübergestellt. Sie unterscheiden oder gleichen sich jeweils in ihrer Schwerpunktsetzung, was die Orien-

tierung an den Lernenden, dem Inhalt, dem Prozess bzw. dem Produkt, der Handlung im Allgemeinen oder der Selbsttätigkeit der Lernenden betrifft.

In Anlehnung an ein Zitat von Walter Jung [1988:44] „Unterricht, der nicht genetisch angelegt ist, (scheint) heute nicht mehr akzeptabel zu sein“, wird ergänzend zur bisherigen Auswahl noch das **genetische Lernen** kurz umrissen. Es folgt dem Grundsatz, Wissen so zu vermitteln, wie es entstanden ist. Dies formulierte Friedrich W. Lindner bereits im Jahr 1808 in seinen Ausführungen zum historisch-genetischen Konzept (er nannte es Methode):

Alle Nahrung des menschlichen Geistes, der in einem beständigen Werden begriffen ist, muß ihm in der werdenden Form dargeboten werden. Jede Wissenschaft, die das werdende Leben des Menschen befördern soll, muß zu der gehörigen Zeit, in der gehörigen und nothwendigen Ordnung, und die Theile derselben in einer natürlichen Reihe gegeben werden. [Lindner 1808:18; Hervorh. i. O.]

Während bei Lindner der geschichtliche Aspekt noch eine zentrale Rolle spielt, wird heute mehr Wert auf die Kausalzusammenhänge bei der Entwicklung gelegt. Im Laufe der Zeit wurden verschiedene Facetten und Umsetzungsmöglichkeiten entwickelt, die von Kornelia Möller [2001] näher erörtert werden. Die Unterrichtsgestaltung nach dem genetischen Prinzip ist denkbar vielfältig. So werden bei Lindner die Inhalte „den Zöglingen bekannt gemacht“ [Lindner 1808:84], was auf eher darbietende Methoden schließen lässt. Im Gegensatz dazu greifen das genetisch-sokratisch-exemplarische Lehren von Wagenschein [1968:95ff.] auf dialogische und der konstruktivistisch-genetische Ansatz von Köhnelein [1996] auf explorative Methoden zurück. Peter Buck überträgt Wagenscheins Ansatz in die Chemie [Buck 2010] und betont die individuellen Leistungen beim Lernen („Einwurzelung und Verdichtung“ [Buck 1997]). Damit handelt es sich beim genetischen Lernen um ein Konzept, das in seiner ursprünglichen Form zwar nicht im Bereich des Konstruktivismus zu verorten war, aber durch seine methodische Ausgestaltung, dessen Ansprüche durchaus erfüllen kann.

Nach den Lerntheorien und den didaktischen Prinzipien fehlt – bezogen auf Abbildung 3 – mit den **Methoden** nur noch das „Dach der Unterrichtsgestaltung“. Die Vielfalt der methodsichen Möglichkeiten ist dabei schon angeklungen. Eine begründete Auswahl kann erst im Kontext der Lernziele erfolgen, weshalb die ausführliche Betrachtung dieser Thematik auf Teilkapitel 1.7 verschoben wird.

Im Kontext konstruktivistischen Unterrichts wird häufig den sogenannten offenen Methoden eine besondere Rolle eingeräumt. Diese zeichnen sich durch die Prinzipien der Aktivierung, Differenzierung, Individualisierung, Kooperation, Selbstverantwortung und Sinnhaftigkeit aus [Edel 2006]. Eine **Öffnung des Unterrichts** kann in einzelnen oder mehreren Bereichen erfolgen und ist möglich in Bezug auf Inhalt und Themen, Sozialformen und Arbeitstechniken sowie die zeitliche Gestaltung (bzgl.

Zeitpunkt und Zeitdauer) [ebd.]. Dabei kann Öffnung einerseits Wahlfreiheit bedeuten und andererseits die Verantwortung von der Lehrkraft auf die Schülerinnen und Schüler übertragen. Dabei ist grundsätzlich auch eine Öffnung bezüglich des Lernortes denkbar. Diese Form soll im weiteren Verlauf dieser Arbeit keine Rolle spielen, da sie in der Schule kaum Anwendung findet. Je nach Öffnungsgrad können sich innerhalb eines Unterrichtskonzepts verschiedene methodische Ausprägungen ergeben (exemplarisch wird dies später in Kap. 1.7, S. 56, dargestellt).

### 1.3 Der Kompetenzbegriff

Im Zusammenhang mit den verschiedenen Unterrichtskonzepten, wurde häufig auf die Förderung spezieller Kompetenzen hingewiesen. Auch in der Einleitung wurde betont, dass Schule heute neben fachlichem Wissen Kompetenzen ausbilden soll. Daher soll dieser Begriff nun definiert werden. Die **Definition des Kompetenzbegriffs gestaltet sich sehr schwierig**, da das Wort auch im Alltag eine starke Verbreitung findet und viele Personen bereits für sich eine Assoziation tragen [Hartig 2008; Klieme, Maag-Merki & Hartig 2007b]. Im Duden findet man die Erklärungen „Sachverstand, Fähigkeit“, aber auch „Zuständigkeit, Befugnis“ [Duden 2010, Stichwort Kompetenz]. Der letzte Aspekt spielt für die Bildungsforschung eher eine untergeordnete Rolle, wobei er im beruflichen Feld durchaus seine Berechtigung findet [Straka & Macke 2009]. Je nach Fachbereich und Zusammenhang werden in den unterschiedlichen Definitionen neben dem fachlichen Wissen und Können auch Bereitschaft, Einstellung, individuelle Voraussetzungen, Motivation, Werte oder Zuständigkeit berücksichtigt [z. B. Erpenbeck & Weinberg 2004; Klieme et al. 2007b; Straka & Macke 2009]. Auch wenn eine allgemeingültige Definition nicht sinnvoll erscheint, kann man ein zentrales Merkmal aller Begriffsbildungen herausarbeiten, nämlich „die Entwicklung eines Potenzials zum selbstständigen Handeln in unterschiedlichen Gesellschaftsbereichen“ [Arnold 2001:176].

Im Kontext schulischer Bildung in Deutschland ist es sicher sinnvoll, vor allem die Kompetenzdefinitionen der beteiligten Institutionen zu betrachten. Die Kultusministerkonferenz (KMK) bezieht sich bei der Erarbeitung der Bildungsstandards und der darin formulierten Kompetenzen auf die Definition des **Kompetenzbegriffs nach Weinert** [KMK 2004b-d:7]:

Kompetenzen sind die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen (Anm.: gewollten) und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können. [Weinert 2001:27f.]

Diese Definition betont neben dem Wissen und Können ebenfalls persönliche Ressourcen wie Motivation und Wille, weist aber darüber hinaus auch auf die Verfügbarkeit der vorhandenen Fähigkeiten hin. Die Kompetenzdefinition nach Weinert beinhaltet folgende zentrale Merkmale:

- Kompetenz ist verfügbar oder kann erlernt werden,
- Kompetenz beinhaltet kognitive Fähigkeiten, wie Fachwissen,
- Kompetenz beinhaltet auch personenbezogene Aspekte, wie Motivation und Wille,
- Kompetenz kann in variablen Situationen eingesetzt werden und
- Kompetenz verleiht Verantwortung.

Im Bildungsbereich wird von vielen bedeutenden Wissenschaftlern und Institutionen auf diese Definition verwiesen. An dieser Stelle sollen nur einige Beispiele genannt werden: Prof. Dr. Eckhard Klieme vom Deutschen Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF) im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) [Klieme et al. 2007a:21], das Ministerium für Kultus, Jugend und Sport (MKJS) Baden-Württemberg sowie das Landesinstitut für Schulentwicklung Stuttgart [Böhringer et al. 2009:3], das Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München [Hechenleitner & Schwarzkopf 2006], die baden-württembergische Landesakademie für Fortbildung und Personalentwicklung an Schulen auf ihrer Homepage [Landesakademie 2011] und das hessische Amt für Lehrerbildung [Bauch et al. 2011]. Auch die PISA-Studie legt den Kompetenzbegriff nach Weinert zugrunde [Baumert, Stanat & Demmrich 2001:22].

Der Bildungsplan 2004 für Baden-Württemberg fasst zusammen und betont, dass Kompetenz nicht ohne fachliche Grundbildung ausgebildet werden kann:

Eine Kompetenz ist eine komplexe Fähigkeit, die sich aus richtigem Wahrnehmen, Urteilen und Handeln können zusammensetzt und darum notwendig das Verstehen der wichtigsten Sachverhalte voraussetzt. [MKJS 2004a-c:8; MKJS 2004d:10]

Vor diesem Hintergrund soll nun erörtert werden, welche inhaltlichen Aspekte durch naturwissenschaftliche Grundbildung abgedeckt werden sollten. Diese ergeben sich häufig auch aus den angestrebten Zielen. Daher sollen zunächst die Ziele und dann die daraus resultierenden Inhalte einer naturwissenschaftlichen Grundbildung aufgezeigt werden.

## 1.4 Naturwissenschaftliche Grundbildung

In den Vorworten zu den aktuell gültigen Bildungsplänen in Baden-Württemberg werden als **Ziele von Bildung** genannt „junge Menschen in der Entfaltung und Stärkung ihrer gesamten Person [zu] fördern“ und ihnen „Mittel und Fähigkeiten [mitzugeben], die ihnen ermöglichen, als Person und



Bürger in ihrer Zeit zu bestehen“ [MKJS 2004a-c:7; MKJS 2004d:9] (vgl. auch [Pant 2016]). Für diese Ziele ist auch eine breite naturwissenschaftliche Grundbildung nötig. Dies bemerkte schon Paul Hurd im Jahre 1958 im Hinblick auf das atomare Zeitalter, die Erforschung menschlicher Zellen oder die Errungenschaften um Plastik und Pestizide [Hurd 1958].

Science with its applications in technology has become the most characteristic feature of modern society. [...] More than a casual acquaintance with scientific forces and phenomena is essential for effective citizenship today. Science instruction can no longer be regarded as an intellectual luxury for the select few. If education is regarded as a sharing of the experiences of the culture, then science must have a significant place in the modern curriculum from the first through the twelfth grade. [Hurd 1958:13]

Er betont also, dass die Naturwissenschaften mit ihren Errungenschaften ein Teil unserer Kultur sind und deshalb für alle zugänglich gemacht werden müssen. Außerdem sei eine effektive Teilnahme an der modernen Gesellschaft nur mit naturwissenschaftlichem Wissen möglich und daher naturwissenschaftliche Bildung für alle Menschen nötig. Diese Ansicht vertritt auch die Kultusministerkonferenz (KMK) und betont die naturwissenschaftliche Bildung als „wesentliche[n] Bestandteil von Allgemeinbildung“, da sie „dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche Forschung“ ermöglicht [KMK 2004b-d:6]. Ein Ziel naturwissenschaftlicher Bildung ist es also, mündige Bürgerinnen und Bürger auszubilden, die aktiv am gesellschaftlichen Leben teilnehmen können und in der Lage sind, begründet demokratische und ethische Entscheidungen zu treffen [Aikenhead 1980, 2005; Harlen 2010:7f. in Eurydice 2011:68; Hurd 1958; KMK 2004b-d:6; NRC 1996:13; Osborne 2007; Roberts 2007; Rocard et al. 2007; Suwelack 2010]. Eine naturwissenschaftlich mündige Teilnahme am gesellschaftlichen Leben wird im Hinterfragen und Erklären von Alltagsphänomenen, im Verständnis und der Beurteilung wissenschaftlicher Texte in Zeitungen sowie in wissensbasierten Diskussionen über naturwissenschaftliche Themen deutlich [Aikenhead 1980; NRC 1996:22].

Des Weiteren ist naturwissenschaftliche Bildung aber auch aus persönlichen Gründen wichtig. Sie ermöglicht jedem Individuum, dem Wandel in der Gesellschaft ohne Angst und Sorge zu begegnen [Hurd 1958], flexibel zu bleiben sowie kontinuierlich weiter zu lernen [Harlen 2010:7; KMK 2004b-d:6] und dadurch auf die persönliche und berufliche Zukunft vorbereitet zu sein [BLK 1997:5f.; NRC 1996:13; Rocard et al. 2007].

Abschließend bieten die Naturwissenschaften um ihrer selbst willen ein gewichtiges Argument. Einerseits gibt es immer wieder interessierte Schülerinnen und Schüler, die später einen Beruf im Bereich der Naturwissenschaften wählen und in der Schule die Grundlagen für diese Entscheidung, aber auch das benötigte fachliche Grundwissen erlangen [DeBoer 2000; Harlen 2010:7-9; KMK 2004b-d:6; NRC 1996:13; Roberts 2007; Suwelack 2010]. Darüber hinaus sollte sichergestellt werden, „dass Europa ausreichend Spitzenwissenschaftler und -ingenieure ausbildet und bindet, die

für seine zukünftige wirtschaftliche und technische Entwicklung benötigt werden“ [Rocard et al. 2007:7]. Wenige Autoren betonen ergänzend ästhetische Aspekte. In diesem Bereich kann beispielsweise der Einfluss im Gebiet der Architektur genannt werden [Thomas & Durant 1987]. Zudem können die Schönheit der Natur und die Wunder ihrer Lebewesen zur persönlichen Zufriedenheit beitragen [DeBoer 2000; Harlen 2010:6].

Einige Veröffentlichungen differenzieren die Argumente weiter aus und benennen bis zu neun davon explizit [Thomas & Durant 1987; DeBoer 2000]. Bezugnehmend auf die neun Leistungsbereiche von Thomas und Durant klassifizieren Driver, Leach, Millar und Scott [1996:11] zusammenfassend wirtschaftliche, gemeinnützige, kulturelle, demokratische und moralische Ziele naturwissenschaftlicher Grundbildung.

Speziell auf das Fach Chemie bezogen, formuliert Michael Anton eine Zielvorgabe, die sich auf den naturwissenschaftlichen Unterricht allgemein übertragen lässt:

Wenn es dem Einzelnen gelingt, sein Wissen intelligent, weil flexibel zu verwalten, an der richtigen Stelle stützig zu werden, die richtigen Fragen zu stellen, sich die nötigen Informationsquellen zu erschließen, deren Wert zu taxieren und vernünftige Schlüsse zu ziehen, dann ist das Bildungsziel erreicht. [Anton 2005:170f.]

Um diese vielfältigen Facetten zu verwirklichen, genügt es jedoch nicht, fachliches Wissen anzuhäufen. Wie Anton darstellt, sind darüber hinaus fachbezogenes Wissen, Basiskompetenzen und persönliche Eigenschaften nötig. Nur das Zusammenspiel dieser drei Bereiche ermöglicht den „,innere[n] Wohlstand‘ des Lerner“ [Anton 2005:169] im naturwissenschaftlichen Bereich.

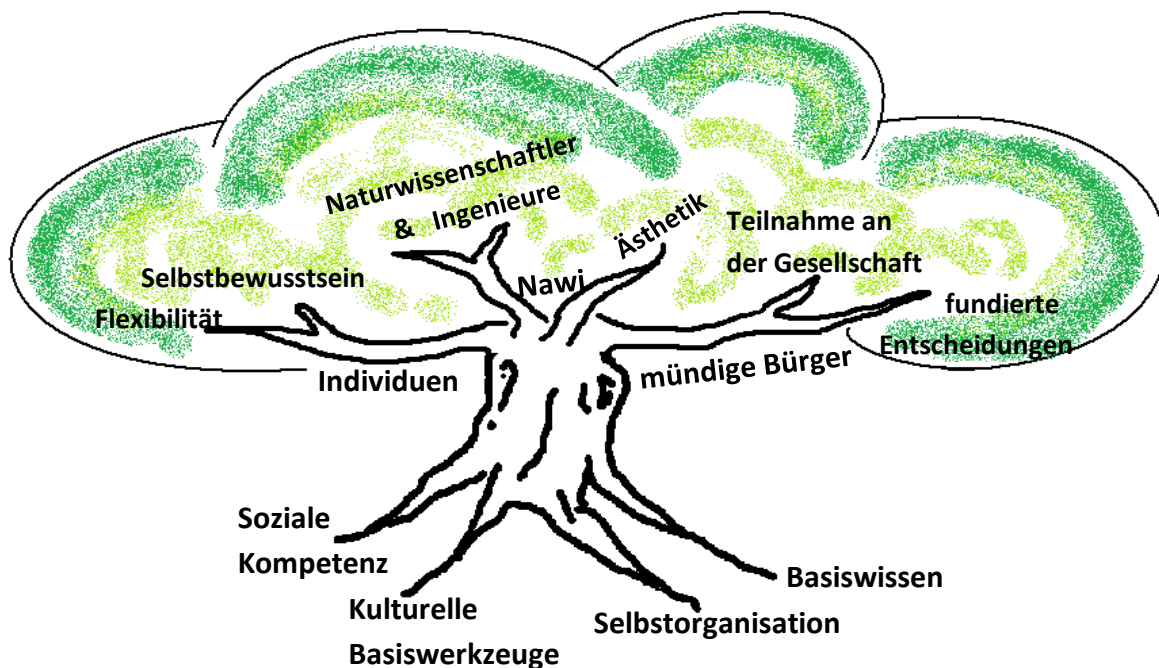


Abb. 4: Baum der naturwissenschaftlichen Grundbildung mit seinen Inhalten (Wurzeln) und Zielen (Krone) (eigene Metapher und Darstellung)

Eine Expertengruppe der Bund-Länder-Kommission (BLK) kennzeichnet ein Allgemeinbildungskonzept, das „der Unbestimmtheit zukünftiger Lebenssituationen und Anforderungen und der Anschlussfähigkeit erworbenen Wissens für Weiterlernen Rechnung trägt“ [BLK 1997:6], durch vier **inhaltliche Ziele** für Schule allgemein und den naturwissenschaftlichen Unterricht im Besonderen: die sichere Beherrschung kultureller Basiswerkzeuge, ein breites, gut organisiertes Basiswissen in den zentralen Wissensdomänen, die Fähigkeit zur Selbstorganisation und -regulation des Lernens sowie soziale Kompetenzen [BLK 1997:6f.]. Diese allgemeinen Aspekte findet man auch im bereits zitierten Flyer der IHK [2005] zu den Anforderungen an Schulabgängerinnen und Schulabgänger. Diese vier inhaltlichen Bereiche bilden vielmehr die Grundlage zur Erreichung der zuvor beschriebenen Ziele. Metaphorisch gesehen sind sie die Wurzeln, aus denen eine erfolgreiche naturwissenschaftliche Grundbildung erwachsen kann (s. Abb. 4).

Die hier beschriebene naturwissenschaftliche Grundbildung als Teil der Allgemeinbildung wird im internationalen Sprachgebrauch als **Scientific Literacy** [Hurd 1958] bezeichnet. Es gibt keine klare Definition von *Scientific Literacy* [Osborne 2007; Roberts 2007], sondern vielfältige Beschreibungen, die sich auf die gehandelten Ziele oder die benötigte inhaltliche Kombination aus Wissen, Fertigkeiten und Einstellungen beziehen. Als Beispiel sei hier die Definition des *National Research Council (NRC)* aufgeführt:

Scientific literacy is the knowledge and understanding of scientific concepts and processes required for personal decision making, participation in civic and cultural affairs, and economic productivity. It also includes specific types of abilities. [NRC 1996:22]

Noch spezifischer auf die Anforderungen der Naturwissenschaften ausgerichtet, ist eine Beschreibung von *Scientific Literacy* nach Duit und Treagust:

Scientific literacy is seen as the capacity to identify questions and to draw evidence-based conclusions in order to understand and help make decisions about the natural world and the changes made to it through human activity. [Duit & Treagust 2003:681]

Im weiteren Verlauf werden, neben prozessbezogenen Fähigkeiten, explizit überfachliche Kompetenzen, wie selbstgesteuertes Lernen, Problemlösen, Kooperation und Kommunikation genannt [Duit & Treagust 2003]. Aus dieser Begriffsbestimmung erwächst für den naturwissenschaftlichen Bereich die Aufgabe, neben dem fachbezogenen Wissen (Wissen in und über Naturwissenschaften) auch naturwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen zu vermitteln und persönliche Aspekte (wie Neugier, Wille oder Reflexion) zu berücksichtigen [Labudde & Möller 2012; OECD 2007:41f.; Schallies, Wellensiek & Lembens 2002; Thomas & Durant 1987] (für das Fach Chemie vgl. auch [Anton 2005]). Insgesamt wird somit wieder die Ausbildung der vier „Wurzeln der BLK“ angestrebt.

Thomas und Durant [1987] beziehen sich beim Versuch, eine Definition zu entwickeln, auch auf den Eintrag im *Oxford English Dictionary*, der „to be literate“ also „gebildet sein“ als „mit Buchstaben vertraut, ausgebildet und belesen sein“ beschreibt [ebd.:10, eigene Übersetzung]. Sie folgern daraus, dass für die Grundbildung neben Lesen und Schreiben auch die Fähigkeit zum Lernen wichtig ist, die eine Voraussetzung für die Bildung der Bevölkerung ist, und betonen damit ebenfalls die Bedeutung der kulturellen Basiswerkzeuge und des Lernkonzepts.

Auf die historische Entwicklung des Begriffs und die Herausforderungen bei der Gestaltung naturwissenschaftlicher Curricula soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden. Einen guten Überblick liefern George DeBoer [2000] und Douglas Roberts [2007]. Vielmehr sollen im Folgenden die Inhalte des naturwissenschaftlichen Wissens beleuchtet werden.

Ausgehend von den Zielen, greift die Beschreibung naturwissenschaftlicher Grundbildung (im Sinne von *Scientific Literacy*) durch die KMK erstmals **konkrete inhaltliche Ausgestaltungsmöglichkeiten** auf, wobei nicht alle Bereiche abgedeckt werden, sondern nur fachliches und fachbezogenes Wissen.

Ziel naturwissenschaftlicher Grundbildung ist es, Phänomene erfahrbar zu machen, die Sprache und Historie der Naturwissenschaften zu verstehen, ihre Ergebnisse zu kommunizieren sowie sich mit ihren spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen auseinander zu setzen. Dazu gehört das theorie- und hypothesengeleitete naturwissenschaftliche Arbeiten, das eine analytische und rationale Betrachtung der Welt ermöglicht. Darüber hinaus bietet naturwissenschaftliche Grundbildung eine Orientierung für naturwissenschaftlich-technische Berufsfelder und schafft Grundlagen für anschlussfähiges berufsbezogenes Lernen. [KMK 2004b-d:6]

Sprache und Historie von Naturwissenschaften, theorie- und hypothesengeleitetes analytisches Arbeiten, wissenschaftliches Kommunizieren und Anknüpfungspunkte für berufsbezogenes Lernen nennt die KMK im Zitat exemplarisch. Allerdings ist es selbstverständlich, dass diese Liste nicht umfassend ist. Mit der Frage, was zur naturwissenschaftlichen Grundbildung gehört, beschäftigte sich erstmals die *American Association for the Advancement of Science (AAAS)*. Dabei entstand das Konzept **Nature of Science (NOS)** [AAAS 1990, 1993], das heute im deutschsprachigen Raum mit „**Natur der Naturwissenschaften**“ [Höttecke 2001, 2001a] bezeichnet wird. Bezüglich der Inhalte identifizieren die Autoren die drei Hauptaspekte *Scientific World View*, *Scientific Inquiry* und *Scientific Enterprise* [AAAS 1990, 1993]. Diese können in Anlehnung an Kremer und Mayer [2013:80] wie folgt übersetzt werden: „naturwissenschaftliches Wissen“ (inkl. Wissen über Naturwissenschaften), „naturwissenschaftliche Methoden“ (oder Arbeitsweisen) sowie „institutionelle und soziale Handhabung“. Auch bei diesen Konzepten und Begriffen gibt es in der Literatur keine genauen Definitionen, sondern eine Vielzahl von Beschreibungen und Vorschläge für die inhaltliche Gestaltung [Lederman 2004, 2007; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar & Duschl 2003]. Die Arbeitsgruppe um Norman Lederman versteht

NOS beispielsweise nicht als Überbegriff, sondern definiert damit den *Scientific World View*. In deren Definition wird jedoch der Unterschied zum Bereich der Methoden klar erkennbar:

Scientific processes (Inquiry) are activities related to collecting and analyzing data, and drawing conclusions (AAAS, 1990, 1993; NRC, 1996). [...] On the other hand, NOS refers to the epistemological underpinnings of the activities of science and the characteristics of the resulting knowledge. [Lederman 2007:835] (Vergleiche auch [Abd-El-Khalick, Bell & Lederman 1998:418].)

Der Bereich der Methoden beinhaltet das Wissen um das praktische Vorgehen und basiert auf dem bereits vorhandenen Fachwissen sowie dessen Struktur. Die Entscheidung für eine angemessene Methode und die Einordnung der gewonnenen Erkenntnisse gehört demnach schon wieder zum Bereich des naturwissenschaftlichen Wissens [Abd-El-Khalick et al. 1998].

Im Folgenden soll ein Einblick in den **Inhalt der verschiedenen Bereiche der Natur der Naturwissenschaften** gegeben werden. Da die Bereiche in der Literatur nicht trennscharf verwendet werden, werden zunächst einzelne Quellen vorgestellt, bevor im Anschluss eine Einordnung in die drei Bereiche der AAAS erfolgt.

Bereits im Jahr 1998 analysierten William McComas und Joanne Olson [1998] acht Bildungsplandokumente aus dem englischsprachigen Raum (USA, Kanada, England, Australien, Neuseeland). Dabei entstanden über 30 Aussagen zur Natur der Naturwissenschaften, die in vier Kategorien aufgeteilt werden können: Geschichte der Naturwissenschaften, Eigenschaften und Verhalten der Naturwissenschaftler sowie Definitionen bzw. Eigenschaften der Naturwissenschaft selbst. Diese Gruppen wurden anschließend den Wissenschaftsbereichen Geschichte, Philosophie, Psychologie und Soziologie zugeordnet. Durch die Analysen konnte insgesamt eine große Übereinstimmung zwischen den Dokumenten festgestellt werden. So wurden beispielsweise die globale Bedeutung und der langsame Wandel naturwissenschaftlichen Wissens bis auf eine Ausnahme in allen Dokumenten gefunden. Dagegen wurden einige Aussagen, die für das Verständnis bei Schülerinnen und Schülern wichtig erscheinen, wie die Bedeutung von Folgerungen oder die Objektivität bzw. das Weiterentwicklungspotenzial der Naturwissenschaften, nur in wenigen Dokumenten genannt. Insgesamt ist die Vielzahl von Aussagen eher unübersichtlich, weshalb an dieser Stelle keine Auflistung erfolgt. Vielmehr sollen die im Folgenden in den anderen Quellen identifizierten Merkmale am Ende mit den hier gefundenen Aussagen verglichen werden (siehe Tab. 5).

Osborne et al. [2003] führten eine Delphi-Studie durch, mit der Frage, welche Ideen über die Naturwissenschaften in ein Schulcurriculum aufgenommen werden sollten. In der Befragung über drei Runden konnten am Ende neun Aspekte identifiziert werden, wovon die meisten dem **Bereich der Arbeitsweisen** zugeordnet werden können (nämlich Hinterfragen, Hypothesen und Voraussagen, Wissenschaftliche Methoden und kritische Prüfung, Analyse und Interpretation der Daten, Vielfältig-

keit naturwissenschaftlicher Denkweisen). Diese werden ergänzt durch den geschichtlichen Hintergrund und die Vorläufigkeit des naturwissenschaftlichen Wissens sowie Zusammenarbeit und Kommunikation zwischen den Wissenschaftlern. Die Autorinnen und Autoren merken an, dass durch das Befragungsdesign bei der Auswertung eine klare Linie gezogen wurde und nennen deshalb sieben weitere Aspekte, die als wichtig betrachtet werden können (wie Ethik und Moral, Bedeutung der Technologie und empirischer Befunde).

Ausgehend von der Frage, was Naturwissenschaften sind bzw. machen, erstellt Norman Lederman [2004:205-207, 2007] eine Liste von sieben Gesichtspunkten, die Schülerinnen und Schüler erfahren sollen. Dabei handelt es sich durchweg um **Aspekte**, die nach dem Konzept der AAAS dem **Scientific World View** zugeordnet werden können. Dies sind im Detail der geschichtliche und kulturelle Hintergrund sowie die Vorläufigkeit von naturwissenschaftlichem Wissen, die Unterscheidung zwischen Gesetzen und Theorien, das Zusammenspiel von Beobachtungen und Folgerungen, empirische Befunde als Basis des Wissens, die Kreativität und Vorstellungskraft von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern sowie die Theoriebeladenheit der Naturwissenschaft, die auf deren subjektiven Erfahrungen beruht.

Die Verwendung der Begriffe bei Schwartz et al. [2004] entspricht derjenigen von Lederman. *NOS* wird wieder in der Bedeutung des *Scientific World View* verwendet und durch *Scientific Inquiry* als zweites Standbein ergänzt. Schwartz et al. kennzeichnen die Natur der Naturwissenschaften durch acht Teilaspekte. Dabei handelt es sich um die sieben Aspekte von Lederman ergänzt durch die Betonung der gegenseitigen Abhängigkeit und des Zusammenspiels dieser Aspekte. Darüber hinaus charakterisieren sie die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen bezugnehmend auf eine Beschreibung des *NRC*. Sie betonen gesondert, dass das naturwissenschaftliche Arbeiten auch als Methode zur Vermittlung von *NOS* angesehen werden kann.

Ergänzend zur bisher ausschließlich englischsprachigen Literatur, soll an dieser Stelle noch ein Blick auf ausgewählte **deutsche Bildungsplan-Dokumente** erfolgen. Die deutschen Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss für die Fächer Biologie, Chemie und Physik [KMK 2004b-d] gliedern sich in die Bereiche Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung. Sie greifen demnach alle Bereiche auf und differenzieren die jeweilige inhaltliche Bedeutung und deren Gestaltungsmöglichkeiten. In den Bildungsplänen für Baden-Württemberg [MKJS 2004, 2016] werden diese Vorgaben weiter aufgegliedert, wobei dem Bereich der Erkenntnisgewinnung eine besondere Bedeutung zukommt. Im Bildungsplan für das Gymnasium von 2004 findet man beispielsweise im Fach Chemie eine eigene Leitlinie „Arbeitsweisen“ und die Bedeutung für „Umwelt und Gesellschaft“ wird ebenfalls als eigene Leitlinie betont [MKJS 2004d:195]. Im neuen Bildungsplan 2016 gibt es in allen naturwissenschaftlichen Fächern die prozessbezogenen Kompetenzen „Erkenntnisgewinnung“ und „Kommunikation“ [MKJS 2016a-c:9ff., MKJS 2016d-e:8ff.]).

Tab. 5: Analyse von Literaturstellen bezüglich der Aspekte naturwissenschaftlicher Grundbildung (*Scientific Literacy*) sortiert nach den drei Bereichen der AAAS

Aspekte naturwissenschaftlicher Grundbildung		Literatur				
		McComas & Olson [1998]	Osborne et al. [2003]	Lederman [2004, 2007]	Schwartz et al. [2004]	Dt. Bildungsdokumente [MKJSK2004; MKJS2004d; MKJS2016]
I	Naturwissenschaftliches Wissen ( <i>Scientific World View</i> )					
II	Naturwissenschaftliche Methoden ( <i>Scientific Inquiry</i> )					
III	institutionelle und soziale Handhabung ( <i>Scientific Enterprise</i> )					
I	Vorläufigkeit	x	x	<b>x</b>	x	
	Geschichtlicher, gesellschaftlicher, kultureller Hintergrund	x	x	<b>x</b>	x	x
	Gesetzen und Theorien	x		<b>x</b>	x	
	Beobachtung und Folgerung	(x)	(x)	<b>x</b>	x	x
	Empirische Befunde	x	x	<b>x</b>	x	
	Naturwissenschaften sind theoriebeladen und/ oder Subjekt-bezogen (bezogen auf das persönliche Umfeld)	x		<b>x</b>	x	
	Kreativität, Vorstellungskraft	x	x	<b>x</b>	x	
	Bedeutung für Technologie	x	x			x
II	Fragen stellen	(x)	<b>x</b>	(x)		(x)
	Hypothesen und Voraussagen	(x)	<b>x</b>			x
	Wissenschaftliche Methoden und kritische Prüfung	(x)	<b>x</b>			x
	Analyse und Interpretation der Daten	(x)	<b>x</b>	(x)		x
	Vielfältigkeit naturwissenschaftlicher Denkweisen	x	<b>x</b>	(x)		
III	Zusammenarbeit und Kommunikation (Publikation)	x	<b>x</b>		(x)	x
	Naturwissenschaftler treffen ethische Entscheidungen	x	x			x

**x: Quelle** x: Aspekt explizit genannt (x): Aspekt teilweise genannt/umschrieben x: Ergänzung d. Autoren

Tabelle 5 enthält zusammenfassend nochmals alle genannten inhaltlichen Aspekte von *Scientific Literacy*, zugeordnet zu den drei Bereichen der AAAS. Im Bereich des naturwissenschaftlichen Wissens liefern die Aspekte von Lederman [2004, 2007] einen guten Überblick und wurden hier durch die Bedeutung für die Technologie ergänzt. Im zweiten Bereich der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen geben Osborne et al. [2003] einen umfassenden Einblick, der in der Tabelle aufgegriffen wird. Von ihnen stammt auch der Kommunikationsaspekt im Bereich der institutionellen und sozialen Handhabung, ergänzt durch die ethischen Entscheidungen, die Naturwissenschaftler treffen müssen. Die Tabelle stellt die zitierten Quellen noch einmal vergleichend gegenüber und greift auch die Erwähnung der Aspekte in den deutschen Bildungsdokumenten der Kultusministerkonferenz und des Kultusministeriums in Baden-Württemberg auf.

Rückblickend auf die Definitionen der naturwissenschaftlichen Grundbildung des *NRC* und der *BLK* spielen neben dem Wissen im breiten Feld der Natur der Naturwissenschaften auch persönliche und soziale Fähigkeiten eine Rolle. Diese Basiskompetenzen werden oft auch als **Schlüsselkompetenzen** [EU-Kommission 2007; OECD 2005] bzw. **Schlüsselqualifikationen** [MKJS 2004 a-d, Weinert 1998] bezeichnet. Weinert [1998:23] betont in seinen Ausführungen zur Vermittlung von Schlüsselqualifikationen, dass es sich bei diesem Begriff um ein „Modewort“ handelt, das kaum Grenzen kennt, „aber immer das relativ Allgemeine [...] im Gegensatz zum konkreten inhaltlichen Wissen“ beschreibt. In Anlehnung an Mertens [1974:40] betont er den Kern „eines dekontextuierten, entspezialisierten, funktional-autonomen Wissens und Könnens“ [Weinert 1998:23]. Er klassifiziert als Schlüsselqualifikationen

alle individuellen Erkenntnis-, Handlungs- und Leistungskompetenzen [...], die prinzipiell erlern- und vermittelbar sind, die in möglichst unterschiedlichen (auch zeitlich entfernten) Situationen und möglichst verschiedenen Inhaltsbereichen beim Erwerb notwendiger Spezialkenntnisse, bei der Verarbeitung relevanter Informationen, bei der Bearbeitung schwieriger Aufgaben und bei der Lösung neuer Probleme mit Gewinn eingesetzt werden können. [Weinert 1998:27]

Damit beschränkt er seine Begriffsbestimmung auf die „kognitiven Aspekte von Schlüsselqualifikationen“ und separiert diese von „motivationalen Wertevorstellungen“ und „volitionalen Kontrolleinstellungen“ [ebd.]. Einige konkrete Beispiele für Schlüsselqualifikationen nach Weinert sind in Tabelle 6 aufgezählt.

Tab. 6: Beispiele für Schlüsselqualifikationen in vier Ebenen nach Weinert [1998:31f.]

Ebene	Beispiele für Schlüsselqualifikationen
Bereichsunspezifische Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Allgemeine Planungs-, Steuerungs-, Überwachungs-, und Beurteilungskompetenz für die Optimierung des selbstständigen Handelns und Lernens</li> <li>Allgemeine Strategien der Lernsteuerung</li> <li>Allgemeine Techniken des Lernens aus Texten und für den Umgang mit Informationen und Informationsquellen</li> <li>Generelle sozial-kommunikative Kompetenzen (Perspektivenwechsel, Gruppen- und Teamarbeit)</li> </ul>
Bereichsspezifische Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geisteswissenschaftliche Kompetenzen (z. B. interpretative Verfahren)</li> <li>Sozialwissenschaftliche Kompetenzen (z. B. systemisches Denken)</li> <li>Wirtschaftswissenschaftliche Kompetenzen (z. B. Marktregulierung)</li> <li>Sprachliche Kompetenzen (z. B. Ausdrucksmodi)</li> <li>Naturwissenschaftliche Kompetenzen (z. B. Experimentiertechnik)</li> <li>Technologische Kompetenzen (z. B. Messinstrumente, Fehleranalyse)</li> <li>Handwerklich-technische Kompetenzen (z. B. Materialgefühl)</li> </ul>
Disziplinäre und berufsspezifische Schlüsselqualifikationen	Kognitive Kompetenzen, die für unterschiedliche Lern- und Arbeitsaufgaben der jeweiligen Domäne funktionalen Nutzwert besitzen (z. B. diagnostische Urteilsbildung in der Medizin). Grundlage sind sowohl methodische als auch metakognitive Kenntnisse des jeweiligen Wissens- und Handlungsgebietes.
Subdisziplinäre Schlüsselqualifikationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lesen und Schreiben</li> <li>Grundlegende mathematische Operationen</li> </ul>



In seinen weiteren Überlegungen zur Vermittlung dieser Fähigkeiten betont er, dass deren Erwerb immer an inhaltliches Wissen gekoppelt ist, aber auf verschiedenen Ebenen erfolgen kann [ebd.:30-33]. Weinert [1998:33f.] stellt auch die Bedeutung motivationaler und volitionaler Stützfunktionen heraus, die durch geeignete Rahmenbedingungen zwar gefördert, aber keinesfalls durch spezielle Maßnahmen verändert werden können. Damit stellen sie keine Schlüsselqualifikation im Sinne der obigen Begriffsbildung dar, sind aber gleichzeitig Ziel und Effekt der familiären und schulischen Umgebung.

Eine etwas andere Schwerpunktsetzung erfolgt bei der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD), welche die **Bedeutung von Schlüsselkompetenzen für die Gesellschaft** in den Mittelpunkt stellt. So handelt es sich um Fähigkeiten für Bürgerinnen und Bürger, die in einem Leben bestehen müssen, welches von schnellem Wandel, der Globalisierung und einer multikulturellen Gesellschaft bestimmt wird. Die Schlüsselkompetenzen sind an demokratischen Werten orientiert und helfen somit, neben persönlichen auch gesellschaftliche Ziele zu verwirklichen. Sie definieren Schlüsselkompetenzen wie folgt:

Schlüsselkompetenzen bedingen die Mobilisierung von kognitiven, praktischen und kreativen Fähigkeiten sowie anderer psychosozialer Ressourcen wie Einstellungen, Motivation und Wertvorstellungen. [OECD 2005:10]

Im OECD-Bericht „Definition und Auswahl von Schlüsselkompetenzen“ [OECD 2005:12-17] werden drei Kategorien von Schlüsselkompetenzen erarbeitet (Interagieren in heterogenen Gruppen, interaktive Anwendung von Medien und Mitteln und autonome Handlungsfähigkeit) und benötigte Teilkompetenzen spezifiziert (etwa für das Interagieren in Gruppen: tragfähige Beziehungen unterhalten, Fähigkeit zur Zusammenarbeit und Bewältigen von Konflikten). Im gleichen Dokument werden an einer anderen Stelle Fähigkeiten gefordert, die über das Schulwissen hinaus gehen und es heißt etwas konkreter: „In den meisten OECD-Ländern wird Wert auf Flexibilität, Unternehmergeist und Eigenverantwortung gelegt. Von den Menschen wird nicht nur Anpassungsfähigkeit, sondern auch Innovationsfähigkeit, Kreativität, Selbstverantwortung und Eigenmotivation erwartet.“ [ebd.:10] Alle diese Teilkompetenzen nennt auch der europäische Referenzrahmen „Schlüsselkompetenzen für lebenslanges Lernen“ [EU-Kommission 2007].

Laut Eckhard Klieme [2004] müssen die großen Erwartungen an solche Schlüsselkompetenzen allerdings relativiert werden. Demnach können sie die fachbereichsspezifischen Kompetenzen und das inhaltliche Wissen (vgl. dazu [Weinert 2001a]) keinesfalls ersetzen, sondern höchstens ergänzen. Sie können also nicht alleine der Schlüssel zu einem erfolgreichen Leben sein, sondern können lediglich helfen, sich in Alltag und Beruf besser zurechtzufinden und weiterzuentwickeln. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit sollen sie als Basiskompetenzen bezeichnet werden, da sie in vielen Bereichen helfen

können, aber auch in Kombination mit verschiedenen fachlichen Inhalten gefördert werden können und müssen. Die pädagogische Unfruchtbarkeit inhaltsloser Schlüsselqualifikationen betonen auch Weinert [1998] und Dubs [1999] Bezug nehmend auf Dörig [1994].

## 1.5 Naturwissenschaftliche Bildung in Baden-Württemberg: gestern – heute – morgen

Die Grundlage schulischer Arbeit sind die Bildungspläne. Daher soll nun überprüft werden, inwiefern die bisherigen Anforderungen an naturwissenschaftliche Grundbildung (vgl. Kap. 1.3) dort gefunden und weiter ausdifferenziert werden können. Grundlage für die Unterrichtseinheiten dieser Arbeit ist der Bildungsplan von Baden-Württemberg aus dem Jahr 2004 [MKJS 2004], weshalb dieser hier im Mittelpunkt steht, obwohl im Frühjahr 2016 für Baden-Württemberg bereits ein weiterentwickelter Bildungsplan [MKJS 2016] verabschiedet wurde. Die damaligen Herausforderungen waren die Beschreibung von Bildungsstandards und damit ein Wechsel von der Input- zur Output-Steuerung [MKJS 2004e; KMK 2004a:8] sowie die Einführung des neuen interdisziplinären Fachs Naturwissenschaft und Technik (NwT) [Bühl et al. 2006].

Bereits in den neunziger Jahren gab es **Veränderungen in der bildungspolitischen Diskussion**. Die Vergleichbarkeit von schulischen Leistungen bzw. Schulabschlüssen und deren Überprüfung rückten zunehmend in den Fokus der Akteure. Erste grundlegende Überlegungen für die Erreichung dieser Ziele wurden im Konstanzer Beschluss der Kultusministerkonferenz (KMK) aus dem Jahr 1997 veröffentlicht [KMK 1997:1]:

- „Entwicklung von Maßnahmen zur Sicherung schulischer Bildung“
- „Durchführung regelmäßiger Vergleichsuntersuchungen“
- Förderung von fachlichen, personellen und sozialen Kompetenzen

Eine unmittelbare Folge aus diesem Beschluss war die erste deutsche Teilnahme an der PISA-Studie im Jahr 2000. Zeitgleich mit der Veröffentlichung der Ergebnisse im Dezember 2001 veröffentlichte die KMK einen Handlungskatalog, der unter anderem eine „Qualitätssicherung durch verbindliche Lernziele in den zentralen Kompetenzbereichen“ vorsieht [KMK 2001:2. Aufz. 2. Pkt.]. In den folgenden drei Jahren ging es an die Umsetzung vor allem dieses Ziels. Zunächst wurde am 24.05.2002 die Erstellung nationaler Bildungsstandards durch die Kultusministerkonferenz beschlossen [KMK 2002]. In den kommenden Jahren wurden diese in enger Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Experten erarbeitet und nach und nach in den Jahren 2003 und 2004 für die jeweiligen Klassenstufen und Fä-

cher veröffentlicht (z. B. [KMK 2004b-d], abrufbar auf der Homepage der KMK: [www.kmk.org](http://www.kmk.org)). Eine Übersicht über den Ablauf der Installierung der nationalen Bildungsstandards durch die KMK gibt Prof. Dr. Klaus-Jürgen Tillmann [2009:24] in seinem Artikel „Die Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz – Zur bildungspolitischen Entwicklung seit 2000“. Die Voraussetzung für eine Output-Steuerung ist mit den nationalen Bildungsstandards für den Primarbereich, den Haupt- und mittleren Schulabschluss sowie die allgemeine Hochschulreife gelegt. Für die Umsetzung und deren Gestaltung sind jedoch die sechzehn Bundesländer verantwortlich.

Die Bildungspolitik seit den neunziger Jahren und somit auch die Bildungspläne seit 2001 sind von zwei zentralen Begriffen geprägt: „Standards“ und „Kompetenzen“ [MKJS 2004e]. Der Kompetenzbegriff wurde bereits in Teilkapitel 1.3 definiert, für den Begriff der **(Bildungs-)Standards** soll die Definition an dieser Stelle erfolgen. Im Netzwerk Bildung der Friedrich-Ebert-Stiftung arbeiten Bildungspolitiker aus Bund und Ländern mit Wissenschaftlern und Experten an einer gemeinsamen Linie für die deutsche Bildungspolitik. In der Dokumentation seiner Sitzung vom 26.01.2009 werden zu Beginn zehn Fragen zu den Bildungsstandards beantwortet [Wernstedt & John-Ohnesorg 2009]. In der Antwort auf die Frage „Was sind Bildungsstandards?“ werden eine kurze Definition sowie ein Überblick über die Wirkung und die verfolgten Ziele gegeben:

Mit Bildungsstandards werden die wesentlichen Ziele festgehalten, die Schülerinnen und Schüler durch das Lernen in der Schule erreichen sollen. Während in Deutschland Bildungsstandards erst 2003/2004 eingeführt worden sind, werden sie etwa in Schweden, Großbritannien, Kanada oder den USA schon lange – in unterschiedlicher Definition und Ausgestaltung – eingesetzt. Durch die Vorgaben der Standards soll das Bildungssystem normativ gesteuert, die Qualität schulischer Arbeit gesichert und gesteigert sowie der pädagogische Auftrag der Schule konkretisiert werden. Im Unterschied zu Lehrplänen oder Rahmenrichtlinien sind Bildungsstandards weniger detailliert, sie geben nicht vor, wie der Unterricht gestaltet oder welche Themen behandelt werden sollen, sondern nur, welche Anforderungen zu einem bestimmten Zeitpunkt, etwa zum Abschluss der Schullaufbahn, erfüllt werden müssen. Die Standards sind ausgerichtet auf die Ausbildung von Kompetenzen, d.h. auf Dispositionen zur Bewältigung bestimmter Anforderungen oder Probleme. Diese Kompetenzen müssen anhand bestimmter Inhalte erworben werden. Der Weg, diese Anforderungen zu erreichen, bleibt aber weitgehend den Schulen überlassen. Damit sind Bildungsstandards outcomeorientiert, also auf das Ergebnis ausgerichtet, und verbinden eine Normierung des Bildungssystems mit einer Autonomisierung. [Wernstedt & John-Ohnesorg 2009:5]

Bildungsstandards beschreiben also, was Schülerinnen und Schüler zu einem bestimmten Zeitpunkt können sollen, nicht aber den Weg dorthin.

Zeitgleich zur Entwicklung des Bildungsplans fand in Baden-Württemberg die **Reform der gymnasialen Oberstufe** statt. Während die Lehrpläne von 1994 für die Klassen fünf bis elf weiterhin ihre Gültigkeit besaßen, wurde der Lehrplan für die Klassenstufen zwölf und dreizehn im Jahr 2002 bzw. 2003 vom „Bildungsplan für die Kursstufe des allgemeinbildenden Gymnasiums“ abgelöst [MKJS 2001]. Im

Jahr 2004 wurde ein neuer Bildungsplan verabschiedet, der fortan für Schülerinnen und Schüler der Klassen eins bzw. fünf der jeweiligen Schulformen galt und die Umstellung auf das Abitur nach zwölf Jahren beinhaltete [MKJS 2004a-d]. Im Jahr 2012 machten im sogenannten Doppeljahrgang die letzten Schülerinnen und Schüler nach dem Lehrplan von 1994 und gleichzeitig die ersten Schülerinnen und Schüler nach dem Bildungsplan von 2004 das Abitur. So war der Bildungsplan von 2004 erstmalig nach acht Jahren (im Schuljahr 2012/13) für alle Schülerinnen und Schüler gültig. Diese Betrachtung zeigt eindrücklich, wie lange die Implementierung eines neuen Bildungsplanes dauert. Vier Jahre später wurde im Frühjahr 2016 bereits der nachfolgende Bildungsplan verabschiedet.

Um die zentralen Neuerungen im Bildungsplan für Baden-Württemberg von 2004 aufzeigen zu können, sollen hier zunächst kurz die zentralen Aspekte der bis dahin gültigen Lehrpläne von 1994 vorgestellt werden. Im Anschluss wird auch ein kurzer Ausblick auf den neuen Bildungsplan von 2016 gegeben.

Im **Lehrplan von 1994** [MKJS 1994a-d] werden im Vorwort [ebd.:5] auf die zu diesem Zeitpunkt wesentliche Neuerung hingewiesen, nämlich die Umstellung auf Jahrgangs- statt Fachlehrplänen und das Aufgreifen pädagogischer Leitgedanken. Anschließend wird mit Bezug auf das Grundgesetz und das Schulgesetz der Erziehungs- und Bildungsauftrag [ebd.:9ff.] betont und damit die Lehrpläne gerechtfertigt. Es schließen sich die selbst definierten Aufgaben und Ziele der Schularten an, beispielsweise für das Gymnasium [MKJS 1994d:10] vertiefte Allgemeinbildung, Studierfähigkeit, Verstehen komplexer – auch theoretischer – Sachverhalte und Zusammenhänge sowie Bildung von Charakter, Identität und Wertebewusstsein. Die Grundsätze der Unterrichtsgestaltung sind je nach Schultyp mehr oder weniger ausführlich formuliert. Im Lehrplan für das Gymnasium wird beispielsweise nur von altersangemessener Methodik gesprochen und die Erziehung zu eigenständigem, zielgerichtetem Lernen und Arbeiten gefordert [ebd.:11]. Die Aufgaben der Lehrerinnen und Lehrer werden in einem eigenen Absatz genannt: Hierbei steht im Lehrplan für das Gymnasium die Wissensvermittlung an erster Stelle, gefolgt von der Einführung in Arbeitsweisen und die Vorbildfunktion [ebd.:11]. Die Zusammenarbeit mit Eltern und außerschulischen Partnern wird eingefordert [MKJS 1994a+b:14, 1994c+d:12], bevor die Inhalte und der Beitrag der Fächer zum Bildungsauftrag allgemein erläutert werden. Dann folgen für jede Klasse pädagogische Leitgedanken, fächerverbindende Themen und fachliche Inhalte. Damit erfolgt bereits zu diesem Zeitpunkt die Öffnung für eine methodische Schwerpunktsetzung und somit auch eine Entwicklung in Richtung der Kompetenzförderung (wobei nur Teamfähigkeit explizit genannt wird). Die fächerverbindenden Themen werden mit dem Ziel aufgenommen, vernetztes Denken zu fördern, wurden aber nach eigenen Erfahrungen im Schulalltag nur selten umgesetzt [ebd.:5].

Bei der Veröffentlichung des „**Bildungsplan[s] für die Kursstufe** des allgemeinbildenden Gymnasiums“ 2001 [MKJS 2001] waren die Einflüsse der damals aktuellen bildungspolitischen Diskussion bereits zu erkennen. Im Vorwort [ebd.:5-7] wird das Ziel formuliert, dass das Lernen auf die Anforderungen nach der Schulzeit ausgerichtet werden muss. Um dieses Ziel zu erreichen, werden dort offene, schülerzentrierte Lernformen und Aspekte des selbstständigen Lernens und Arbeitens explizit gefordert. Es werden erstmals explizit Kompetenzen formuliert, über die jede Abiturientin und jeder Abiturient verfügen soll. Neben Basiskompetenzen, wie Ausdrucksfähigkeit, werden bereits an dieser Stelle Medien-, Methoden- und Sozialkompetenzen aufgeführt [ebd.:6]. Auch das fächerverbindende Arbeiten und die Zusammenarbeit mit außerschulischen Partnern werden weiter gestärkt. Einen weiteren Ausblick auf den zu erwartenden Bildungsplan 2004 gaben die Vorbemerkungen (Leitgedanken), die dann wieder zu jedem Fach statt allgemein zum Jahrgang formuliert wurden.

Während in den Lehrplänen von 1994 zu lesen war, was wann unterrichtet werden soll, steht im **Bildungsplan 2004** [MKJS 2004a-d], was die Schülerinnen und Schüler zu bestimmten Zeitpunkten können sollen. Die explizit geforderten fachlichen, sozialen, methodischen und persönlichen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler werden im Zweijahresrhythmus angegeben [MKJS 2004e]. Die 1994 anklingende methodische Öffnung und Kompetenzförderung wird hiermit weiter ausgebaut und ausdrücklich betont. Die Schulen bekommen in diesen Bereichen einen deutlich höheren Gestaltungsspielraum und somit die Freiheit zu einer individuellen Schwerpunktsetzung. Dazu wurden inhaltliche Kürzungen vorgenommen, so dass das sogenannte Kerncurriculum, das alle prüfungsrelevanten Inhalte enthält, nur noch zwei Drittel der Unterrichtszeit abdeckt. Das letzte Drittel soll durch das individuell gestaltete Schulcurriculum abgedeckt werden.

Die im Auftrag des Bildungsrates von Professor Hartmut von Hentig verfasste Einführung in den Bildungsplan 2004 gilt erstmals für alle Schularten [MKJS 2004a-c:5-19, 2004d:7-21]. Sie beinhaltet die veränderten Aufgaben von Schule, die Ziele des Bildungsplans sowie didaktische und methodische Prinzipien. Während in den Lehrplänen von 1994 noch die Aufgaben jeder einzelnen Schulart formuliert wurden, sollen fortan alle Schularten einen gemeinsamen Bildungsauftrag verfolgen, da sie bei ihren Schülerinnen und Schülern die gleichen Kompetenzen fördern und sie damit zu lebenslangem Lernen befähigen sollen. Dieses Umdenken wird auch durch die Benutzung des Singulars deutlich (es gibt jetzt „einen Bildungsplan“ [ebd.:5, 7]). Im Anschluss werden Leitgedanken zum Kompetenzerwerb für jedes einzelne Fach in jeder Schulart formuliert. Die Kompetenzen und Inhalte werden in erster Linie wieder nach Fach und dann nach Klassenstufen (im Zweijahresrhythmus) zusammengestellt. Dabei werden für jedes Fach einzelne Leitideen ausgewiesen, deren Inhalte für die jeweiligen Klassenstufen spezialisiert werden. Diese Leitideen sind in den Hauptfächern schulartübergreifend, in den Nebenfächern und Fachverbänden enthalten sie ähnliche Inhalte, sind aber unterschiedlich formuliert. Dies verdeutlichen auch die Beispiele in Tabelle 7 (nächste Seite).

Wie man in der Tabelle sieht, wird der naturwissenschaftliche Unterricht in den Grund-, Werkreal- und Realschulen ausschließlich integrativ im Fächerverbund durchgeführt. Im Gymnasium werden die Naturwissenschaften Biologie, Physik und Chemie fachspezifisch unterrichtet, aber durch integrative naturwissenschaftliche Fächer ergänzt. Während das Fach „Naturphänomene“ in Klasse fünf und sechs einen Einblick in die Naturwissenschaften liefern soll, stehen im „Naturwissenschaft- und Technik“-Unterricht interdisziplinäre Frage- und Problemstellungen im Zentrum [MKJS 2004d:173].

Tab. 7: Vergleich Leitideen in verschiedenen Schulformen [MKJS 2004a-d, eigene Zusammenstellung]

Fach	Grundschule	Hauptschule	Realschule	Gymnasium
Deutsch		- Sprechen - Schreiben	- Lesen/ Umgang mit Texten/ Medien - Sprachbewusstsein	
Mathe	- Zahl - Messen und Größen - Ebene und Raum - Muster und Strukturen - Daten und Sachsituationen	- Zahl - Messen - Raum und Form - funktionaler Zusammenhang - Daten und Zufall - Modellieren		- Zahl - Messen - Algorithmus - Variable - Raum und Form - funktionaler Zusammenhang - Daten und Zufall - Vernetzung - Modellieren
Naturwissenschaftlicher Unterricht	<u>Mensch, Natur und Kultur (MeNuK)</u> - Wer bin ich, was kann ich - Ich, du, wir - Kinder dieser Welt - Raum und Zeit - Heimatliche Spuren - Mensch, Tier, Pflanze - Forschen, Experimentieren - ErfinderInnen, KünstlerInnen, KomponistInnen - Energie, Material, Verkehrswege	<u>Materie, Natur, Technik (MNT)</u> - <u>Themen Klasse 6</u> Vom Chaos zur Ordnung, vom Ordnen zum Gestalten, Wärme verändert, belebte und bewegte Welt, sich entwickeln - <u>Themen Klasse 9</u> Leben im Luftmeer, notwendiges Wasser, Leben im Gleichgewicht, sich entwickeln, Energie geht nicht verloren, elektrifizierte Welt - <u>Themen Klasse 10</u> Kleine Teilchen, große Wirkung, Menschen verändern, Planet im Wandel	<u>Naturwissenschaftliches Arbeiten (NWA)</u> - Denk-/ Arbeitsweisen - Phänomene, Begriffe, Strukturen - <u>Themen Klasse 5-7</u> Tiere, Stoffe, Kräfte, Pflanzen, Lebensraum, erwachsen werden, Bewegung, Luft, Wasser, Experimentieren, Schall oder Licht, Mikro-/ Makrokosmos, vom Rohstoff zum Produkt - <u>Projekte Klasse 10</u> Biotechnologie, Wasserstoff-/ Halbleitertechnologie, Energie, Elektrochemie/ Galvanik, Landwirtschaft/ Nahrungsmittelproduktion, techn. Verfahren, Stoffkreisläufe, Treibhaus-/ Ozonproblematik, Mineralogie, Steuern/ Regeln, Informationen, Sinnesorgane/ Nerven-/ Hormonsystem, Entwicklung des Lebens.	<u>Naturphänomene (NP) (5+6)</u> - Luft - Wasser - Elektrizität - Magnetismus  <u>Naturwissenschaft und Technik (NwT) (8-10)</u> - Ursache, Wirkung - Systemgedanke - Energieerhaltung - Mensch - Umwelt - Technik - Erde, Weltraum - Mess- und Arbeitsmethoden  <b>Zusätzlich werden die Fächer Biologie, Physik und Chemie unterrichtet.</b>

Der neue **Bildungsplan von 2016** setzt die eingeschlagene Entwicklung fort. Die Kompetenzförderung steht im Vordergrund, wobei explizit zwischen inhaltlichen und prozessbezogenen sowie fachlichen und überfachlichen Kompetenzen unterschieden wird [Pant 2016:10f.]. Für die Zukunft wird ein Zwei-Säulen-System angestrebt, so dass es aufbauend auf dem Bildungsplan für die Grundschule

einen „gemeinsamen, abschlussbezogenen Bildungsplan für die Sekundarstufe I“ [ebd., Hervorh. i.O.] und einen eigenständigen Bildungsplan für das Gymnasium gibt.

Das neue Fach „Biologie, Naturphänomene und Technik“ (BNT) für die Orientierungsstufe sowie das fortgeführte Fach Naturwissenschaft und Technik an Gymnasien behandeln integrative Themenfelder [Pant 2016:6f.]. Dagegen werden die anderen schulartspezifischen Fächerverbände wieder aufgelöst und somit die Fachlichkeit gestärkt. Die fachlichen Bildungspläne werden durch sechs Leitperspektiven ergänzt, die Kompetenzen beschreiben, die in allen Fächern entwickelt werden sollen (zum Beispiel Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) oder Medienbildung (MB)).

Seit dem Schuljahr 2007/08 müssen sich die Schülerinnen und Schüler an Gymnasien in Baden-Württemberg nach Klasse sieben im Allgemeinen für den naturwissenschaftlichen oder sprachlichen Zug entscheiden [Bühl et al. 2006:8-10]. Sie erhalten dann ab Klasse acht ein weiteres Fach – entweder die dritte Fremdsprache oder **Naturwissenschaft und Technik (NwT)**. Dieses Fach wird mit vier Stunden pro Woche unterrichtet und hat den Status eines Kernfachs. Das Ziel, das mit der Einführung dieses interdisziplinären naturwissenschaftlichen Fachs verfolgt wird, wird in den Leitgedanken zum Fach NwT wie folgt beschrieben:

Naturwissenschaftliche Bildung umfasst Kenntnisse, Kompetenzen und Einstellungen, die die Schülerinnen und Schüler in ihrer Neugier unterstützen und zu Problemlösestrategien hinführen. [...] Die Fähigkeit Fragestellungen interdisziplinär zu bearbeiten gewinnt zunehmend an Bedeutung. Die in den Fachdisziplinen erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten müssen zu einer ganzheitlichen Sicht zusammengefügt werden. [Bühl et al. 2006:13; MKJS 2004d:398]

Die Schülerinnen und Schüler sollen demnach naturwissenschaftliche Arbeits- und Betrachtungsweisen, die sie in den Fachdisziplinen gelernt haben, auf neue fächerübergreifende Problemstellungen anwenden und diese somit vertiefen. Gleichzeitig sollen sie die Bedeutung der Basiswissenschaften für die ganzheitliche Betrachtung naturwissenschaftlicher Fragestellungen erkennen. Die Arbeit an Projekten und der Erwerb der dazu benötigten sozialen Kompetenzen „Teamfähigkeit und Eigenverantwortlichkeit“ sowie „Durchhaltevermögen und Frustrationstoleranz“ werden ebenfalls als **Ziele** des NwT-Unterrichts genannt [Bühl et al. 2006:14; MKJS 2004d:398]. Beim Kompetenzerwerb und den didaktischen Prinzipien des Fachs werden die Projektarbeit, die Herstellung eines Produkts und das Einüben naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen angeführt [MKJS 2004d:399f.]. Dazu gehören die Arbeit mit naturwissenschaftlich-technischen Texten, Bildung und Überprüfung von Hypothesen sowie das Planen von Projekten im Team. Demnach ist „wo immer dies möglich ist, [...] die Eigentätigkeit der Lernenden der Vorführung durch Lehrende vorzuziehen“ [ebd.:399]. Im Bildungsplan wird auch auf die naturwissenschaftlich-technische Förderung beider Geschlechter eingegangen, die als

„selbstverständlich“ betont wird [Bühl et al. 2006:15; MKJS 2004d:399]. Inhaltlich verfolgt das Fach folgende Ziele:

„Ursache und Wirkung“, „Systemgedanke“ sowie „Energieerhaltung“ werden als Prinzipien erkannt, die alle Themen verbinden. Die Betrachtungsbereiche „Mensch“, „Umwelt“, „Technik“ und „Erde und Weltraum“ entstammen der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler. An Themen aus diesen Betrachtungsbereichen erlernen sie spezifische Mess- und Arbeitsmethoden. [Bühl et al. 2006:15; MKJS 2004d:400]

Allerdings wird auch betont, dass Fähigkeiten und Fertigkeiten entwickelt werden sollen, die nicht an Inhalte gebunden sind. Diese liegen in den Bereichen „positives Selbstkonzept“, „Arbeiten und Lernen“, „Problemlösen und Experimentieren“, „Technisches Arbeiten“, „Darstellung der eigenen Arbeit“ sowie „Umgang mit Systemen und Prozessen, Ursache und Wirkung“ [Bühl et al. 2006:19f.].

In die **Leistungsbewertung** sollen „neben schriftlichen Arbeiten und der mündlichen Mitarbeit“ auch „praktische Fähigkeiten, Referate, Präsentationen, Facharbeiten und gegebenenfalls Portfolios“ [Bühl et al. 2006:15; MKJS 2004d:400] sowie Einzelleistungen im Team einbezogen werden. Damit ergibt sich eine deutliche methodische Öffnung.

Die gleichen Ziele und Inhalte werden auch im Bildungsplan 2016 formuliert [MKJS 2016a:5-8]. Allerdings wird die Leistungsbewertung nicht derart differenziert dargestellt, sondern lediglich die Projektarbeit betont sowie die Dokumentation und Reflexion der eigenen Arbeit beschrieben.

Das **Problem**, das sich bis heute bei der Umsetzung des Fachs NwT ergibt, ist, dass es bis Sommer 2015 **keine ausgebildeten NwT-Lehrkräfte** gab (vgl. dazu auch Teilkapitel 1.8 „Bedeutung der Lehrkräfte sowie ihrer Aus- und Weiterbildung“). Mokhonko, Ștefănică und Nickolaus [2014] führten eine Befragung von Lehrkräften durch, die NwT unterrichten, und stellten fest, dass circa ein Drittel eine individuelle Zusatzausbildung absolviert hat und etwa 85% an punktuellen NwT-Fortbildungen teilgenommen haben. In der Studie konnte jedoch auch gezeigt werden, dass die Themenauswahl der Lehrkräfte überwiegend von den eigenen Basisqualifikationen sowie von der Ausstattung der Schulen abhängt. Methodisch wurden am häufigsten der Einsatz von Schülerexperimenten und oft der Einsatz von projektorientiertem Unterricht sowie Unterrichtsgesprächen angegeben, gefolgt von Fertigungs-, Herstellungs- und Konstruktionsaufgaben.

Dennoch gibt es seit dem Schuljahr 2008/09 den Modellversuch „**NwT in der Kursstufe**“ [LS 2011; Weyrauther 2016]. Schülerinnen und Schüler, die NwT in der Mittelstufe besucht haben, können NwT an diesen Schulen als zweistündiges Fach wählen. Im Oberstufenunterricht soll der Schwerpunkt verstärkt auf technische Prozesse gelegt werden und die Arbeit in Projekten soll noch mehr von den Schülerinnen und Schülern gestaltet werden. Die problem- und schülerorientierte Gestaltung des Unterrichts gewinnt eine stärkere Bedeutung. Durch den erhöhten fachlichen Anspruch werden sowohl personelle als auch räumliche Voraussetzungen nötig, die derzeit bei der Auswahl der Ver-



suchsschulen eine starke Rolle spielen. Seit 2008 wurden in regelmäßigen Abständen weitere Schulen in den Modellversuch aufgenommen.

## 1.6 Traditioneller naturwissenschaftlicher Unterricht

Nachdem die lerntheoretischen und didaktischen Grundlagen umrissen (vgl. Teilkap. 1.1 und 1.2), die Ziele und Inhalte einer naturwissenschaftlichen Grundbildung sowie deren Verankerung im Bildungsplan von Baden-Württemberg beschrieben wurden (vgl. Teilkap. 1.4 und 1.5), soll nun der Bogen zur Unterrichtspraxis geschlagen werden. Zunächst werden der traditionelle – lehrerzentrierte – naturwissenschaftliche Unterricht und die damit einhergehenden Probleme dargestellt, da sich daraus weitere Anforderungen an die methodische Gestaltung von Unterricht ergeben.

Im **traditionellen Unterricht** wird „Wissen als fertiges System“ [Mandl 2000:7] betrachtet, das von der Lehrkraft auf die passiven Lernenden übertragen werden kann [ebd.; Rieck 2005]. Die Lehrperson steht im Mittelpunkt des Unterrichtsgeschehens und vermittelt das Wissen an die Schülerinnen und Schüler [Klüter 2000; Rieck 2005; Schallies 2005; Sumfleth et al.2002]. Dabei nimmt das fragend-entwickelnde Verfahren den größten Teil der Unterrichtszeit ein und das selbstständige Erarbeiten von Lerninhalten tritt in den Hintergrund. Die Eigentätigkeit der Schülerinnen und Schüler beschränkt sich meist auf Übungsaufgaben, die darüber hinaus überwiegend auf Routineprozesse und wenig auf Transferleistungen ausgelegt sind [BLK 1997:28; Klüter 2000, Rieck 2005]. Ideen von Seiten der Lernenden werden nur selten unterrichtlich aufgegriffen [Schallies 2005, Sumfleth et al. 2002] und beim Experimentieren handelt es sich überwiegend um sogenannte „Bestätigungsversuche“ [Schallies 2005:25], die nach Vorschrift der Lehrkraft durchgeführt werden und auf ein einziges richtiges Ergebnis ausgerichtet sind. Die traditionelle Sicht geht weiter davon aus, dass die Informationen von den Lernenden verarbeitet, gespeichert und wieder abgerufen werden können. „Daher hat traditioneller Unterricht nur wenig mit den komplexen und kaum strukturierten Anforderungen von Alltagssituationen gemeinsam“ [Mandl 2000:7]. Die alte Lehrplankonzeption hat insofern dazu beigetragen, dass die jeweilige Fachsystematik im Vordergrund stand und nicht der Aufbau kumulativen Wissens [BLK 1997:17, Klüter 2000, Rieck 2005]. Ebenso wurden mögliche vertikale und horizontale Vernetzungsmöglichkeiten nicht oder nur unzureichend ausgeschöpft. Eine kleine Hoffnung für die angestrebten Veränderungen liefert die Einschätzung von Michael Schallies, dass bei den Lehrkräften „idealisierte Vorstellungen darüber [bestehen], wie Unterricht professionell und anspruchsvoll gestaltet werden und ablaufen sollte“ [Schallies 2005:27], obwohl im Unterrichtsalltag überwiegend auf konventionelle Lehrmethoden gesetzt wird.

Aus der traditionellen Unterrichtsgestaltung ergeben sich konkrete **Probleme** für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Das Ansehen in der Gesellschaft ist gering [BLK 1997:25; Scharf 1994] und seine Bedeutung für den Alltag wird von vielen als niedrig eingeschätzt [BLK 1997:25]. Im Falle von bestehendem Sachinteresse, kann dieses nur selten in ein Interesse an den Schulfächern umgesetzt werden [Häußler & Hoffmann 1995; Parchmann, Ralle & Demuth 2000]. Insgesamt ist das Interesse an den naturwissenschaftlichen Fächern gering [BLK 1997:27; Rieß 1997:14; Rocard et al. 2007] und nimmt im Laufe der Schulzeit sogar weiter ab [Schallies 2005]. Dies gilt für Mädchen sogar in noch stärkerem Maße als für Jungen [Brotmann & Moore 2008; BLK 1997:27; Häußler & Hoffmann 1995; Rocard et al. 2007]. Bei PISA 2006 gaben Schülerinnen und Schüler, die einen traditionellen Unterricht erfuhren, ein geringeres Interesse an Naturwissenschaften an [Prenzel et al. 2008]. Die negative Entwicklung der Interessen kann also teilweise auf eine eher traditionelle Unterrichtsgestaltung zurückgeführt werden (vgl. auch [Aikenhead 2005; Schallies 2005]). Darüber hinaus sind die Leistungen, die deutsche Schülerinnen und Schüler im internationalen Vergleich (TIMSS, PISA) erzielt haben, nicht zufriedenstellend und können ebenfalls auf die Gestaltung des Unterrichts zurückgeführt werden [BLK 1997:28; Mandl 2000, Rocard et al. 2007; Sumfleth et al. 2002; Wellensiek 2005].

Als eine **Möglichkeit, um den genannten Problemen zu begegnen**, wird der Einsatz von forschenden Unterrichtsmethoden genannt. Mit einem hohen Anteil an Schüleraktivität und Selbststeuerung bietet er die Möglichkeit, dem Interessensabfall entgegenzuwirken [Rocard et al. 2007; Schallies 2005] und kann auch dazu genutzt werden, Mädchen stärker in den Unterricht [Rocard et al. 2007] einzubeziehen. Rocard et al. [2007] betonen aber auch, dass die traditionellen deduktiven Methoden nicht aus den Klassenzimmern verschwinden müssen, sondern dass sie die schülerzentrierten Methoden sinnvoll ergänzen können. Diese Entwicklung hat bereits eingesetzt: War der Unterricht der fünfziger Jahre das Paradebeispiel von lehrerzentriertem Unterricht, so betrug sein Anteil im Jahr 1985 mit rund 77% („Klassenunterricht“) immer noch den größten Anteil der Unterrichtszeit (Untersuchung aus Nordrhein-Westfalen) [Hage et al. 1985:47]. Dieser Anteil nahm seither in Folge des Einflusses der Schulentwicklung auf die methodische Gestaltung von Unterricht weiter ab. In einer Befragung bayrischer Lehrkräfte wurde der Anteil des Frontalunterrichts mit 47% und an Gymnasien mit 57% beziffert [Götz, Lohrmann, Ganser & Haag 2005] (auch bei Hage et al. [1985:59] lag der Anteil an Gymnasien über dem Durchschnitt). Während Michael Schallies [2005] zu der Einschätzung gelangt, dass der traditionelle Unterricht noch verbreitet vorherrscht, wird im Bericht zu PISA 2006 erstmals angemerkt, dass viele neue naturwissenschaftsdidaktische Prinzipien Einzug in den deutschen Unterricht erhalten haben [Seidel, Prenzel, Wittwer & Schwindt 2007]. Bei PISA 2006 schätzten 32% der

Schülerinnen und Schüler die Unterrichtsgestaltung als traditionell ein\* und 55% berichteten von einem Unterricht mit kognitiv strukturierter Aktivität [Prenzel et al. 2008]. Diese Entwicklung gilt es fortzusetzen und weiter auszubauen.

## 1.7 Gestaltung eines naturwissenschaftlichen Unterrichts zur Förderung naturwissenschaftlicher Grundbildung

Naturwissenschaftlicher Unterricht soll Wissen und Kompetenzen im Sinne naturwissenschaftlicher Grundbildung fördern und Interesse wecken. Dadurch sollen langfristig eine Leistungssteigerung in internationalen Vergleichsstudien, die Ausbildung flexiblen Wissens und die Möglichkeit zu lebenslangem Lernen erreicht werden. Im Folgenden sollen nun **Gestaltungsmerkmale** und methodische Möglichkeiten für den Unterricht herausgearbeitet werden, der all diese Forderungen bedienen kann. Die Umsetzung eines an der Schülerin bzw. am Schüler orientierten Unterrichts schließt behavioristische Methoden aus und stellt die Merkmale und Forderungen nach konstruktivistischem Lernen in den Vordergrund (vgl. Teilkap. 1.1). Im konstruktivistischen Unterricht setzen sich die Lernenden aktiv und selbstständig mit dem Inhalt auseinander, welcher in authentischen Kontexten dargeboten wird. Die Selbststeuerung des Lernprozesses und die soziale Aushandlung der Ergebnisse tragen zur Ausbildung flexiblen Wissens bei. Die eben genannten Gestaltungsmerkmale sollen hier noch einmal genauer ausgeführt werden, beginnend mit den bereits aufgezeigten Aspekten konstruktivistischen Unterrichts.

In erster Linie sollte der Unterricht auf Verständnis angelegt sein [Anton 2005; Dubs 1995; Labudde & Möller 2012]. Verstehen ist jedoch nur bei einer **aktiven und selbstständigen** Auseinandersetzung mit der Thematik möglich [Anton 2005; Baptist & Raab 2007; BLK 1997:8; Eurydice 2011:70; NRC 1996:20; Stäudel 2007]. Dazu ist es nötig, Handlungsmöglichkeiten zu bieten und naturwissenschaftliche Methoden zu benutzen, um Probleme zu lösen [Labudde & Möller 2012]. Nach Hurd [1958:16, eigene Übersetzung] sollen Schülerinnen und Schüler dabei die praktischen Arbeitsweisen als „Naturwissenschaftler für einen Tag“ kennenlernen. Doch auch das Lernen der Naturwissenschaften muss gelernt werden [Aikenhead 2005; Anton 2005]. So soll neben der Durchführung auch die Reflexion der naturwissenschaftlichen Arbeit eine Rolle spielen. Die Hinführung zu selbstreguliertem Lernen erfordert jedoch auch eine adaptive Unterstützung der Lernenden und somit die Hilfe zur Selbst-

---

\* Der Anteil bei den bayrischen Schülerinnen und Schülern war höher und steht somit nicht im Gegensatz zu den Zahlen von Götz et al. [2005].

hilfe [Anton 2005; Baptist & Raab 2007; BLK 1997:10; Labudde & Möller 2012; NRC 1996:88; Stäudel [2007].

Sollen die Schülerinnen und Schüler selbst in die Rolle einer Forscherin bzw. eines Forschers schlüpfen, ist es allerdings auch wichtig, dass die zu bearbeitenden Problemstellungen aus dem Interessengebiet der Lernenden stammen [Eurydice 2011:64f.; Labudde & Möller 2012] und von **sinnvollen Kontexten und realitätsbezogenen Aufgaben** ausgehen [Anton 2005; Baptist & Raab 2007; Eurydice 2011:64f.; Labudde & Möller 2012]. Dabei ist zu beachten, „dass Schülerinnen und Schüler mit Engagement lernen, wenn die Aufgabenstellung anspruchsvoll, aber lösbar und ergebnisoffen ist“ [Wellensiek 2005:134]. Die Aufgaben sollten also kognitiv und motivational anregend sein [Anton 2005; Labudde & Möller 2007; Stäudel 2007] und somit an das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler angepasst werden. Dadurch können eventuell vorhandene Konzepte bei den Lernenden in wissenschaftliche Konzepte umgewandelt werden [Eurydice 2011:68; Labudde & Möller 2012; Stork 1995]. Peter Labudde [2010:18] fasst zusammen: „Werden Vorwissen und Interesse der Lernenden einbezogen, schafft man günstige Voraussetzungen für Lernprozesse“.

Im Gutachten zur Vorbereitung des Programms zur Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts (SINUS) formuliert die Bund-Länder-Kommission (BLK), „dass interessiertes und motiviertes Lernen sich in Situationen vollzieht, in denen sich der Lerner die Aufgabe zu eigen machen kann, Autonomie in der Bearbeitung empfindet und sich gleichzeitig sozial eingebunden erlebt“ [BLK 1997:10] (vgl. auch [Deci & Ryan 1993]). Neben dem Interesse und der Eigentätigkeit der Lernenden spielt demnach auch **das soziale Umfeld** eine Rolle. Die Kommunikation über naturwissenschaftliche Themen innerhalb der Gruppe fördert fachspezifische Fähigkeiten, führt zu tieferem Verständnis und kann zu einem positiven Selbstkonzept beitragen [Stork 1995; Wellensiek 2005]. Außerdem muss Verantwortung in und für die Gruppe übernommen werden [Stäudel 2007]. Dadurch wird naturwissenschaftliches Lernen zu einem „sprachlichen, kulturellen und emotionalen Prozess“ [Eurydice 2011:69].

Die letzten beiden Absätze lassen sich mit der Selbstbestimmungstheorie der Motivation von Deci und Ryan [1993] zusammenfassen: Mit qualitativ hochwertigen Lernergebnissen ist zu rechnen, wenn die drei psychologischen Bedürfnisse der Motivation nach Selbstbestimmung, Kompetenzerleben und sozialer Eingebundenheit erfüllt werden.

Alle diese Merkmale kann auch das Unterrichtsmuster erfüllen, das bei PISA 2006 als „globale Aktivität“ [Prenzel et al. 2008:14] bezeichnet wird. Allerdings haben die Ergebnisse dieser PISA-Studie gezeigt, dass diese Unterrichtsform Schülerinnen und Schüler zwar motivational anspricht, allerdings nicht zu einem fundierten fachlichen Verständnis führt. Vielmehr brachte ein von kognitiv struktu-

rierter Aktivität geprägter Unterricht die besten Testergebnisse hervor und war gleichzeitig in der Lage, Interesse an Naturwissenschaften bei den Schülerinnen und Schülern auszubilden [Prenzel et al. 2008]. Die Schüleraktivität muss also zusätzlich durch **fachliches Wissen und strukturebene Unterstützungsangebote** ergänzt werden [Klieme & Rakoczy 2008]. Die ergänzenden Aspekte der Strukturiertheit und der fachlichen Fundiertheit werden von Hilbert Meyer und Markus Wilhelm besonders betont. In Anlehnung an die Frage von Meyer [2004] „Was ist guter Unterricht?“ stellte sich Wilhelm [2007] die Frage „Was ist guter Naturwissenschafts-Unterricht?“ und ergänzt die zehn Kriterien von Meyer um fünf weitere fachliche bzw. fachdidaktische Kriterien (s. Tab. 8). Diese beziehen sich einerseits auf die fachliche Richtigkeit und andererseits ebenfalls auf die Darstellung der Lerninhalte. Auch Wilhelm legt Wert auf authentische Problemstellungen, die an den Lernenden orientiert sind und sich an positive Erfahrungen knüpfen lassen [ebd.]. Die zehn Kriterien nach Meyer müssen zunächst mit Vorsicht betrachtet werden, da sie sich eher am traditionellen Unterricht orientieren, haben aber dennoch ihre Berechtigung [Lersch 2010]. Dies wird deutlich, wenn man die Kriterien von Meyer mit den Kriterien für einen kompetenzorientierten Unterricht des österreichischen Bundesministeriums für Unterricht, Kunst und Kultur (BMUKK) vergleicht [Dorninger et al. 2011:22]. Dort werden Klarheit der Lernziele, Struktur des Unterrichts, lernförderndes Klima, Zeit zum Lernen, Methodenvielfalt und variationsreiches Üben als Erfolgsfaktoren für den kompetenzorientierten Unterricht genannt. Darüber hinaus werden sinnstiftende Kontexte, ein Nebeneinander von systematischem und anwendungsbezogenem Lernen und die vertikale Vernetzung angeführt.

Tab. 8: Kriterien für guten (naturwissenschaftlichen) Unterricht von Mayer [2004:17] und Wilhelm [2007]

Zehn Kriterien für guten Unterricht von Hilbert Meyer [2004:17]	Fünf weitere Kriterien für guten naturwissenschaftlichen Unterricht von Markus Wilhelm [2007]
(1) Klare Strukturierung des Unterrichts (2) Hoher Anteil echter Lernzeit (3) Lernförderndes Klima (4) Inhaltliche Klarheit (5) Sinnstiftendes Kommunizieren (6) Methodenvielfalt (7) Individuelles Fördern (8) Intelligentes Üben (9) Transparente Leistungserwartungen (10) Vorbereitete Umgebung	(a) Fachliche Verankerung anbieten (b) Lerninhalte korrekt und kritisch bearbeiten (c) Lerninhalte adressatengerecht erarbeiten (d) Lerninhalte an positive Emotionen knüpfen (e) Lerninhalte authentisch bearbeiten

Eine besondere Bedeutung kommt auch der **Rückmeldung und Reflexion** zu. So sollen Kompetenzzuwachs erfahrbar gemacht, Lösungswege reflektiert und Kritikfähigkeit angeregt werden [Dorninger et al. 2011:22]. Bei Meyer [2004:17] wird die Transparenz von Leistungserwartungen genannt, während das BMUKK die Trennung von Lern- und Leistungssituation betont [Dorninger et al. 2011:22]. Die klare Trennung zwischen Lern- und Leistungssituation ermöglicht das Lernen aus Fehlern, wie es auch bei Klieme und Rakoczy [2008] genannt wird (vgl. dazu auch [BLK 1997:11; Suwelack 2010;

Weinert 2001]). Ergänzend kann hier gesagt werden, dass durch die Neugestaltung des Unterrichts gleichzeitig auch neue Formen der Leistungsmessung nötig werden. In diesem Zusammenhang betont Harlen [2010:14f., 45f.] die Bedeutung formativer Rückmeldeformen. So können beispielsweise Lerntagebücher dazu beitragen, den Lernprozess sichtbar zu machen und stellen damit eine Bewertungsmöglichkeit dar, die über das reine Ergebnis hinausgehen (etwa Lernfortschritt oder Gestaltung) [Baptist & Raab 2007; Dubs 1995].

An dieser Stelle soll noch ein kurzer Einblick gegeben werden, wie die Gestaltung von naturwissenschaftlichem Unterricht **beide Geschlechter gleichermaßen fördern** kann und wie somit die Benachteiligung der Mädchen im traditionellen Unterricht (vgl. Kap. 1.6) umgangen werden kann. In erster Linie ist es dabei wichtig, das Selbstkonzept der Mädchen zu fördern und verbreitete Rollenmuster anzusprechen ohne diese Geschlechterstereotypen im Unterricht abzubilden [Anton 2005; Labudde & Möller 2012]. So muss die Lehrkraft ihr Verhalten und ihren Unterricht auf geschlechtsdifferente Interaktionen überprüfen. Außerdem müssen Erfolgserlebnisse gefördert werden und der Unterricht an die Interessen und die Lebenswelt vor allem der Mädchen angepasst werden. Studien haben gezeigt, dass sich Mädchen vor allem für soziale und humanbiologische Aspekte der Naturwissenschaften interessieren (zum Beispiel Gesundheit, Körper & Medizintechnik) [Häußler & Hofmann 1995; Holstermann & Bögeholz 2007; Sjøberg & Schreiner 2010] oder wenn sie einen praktischen Nutzen erkennen und/oder selbst etwas Sinnvolles herstellen dürfen [Lembens 2005]. Gleichzeitig sei mädchengerechter Unterricht auch für Jungen gewinnbringend [BLK 1997:27; Häußler & Hofmann 1995; Lembens 2005]. Ganzheitliche Darstellungen, kommunikative und kooperative Unterrichtsformen sowie individuelle Rückmeldungen und Platz für assoziatives Denken bieten den Mädchen Möglichkeiten, sich aktiv in den naturwissenschaftlichen Unterricht einzubringen [Anton 2005; Labudde & Möller 2012]. Ergänzend kann bei Gruppenunterricht die Einteilung von geschlechtshomogenen Gruppen sinnvoll sein, wobei die Ergebnisse anschließend vergleichend diskutiert werden sollten [Labudde & Möller 2012; Lembens 2005].

Rückblickend kann man zusammenfassen, dass grundsätzlich alle in Teilkapitel 1.2 genannten konstruktivistischen Unterrichtskonzepte die Förderung naturwissenschaftlicher Grundbildung ermöglichen können. In der Literatur sprechen sich Autorinnen und Autoren vermehrt für eine Kombination verschiedener Ansätze aus. Im Folgenden werden einige Vorschläge zur konkreten **methodischen Umsetzung** der bisher genannten Prinzipien vorgestellt.

Die *American Association for the Advancement of Science (AAAS)* schlägt in ihrem Buch „*Benchmarks for Science Literacy*“ [AAAS 1993] zwei Einsatzmöglichkeiten des historisch-genetischen Lernens zur

Förderung von naturwissenschaftlicher Grundbildung vor. Einerseits die Verwendung **historischer Texte und Bibliografien**, deren Einsatz in Studien allerdings keinen positiven Effekt verzeichnen konnte (vgl. Lederman, Schwartz, Abd-El-Khalick und Bell [2001] oder Khishfe & Abd-El-Khalick [2002]). Oder alternativ den Einsatz **historischer Fallbeispiele**, der das Wissen über die Natur der Naturwissenschaften nachweislich fördern kann [Höttecke 2001; Rieß 1997:23; Urahne, Kremer & Mayer 2008]. Bei dieser zweiten Variante scheint die Kombination des genetischen Lernens mit einem problemorientierten Zugang, die Förderung naturwissenschaftlicher Kompetenzen zu begünstigen.

In einem Bericht der Europäischen Kommission „Naturwissenschaftlicher Unterricht in Europa“ aus dem Jahr 2011 wird die Wirksamkeit des kontextbasierten naturwissenschaftlichen Unterrichts betont [Eurydice 2011:64f.]. Anknüpfend an **Themen aus dem Alltag** der Schülerinnen und Schüler kann Wissen und Verständnis der Naturwissenschaften gefördert werden. Darüber hinaus wird die Motivation und Einstellung von Mädchen und Jungen verbessert und der Geschlechterunterschied verringert [Bennett, Lubben & Hogarth 2006; Eurydice 2011:64f.]. Das Unterrichtskonzept des situierten Lernens [Brown et al. 1989] beinhaltet von seiner Anlage bereits kooperative und selbstgesteuerte Elemente.

Zur Umsetzung des **entdeckenden oder forschenden** Lernens gibt es eine Vielzahl von **Methoden**. Bei allen steht das praktische Arbeiten, also das naturwissenschaftliche Experimentieren im Mittelpunkt [Barzel, Reinhoffer & Schrenk 2012:111ff.]. In der Regel werden die Experimente in Partner- oder Gruppenarbeit durchgeführt [ebd.:118], so dass hier eine Kombination mit dem Konzept des kooperativen Lernens stattfindet. Die Methoden unterscheiden sich im Öffnungsgrad bezogen auf verschiedene Merkmale (siehe Tab. 9, nächste Seite), allerdings gibt es für die unterschiedlichen Ausführungen keine trennscharfen Bezeichnungen. Im englischsprachigen Raum wird *Inquiry-based Learning (IBL)* als erfolgversprechende Methode zur Entwicklung naturwissenschaftlicher Bildung hervorgehoben [Bybee 2010; NRC 2000] und beispielsweise in den amerikanischen Bildungsstandards beschrieben [NRC 1996:23]. Leider sind Studien nur schwer vergleichbar, da der Begriff *Inquiry* verschiedene Bereiche umfasst (vgl. dazu [Eurydice 2011:69f.] sowie [Prince & Felders 2006:127f.]). Auch den entdeckenden und forschenden Methoden werden gute Erfolgchancen für die Vermittlung von Wissen und Kompetenzen [Harlen 2010:45; Rocard et al. 2007:12] sowie der Steigerung des Interesses – vor allem von Mädchen – eingeräumt [Rocard et al. 2007:12]. Schwartz et al. [2004] nennen drei Faktoren für den erfolgreichen Einsatz von forschenden Methoden: Kontext, Möglichkeit zur Reflexion und Perspektive des Lerners. Ähnlich sind die drei Erfolgsfaktoren von Khishfe und Abd-El-Khalick [2002]. Sie nennen ebenfalls den Kontext und die Bereitschaft der Lernenden für kognitive Veränderung und ergänzen die Dauer der Unterrichtssequenz als dritten Faktor.

Tab. 9: Methodische Variationen beim *Inquiry-based Learning* bzw. dem entdeckenden oder forschenden Lernens, je nach Öffnungsgrad in verschiedenen Bereichen (nach [Bonnstetter 1998]).

Öffnungsgrad der Forschungsarbeit	0 Vorgegeben	1 Strukturiert	2 Geführt	3 Offen	
Methodische Variante	Traditionelles Praktikum	Strukturiert	Geführt	SchülerInnen gelenkt	Eigenständ. Forschung
Thema	Lehrkraft	Lehrkraft	Lehrkraft	Lehrkraft	Lehrkraft/ SchülerIn
Forschungsfrage	Lehrkraft	Lehrkraft	Lehrkraft	Lehrkraft/ SchülerIn	SchülerIn
Material	Lehrkraft	Lehrkraft	Lehrkraft	SchülerIn	SchülerIn
Untersuchungsdesign	Lehrkraft	Lehrkraft	Lehrkraft/ SchülerIn	SchülerIn	SchülerIn
Ergebnisse/ Analyse	Lehrkraft	Lehrkraft/ SchülerIn	SchülerIn	SchülerIn	SchülerIn
Schlussfolgerung	Lehrkraft	SchülerIn	SchülerIn	SchülerIn	SchülerIn
Unterrichtsstil	Lehrerzentriert			Schülerzentriert	
Wissensdrang/ Motivation	Von außen vorgegeben			Intrinsisch motiviert	

Die Bund-Länder-Kommission fordert in Bezug auf die Methodenwahl eine **Balance zwischen situier-tem Lernen** im Anwendungsbezug **und dem systematischen Lernen** der fachlichen Grundlagen [BLK 1997:8]. Dabei können auch darbietende Elemente ihren Sinn erfüllen und mit den konstruktivistischen Ansichten vereinbar sein [Dubs 1999; Stork 1995]. Eine inhaltliche Orientierung der Methodik und die Chancen einer expliziten Instruktion durch die Lehrkraft betont auch Heinz Mandl in seinem Vortrag zum 15. Sommersymposium der Chemiedidaktik:

Solche konstruktivistischen Gestaltungsprinzipien laufen in vieler Hinsicht auf eine Problemorientierung des Lehrens und Lernens hinaus. Was hier allerdings zu kurz kommt, ist die Frage der Unterstützung und Anleitung der Lernenden. Denn Lernende brauchen nicht nur Freiraum für konstruktive und explorative Aktivitäten, sondern auch gezielte Hilfen für den Umgang mit Information, für die Bearbeitung von Problemstellungen und für die Zusammenarbeit in Gruppen. Die Praxis verlangt nach einer Balance zwischen expliziter Instruktion durch den Lehrenden und konstruktiver Aktivität des Lernenden. [Mandl 2000:8]

Die Vorteile der angesprochenen Balance können auch durch Studien belegt werden, bei denen im Unterrichtsversuch häufig **mehrere Unterrichtskonzepte kombiniert** eingesetzt wurden. Sumfleth et al. [2002] ermitteln für eine problemorientierte, kooperative Lernumgebung für Kleingruppen tendenziell positive Effekte in Bezug auf ein tiefergehendes Verständnis und die Motivation der Lernenden. Darüber hinaus zeigen sie den Mehrertrag von Strukturierungshilfen, die eine Balance zwischen Offenheit und Strukturierung schaffen können (vgl. auch [BLK 1997:10] sowie [Wahser & Sumfleth 2008]). Auch Khishfe und Abd-El-Khalick [2002] zeigen, dass entdeckende und forschende Methoden vor allem dann gute Ergebnisse erzielen, wenn sie problemorientiert gestaltet sind, Schü-



leraktivität fördern und durch eine explizit durch die Lehrkraft angeleitete Reflexionsphase ergänzt werden (vgl. auch Lederman et al. [2001], Lederman [2004] und Schwartz et al. [2004]). Diese Kombination bezeichnen sie als explizit-reflexiv und betonen gleichzeitig, dass die naturwissenschaftlichen Kompetenzen nicht automatisch während der praktischen Arbeit am Problem erworben werden. Rein implizite Methoden können demnach dieses Ziel genauso wenig erfüllen wie rein explizite Varianten. Dieses Ergebnis wird auch von Bell, Blair, Crawford und Lederman [2003] bestätigt, die Schülerinnen und Schülern durch die Arbeit in einer Forschungseinrichtung zwar einen kognitiven Zuwachs im Bereich der Methoden (*Scientific Inquiry*), nicht aber in den anderen beiden Bereichen der Natur der Naturwissenschaften (*Scientific World View* und *Scientific Enterprise*) bescheinigen. Auch Harlen [2010:45f.] spricht sich für eine Vereinigung von forschenden, kooperativen und reflexiven Elementen aus.

Zusammengefasst kann man also sagen, dass forschende Methoden, die von einer konkreten Situation oder einem Problem ausgehen, die Möglichkeit zur Reflexion bieten und über einen längeren Zeitraum im Unterricht eingesetzt werden, bei einer bzw. einem interessierten und selbstständigen Lernenden naturwissenschaftliche Grundbildung fördern können.

Während die forschenden Methoden sehr stark den Einsatz von Experimenten betonen und damit überwiegend im Bereich der Naturwissenschaften eingesetzt werden können, ist **Problembasiertes Lernen (PBL)** als sehr ähnliche Methode auch in anderen Fächern praktikabel [Rocard et al. 2007]. PBL vereint situiertes, problemorientiertes, kooperatives Lernen mit reflexiven Elementen, indem ausgehend von einem Problem in Kleingruppen über einen längeren Zeitraum neues Wissen generiert wird (eine genaue Beschreibung erfolgt in Kapitel 2). Agnes Weber betont die Wirksamkeit der Methode in Bezug auf die Entwicklung von flexiblem Wissen, Schlüssel- und Handlungskompetenzen sowie den positiven Einfluss auf Motivation und Selbstwahrnehmung der Lernenden [Weber 2005]. Denn in einem solchen Unterrichtssetting führen vor allem das Erleben von Selbstbestimmung, Kompetenz und sozialer Eingebundenheit zu hochwertigen Lernergebnissen [Deci & Ryan 1993]. Somit wird PBL als eine mögliche Methode gesehen, naturwissenschaftliche Grundbildung zu vermitteln. Die Methode des Problembasierten Lernens, ihre Wirksamkeit und ihre Umsetzung werden ausführlich in Kapitel 2 dargelegt, da sie eine zentrale Grundlage dieser Arbeit bildet.

## 1.8 Bedeutung der Lehrkräfte sowie ihrer Aus- und Weiterbildung

Verantwortlich für „die Qualität einer guten Schule und die Wirksamkeit eines guten Unterrichts“ ist die Lehrkraft mit ihren „professionellen und menschlichen Fähigkeiten“ [Lemke et al. 2000:2]. Doch

die Neuorientierung der Bildungspläne und die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung in einem konstruktivistisch geprägten Unterricht stellen auch **neue Anforderungen an die Lehrpersonen**. Sie müssen laut Shulman [1986] neben pädagogischem Wissen über drei Kategorien von Inhaltswissen verfügen, nämlich im fachlichen, fachdidaktischen und curricularen Bereich. Diesbezüglich haben verschiedene Studien gezeigt, dass Lehrkräfte zwar über ein großes inhaltliches Wissen und die darauf bezogene Fachdidaktik verfügen, dass aber die konstruktivistische Sicht des Lernens und die neuesten Erkenntnisse fachdidaktischer Forschung nicht unbedingt bei ihnen ankommen [Duit & Treagust 2003; Duit 2005; Eilks 2015]. Andere Studien belegen, dass obwohl entsprechendes Wissen vorhanden ist, dieses nicht im Unterricht eingesetzt wird [Eilks 2015; Fischler 1994]. So wird „ein fachdidaktisches Denken, das [...] eine Balance zwischen dem Fachlichen und den Lernmöglichkeiten der Schülerinnen und Schüler findet, [...] als Voraussetzung für die Entwicklung eines Lehrerverhaltens gesehen, das zu besseren Unterrichtsergebnissen führt (Kattmann, 2003, 2004)“ [zitiert nach Duit 2005:21]. So bleibt festzuhalten, dass eine Weiterentwicklung von Lehrkräften in Hinblick auf die Vermittlung von Kompetenzen und einer naturwissenschaftlichen Grundbildung nötig ist [Suwelack 2010]. Dabei benötigen sie insbesondere im fachdidaktischen Bereich Unterstützung [Duit 2005].

Doch was müssen Lehrerinnen und Lehrer wissen (oder können), um Wissen über die Natur der Naturwissenschaften zu vermitteln? Eine Antwort auf diese Frage findet man vor allem in der amerikanischen Literatur zur Diskussion um die Implementierung von *Nature of Science (NOS)*-Aspekten im Unterricht. Lederman et al. [2001] identifizieren vier **Faktoren für den Lehrerfolg**: (1) Das Wissen in und über *NOS*, (2) das Fachwissen, (3) das pädagogische Wissen und (4) die Einstellung, *NOS* vermitteln zu wollen. Dabei bezieht sich der dritte Bereich vor allem auch auf die Möglichkeiten, *NOS* zu vermitteln, so dass es eventuell besser mit fachdidaktischem Wissen ins Deutsche übersetzt werden kann. Darüber hinaus kommt es auf das Zusammenspiel der vier Faktoren an, so genügt auch ein besonders stark ausgeprägtes Wissen in einem der Bereiche nicht für eine erfolgreiche Vermittlung von *NOS*-Aspekten im Unterricht [Abd-El-Khalick et al. 1998; Bell, Lederman & Abd-El-Khalick 2000; Lederman et al. 2001]. In einem weiteren Artikel betonen die genannten Autorinnen und Autoren auch die Bedeutung des Wissens im Bereich der naturwissenschaftlichen Arbeitsmethoden und die Kenntnis des Unterschieds beider Bereiche [Schwartz et al. 2004]:

To teach NOS and inquiry, the teacher needs knowledge of NOS and inquiry, and pedagogical knowledge for each. This knowledge includes an awareness of the inherent gap between these two concepts and knowledge of how to bridge that gap. [Schwartz et al. 2004:637]

Osborne et al. [2003] untersuchten naturwissenschaftliche Unterrichtspraxen und befragten Lehrkräfte diesbezüglich. Sie kategorisierten die beobachtete Vielfalt der Unterrichtsgestaltung in fünf

Dimensionen. Lehrkräftewissen über *NOS*, Selbstverständnis, Umgang mit Diskussionen, Vorstellung von Lernzielen und Art der Schüleraktivitäten. Sie stellten fest, dass Lehrpersonen, die sich mit ihren Einstellungen und ihrem Handeln auf der rechten Seite der Skalen (siehe Abb. 5) befanden, erfolgreicher Schülerinnen und Schüler aktivieren und bei ihnen naturwissenschaftliche Kompetenzen aufbauen konnten [Bartholomew, Osborne & Ratcliffe 2004; Osborne 2007].

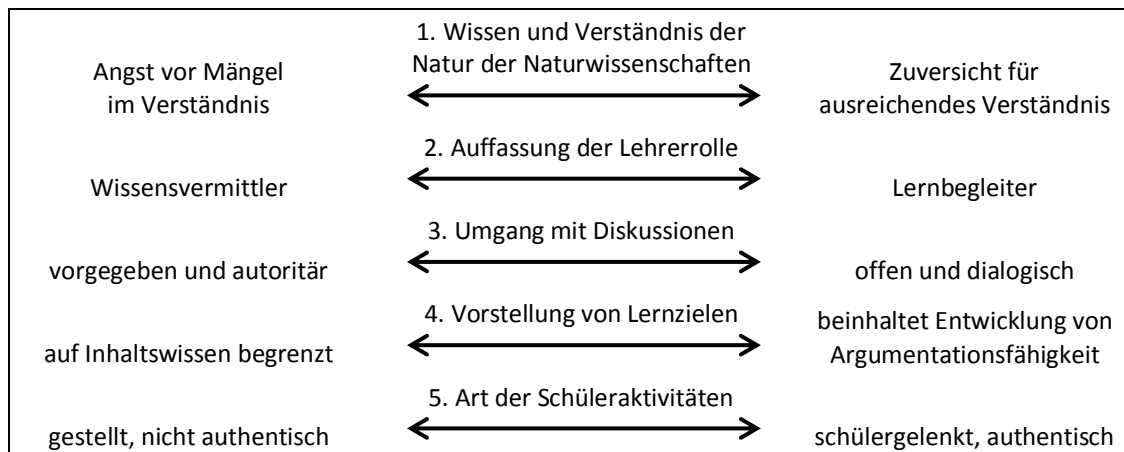


Abb. 5: Die fünf Dimensionen des Lehrerverhaltens, die den naturwissenschaftlichen Unterricht beeinflussen (frei nach [Osborne 2007])

Neben dem fachlichen und fachdidaktischen Wissen muss die Lehrperson demnach eine konstruktivistische Auffassung von Lernen und der dazugehörigen Lehrer- und Schülerrolle besitzen (vgl. auch [Duit & Treagust 2003; Labudde & Möller 2012; Suwelack 2010]). Diese **neue Lehrerrolle** umfasst neben dem Entschluss, den eigenen Unterricht zu reflektieren und neue Wege zu gehen, auch die Bereitschaft, mit Situationen der Unsicherheit im Unterricht umgehen zu können und sich selbst als ständig Lernenden zu akzeptieren [Aikenhead 2005]. Auf dieser Grundlage ergeben sich vier Aufgabenbereiche in Bezug auf den Unterricht, die sich im Vergleich zum traditionellen Unterricht ebenfalls verändert haben: Gestaltung von Lernumgebungen und Hilfestellungen sowie Moderation und Reflexion des Lernprozesses [Suwelack 2010].

Diesen umfassenden Anforderungen an Lehrkräfte im modernen naturwissenschaftlichen Unterricht können Lehrerinnen und Lehrer kaum alleine gerecht werden. Sofern sie nicht die entsprechende Ausbildung erfahren haben, benötigen sie für diesen Paradigmenwechsel Unterstützung in Form von **Lehrkräftefortbildungen**. Dies gilt vor dem Hintergrund des fächerübergreifenden Aspekts [Wilhelm & Brovelli 2009] auch für das Fach NwT, für das es bis heute nur wenige ausgebildete Lehrkräfte gibt. Die Wahrnehmung von Fortbildungen und die Anpassung des eigenen Unterrichts an neue Erkenntnisse und Methoden ist die Pflicht einer jeden Lehrkraft. Dazu heißt es in der sogenannten Bremer Erklärung des Präsidenten der Kultusministerkonferenz und den Vorsitzenden der Bildungs- und Lehrgewerkschaften: „Lehrerinnen und Lehrer sind Fachleute für das Lernen“ und ihre Hauptaufgabe ist eine „nach wissenschaftlichen Erkenntnissen gestaltete Planung, Organisation und

Reflexion“ von Unterricht [Lemke et al. 2000:2]. Um dies leisten zu können, entwickeln „Lehrerinnen und Lehrer [...] ihre Kompetenzen ständig weiter und nutzen geeignete Fort- und Weiterbildungsangebote“ [Lemke et al. 2000:4]. Damit Lehrkräfte diesen Anspruch erfüllen können, müssen geeignete Fortbildungsveranstaltungen angeboten werden.

Ein **Ziel von Fortbildungen** zum modernen naturwissenschaftlichen Unterricht muss es sein, sowohl die Einstellungen und Ansichten als auch die Handlungsoptionen der Lehrkräfte zu verändern [Anderson & Helms 2001; Duit & Treagust 2003; Suwelack 2010] und damit die angesprochene Diskrepanz zwischen Einstellung und Handeln abzubauen. Studien haben allerdings gezeigt, dass diese Veränderungen sehr schwierig sind [Duit & Treagust 2003], da Lehrkräfte im Schulalltag unter Druck von „wohldurchdachte[n] Handlungsprinzipien“ abweichen und auf „situationsbezogene Vorstellungen“ [Fischler 2005:77] zurückgreifen (vgl. auch [Schallies 2005]). Handlungsrountinen können demnach nur im Laufe der Zeit verändert werden, was „kurzfristig angelegte traditionelle Fortbildungen“ [Schallies 2005:28] kaum leisten können [Fischler 2005; Suwelack 2010]. Um dieses Ziel zu erreichen, werden im nordamerikanischen Raum zur Implementierung innovativer Neuerungen staatliche Programme veranstaltet, die sich über einen längeren Zeitraum erstrecken und entsprechend finanziell gefördert werden. Exemplarisch sei hierfür das *Iowa Chautauqua* Programm zur Implementierung des *Science/Technology/Society*-Ansatzes genannt, das Lehrkräfte über ein ganzes Jahr weiterbildet [Blunck & Yager 1990, 1996]. Solche Strukturen gibt es in Deutschland nicht, so dass der angestrebte Paradigmenwechsel in eintägigen Fortbildungen nur angeregt werden kann. Hier muss in der Lehrkräfteausbildung angesetzt werden, um, durch eine kontinuierliche Bewusstmachung und eine individuelle Reflexion im Schulalltag, von Beginn an entsprechende Handlungsrountinen aufzubauen [Lederman et al. 2001].

Eine **weitere Aufgabe**, die entsprechende Lehrkräftefortbildungen gleichzeitig angehen können, ist die Verbreitung fachdidaktischer Innovationen und Methoden. Dabei genügt es allerdings nicht, neue Materialien zur Verfügung zu stellen, sondern es muss das Ziel verfolgt werden, die Lehrkräfte zu befähigen, selbst entsprechende Materialien zu konzipieren [Lederman et al. 2001; Sumfleth & Fischer 2005]. Doch auch die Verbreitung von Neuerungen ist mit gewissen Hindernissen verbunden, denn in der Fachdidaktik werden häufig erfolgversprechende Konzepte und Materialien entwickelt, die allerdings nicht in der Schulpraxis umgesetzt werden [Duit & Treagust 2003; Parchmann & Gräsel 2005; Sumfleth & Fischer 2005], da entsprechende Publikationen nicht gelesen werden [Neu & Melle 1998]. Reinders Duit [2005] spricht in diesem Zusammenhang von einer „Kluft zwischen dem Forschungswissen und der Schulpraxis“ [ebd.:23]. Die häufigsten Materialien zur Vorbereitung von Unterricht sind Lehrbücher und Lehrpläne [Daus et al. 2004], wobei Innovationen in ersteren nur langsam Einzug erhalten und die Neuerungen der Lehrpläne oft als passend zu alten Strukturen interpretiert werden [Tillmann 1997]. Daher soll an dieser Stelle noch einmal betont werden: die Lehr-

kraft und damit auch die Lehrkräftebildung ist „der Schlüssel zur Verbesserung der Qualität des (naturwissenschaftlichen) Unterrichts“ [Anderson & Helms 2001 zitiert nach Duit 2005:21, vgl. auch Sumfleth & Fischer 2005].

Mit der Frage wie die Erkenntnisse aus der fachdidaktischen Forschung und die Neuerungen des Lehrplans erfolgreich in die Schulpraxis integriert werden können, beschäftigt sich die **Implementationsforschung** [Gräsel & Parchmann 2004]. Dabei wird „anders als in einer *top-down* Verordnung veränderter Inhalte und Methoden durch Lehrpläne und Schulbücher [...] die Lösung einer Praxisentwicklung in *bottom-up* Ansätzen und partnerschaftlichen Kooperationsstrategien zwischen universitären Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern sowie den Lehrkräften an den Schulen als Erfolg versprechend angesehen [...]“ [Sumfleth & Fischer 2005:34]. Die bereits angesprochene Anpassung neuer Lehrpläne an alte Routinen spiegelt die Trägheit der Lehrkräfte wieder. So können Implementierungen nur dann erfolgreich sein, wenn die Innovationen „im richtigen Ausmaß an die Praxis anknüpfen, also merkliche Veränderungen beinhalten, aber mit den Handlungsrouinen und bestehenden Unterrichtspraktiken nicht völlig brechen“ [Gräsel & Parchmann 2004:204]. Gleichzeitig müssen die Lehrkräfte die Neuerung als relevant erachten und durch ihre innere Einstellung bereit sein, diese in ihren Unterricht zu integrieren [Brunck & Yager 1990; Gräsel & Parchmann 2004:204]. Des Weiteren sind Möglichkeiten der Anpassung [Aikenhead 2005; Gräsel & Parchmann 2004], Begleitungsmaßnahmen [ebd.; Brunck & Yager 1990; Labudde & Möller 2012] und die Einbeziehung der Schulleitung [Gräsel & Parchmann 2004; Labudde & Möller 2012] Faktoren, die sich positiv auf die Integrierung einer Neuerung in die Schulpraxis auswirken können. Das Merkmal von *bottom-up* oder symbiotischer Implementierung ist, dass meist ein Problem der Praxis als Ausgangspunkt der Entwicklung und Erprobung einer Neuerung dient [Gräsel & Parchmann 2004]. Damit ist die Relevanz von Anfang an gegeben. Eine zusätzliche Mitwirkung der Lehrkräfte im Prozess (in Kooperation mit den Fachdidaktikern) [Aikenhead 2005; Brunck & Yager 1990; Gräsel & Parchmann 2004] sowie die Bildung von Netzwerken [Aikenhead 2005; Brunck & Yager 1990; Gräsel & Parchmann 2004; Labudde & Möller 2012] verstärken die Akzeptanz dieses Verfahrens zusätzlich und können als Nebeneffekt zu einer individuellen Weiterentwicklung der Lehrkräfte beitragen.

Ähnliche Erfahrungen gibt es auch für Lehrkräftefortbildungen. So besuchen Lehrkräfte bevorzugt Fortbildungen, die sie für ihren Unterricht als relevant erachten, bei denen es um neue Inhalte geht oder sie Materialien für den eigenen Unterricht erhalten [Daus et al. 2004; Labudde 2004; Labudde & Möller 2012]. Obwohl in der Literatur insgesamt eher von ausbleibenden Effekten von Lehrkräftefortbildungen berichtet wird, gibt es scheinbar **Gestaltungsmerkmale von Fortbildungen**, die sich positiv auf die Veränderung von Unterricht auswirken können [Fischler 2005; Parchmann & Gräsel 2005]. Diese stimmen in weiten Teilen mit den im vorigen Absatz bereits genannten Faktoren über-

ein: die Möglichkeit der Anpassung an den eigenen Unterricht [Fischler 2005; Parchmann & Gräsel 2005], die Bereitstellung von Unterstützungsangeboten [Fischler 2005; Schallies 2005], die Ausbildung von Kooperationen oder Netzwerken\* [Labudde 2004; Parchmann & Gräsel 2005] und soweit möglich das Einbringen eigener Ideen bei der Gestaltung von Unterrichtsmaterialien [Fischler 2005; Labudde 2004]. Ergänzt werden diese Ansprüche durch den Ruf nach einer aktiven Beteiligung der Teilnehmenden in der Lehrkräftefortbildung und einem Einsatz konstruktivistischer Methoden [Parchmann & Gräsel 2005; Reusser & Messner 2002], um so die beschriebene Kluft zwischen Wissen und Handeln überbrücken zu können [Reusser & Messner 2002; Zumbach 2008].

Bei einer Lehrkräftefortbildung, die sowohl das Unterrichten naturwissenschaftlicher Grundbildung als auch konstruktivistische Unterrichtsansichten und -methoden vermitteln will, müssen die Lehrkräfte ein Stück weit den gleichen Weg durchlaufen, wie es ihre Schülerinnen und Schüler zu einem späteren Zeitpunkt tun sollen. So müssen sie sich die Inhalte und die Bedeutung von *NOS* bewusst machen und Möglichkeiten aufgezeigt bekommen, wie diese in den Unterricht integriert werden können. In diesem Zusammenhang berichten Schwartz et al. [2004] von einem erfolgreichen Ansatz, der in der Lehrkräftebildung genauso effektiv sei, wie beim Einsatz im Schulunterricht. Hierbei generierten die angehenden Lehrkräfte beispielsweise ihr *NOS*-Wissen selbst in authentischen Lernumgebungen mit reflexiven Elementen und Diskussionen, die alle Bereiche von *NOS* explizit aufgriffen. Durch das aktive Selbst-Tun und die Reflexion des Vorgehens, konnten sie die konstruktivistische Art des Lernens erleben, dadurch ihren eigenen Rollenwechsel hin zur Begleitperson des Lernprozesses besser vollziehen und gleichzeitig ihr Methodenrepertoire erweitern.

Mit der gleichen Argumentation werden auch dem Einsatz des **Problembasierten Lernens in der Lehrkräftebildung** Erfolgchancen eingeräumt [Maudsley 1999; Reusser 2005; Stark et al. 2010; Weber 2005; Zumbach 2008]. Außerdem können nach Wilhelm und Brovelli [2009], durch den Einsatz von PBL in der Lehrkräftebildung, parallel alle drei Bereiche des Lehrerwissens nach Shulman [1986] ausgebaut werden: Entwicklung fachinhaltlichen Wissens (durch die Problemstellung), pädagogischen Inhaltswissens (durch das Erleben der Methode) und curricularen Wissens (durch die Interdisziplinarität und den Bildungsplanbezug). Mit PBL kann also theoretisches Wissen anwendungsbezogen erlernt und gleichzeitig verschiedene Handlungsoptionen durchgespielt und gegeneinander abgewogen werden, wodurch auch Reflexionskompetenzen und Flexibilität gefördert werden [Stark et al. 2010; Weber 2005; Zumbach 2008]. Dazu müssen erfolgreiche Verhaltensweisen im Unterstützungsprozess vorgestellt und Möglichkeiten geschaffen werden, die eigene Praxis zu reflektieren oder durch Feedback zu verbessern [Dole, Bloom & Kowalske 2015].

---

\* Nach Harlen [2010:15] und Rocard et al. [2007:12] haben Kooperationen einen positiven Einfluss auf die Zufriedenheit der Lehrpersonen und eine erfolgreiche naturwissenschaftliche Erziehung aller Kinder.

Daraus ergibt sich als Ziel von Lehrkräfteaus- und -fortbildungen, die Teilnehmenden „zu befähigen, ihre reflektierten Erfahrungen auch auf ihrer späteren Zielstufe als Lehrpersonen Gewinn bringend umzusetzen“ [Reusser 2005:180]. Michael Anton [2005] beurteilt die Chance einer Veränderung im Unterricht folgendermaßen:

Die Wahrscheinlichkeit für eine solche Initiative steigt in dem Maße, in dem der Lehramtsstudierende so behandelt wird, wie er als Lehrer seine Schüler einmal behandeln sollte!  
[Anton 2005:180]

Gleiches gilt natürlich für Lehrpersonen in Lehrkräftefortbildungen. Zum selben Ergebnis kommen Sara Sage und Linda Torp [1997] in Bezug auf den Einsatz von Problembasiertem Lernen in Lehrkräftefortbildungen. So kann ein wichtiges Fazit dieses Unterkapitels sein, dass die Grundsätze für die Gestaltung von Unterricht auch für die Gestaltung von Fortbildungen für Lehrpersonen gelten.





*„Jedes Problem, das man bewältigt,  
bringt einen in der Zukunft weiter.“*

*[Steffi Graf, dt. Tennisspielerin]*

## **2. Problembasiertes Lernen (PBL)**

Das in der Einleitung beschriebene Problem von tragem Wissen ist auch in der Hochschulausbildung von angehenden Ärztinnen und Ärzten schon lange dokumentiert (für Deutschland z. B. [Ochsmann, Drexler & Schmidt 2010; Repke 2004; Spiegel 1978]). Um dieser Tatsache entgegenzuwirken, wurde an der *McMaster*-Universität in Hamilton, Ontario, Kanada ein neues Studiendesign entwickelt, welches die Studierenden schon frühzeitig mit den späteren beruflichen Anforderungen konfrontiert [Neufeld & Barrows 1974]. Das neue zentrale Element war das Problembasierte Lernen, welches heute aus der medizinischen Ausbildung nicht mehr wegzudenken ist. Die verfolgten Ziele im tertiären Bildungssektor (Teilkapitel 2.5) sind vielfältig und reichen von der Ausbildung von Fachwissen und praktischen Fähigkeiten bis zur Vermittlung von Basiskompetenzen für lebenslanges Lernen [Neufeld & Barrows 1974]. Trotz widersprüchlicher Aussagen zur Wirksamkeit (Teilkapitel 2.6), wird PBL-Absolventinnen und -Absolventen im Tenor ein Plus an beruflichen Qualifikationen und eine höhere Motivation bei einem gleichen bis geringeren fachlichen Grundwissen bescheinigt (z. B. [Albanese & Mitchell 1993] oder [Newman 2003]). Dabei beschränkt sich die empirisch belegte Wirksamkeit bisher überwiegend auf den tertiären Bildungsbereich und die medizinischen Ausbildungsgebiete [Torp & Sage 1998:81].

Doch kann diese Methode auch in der Schule eingesetzt werden und dort ihre Stärken entfalten? Die aufgezeigten Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts decken sich mit den Zielen, die im tertiären Bildungssektor angestrebt werden. Durch den Einsatz von PBL im Schulunterricht erhofft man sich neben der Ausbildung von Fachwissen und Kompetenzen auch eine Steigerung der Motivation bei den Schülerinnen und Schülern [Torp & Sage 1998:21-24]. Inwiefern diese Ziele im schulischen Bereich erreicht werden, wurde bisher nur wenig untersucht. In Teilkapitel 2.7 wird Problembasiertes Lernen zunächst methodisch eingeordnet und von ähnlichen Unterrichtsmethoden

abgegrenzt. Dann werden erste Erfahrungen von PBL in der Schule sowie dabei aufgedeckte Herausforderungen vorgestellt (Teilkapitel 2.8). In diesem Zusammenhang stehen, neben der Rolle der Lehrperson und den damit verbundenen neuen Aufgaben für Lehrkräfte, vor allem die Bereiche Zeitmanagement, curriculare und schulische Rahmenbedingungen sowie unterschiedliche Voraussetzungen der Lerngruppe im Fokus [Delisle 1997:14ff., 96ff.; Torp & Sage 1998:86, 2002:110-113]. Trotz der vielen Herausforderungen haben verschiedene Unterrichtsbeispiele gezeigt, dass PBL erfolgreich im Schulunterricht eingesetzt werden kann, wenn bestimmte Rahmenbedingungen beachtet werden [Delisle 1997:102ff.; Torp & Sage 1998:88].

Die zunehmende Verbreitung von PBL deutet auf ein gewisses Potential der Methode hin. Für eine fundierte Einschätzung zum Einsatz von PBL in der Schule und als Basis für das Unterrichtskonzept *Lucycity*, muss ein grundlegendes Verständnis für die Idee und die Herausforderungen dieser Methode gelegt werden. Dazu werden zunächst die geschichtliche Verbreitung und das Vorgehen beim PBL ausführlich vorgestellt (Teilkapitel 2.1-2.4).

## 2.1 Geschichte

Erstmals wurde Problembasiertes Lernen im Jahr 1969 an der **McMaster-Universität** in Hamilton, Ontario, Kanada als fester Bestandteil ins Curriculum des Medizin-Studiengangs aufgenommen [Neufeld & Barrows 1974]. Weitere Pioniere im Bereich Medizin waren die Universitäten in Maastricht (Niederlande, Europa, 1974) und Newcastle (New South Wales, Australien, 1978) [Clarke 1978; Maudsley 1999; UM 2016]. In den folgenden Jahren verbreitete sich PBL zunächst in den Medizin- und später auch punktuell in diversen anderen Studiengängen [Hung et al. 2008]. In Amerika führten bis Ende der siebziger Jahre u. a. die *Michigan State University* (1973) [Echt & Chan 1977] und die *University of New Mexico* (1979) [Kaufman 1985] PBL-Curricula ein. An anderen Universitäten wurden zunächst PBL-Kurse auf Initiative einzelner Dozenten angeboten [Kaufman 1985:67], bevor zu einem späteren Zeitpunkt das Curriculum geändert wurde: *Harvard University* (1985) [Moore 1997], *Southern Illinois University* (1997) [SIU 2012] sowie die *University of Hawaii* (1989) [Anderson 1997]. Es folgten viele weitere Universitäten auf allen Kontinenten [Lee & Kwan 1997].

Bei der Entwicklung und Verbreitung von PBL entstanden auch **Abwandlungen** der ursprünglichen Organisationsform, die im weiteren Verlauf als *McMaster-Modell* bezeichnet wird. Stellvertretend für eine Variation soll das Hybrid Modell – besser bekannt als „The New Pathway at Harvard Medical School“ [Armstrong 1997:137] – genannt werden. Es wurde in einem Pilotprojekt 1985 an der *Harvard University* in Cambridge (MA) eingeführt [Armstrong 1997; Moore 1997]. Die Verantwortlichen

stellten das Curriculum nicht komplett auf problembasierte Lerneinheiten um, sondern kombinierten diese mit traditionellen Vorlesungen und Praktika.

Die ersten **europäischen Hochschulen**, die PBL als Methode einsetzten, waren die Universitäten in Aalborg (Dänemark) und in Maastricht (Niederlande). In Maastricht werden seit der Gründung 1974 alle Studierenden in allen Studiengängen (von Ingenieurs-, über Natur- und Rechts- bis Wirtschaftswissenschaften) ausschließlich nach dem ursprünglichen *McMaster*-Modell ausgebildet [UM 2016]. In Dänemark entwarf man mit dem *Aalborg-Model* eine problembasierte und projektorganisierte Form des Lernens, die 50% des Pensums ausmacht [Kjersdam 1994:7]. Die restlichen 50% werden herkömmlich unterrichtet, wobei sich die Inhalte je zur Hälfte auf das Projekt und das Curriculum beziehen. Damit handelt es sich beim *Aalborg-Model* ebenfalls um eine hybride Form von PBL.

In den folgenden Jahren verbreitete sich PBL weiter in Europa, schwerpunktmäßig in Skandinavien (z. B. Linköping, Schweden) aber auch in Spanien [Prince & Felders 2006]. Darüber hinaus wird es heute beispielsweise auch in Großbritannien, Belgien, Ungarn und der Schweiz eingesetzt [Gijbels, Dochy, van den Bossche & Segers 2005; Lee & Kwan 1997; Szögedi, Zrínyi, Betlehem, Ujváriné & Tóth 2010]. In Europa verbreitet sich PBL zunehmend auch in Ausbildungsberufen, für die kein universitäres Studium benötigt wird [Weber 2007]. Beispielhaft sei hier die Schule für Ergotherapie in Zürich genannt. Überhaupt übernehmen in der Schweiz die Gesundheitsberufe eine Vorbildfunktion [ebd.].

In **Deutschland** fungierte die Privatuniversität Witten/Herdecke (UW/H) als Pionier und Ideenwerkstatt im Bereich des PBL. Seit ihrer Gründung 1983 legt sie besonderen Wert auf den Praxisbezug im Studium [Wiedersheim 1984] und nahm im Jahr 1992, als erste deutsche Universität, im medizinischen Bereich PBL-Elemente in ihr Curriculum auf [UW/H 2013]. Auch der im Jahr 2000 gestartete Modellstudiengang Medizin enthält mit PBL-nahen Prüfungsformen und einem „Allgemeinarzt-Adoptionsprogramm“ innovative Elemente [Vermaasen 2000].

Im nicht privaten Bereich kommt der Humboldt-Universität (Charité) in Berlin eine Vorreiterrolle zu. Seit dem Jahr 1999 gab es hier parallel zum Regelstudiengang in Medizin die Möglichkeit eines Reformstudienganges, der ebenfalls auf PBL-Elementen aufbaute. 2010 wurden diese beiden Studiengänge zu einem neuen Modellstudiengang zusammengelegt [Charité 2016; Repke 2004]. Den gleichen Verlauf nahm die Entwicklung an der Ruhr-Universität in Bochum. Der einstige Modellstudiengang von 2003 wurde mit dem klassischen Medizinstudiengang vereint, so dass seit 2013 alle Studierenden eine praxis- und problemorientierte Ausbildung durchlaufen [Kühlem 2012; Ruhr-Uni 2016]. Inzwischen haben verschiedene Universitäten in Deutschland PBL-Elemente in die Studiengänge integriert (z. B. Universität Duisburg-Essen, Ludwig-Maximilians-Universität München, Technische Universität Dresden, Ruprecht-Karls Universität Heidelberg, Westfälische Wilhelms-Universität

Münster), wobei es sich meist – wie beim Hybrid-Modell – um eine Kombination mit herkömmlichen Vorlesungen handelt [Bergmann, Dieter & Nitsche 2002; LMU 2008; Quellmann 2003; Steiner et al. 2003; WWU 2015]. Seit 2013 erweitern die Fachhochschule Köln, die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen und das University College Freiburg ihre Curricula um PBL-Elemente [Oelkers & Kraus 2014]. Die rasante Verbreitung verbleibt dabei weitgehend in den medizinischen Studien- und Ausbildungsbereichen. Diese Entwicklung in Deutschland ist unter anderem auf die neue Approbationsordnung für Ärzte (ÄAppO) zurückzuführen, die im Jahr 2002 vom Bundesrat verabschiedet wurde. Dort wird der Problem- bzw. Praxisbezug für alle medizinischen Ausbildungen explizit gefordert [ÄAppO 2002].

Betrachtet man die **fachspezifische Verbreitung**, ist PBL schwerpunktmäßig immer noch eine Methode der medizinischen oder heilberuflichen Ausbildung und breitet sich hier auch kontinuierlich weiter aus (z. B. Bereich Anästhesie [Chilkoti 2014]) [Prince & Felders 2006]. Ein weiterer PBL-affiner Bereich sind die Ingenieurwissenschaften, was durch die Tatsache belegt wird, dass das *International Journal of Engineering Education* der Thematik eine Sonderausgabe widmete (Jahrg. 19, Nr. 5). Nur langsam prüfen andere Disziplinen, inwiefern PBL seine Wirkung in den spezifischen Fächern entfalten kann. Dabei werden aber meist keine curricularen Änderungen vorgenommen, sondern eher ergänzende PBL-Veranstaltungen angeboten. An dieser Stelle sollen exemplarisch der Bachelorstudiengang Wirtschaftswissenschaften an der Universität Duisburg-Essen [Becker et al. 2010] sowie die rechtswissenschaftlichen Nebenfächer der TU Darmstadt [Oelkers & Kraus 2014] als deutsche Beispiele genannt werden (vgl. auch Zumbach & Moser [2012] für die Rechtswissenschaften in Singapur und York, hier mit curricularen Umstellungen). Aus dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich seien die Hochschule München [Wolf, Kamper & Nissler 2013] und die *University of Delaware* [Duch, Groh & Allen 2001] genannt.

Robert Delisle [1997], Ann Lambros [2004], Linda Torp und Sara Sage [1998] sowie Zumbach, Kumpf und Koch [2004] haben den Ansatz für die Arbeit mit Kindern und mit Jugendlichen in Kindergarten und Schule modifiziert. Die Übertragung in den Bildungsbereich der Primar- und Sekundarstufe und die damit verbundenen Erfahrungen werden in Unterkapitel 2.8 zum Einsatz von PBL in der Schule näher beleuchtet.

## 2.2 Definition von Problembasiertem Lernen

Trotz oder gerade wegen der großen Verbreitung von PBL, ist es schwierig, eine prägnante Definition für Problembasiertes Lernen zu formulieren bzw. eine eindeutige Variante in der Literatur zu finden. Einen Versuch, die **Kernidee von PBL** im Fachbereich Medizin in einem Satz zu formulieren, unternahmen Marc Albanese und Susan Mitchell:

Problem-based learning at its most fundamental level is an instructional method characterized by the use of patient problems as a context for students to learn problem-solving skills and acquire knowledge about the basic and clinical science. [Albanese & Mitchell 1993:53]

In dieser Beschreibung ist das Merkmal enthalten, dass ein Problem als Ausgangspunkt zur Generierung neuen Wissens und zur Aneignung von Problemlösekompetenzen dient. Mindestens genauso wichtig ist allerdings die Tatsache, dass es sich um einen selbstgesteuerten Lernprozess handelt, der von einer Tutorin oder einem Tutor begleitet wird, was in dieser Formulierung jedoch keinerlei Beachtung findet.

Die Schwierigkeit, Problembasiertes Lernen zu definieren, wird auch durch die Tatsache belegt, dass selbst Howard S. Barrows, der als Förderer und Verbreiter des ursprünglichen *McMaster*-Modells von Problembasiertem Lernen gilt, keine Definition als solche formuliert, sondern versucht, mit Hilfe einer Taxonomie die vielfältigen ähnlichen Methoden voneinander abzugrenzen und die Merkmale von Problembasiertem Lernen zu betonen [Barrows 1986]. Bezogen auf den Fachbereich Medizin nannte er die verfolgten Ziele, nach denen die Methoden bzw. ihre Wirkung eingestuft werden sollen: (a) Strukturierung von Fachwissen im klinischen Kontext, Entwicklung von Fähigkeiten (b) zur medizinischen Diagnostik und zum (c) selbstgesteuerten Lernen sowie (d) Motivation zum Lernen. Übertragen auf andere Bereiche könnte man die Kriterien wie folgt anpassen: Entwicklung strukturierten Fachwissens und fachlicher Handlungskompetenz sowie Motivation und Fertigkeiten zum selbstgesteuerten Lernen. Zu einem späteren Zeitpunkt formulierte Barrows [1996] basierend auf seinen Erfahrungen sechs **Grundprinzipien für PBL**: „(1) Das Lernen ist lernerzentriert, (2) das Lernen erfolgt in Kleingruppen-Tutorien, (3) ein Tutor betreut und unterstützt den Lernprozess, (4) ein authentisches Problem leitet den Lernprozess ein, (5) die Lernenden erwerben anhand des Problems die erforderlichen Kenntnisse und Problemlösefertigkeiten, (6) die Lernenden erwerben neue Informationen durch selbstgesteuertes Lernen.“ (zitiert nach [Preckel 2004:275], vgl. auch [Eder, Rotters, Scholkmann & Valk-Draad 2011:11f.] oder [Kolmos, Du, Holgaard & Jensen 2008:15]). Dochy, Segers, Van den Bossche und Gijbels [2003] ergänzen noch ein siebtes Bestimmungsstück: (7) Die zu lösenden Probleme sind repräsentativ.

Man findet in der Literatur eine Vielzahl von weiteren Formulierungen bzw. Umschreibungen, die mehr oder weniger ausführlich ausgearbeitet sind und je nach Ansicht der Autorinnen und Autoren

unterschiedliche Schwerpunkte setzen (z. B. [Savery 2006]). Die zentralen Merkmale aller Ausführungen sind einerseits das Problem als Ausgangspunkt, was PBL von anderen Methoden abgrenzt (s. Kap. 2.7), und andererseits der gleichzeitige Erwerb von Fachwissen und Basiskompetenzen für das weitere – lebenslange – Lernen. Das Vorgehen wird von den Lernenden immer eigenverantwortlich gestaltet, wobei der Problemlöseprozess mehr oder weniger vorstrukturiert ist.

Der Schweizer Pädagoge Kurt Reusser hat die **Methode für den Einsatz in der Schule** beschrieben und betont dabei auch die „Probleme im Mittelpunkt des Unterrichts“ sowie den Aufbau von „transferfähige[m] Wissen und fachspezifische[n] Lern- und Denkstrategien“ [Reusser 2005:159]. Agnes Weber, die ebenfalls am Transfer von PBL in die Schule arbeitet, sieht ganz von einer eigenen Definition ab, und bezeichnet „PBL als didaktische Methode und einen empirisch gut erprobten Weg des situierten, erkenntnis- und problemorientierten Lernens“ [Weber 2004:13]. Dabei betont sie auch, dass PBL „keine eigentliche Problemlöse-Methode“ ist, „die Lernenden [...] nicht völlig frei“ und die Probleme „zwar sehr authentisch, aber [...] didaktisch konstruiert“ sind [Weber 2004:15]. Damit zeigt sie auf, dass es sich bei der Problemlösung nicht um ein Ratespiel, sondern um einen auf Verstehen ausgelegten Prozess handelt und deutet an, dass der Lernprozess nicht vollkommen selbstbestimmt abläuft, sondern zumindest das Themengebiet von außen vorgegeben wird.

Nur eine Methode, welche die von Barrows geforderten Fähigkeiten (Entwicklung strukturierten Fachwissens und fachlicher Handlungskompetenz sowie Motivation und Fertigkeiten zum selbstgesteuerten Lernen) im optimalen Maße fördert und das Problem an den Ausgangspunkt des selbstgesteuerten Lernprozesses stellt, kann somit als problembasiert bezeichnet werden. Daraus ergibt sich für mich folgende **Arbeitsdefinition von PBL**, die als Grundlage für die vorliegende Arbeit dienen soll:

Problembasiertes Lernen ist eine Methode, bei der Lernende, ausgehend von einem (vorgegebenen) authentischen Problem, selbstgesteuert in Kleingruppen mit Hilfe eines Lösungszyklus und unter Begleitung eines Tutors/einer Tutorin, Fachwissen und Kompetenzen für lebenslanges Lernen entwickeln.
---

In diesem Zusammenhang ist Problembasiertes Lernen eine spezielle Ausprägungsform unter den problemorientierten Methoden. **Problemorientiertes Lernen** (POL) kann somit als Überbegriff für verschiedene Unterrichtsmethoden verwendet werden, die sich problemorientierter Lernumgebungen bedienen [Pyysalo, Kruppa & Mandl 2001; Reusser 2005]. Allerdings findet man in der deutschsprachigen Literatur Problemorientiertes Lernen (POL) auch gleichbedeutend verwendet mit Problembasiertem Lernen (PBL) [Quellmann 2003; Reusser 2005; Brovelli & Wilhelm 2009; Weber

2012, 2014]. Dabei wird in Einzelfällen die Zielsetzung der Methode spezialisiert [Darmann 2004]. In dieser Arbeit soll eine strikte Trennung der Begriffe erfolgen. Problembasiertes Lernen bezieht sich somit immer auf die Unterrichtsmethode, die sich am ursprünglichen *McMaster*-Modell von PBL orientiert. Mit problembasierten Lernumgebungen sind solche gemeint, die Problembasiertes Lernen nach *McMaster* umsetzen. Dagegen wird das problemorientierte Lernen als Überbegriff für Lernarrangements verwendet, die ein Problem in den Mittelpunkt des Unterrichts stellen.

Im englischsprachigen Raum wird ähnlich zwischen *problem-based* (PBL) und *problem-oriented learning* (POL) unterschieden. Nach Bob Ross [1997] arbeiten die Studierenden im problembasierten Curriculum an der Problemlösung, wobei Wissen generiert wird. Die Problembearbeitungen dauern mehrere Wochen und decken jeweils ein bestimmtes Gebiet des Stoffpensums ab. Damit ist das Problem ein Teil des Kurses und dient seiner Gestaltung. Im Gegensatz dazu orientiert sich das POL-Curriculum nur an einer allgemeinen Problemstellung, die als Leitthema für ein ganzes Seminar/Fach etc. betrachtet werden kann. Das Problem dient als Auswahlkriterium für Kursinhalte, welche jedoch auch mit den klassischen Unterrichtsmethoden vermittelt werden können. Entscheidende Unterschiede nach dieser Beschreibung sind das Lernen am Problem (im Gegensatz zum Lernen für oder über das Problem) sowie die zeitliche und methodische Gestaltung. Dabei wird für die methodische Gestaltung bei PBL nach *McMaster* in der Regel ein vorgegebenes Lösungsschema verwendet [Reusser 2005]. Während man über die Dauer der Problembearbeitung diskutieren kann, so ist das Problem als Ausgangspunkt und gleichzeitige Grundlage des Lernprozesses sicher ein zentrales Unterscheidungskriterium. Ergänzend dazu nennt Ross [1997] noch das *Problem-solving* bei dem lediglich gelernte Inhalte angewendet und Lösungsstrategien trainiert werden.

### 2.3 Ablauf des Problemlöseprozesses

Die Einführung eines problembasierten Curriculums an der *McMaster* Universität war die Antwort auf den Vorwurf, die Absolventinnen und Absolventen des Medizinstudiengangs würden lediglich über träges Faktenwissen verfügen und seien beim Berufseinstieg im Klinikalltag bei der Behandlung von Kranken überfordert [Gräsel 1997:17; Schmidt 1983]. Um diesem Trend entgegenzuwirken, sollten sich die Studierenden bereits während des Studiums mit Patientinnen und Patienten sowie ihren Krankheitsbildern beschäftigen. Ausgangspunkt ist im medizinischen Zusammenhang also ein Problem oder ein Fall. Um die Grundidee der Methode besser darzulegen, soll im Folgenden ein **Beispiel aus der ursprünglichen Disziplin** vorgestellt und ausführlich beschrieben werden.

A plumber sees his doctor with the following complaint:

“During a hard cough this morning I suddenly tasted blood in my mouth. As this has occurred more often these past few weeks, I’m becoming a bit anxious“.[Schmidt 1983:13]

Die Aufgabe der Studierenden ist es nun, das beschriebene Krankheitsbild auf Ursachen zu untersuchen und eine geeignete Behandlung vorzuschlagen [Schmidt 1983]. Das nötige Fachwissen aus den Bereichen Medizin, Biologie etc. müssen sie eigenständig definieren und zusammentragen. Der Prozess der Problemstrukturierung und die Planung des Vorgehens erfolgen in der Gesamtgruppe und werden von einer Tutorin oder einem Tutor begleitet. Ziel ist es, die benötigten Hintergrundinformationen in einzelne Lernziele aufzuteilen, die dann arbeitsteilig individuell erarbeitet werden. Beim nächsten Treffen tauscht sich die Gruppe über die neuen Erkenntnisse aus und analysiert die Situation erneut. Diesen wiederkehrenden Prozess beschreibt Schmidt [1983:13] als „Seven Steps“ (siehe Tab. 10) und Moust [1999:21ff.] als „Siebensprung“. Cornelia Gräsel [1997:19] verwendet eine etwas andere Akzentuierung der sieben Schritte, die den medizinischen Anwendungsschwerpunkt betont (siehe Tab. 10). Durch diese Strukturierung sollen, neben Fachwissen, vor allem prozessbezogene Kompetenzen aufgebaut und gleichzeitig eine gewisse Routine im Ablauf entwickelt werden.

Tab. 10: Beschreibung der sieben Schritte des Problemlöseprozesses für Medizin [Gräsel 1997; Schmidt 1983]

<i>Seven Steps</i>	nach Schmidt [1983:13]	nach Gräsel [1997:19]
1	Klärung unklarer Begriffe	Klärung unklarer Begriffe
2	Problemdefinition	Spezifizierung medizinischer Inhalte
3	Problemanalyse	Hypothesen zu pathophysiologischen Prozessen
4	Systematisierung der Ideen zur Erklärung	Erklärungsversuche führen zu Problembeschreibung und möglichen Ursachen. Daraus folgen Lernziele.
5	Formulierung von Lernzielen	Material-/Literatursuche und Auswertung (Einzelarbeit)
6	Informationsbeschaffung	Austausch und Diskussion neuer Informationen
7	Austausch und Überprüfung der neuen Informationen	Reflexion der Lernziele

Im Folgenden soll ein möglicher **Ablauf der Problemlösung** bezogen auf das Beispiel aus dem Medizinstudium vorgestellt werden. Die zunächst definierten Teilprobleme sowie das Vorgehen und die möglichen Lösungsansätze entstammen dabei den Überlegungen der Autorin. Alternative Überlegungen zur Lösung des Problems werden von Agnes Weber in ihrem Artikel „Mit Problem-Based-Learning die Problemlösefertigkeit fördern“ vorgestellt [Weber 2007a].

Die zunächst von den Studierenden definierten Teilprobleme, könnten durch folgende Fragestellungen ausgedrückt werden:

- Welche Ursachen kann es haben, dass der Patient Blut hustet?
- Wie können diese Ursachen überprüft werden?
- Welche Behandlung ist nach einer sicheren Diagnose sinnvoll?



In diesem Fall wäre es wahrscheinlich am wichtigsten, zunächst die Ursache zu klären. Also würde dazu ein Brainstorming durchgeführt und die Studierenden brächten ihre Ideen ein. Nach dem Sortieren ergäben sich beispielsweise folgende Ursachen: Verletzungen im Mund-/Rachenbereich, Lungenkrebs, Tuberkulose, Fremdkörper in Luft- oder Speiseröhre etc. Das Lernziel könnte nun sein, mehr über die verschiedenen Krankheitsbilder zu erfahren und gegebenenfalls eine Recherche zu weiteren möglichen Ursachen durchzuführen. Die gefundenen möglichen Krankheiten könnten arbeitsteilig auf die einzelnen Gruppenmitglieder verteilt werden. An dieser Stelle könnte ein kurzes Feedback zur Gruppensitzung angeschlossen werden, sonst würde die erste Gruppensitzung hier enden und die Studierenden würden die zugeteilten Aufgaben im Selbststudium bearbeiten. Zu Beginn des nächsten Treffens würden die neuen Lerninhalte vorgetragen und gesammelt, Verständnisfragen geklärt und neue Teilprobleme definiert bzw. aufgegriffen werden. Nachdem die Studierenden nun nähere Informationen über die Krankheitsbilder in Erfahrung gebracht hätten, könnte es sinnvoll erscheinen, Tests durchzuführen, um eine Diagnose zu stellen (Blutbild, Röntgen etc.). Die Durchführung der Tests oder das Einholen der Testergebnisse könnte wieder arbeitsteilig erfolgen. So würde der Prozess wiederholt, bis am Ende eine Diagnose gefällt und eine mögliche Therapie erarbeitet wäre.

Anschaulich kann dieser Prozess auch in den ersten Staffeln<sup>\*</sup> der US-amerikanischen Arzt-Serie „Dr. House“ beobachtet werden. Die Sendungen starten mit dem Krankheitsbild eines Patienten, das nicht unbedingt dem Lehrbuch entspricht. Daraufhin sammeln sich die Ärztinnen und Ärzte und führen ein Brainstorming durch. Die anstehenden Untersuchungen werden auf die einzelnen Teammitglieder verteilt, bevor man sich wieder zur weiteren Besprechung des Vorgehens trifft. Im Vergleich zum typischen PBL gibt es allerdings einen entscheidenden Unterschied. Während im PBL die Diskussion gegebenenfalls von einer Tutorin oder einem Tutor geleitet wird, der nicht in den Problemlöseprozess eingreift, übernimmt im Film immer wieder Dr. House die Leitung der Diskussion und setzt seine Ideen und Vorstellungen der Behandlung gegen die Mitglieder seines Teams durch.

Die Krankheitsbilder aus der Fernsehserie bilden die Grundlage für ein Seminar von Prof. Dr. J. Schäfer an der Universität Marburg, der diese von seinen Studierenden analysieren lässt und die Ergebnisse anschließend diskutiert [Pohl-Stiftung 2010].

Betrachtet man noch einmal die einzelnen Schritte des Problemlöseprozesses, so können diese mit verschiedenen Leitfragen betitelt werden, die der Gruppe helfen, systematisch vorzugehen. Die Leitfragen können darüber hinaus der Tutorin bzw. dem Tutor als Impulsfragen dienen, um die Lernenden zu führen, ohne in den eigentlichen Prozess einzugreifen. Weber [2004:34] übernimmt die

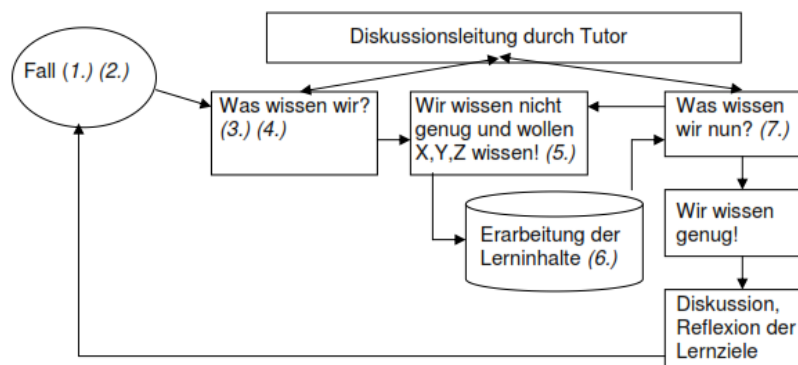
---

<sup>\*</sup> Die neueren Staffeln fokussieren die Person Dr. House und verlagern den Diagnoseprozess in den Hintergrund.

Tab. 11: *Seven Steps* für die Schule, ergänzt durch Leitfragen und Antwortbausteine [Weber 2004:34].

Seven Steps	nach Schmidt [1983]	Weber [2004:34]	
		Leitfrage	Antwortbaustein
1	Klärung unklarer Begriffe	Was heißt das?	„Ich verstehe nicht ...“
2	Problemdefinition	Worum geht es?	„Mich wundert, dass ...“
3	Problemanalyse	Was denkst du?	„Ich vermute, dass ...“
4	Systematisierung der Ideen zur Erklärung	Was denken wir gemeinsam?	„Diese Aussagen gehören zusammen, unter dem Begriff...“
5	Formulierung von Lernzielen	Welches sind die Lernfragen?	„Die wichtigsten offenen Fragen sind ...“
6	Informationsbeschaffung (Einzelarbeit)	Welche Antworten erhalte ich?	„Das sind meine Erkenntnisse ...“
7	Austausch neuer Infos	Was ist neu?	„Das hat sich verändert ...“

ursprüngliche Formulierung der sieben Schritte von Schmidt [1983] und fügt für den **Einsatz in der Schule** Leitfragen und Antwortbausteine an (siehe Tab. 11). Eine alternative Darstellung, ebenfalls inklusive Leitfragen, hat Zumbach [2003:22] zusammengestellt (siehe Abb. 6). Bei dieser Darstellung kann, je nach Komplexität des Falls, der ganze Prozess mehrfach durchlaufen werden oder nur die Schritte fünf bis sieben, um verschiedene Teilaspekte der Gesamtaufgabe zu bearbeiten.

Abb. 6: Der PBL-Prozess nach Zumbach [2003:22], (Anm.: Bezeichnung der *Seven Steps* in Klammer)

Eine mögliche Problemstellung für Kinder oder Jugendliche ist der Auftrag, ein eigenes Schulbeet zu bewirtschaften. Abbildung 7 zeigt dazu eine mögliche Vorgehensweise anhand des Schemas von Zumbach [2003:22]. Dabei wird das Problem in drei Teilprobleme – Bedingungen, mögliche Pflanzen und Umsetzung – aufgeteilt, die in drei kleinen Zyklen (Schritte fünf bis sieben) bearbeitet werden.

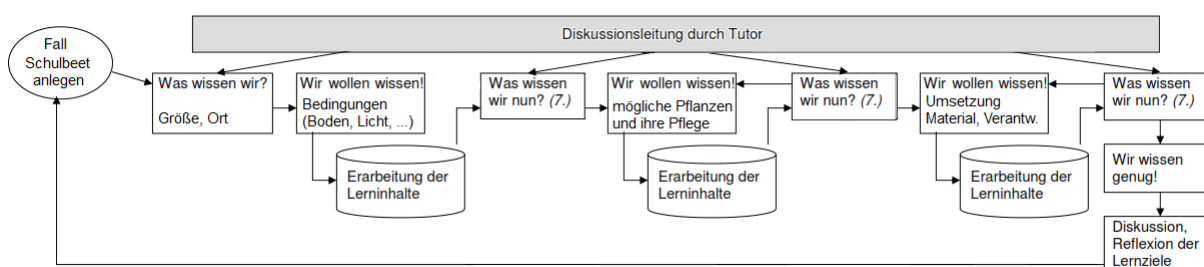


Abb. 7: Mögliche Problemlösung zum Auftrag „Gestaltung eines Schulbeetes“ (Darst. nach [Zumbach 2003:22])

Auf die in diesem Unterkapitel mehrfach angesprochene **Rolle der Tutorin bzw. des Tutors** und deren Aufgaben muss noch eingegangen werden. Im Hinblick auf diese Arbeit sind diese Aspekte jedoch direkt mit zwei Fragen verbunden, welche die Lehrperson betreffen:

- Wie ändert sich die Rolle der Lehrkraft beim Problembasierten Lernen?
- Kann die Lehrperson die Rolle der Tutorin bzw. des Tutors für mehrere Lerngruppen gleichzeitig übernehmen?

Da diese Fragestellungen beide im engen Zusammenhang mit der Übertragung von PBL in den Schulkontext stehen, soll darauf erst im Teilkapitel 2.8 ausführlich eingegangen werden.

## 2.4 Das Problem als Ausgangspunkt

Das Problem ist der Ausgangspunkt des Lernprozesses und kann damit bereits entscheiden, ob der Lernprozess erfolgreich verläuft oder nicht. Aus diesem Grund soll zunächst der **Begriff „Problem“** definiert werden, bevor anschließend die Frage beantwortet wird, welche Voraussetzungen eine Problemstellung erfüllen muss, um als Ausgangspunkt für Problembasiertes Lernen und einen erfolgreichen Lernprozess geeignet zu sein. Nach Dietrich Dörner [1979:10] steht ein Individuum „einem Problem gegenüber, wenn es sich in einem inneren oder äußeren Zustand befindet, den es aus irgendwelchen Gründen nicht für wünschenswert hält, aber im Moment nicht über die Mittel verfügt, um den unerwünschten Zustand in den wünschenswerten Zielzustand zu überführen“. Somit wird jedes Problem durch einen unerwünschten Ausgangs-, einen erwünschten Endzustand sowie eine Barriere gekennzeichnet. Entscheidend ist dabei, dass der Weg oder die Methode zur Überwindung der Barriere (oder beides) unbekannt sind. Im Gegensatz dazu sind Aufgaben „geistige Anforderungen, für deren Bewältigung Methoden bekannt sind“ [Dörner 1979:10].

David H. Jonassen [1997] kategorisiert drei **Arten von Problemen**. *Puzzle problems*, die als Rätsel bezeichnet werden können, *well-structured problems*, die gut strukturiert sind, und im Gegensatz dazu *ill-structured problems*. Nach seiner Definition sind Rätsel durch eine einzige richtige Lösung gekennzeichnet, deren Aufdeckung das Ziel ist. Häufig können Rätsel durch Ausprobieren (*trial and error* [Thorndike 1911:96]) oder kreative Denkansätze gelöst werden. Exemplarisch kann das Neun-Punkte-Problem [Maier 1930] genannt werden, bei dem neun Punkte mit vier geraden Linien verbunden werden sollen, ohne dass der Stift abgesetzt wird. Wenn man das Vertraute aufgibt (und über die Punkte hinaus zeichnet), kann das Rätsel gelöst werden [Watzlawick, Weakland & Fisch 1979:105]. Diese Problemkategorie spielt im Bildungsbereich allerdings keine Rolle [Jonassen 1997]. *Well-structured problems* sind nach Jonassen [1997] gut strukturierte Problemstellungen, das heißt,

dass Ausgangslage und Ziel klar definiert und die Methoden und Werkzeuge bekannt sind. Der Prozess ist beendet, wenn eine mögliche Lösung gefunden wurde. Diese Art von Problemen findet in der Schule häufig Verwendung. Die Frage, ob ein Schrank (mit bekannten Maßen) in einem Zimmer (mit bekannter Raumhöhe) aufgestellt werden kann, findet man am Ende des Kapitels, in dem der Satz von Pythagoras erklärt wurde. Daraus wird klar, dass es sich bei den *well-structured problems* nach Jonassen [1997] lediglich um Aufgaben in der Definition nach Dörner [1979:10] handelt. Jonassens dritte Kategorie sind die *ill-structured problems*, für die es keine gängige deutsche Übersetzung gibt. Teilweise werden sie als „kaum vorstrukturierte“ [Zumbach 2003:22], „komplexe“ [Brovelli & Wilhelm 2009:66] oder „offen formulierte“ [Reusser 2005:167] Probleme bezeichnet, da der Ausgangszustand, das Ziel und/oder die Methoden nicht klar definiert oder teilweise unbekannt sind. Dieser Problemtyp hat stets mehrere mögliche Lösungswege, die teilweise auch zu verschiedenen Ergebnissen führen, welche die Problemstellung zufriedenstellend lösen [Jonassen 1997]. So müssen im Problemlöseprozess verschiedene Wege ausprobiert und gegeneinander abgewogen werden, das heißt es müssen Entscheidungen getroffen werden. Probleme, die diese Schwerpunkte beinhalten, eignen sich als Ausgangspunkt für PBL und sollen deshalb im nächsten Absatz genauer analysiert werden. Wann immer im weiteren Verlauf dieser Arbeit von Problemen gesprochen wird, sind die schlecht strukturierten (*ill-structured*) Probleme gemeint, die eine Barriere bei der Bearbeitung oder Unklarheiten des Ausgangs- oder Zielzustandes enthalten.

Damit PBL neben Fachwissen auch Basiskompetenzen fördern kann, müssen die Probleme gewisse **Kriterien** erfüllen. Diese sind in Tabelle 12 überblickartig dargestellt und werden im weiteren Verlauf erläutert.

Tab. 12: Kriterien für Probleme, die für PBL geeignet sind (frei nach [Reusser 2005])

Die Probleme sind	(1) Ausgangspunkt des Lernprozesses; (2) zielbezogen, aber offen gestaltet; (3) komplex, mit mittlerem Schwierigkeitsgrad; (4) realitätsnah und für den Lerner relevant; (5) kognitiv und emotional motivierend; (6) anregend für Problemlöse-Prozesse und selbstständiges Lernen.
-------------------	---

Der zentrale Aspekt des Problembasierten Lernens ist, dass das Problem den Ausgangspunkt des Lernprozesses darstellt [Barrows & Tamblyn 1980:1, 191; Reusser 2005; Savery & Duffy 1995]. Es dient als Anregung, sich mit bisher Unbekanntem auseinanderzusetzen, die benötigten Informationen zu generieren und neues Wissen aufzubauen. Demnach sind Anwendungsaufgaben oder Fälle, bei denen bereits gelerntes Wissen und bekannte Strategien und Methoden eingesetzt werden müssen, um zum Ziel zu kommen (*well-structured problems*), nicht für die Methode des Problembasierten Lernens geeignet.

Bei der Entwicklung eines PBL-Falles stehen der Bezug zum Curriculum und die zu erwerbenden Kompetenzen im Vordergrund [Reusser 2005; Savery & Duffy 1995; Weber 2004:89], dürfen aber auch die individuellen Voraussetzungen der Lernenden nicht übergangen werden [Delisle 1997:20ff.; Torp & Sage 1998:44ff.]. Dennoch soll das Problem so gestaltet werden, dass verschiedene Hypothesen und somit auch unterschiedliche Wege der Bearbeitung denkbar sind und nach Möglichkeit Wissen aus verschiedenen Domänen und Fachbereichen benötigt wird [Delisle 1997:22f.; Duch 1996; Reusser 2005; Weber 2004:89]. Somit ist das Problem zielbezogen, aber offen.

Ein besonderes Augenmerk muss bei der Gestaltung von PBL-Fällen auf den Schwierigkeitsgrad gelegt werden. Die Problemstellung sollte auf die „Zone der proximalen Entwicklung“ [Vygotsky 1962:187] ausgerichtet sein [Dubs 1995]. Hierbei müssen vor allem im schulischen Kontext neben dem Vorwissen der Lernenden auch die bisherigen Erfahrungen beim Problemlösen einbezogen werden [Dubs 1999; Duch 1996; Müller 2008; Reusser 2005; Weber 2004:89; Willems (1981) in Schmidt 1983]. So ist ein Problem mit mittlerem Schwierigkeitsgrad zu gestalten, das eine Herausforderung durch ein Hindernis im Denkprozess darstellt und nicht routinemäßig gelöst werden kann. Durch die Komplexität kann gleichzeitig eine Differenzierung im Lernprozess erreicht werden [Reusser 2005].

Um trotz des Hindernisses als Herausforderung für die Lernenden zu wirken, sollte das Problem in einem realen und gleichzeitig vertrauten oder interessanten Zusammenhang stehen [Delisle 1997:22; Duch 1996; Reusser 2005; Savery & Duffy 1995]. Dabei eignen sich bei Studierenden Situationen, die möglichst nahe an die Anforderungen im späteren Berufsleben anknüpfen (etwa der Umgang mit Patientinnen und Patienten oder die Diagnose von Krankheiten im Studiengang Medizin) [Barrows & Tamblyn 1980:164f.; Savery & Duffy 1995]. Die anfänglichen Informationen sollten dabei – sowohl vom Umfang als auch medial – so realistisch wie möglich gestaltet werden [Barrows & Tamblyn 1980:164f.; Gräsel 1997:33; Willems (1981) in Schmidt 1983]. In der Schule konnten u.a. Problemstellungen überzeugen, die den Schülerinnen und Schülern eine gewisse Machtposition verliehen, in der sie Entscheidungen aus Sicht von Erwachsenen treffen sollten oder in denen sie praktisch aktiv werden konnten [Lambros 2004:14f.; Torp & Sage 1998:17, 54f., 2002:19, 60f.]. Grundsätzlich sollten die PBL-Fälle in der Schule eher breit angelegt sein, da man nicht weiß, welche Berufswege die Schülerinnen und Schüler einschlagen werden und in welchen Situationen sie das Wissen und die Kompetenzen später benötigen [Torp & Sage 1998:29]. Daher sollten sie lernen zu denken und sich intensiv und differenziert mit Themen auseinanderzusetzen.

Wenn die Probleme als subjektiv bedeutsam empfunden werden, machen sie neugierig und werfen Fragen auf [Duch 1996; Reusser 2005; Savery & Duffy 1995; Torp & Sage 1998:55, 2002:61]. Sie wirken also motivierend und kognitiv sowie emotional aktivierend.

Zusätzlich sollten die Ausgangssituationen so gestaltet sein, dass sie einen individuellen Lernprozess

für eine gewisse Zeit sichern. Sie fordern den Erwerb neuen Wissens und fördern die Anwendung von selbstständigen Lernstrategien sowie Hypothesenbildung und Problemlöse-Prozessen [Neufeld & Barrows 1974; Reusser 2005]. Gute Problemstellungen führen die Lernenden dazu, nötige Informationen zu sammeln, eigene Entscheidungen zu treffen und den Arbeitsprozess zu reflektieren [Delisle 1997:22; Duch 1996]. Um dies zu gewährleisten, fordert Willems [1981 in Schmidt 1983] darüber hinaus eine möglichst neutrale Beschreibung von Situationen oder Phänomenen [Duch 1996; Reusser 2005].

Ergänzend werden auch Anforderungen für die zu Beginn zur Verfügung gestellten Informationen formuliert. Damit nicht einzelne Faktoren betont werden, die zur Lösung des Problems nötig sind, muss das Problem entweder umfassend oder nur durch eine Leitfrage präsentiert werden [Savery & Duffy 1995]. Alternativ können auch zu Beginn nicht alle benötigten Informationen zur Verfügung gestellt werden, sondern erst im Laufe des Problemlöse-Prozesses nachgereicht werden [Reusser 2005]. Es können auch Informationen angeboten werden, welche für die Lösung des Problems nicht relevant sind oder zueinander im Widerspruch stehen [Gräsel 1997:33]. Je nach Entwicklungsstand der Lernenden können bereits in der Aufgabenstellung Hinweise gegeben oder mögliche Quellen vorgestellt werden [Lambros 2004:93]. Um unterschiedliche Lerntypen zu adressieren, sollte auf eine vielfältige Darstellung der Informationen geachtet werden [Delisle 1997:23; Neufeld & Barrows 1974].

Als besonders geeignet für PBL identifizieren Jonassen und Hung [2008] vier **Problemtypen**: (1) Diagnose-Probleme, wie sie beispielsweise in der Medizin eingesetzt werden, (2) Entscheidungsprobleme, bei denen mehrere mögliche Lösungen gegeneinander abgewogen werden müssen, (3) Strategieprobleme, bei denen die Situation aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet und eine möglichst passende Handlungsempfehlung gegeben werden muss und (4) Design-Probleme, bei denen ein Produkt geplant und/oder erstellt wird.

Soll PBL in den schulischen Kontext übertragen werden, nimmt die **Problemgestaltung** eine zentrale Rolle ein. Sie muss aktiv erfolgen, da nicht auf fertige Probleme zurückgegriffen werden kann (wie in der Medizin, wo es bereits Krankheitsbilder von Patientinnen und Patienten gibt). Torp und Sage [1998:44-62] betonen dabei zunächst die Orientierung am Inhalt, am Curriculum, an den individuellen Voraussetzungen und dem Vorwissen der Lernenden sowie deren Interessen. Darüber hinaus muss eine ansprechende Struktur und Präsentationsform gewählt werden. Einen Einblick in die Vielfalt möglicher Problemfälle geben die Materialien des VOICE-Projekts der Europäischen Kommission:

Zu Beginn des Lernprozesses steht ein gut gestaltetes, komplexes reales oder realistisches Problem. ‚Problem‘ im PBL bezeichnet nicht unbedingt eine Schwierigkeit; es kann auch eine Herausforderung, ein Dilemma oder das Verstehen eines verwirrenden Sachverhalts sein oder auch einen Weg zu finden, etwas zu entwerfen oder zu gestalten. [Beutler & Lange 2013:76]

Die Bedeutung der Aufgabenstellung betont auch Claude Müller:

Aktuelle Evaluationen von PBL-Lernumgebungen zeigen, dass dementsprechend gestaltete Lernumgebungen gleichermaßen (sic!) lerneffektiv wie auch motivierend sind (Müller 2007) und PBL damit sein Potenzial für studentenzentriertes, vertieftes und ganzheitliches Lernen (explizite Förderung von Sachkompetenzen als auch Sozial- und Selbstkompetenzen) effektiv entfalten kann. [Müller 2008:31f.]

In diesem Zitat klingen bereits erste Ziele von PBL an, die im nächsten Teilkapitel näher ausgeführt und ergänzt werden.

## 2.5 Ziele bei der Verwendung von PBL

Kurt Reusser [2005:163] fasst die Ziele von Problemlösen und damit auch von Problembasiertem Lernen in einem Wort zusammen: „Lebensbewältigung“. Im Folgenden soll dargelegt werden, was man genau darunter verstehen kann und welche konkreten Ziele damit verbunden sind. Dabei handelt es sich ausdrücklich um Ziele, inwiefern diese auch tatsächlich erreicht werden können, wird dann im folgenden Teilkapitel beleuchtet.

Zumbach, Olsowski und Weber [2007:9] formulieren „die Formung mündiger Lernerinnen und Lerner“ als Ziel. Die dazu nötigen **fachlichen, sozialen und individuellen Kompetenzen** wurden in der Einleitung bereits ausgeführt. Die internationale Literatur formuliert die Möglichkeit, dass Problembasiertes Lernen diese Kompetenzen fördern kann. Demnach soll PBL Schülerinnen und Schüler sowie Studierende auf eine komplexe und sich schnell ändernde Lebenswelt vorbereiten [Torp & Sage 1998:81, 2002:104]. PBL soll nicht nur Fachwissen und domänenspezifische Denk- und Handlungsmuster vermitteln, sondern darüber hinaus auch **transferfähiges Wissen** generieren können, das in anderen Situationen variabel angewendet werden kann [Hmelo-Silver 2004; Hmelo-Silver & Barrows 2006; Neufeld & Barrows 1974; Reusser 2005; Weber 2004:21, 2005, 2007a]. Damit sollen die Studentinnen und Studenten besser auf ihren späteren Beruf vorbereitet werden, da sie anwendbares Wissen erworben haben und somit in der Lage wären die „Kluft zwischen Wissen und Handeln [zu] überbrücken“ [Reusser 2005:161] [Neufeld & Barrows 1974; Savery 2006; Weber 2007a; Zumbach et al. 2012]. David Gijbels definiert als Hauptziel von PBL, „erfolgreiches Problemlösen in zwei Dimensionen zu fördern: Aufbau und Verwendung von Wissen!“ [Gijbels et al. 2005:30, eigene Übersetzung].

Durch die Arbeit am konkreten Problem, sollen die Lernenden außerdem Problemlösekompetenzen erlangen, die im späteren Leben auch auf andere Probleme oder Situationen übertragen werden können [Duch et al. 2001; Hmelo-Silver 2004; Reusser 2005; Savery 2006; Weber 2004:20f., 2007a].

Ergänzend sollen weitere **Schlüsselqualifikationen für lebenslanges Lernen** trainiert werden [Duch et al. 2001; Hmelo-Silver 2004; Lee & Kwan 1997]. In diesem Zusammenhang werden immer wieder Team- und Kommunikationsfähigkeit [Duch et al. 2001; Hmelo-Silver 2004; Neufeld & Barrows 1974; Reusser 2005; Weber 2004:20, 2007a], Reflexionsvermögen und Urteilsfähigkeit sowie die Nutzung verschiedener Ressourcen [Duch et al. 2001; Neufeld & Barrows 1974; Reusser 2005; Weber 2004:19, 2005, 2007a] genannt. Darüber hinaus werden vereinzelt folgende Kompetenzen angeführt, die durch PBL gefördert werden sollen:

- Entwicklung von Forschungskompetenzen [Duch et al. 2001],
- Fähigkeit, Feedback zu geben und anzunehmen [Weber 2004:20, 2007a],
- Kompetenz im Umgang mit Quellen und Informations- und Kommunikations-Technologien [Duch et al. 2001; Neufeld & Barrows 1974; Weber 2005],
- Ausbildung allgemeiner individueller und sozialer Kompetenzen [Duch et al. 2001; Neufeld & Barrows 1974; Reusser 2005].

Ein weiterer Schlüssel zum lebenslangen Lernen ist es, den Lernprozess eigenständig organisieren zu können. PBL verlangt von den Lernenden, lernrelevante Entscheidungen zu treffen, diese in einer Arbeitsrückschau zu reflektieren sowie das eigene Lernen zu planen, zu steuern und zu überwachen [Neufeld & Barrows 1974; Reusser 2005]. PBL sollte demnach dazu geeignet sein, **selbstgesteuerte Lernstrategien** zu vermitteln [Hmelo-Silver 2004; Hmelo-Silver & Barrows 2006; Savery 2006; Weber 2005, 2007a].

Ferner soll PBL durch die Arbeit an realitätsnahen und relevanten Problemen die Motivation zum Lernen fördern [Duch et al. 2001; Hmelo-Silver 2004; Lee & Kwan 1997; Reusser 2005; Weber 2005]. Durch den wiederholten Umgang mit komplexen Problemen und den Gefühlen, die sich nach der erfolgreichen Lösung eines solchen Problems einstellen, sollen darüber hinaus das individuelle Verhalten und **persönliche Einstellungen** positiv beeinflusst werden. So können die Lernenden zum Beispiel die Lösung künftiger Probleme mit weniger Angst in Angriff nehmen [Weber 2007a]. Das Selbstvertrauen und somit die innere Unabhängigkeit sollen gesteigert werden [Reusser 2005], so dass immer mehr Verantwortung übernommen werden kann [Weber 2007a]. Mit diesem Selbstverständnis sowie den erworbenen Fähigkeiten und Fertigkeiten sollen Studentinnen und Studenten, die in problembasierten Lernumgebungen studiert haben, befähigt werden, die Herausforderungen ihres zukünftigen Berufs zu meistern und somit ihr Leben zu bewältigen [Neufeld & Barrows 1974].

Als abschließende Zusammenfassung sind zwei ausgewählte Zitate von Agnes Weber [2007a, 2014], welche die Ziele von Problembasiertem Lernen in jeweils einem Satz zusammenfassen, sowie ein Überblick über die dafür zu fördernden Kompetenzen in Abbildung 8 dargestellt.



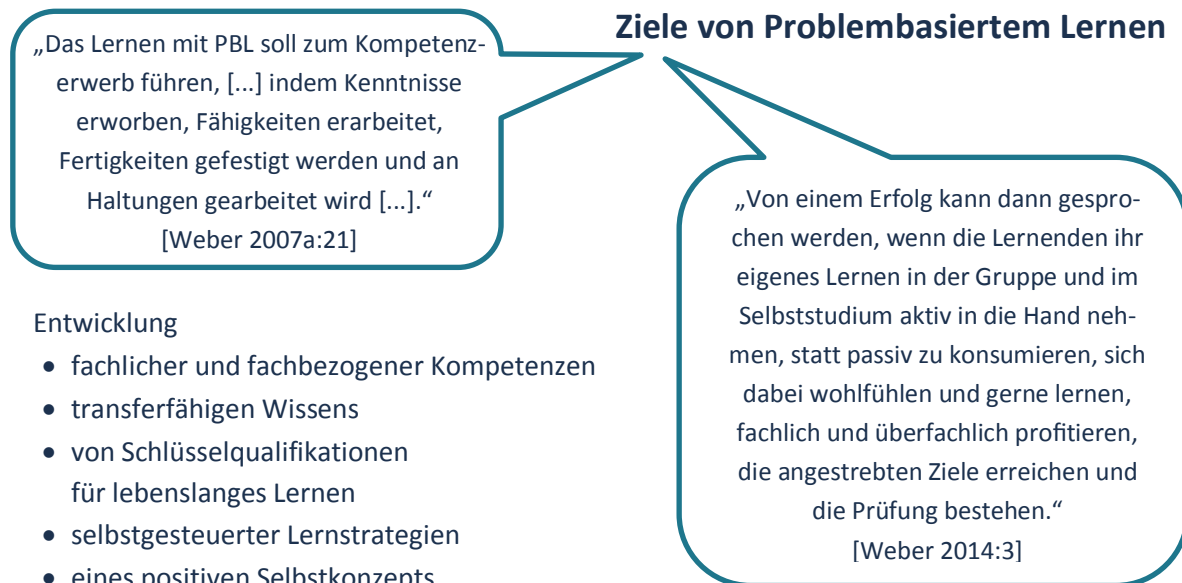


Abb. 8: Zusammenstellung der Ziele von Problembasiertem Lernen (eigene Darstellung)

## 2.6 Wirksamkeit von PBL als hochschuldidaktische Methode

Die Ziele, die mit PBL verfolgt werden, sind vielfältig. Dennoch liefern viele bisherige Studien kaum Beweise, welche die Einführung PBL-basierter Curricula rechtfertigen [Colliver 2000]. Bei der Betrachtung der Wirksamkeit von PBL in der Literatur muss betont werden, dass es sich bei einem Großteil der bisherigen Untersuchungen um Studien aus dem Bereich der Medizin handelt, welche die Unterschiede zu herkömmlichen Curricula untersuchen [Reusser 2005]. Aufgrund unterschiedlicher Rahmenbedingungen ist die Interpretation der Ergebnisse dabei oft schwierig. Außerdem ist unklar, inwiefern die Ergebnisse auf andere Disziplinen übertragen werden können.

Auch wenn man einzelne Studien findet, welche die Überlegenheit von PBL-Studierenden gegenüber traditionell unterrichteten Studentinnen und Studenten in allen Bereichen bestätigen [z. B. Blake, Hosokawa & Riley 2000], ist der Haupttenor, dass Studierende aus Studiengängen mit problembasierten Curricula leichte Nachteile im Grundwissen haben, aber dafür mit besseren beruflichen Kompetenzen bzw. besserem Anwendungswissen aufwarten können. In der Literatur wird in Bezug auf die Wirksamkeit immer wieder auf verschiedene Metastudien aus dem Jahr 1993 verwiesen (Albanese & Mitchell; Berkson; Vernon & Blake) sowie auf die neueren Analysen von Colliver [2000] und Newman [2003]. Diese analysieren alle ausschließlich Literatur aus dem gesundheitlichen Bereich und machen vor allem **Aussagen über das erworbene Grundlagenwissen, die gewonnenen beruflichen Kompetenzen und die Zufriedenheit der Studierenden**. In Bezug auf die Studienzufriedenheit

wird durchgehend (sofern Aussagen getroffen werden) von einem positiven Effekt berichtet (vgl. auch [Prince 2004]). Die Arbeitsgruppe um Dochy und Gijbels bezog auch Studien aus anderen Fachbereichen ein und analysierte diese hinsichtlich der Überprüfung des erworbenen Wissens und der Kompetenzen. Sie stellte fest, dass die negativen Effekte überwiegend auf kurzfristiges Wissen bezogen sind, die PBL-Studierenden ihr Wissen dafür aber länger konservieren konnten [Dochy et al. 2003; Gijbels et al. 2005; Originalquelle: Mårtenson, Eriksson & Ingelman-Sundberg 1985]. Tendenziell schnitten PBL-Studierende auch bei Aufgabenstellungen besser ab, bei denen die Anwendung des erworbenen Wissens verlangt wurde und deren Bearbeitung über Multiple-Choice- und Ja/Nein-Antworten hinausgingen [Dochy et al. 2003; Gijbels et al. 2005; Walker & Leary 2009]. Die Ergebnisse der bekanntesten Metastudien sind hinsichtlich des erworbenen Wissens und der Studienzufriedenheit in Tabelle 13 zusammengefasst (vgl. dazu auch [Müller 2008] sowie [Strobel & van Barneveld 2009]).

Tab. 13: Resultate zur Lerneffektivität von PBL in Metaevaluationen [nach Müller 2008 und Strobel & van Barneveld 2009] (+/-/0: positiver/negativer/neutraler Effekt von PBL)

	Fachwissen kurzfr./langfr.		Berufliche Kompetenz	Studien- zufriedenheit
Albanese & Mitchell [1993]	-	+	+	+
Berkson [1993]	0/-		0/+	+
Vernon & Blake [1993]	-		+	+
Kalaian, Mullan & Kasim [1999]	-		+	
Colliver [2000]	0/-		0/+	0/+
Smits, Verbeek & Buissonjé [2002]	0		0/+	0/+
Dochy et al. [2003]	-(+)	+	+	
Newman [2003:6]	-		+	+
Gijbels et al. [2005]	-(+)	-/+	+	
<b>Zusammenfassung der Effekte</b>	-	+	+	+
<b>Es ergibt sich ein Vorteil für folgende Lernumgebung</b>	<b>trad.</b>	<b>PBL</b>	<b>PBL</b>	<b>PBL</b>

Diese Aussagen werden in weiteren Publikationen bestätigt und verfeinert. Die Begleitforschung des Projekts *HD MINT*, bei dem PBL an sechs bayrischen Hochschulen in Vorlesungen integriert wurde, konnte im Vergleich zu frontal gestalteten Vorlesungen zwar bei der Studienzufriedenheit kaum Unterschiede aufzeigen, aber eine besondere Förderung der Kompetenzentwicklung nachweisen [Hofmann & Köhler 2014]. Des Weiteren wird betont, dass Studienzufriedenheit und Kompetenzwahrnehmung der Studierenden vom Umsetzungsgrad des PBL-Einsatzes abhingen. Im Artikel von Norman und Schmidt [1992] wird eine geringe negative Tendenz im Bereich Fachwissen festgestellt, aber betont, dass PBL-Studierende besser in der Lage waren, ihre Konzepte auf neue Problemstellungen zu übertragen. Es wird angemerkt, dass Wissen durch PBL insgesamt langfristiger und

variabler gespeichert wurde, so dass auch die Anwendung naturwissenschaftlicher Konzepte im klinischen Bereich beobachtet werden konnte. So soll PBL zu einem tieferen Verständnis (*higher-order thinking*) bei den Lernenden geführt haben [Duch 1996; Torp & Sage 1998:22]. Mennin, Friedman, Skipper, Kalishman und Snyder [1993] untersuchten das Abschneiden von Studentinnen und Studenten in den klinischen Tests des *National Board of Medical Examiners (NBME)*. In der ersten Prüfung, die mit dem deutschen Physikikum vergleichbar ist und in der im Wesentlichen Grundlagen aus den Bereichen Biologie, Biochemie und Medizin (Arzneikunde, Physiologie etc.) abgeprüft werden, hatten die Studentinnen und Studenten des klassischen Studiengangs einen Vorteil. Der abschließende dritte Teil der Prüfung beurteilt, inwieweit die baldigen Absolventinnen und Absolventen medizinisches Wissen im ambulanten Klinikalltag einsetzen können und wie sie mit kranken Personen umgehen. In diesem Teil der Prüfung hatten wiederum die PBL-Studierenden Vorteile (für die medizinische Ausbildung in Taiwan vgl. auch [Tsou et al. 2009]). Auch Cornelia Gräsel [1997:22-24] und Agnes Weber [2004, 2007] kommen in ihren Überblicken zu dem Ergebnis, dass domänenspezifische Strategien etwa gleich oder tendenziell schwächer angewendet würden, während die klinischen Kompetenzen tendenziell besser ausgeprägt und die Studentinnen und Studenten besser auf ihre Arbeit als Ärztin oder Arzt vorbereitet seien. Prince [2004] erklärt das geringere Basiswissen durch den Anteil des selbstbestimmten Lernens und bezieht seine Argumentation auf eine Analyse von Norman und Schmidt [2000], die versuchten den Einfluss von einzelnen Kernelementen des Problembasierten Lernens zu erheben\*. Cindy E. Hmelo-Silver [2004] fand in einer Studie heraus, dass PBL-Studierende bessere Strategien zum Problemlösen entwickeln (Analysefähigkeit, Hypothesenbildung, wissenschaftlich fundierte Begründungen) und dass das resultierende Wissen flexibel transferierbar ist. In diesem Zusammenhang verweist sie auch auf eine Studie von Schmidt et al. [1996]. Ähnliche Ergebnisse liefern auch Colliver [2000] sowie Mamede, Schmidt und Norman [2006]. Chilkoti, Mohta, Wadhwa und Saxena [2014] geben einen Überblick über die Wirksamkeit von PBL im Bereich der Anästhesieausbildung, die in einzelnen Themenbereichen erfolgreich eingesetzt wurde und bestätigten die Zufriedenheit der Studierenden (siehe auch [Cisneros, Salisbury-Glennon & Anderson-Harper 2002] für den Bereich Pharmazie).

Hung et al. [2008] belegen, dass Studentinnen und Studenten ihre gewonnenen Problemlösekompetenzen auf Alltags- und Berufsprobleme übertragen können und souveräner mit Unsicherheiten im Berufsalltag umgehen. Speziell zu den Fähigkeiten und Fertigkeiten in den ersten Berufsjahren führten Koh, Khoo, Wong und Koh [2008] eine Metastudie durch. Sie bescheinigen den Ärztinnen und Ärzten aus den PBL-Studiengängen eine bessere **berufliche Kompetenz**, speziell im sozialen Bereich und im Bereich der Wahrnehmung. So wurden beispielsweise auch verstärkt rechtliche und ethische

---

\* Den größten Einfluss auf den Erfolg im Problembasierten Lernen haben demnach das kooperative Arbeiten in der Gruppe und eine Einführung in den Problemlöseprozess. Negativ wirkt sich der Einsatz von Tutoren aus, die keine methodischen und fachlichen Experten sind. [Norman & Schmidt 2000]

Aspekte medizinischer Versorgung in die Arbeit mit den Patientinnen und Patienten einbezogen. In Bezug auf das Faktenwissen schätzten sich die ehemaligen PBL-Studierenden zwar schlechter ein, als die Absolventinnen und Absolventen des traditionellen Studiengangs, dies konnte aber in der Fremdeinschätzung durch die Vorgesetzten nicht nachgewiesen werden [Koh et al. 2008]. Zum gleichen Ergebnis kommt auch eine Studie von Jones, McArdle und O'Neill [2002], die Absolventinnen und Absolventen vor und nach der Curriculums-Umstellung an der Universität Manchester befragten. Neufeld, Woodward und MacLeod [1989] bestätigen die Unterschiede im Praxisverhalten und weisen auf Unterschiede in der gewählten Berufslaufbahn hin.

Der **Studienalltag**, gestaltet nach dem PBL-Ansatz, findet sowohl bei Lernenden als auch bei Lehrenden eine höhere Akzeptanz (vgl. die Überblicke von [Gräsel 1997:21f.] und [Zumbach 2003:57ff.]). Dies und auch die Tatsache, dass PBL-Lernumgebungen an den Lernenden orientiert sind und deshalb für sie interessant und herausfordernd sind, führt zu einer größeren Zufriedenheit der Studierenden (vgl. die Überblicke von [Gräsel 1997:21] und [Zumbach 2003:57ff.], sowie [Eder et al. 2011:41; Mamede et al. 2006; Weber 2004:25, 2007]). Dies hat auch einen positiven Einfluss auf die intrinsische Motivation der Studierenden, was die Erfahrungen zeigen [Gräsel 1997:21; Weber 2007] und Studien belegen [Colliver 2000; Norman & Schmidt 1992]. Eder et al. [2011:40] konnten darüber hinaus zeigen, dass sich Studierende des PBL-Curriculums signifikant besser mit den erarbeiteten Ergebnissen identifizieren konnten. Einzelne Quellen verweisen auch auf eine geringere Studienabbruchquote und kürzere Studienzeiten [Schmidt et al. 2010; Weber 2007]. Cindy E. Hmelo-Silver [2004] merkt allerdings an, dass die bei Studentinnen und Studenten nachgewiesene Wohlfühl-atmosphäre sich bei punktuelltem oder gar einmaligem Einsatz kaum einstellen kann.

Ein weiterer Aspekt, der in den oben genannten Metastudien kaum Beachtung fand, ist die Entwicklung von **selbstgesteuerten Lernstrategien**. So werden den PBL-Absolventinnen und PBL-Absolventen gute Fähigkeiten im Umgang mit vielfältigen Informationsquellen und der Computertechnologie bescheinigt [Gräsel 1997:25; Weber 2007; Zumbach 2003:86ff.]. Gräsel [1997:24] gibt darüber hinaus an, dass PBL-Studierende einen Lernstil bevorzugen, der auf Verstehen angelegt ist, und in der Lage seien, sich selbstständig sinnvolle Lernmaterialien zu besorgen. Allerdings betont sie auch, dass das Formulieren von Lernzielen erst gelernt werden muss und dass zu Beginn der Arbeit am Problem gegebenenfalls Hilfestellungen gegeben werden müssen. Dabei verweist sie auf die Dissertation von Diana Dolmans (1994). Eine ähnlich positive Einschätzung, was Lernstrategien und selbstgesteuertes Lernen angeht, findet sich auch bei Preckel (2004) [in Reusser 2005], Jones et al. [2002], Koh et al. [2008], Norman und Schmidt [1992] sowie Tsou et al. [2009]. Eder et al. [2011] beschreiben, dass PBL-Studierende vermehrt das Gefühl haben, in den Veranstaltungen viel gelernt zu haben, und auch, dass sie ihre Arbeits- und Lerntechniken verbessern konnten.

Des Weiteren nehmen die Studierenden, die mit dem PBL-Ansatz gelernt haben, einen Zuwachs in ihrer **Kompetenz zu Kooperation und Kommunikation** sowie in ihren methodischen Fähigkeiten wahr und können signifikant leichter ihre eigenen Eindrücke und Meinungen äußern [Eder et al. 2011:40]. Ferner fühlen sich die PBL-Studierenden autonomer und sozial eingebunden [Hofmann & Köhler 2014]. Den Zuwachs in den sozialen Fähigkeiten, im Kommunikationsbereich und der Teamfähigkeiten werden auch bei Weber [2004, 2007] und Koh et al. [2008] bestätigt. Loyens et al. [2008] weisen auf den Unterschied zwischen selbstgesteuertem und selbstreguliertem Lernen sowie die gemischten Befunde bezüglich der Ausbildung im PBL hin, betonen aber gleichzeitig die Möglichkeit der Förderung, die sich bei richtigem Verhalten der Lehrpersonen ergeben.

Insgesamt stellt sich ein **gemischtes, aber tendenziell eher ernüchterndes Bild** der Wirksamkeit von PBL im Hochschulbereich (mit Schwerpunkt Medizin) dar. So können viele der angestrebten Ziele nicht nachweislich erreicht werden. Jerry Colliver [2000:266] fasst die Ergebnisse wie folgt zusammen: „PBL may provide a more challenging, motivating, and enjoyable approach to medical education, but its educational effectiveness compared with conventional methods remains to be seen“. In der Literatur findet man folgende **Erklärungsansätze** für die fehlenden oder meist geringen Vorteile von PBL gegenüber traditionellen Curricula, sowie die widersprüchlichen Ergebnisse mancher Studien:

- Uneinheitliche Definition bzw. Gestaltung von PBL [Barrows 2000, 2003; Gräsel 1997:26ff.; Koh et al. 2008; Prince 2004; Reusser 2005]
- Mangelhafte Implementation von PBL in der Praxis: Kluft zwischen intendiertem und umgesetztem Curriculum [Barrows 2003; Glew 2003; Moust, Van Berkel & Schmidt 2005; Müller 2008; Xian & Madhavan 2013] bzw. gleichzeitige weitere curriculare Änderungen [Koh et al. 2008]
- Unterschiede in der Gestaltung der Lernumgebung [Müller 2008; Walker & Leary 2009]
- Studiendesign, Messinstrumente und Stichprobengröße [Albanese 2000; Barrows 2003; Gräsel 1997:22; Gijbels et al. 2005; Koh 2008; Müller 2008; Prince 2004; Reusser 2005; Walker & Leary 2009]
- Die Studierenden wählen meist selbst, ob sie nach dem PBL-Ansatz studieren möchten [Gräsel 1997:26]. So können gegebenenfalls persönliche Voraussetzungen, die das Wahlverhalten beeinflussen, nicht ausgeschlossen werden.

Auf einige dieser Probleme gibt es bereits **erste Antworten**. So hat Barrows [1986] früh versucht, mit seiner Taxonomy die verschiedenen Formen von PBL sowie ihre Ziele zu charakterisieren. Dennoch hat sich eine Vielfalt von Versionen entwickelt, die nicht vernünftig umgesetzt werden und so hinter

den Möglichkeiten, die PBL entfalten kann, zurückbleiben. Er betont, dass die versprochenen Ziele mit „authentic problem-based learning“ [Barrows 2003:255] erreicht werden können und unterstreicht die Verantwortung der Fakultäten und Dozentinnen bzw. Dozenten. Denn ein „well-trained problem-based learning facilitator (or tutor)“ [ebd.:255] kann die von Glew [2003] angesprochenen Probleme im Bereich der Implementation und Unterstützung abfangen. (Vgl. auch. [Barrows 2000].) Jonassen und Hung [2008] machen in ihrem Artikel auf die Bedeutung der Problemgestaltung aufmerksam. Sie entwerfen für weitere Forschungsfragen Beurteilungskriterien für Probleme und weisen für PBL geeignete Problemstellungen aus (vgl. auch [Hung et al. 2008]). Walker und Leary [2009] untersuchten in einer Studie den Einfluss sowohl der Problem- als auch der Prozessgestaltung auf den Lernerfolg und kommen zu dem Ergebnis, dass *design problems* und *closed-loop problem-based learning* am erfolgreichsten sind. Diese beiden Einflussfaktoren lassen nur vermuten, wie viele unbeachtete Variablen im Hintergrund den Lernerfolg und damit die Effektstärken der Studien beeinflussen. Im Hinblick auf diese Arbeit muss noch einmal betont werden, dass es sich bei den oben zusammengefassten Studien meist um Untersuchungen aus dem Bereich der Gesundheitsberufe handelt und dass dort überwiegend *diagnosis-solution problems* eingesetzt werden [Jonassen & Hung 2008]. Inwiefern diese Ergebnisse auf andere Disziplinen und Problemstellungen übertragen werden können, ist nicht bekannt [Reusser 2005; Gijbels et al. 2005].

Auch Henk Schmidt [2016] wirft in seinem Vortrag auf der internationalen PBL-Tagung in Zürich im Juni 2016 die Frage auf, ob aufgrund der fehlenden Belege die ganzen Bemühungen als „Zeitverschwendung“ gesehen werden müssten. Er beantwortet die Frage anschließend mit „Nein“, da es sich bei den angestrebten Kompetenzen (Selbstlern-, Forschungskompetenzen, kritisches Denken) um „*Thinking Skills*“ handle, die an Wissen gekoppelt seien und nicht gemessen werden könnten. Das eigentlich anzustrebende Ziel beim Einsatz von PBL sei die Entwicklung von Tiefenwissen. Dieses werde durch das Wecken des Interesses durch die präsentierte Problemstellung und die Aktivierung des Vorwissens in der Kleingruppendiskussion gewährleistet. (Zur Bedeutung der Kleingruppendiskussion bei der Aktivierung des Vorwissens siehe auch [Schmidt, De Volder, Grave, Moust und Patel 1989].)

Am Ende dieser Ausführungen zur Wirksamkeit sei noch einmal kurz auf den Artikel von Kirschner et al. [2006] verwiesen. Dort betonen die Autoren die Bedeutung von Instruktionen im Lernprozess und zweifeln in diesem Zusammenhang die Wirksamkeit von Lernumgebungen, wie beispielsweise PBL („minimally guided instructional approaches“) grundsätzlich an. Dieser Artikel wurde in der gleichen Zeitschrift in einer Ausgabe des folgenden Jahres sehr kontrovers diskutiert. So wurde beispielsweise begründet, dass PBL fälschlicherweise in die Gruppe der *minimally guided approaches* eingeordnet worden sei und die dort vorgebrachten „Beweise“ gegen die Wirksamkeit von PBL aus verschiedenen Gründen kritisch hinterfragt [Hmelo-Silver, Duncan & Chinn 2007; Schmidt, Loyens Gog & Paas 2007].

Als ein Erfolgsfaktor von PBL wurde dort die unterstützende und vorbildliche Rolle der Tutorin bzw. des Tutors betont, die als strukturgebendes Element den Lernerfolg maßgeblich beeinflusst.

Im Folgenden soll noch auf einen weiteren kritischen Aspekt verwiesen werden, der sich bei der vollständigen Umstellung des Curriculums einstellen kann. Nach 30 erfolgreichen Jahren mit dem PBL-Curriculum bemerkten die Verantwortlichen in Maastricht eine gewisse **PBL-Müdigkeit**, die sich beispielsweise dadurch ausdrückte, dass die Studierenden weniger motiviert waren, neues Wissen zu generieren und vielmehr den einfachsten Weg zur Lösung des Problems anstrebten [Czabanowska, Moust, Meijer, Schröder-Bäck & Roebertsen 2012; Moust et al. 2005]. Dieser Entwicklung wurde durch verschiedene Innovationen und Variationen entgegen gewirkt, so dass im Zusammenhang mit der europäischen Vereinheitlichung der Bachelorstudiengänge ein neues Konzept (das *active self-directed learning*) implementiert wurde. Es beinhaltet immer noch PBL als zentrales Element, gestaltet sich aber über die Studienjahre hinweg abwechslungsreicher und unterstützt somit noch mehr die Eigenaktivität der Lernenden sowie die Entwicklung von Kompetenzen für lebenslanges Lernen. (Weitere Informationen zum neuen Programm findet man bei Kuiper, Meijer und Moust [2011].)

## 2.7 Lerntheoretische und methodische Einordnung von PBL

Bevor das Augenmerk auf die Verbreitung von Problembasiertem Lernen in der Schule gelegt wird, soll die Methode zunächst, im Hinblick auf die Gestaltung von Unterricht, lerntheoretisch und methodisch eingeordnet sowie von ähnlichen Unterrichtsmethoden abgegrenzt werden. Die Methode des PBL lässt sich anhand der in Unterkapitel 1.1 genannten Merkmale (S. 24f.) zunächst eindeutig als **Unterrichtsmethode im Bereich des Konstruktivismus** verorten. Lernen erfolgt situativ und aktiv. Das Problem wird zwar zu Beginn von außen vorgegeben, stellt aber (zumindest im tertiären Bildungssektor) eine authentische Situation dar und ist für die lernende Person von persönlicher Relevanz. Dadurch wird ein Lernen im Kontext ermöglicht und die spätere Anwendung des Gelernten begünstigt. Gleichzeitig weckt die Lernumgebung Interesse und Motivation beim einzelnen Lernenden, was als Grundvoraussetzung für einen aktiven Lernprozess gesehen werden kann [Mandl & Krause 2001; Prenzel 1993]. Der Lernprozess ist kumulativ und konstruktiv. Die Problemstellung ist nur der Auslöser des Lernprozesses. Im Mittelpunkt des Lernprozesses steht die lernende Person. Sie baut sich ihr Wissensgerüst aktiv auf Grundlage des Vorwissens auf, das heißt, sie konstruiert ihre eigene Wirklichkeit. PBL ist selbstgesteuert und sozial. Die Lerninhalte sind selbst gewählt und wer-

den nicht direkt von außen vorgegeben. Auch das Vorgehen beim Wissenserwerb sowie die Auswahl der Quellen werden von jedem Gruppenmitglied individuell gestaltet. Durch die regelmäßige Gruppenarbeit (und im Studium auch durch die Gespräche mit der Tutorin oder dem Tutor) reflektieren die Lernenden ihre individuelle, neue „Wirklichkeit“. Erst im Austausch mit anderen gewinnt sie Bedeutung. Die Gruppe bietet gleichzeitig den sozialen und kulturellen Rahmen des Wissenserwerbs.

Der Lernprozess im PBL mit den genannten Eigenschaften entspricht damit – zumindest im Hochschulbereich – genau den Merkmalen des konstruktivistischen Verständnisses von Lernen. Dies verdeutlicht Tabelle 14, die entsprechende Literaturstellen gegenüberstellt.

Torp und Sage [1998:32, 2002:34] bestätigen die genannten Eigenschaften auch für den Schulbereich. Allerdings stellt sich für den Einsatz im schulischen Umfeld die Frage, inwiefern für Schülerinnen und Schüler authentische Problemstellungen entwickelt werden können, die eine persönliche Relevanz aufweisen. Durch die Problemstellung wird zumindest im schulischen Bereich häufig auch die Wahl der Lerninhalte teilweise eingeschränkt. Metakognitive Reflexionsprozesse müssen hier von der Lehrkraft bewusst angeregt und individuell unterstützt werden.

Tab. 14: Lernen als aktiver, konstruktiver, selbstgesteuerter, sozialer und situativer Prozess im konstruktivistischen Lernen und im PBL – Gegenüberstellung von Literaturstellen

Lernen ist ...	konstruktivistisches Verständnis	im Problembasierten Lernen
situativ und aktiv;	Cunningham et al. 1993:23, 27; Reinmann-Rothmeier & Mandl 1998:459f.; Shuell 1986:415; Siebert 1998:39; Terhart 1999:635	Kolmos, Fink & Krogh 2006:12; Reinmann & Mandl 2006:640; Reich 2003:2; Weber 2007:23; Zumbach 2003:35ff.
konstruktiv und kumulativ;	Cunningham et al. 1993:21; Neubert et al. 2001:256; Reinmann-Rothmeier & Mandl 1998:459; Shuell 1986:415; Siebert 1998:37; Terhart 1999:635	Reich 2003:2; Weber 2007:23; Yew, Chng & Schmidt 2011; Zumbach 2003:35ff.
selbstgesteuert und sozial.	Cunningham et al. 1993:25; Neubert et al. 2001:256; Reinmann-Rothmeier & Mandl 1998:459f.; Siebert 1998:39; Terhart 1999:632, 635	Kolmos et al. 2006:12; Loyens et al. 2008; Reinmann & Mandl 2006:641; Reich 2003:2; Weber 2007:23; Zumbach 2003:35ff.

Auch Cornelia Gräsel [1997:32ff.] beschreibt Lernen als einen situationsgebundenen, aktiven, konstruktiven, selbstgesteuerten und sozialen Prozess. Allerdings bezieht sie sich damit nicht auf die konstruktivistischen Lerntheorien, sondern auf das Unterrichtskonzept des situierten Lernens [Brown, Collins & Duguid 1989]. Dieses dient ihr im Folgenden als Grundlage für die Entwicklung eines computergestützten PBL-Falles im Bereich der Medizin. An diesem Beispiel begründet sie ebenfalls, warum das Lernen mit PBL alle Aspekte des situierten (und damit auch des konstruktivistischen) Lernbegriffs erfüllt.

PBL vereint Aspekte aus verschiedenen konstruktivistischen **Unterrichtskonzepten** (s. Teilkapitel 1.2,



S. 26ff.). Ausgehend von einer Problemstellung wird in Kleingruppen eigenständig Wissen auf Grundlage des Vorwissens generiert. Damit werden Merkmale des situierten Lernens, des kumulativen Lernens, des selbstgesteuerten und des kooperativen Lernens aufgegriffen. Setzt man PBL im naturwissenschaftlichen Bereich ein, kann mit einigen Abstrichen auch das entdeckende und forschende Lernen (bzw. *Inquiry-based Learning*) in die Reihe aufgenommen werden, wobei es hier auch entscheidende Einschränkungen gibt. So zielen diese drei untersuchenden Methoden neben dem Erwerb neuen Wissens auch auf das Erlernen domänenspezifischer Arbeitstechniken ab [Hmelo-Silver et al. 2007; Oğuz-Ünver & Arabacıoğlu 2011]. Außerdem sind die Lernenden im Gegensatz zu PBL an der Auswahl der Inhalte beteiligt [ebd]. Je nach Öffnungsgrad (vgl. Teilkap. 1.2, S. 31) und der daraus resultierenden methodischen Ausgestaltung (vgl. Teilkap. 1.7, Tab. 9) gibt es Unterschiede für die Rolle der Lehrperson. Während beim PBL der Problemlöse- und individuelle Lernprozess nur begleitet wird, kann die Lehrkraft bei den untersuchenden Methoden als Expertin auch Informationen zum Problem liefern und die Arbeit strukturieren und anleiten [Oğuz-Ünver & Arabacıoğlu 2011; Prince & Felder 2006; Savery 2006]. Je nach Problemstellung kann auch der ganzheitliche, handlungsorientierte Aspekt beinhaltet sein.

Oelkers und Kraus [2014] nennen im Kontext des Problemorientierten Lernens die Merkmale des entdeckenden, situierten, kooperativen und selbstgesteuerten Lernens (für Prinzipien des problemorientierten Lernens siehe auch [Hasselhorn & Gold 2009:270-274]).

Zur **Einordnung** von Methoden wurde die Systematik von Hilbert Meyer vorgestellt (vgl. 1.2, Tab. 3). Demnach ist das PBL eine entdecken-lassende Handlungsform, die in Gruppenarbeit durchgeführt wird und im Bereich der Projektarbeit lokalisiert werden kann. Bezüglich der Unterrichtsöffnung (vgl. 1.2) wird beim PBL das Thema vorgegeben, die Lernenden bestimmen aber selbst ihre Lerninhalte, die sie zur Problemlösung benötigen. Die Sozialform Gruppenarbeit ist vorgegeben, aber die Arbeitstechniken können eigenständig gewählt werden. Jede Gruppe entscheidet selbst zu welchem Zeitpunkt sie welche Inhalte wie lange bearbeitet. Der Unterricht ist somit teilweise offen bezüglich der Inhalte und der Methoden sowie offen in Bezug auf die zeitliche Gestaltung (nur die finale Frist wird vorgegeben).

Im Folgenden sollen **weitere Methoden** der Kategorie „entdecken-lassende Projektarbeit in Gruppen“ kurz vorgestellt, von PBL abgegrenzt und gemäß der Unterrichtsöffnung eingestuft werden. Alle vorgestellten Methoden sind handlungsorientiert, kooperativ und situiert ausgerichtet. Die abschließend vorgestellte Projektmethode nach Frey beruht neben diesen Prinzipien auch auf dem selbstgesteuerten Lernen.

**Fallbasiertes Lernen** ist ebenfalls schülerzentriert und soll anwendbares Wissen für den späteren Beruf akquirieren [Prince & Felder 2006; Savery 2006]. Dabei ist das Problem bzw. der Fall nicht der Ausgangspunkt für den Wissenserwerb, sondern dient als Anwendung oder Übung, nachdem zuvor das nötige Hintergrundwissen vermittelt wurde. Es entspricht also eher dem Verfahren des „*working through the case*“ [Savery 2006:15], bei dem mögliche Wege und Lösungen bekannt sind und eventuell gegeneinander abgewogen werden müssen. Beim Fallbasierten Lernen kann kaum noch von einer offenen Unterrichtsmethode gesprochen werden. Durch den Fall ist die Thematik vorgegeben und in der Regel ebenso die Arbeitsweise sowie das Zeitfenster.

Beim **projektbasierten Lernen** (auch projektorientiertes Lernen) sind die Lernbemühungen in der Regel auf ein bekanntes Ergebnis oder Produkt ausgerichtet [Awang 2007; Mills & Treagust 2003; Prince & Felder 2006; Savery 2006]. Das Ziel ist, einen möglichst optimalen Weg dorthin zu finden. Die Lehrperson als Expertin unterstützt dabei Vorgehen und Ergebnis durch Hilfestellungen und Ratschläge. Wie beim fallbasierten Lernen geht es im Wesentlichen um die Anwendung von Wissen. Während Savery [2006] betont, dass es einen optimalen Weg gibt, der angestrebt wird und auf dem die Lernenden von der Lehrperson geführt werden, betonen Mills und Treagust [2003] die Offenheit des Weges, bei dem die Planung und Durchführung des Projekts (wie bei der Projektmethode unten) ganz in der Hand der Lernenden liegt. Die Problemstellung ist somit weitgehend geschlossen gestaltet, besonders in Bezug auf das Ziel. Bezüglich der Offenheit des Weges dorthin sind verschiedene Interpretationen und Formen möglich.

Im Bereich der Ingenieurwissenschaften werden Problembasiertes Lernen und projektbasiertes Lernen vor allem im vorrangigen Ziel (Produkt- gegenüber Prozessorientierung) und in der Rolle der Lehrkraft (Expertin gegenüber Coach) unterschieden (s. Abb. 9) [De Graaff 2012; Prince & Felder 2006].

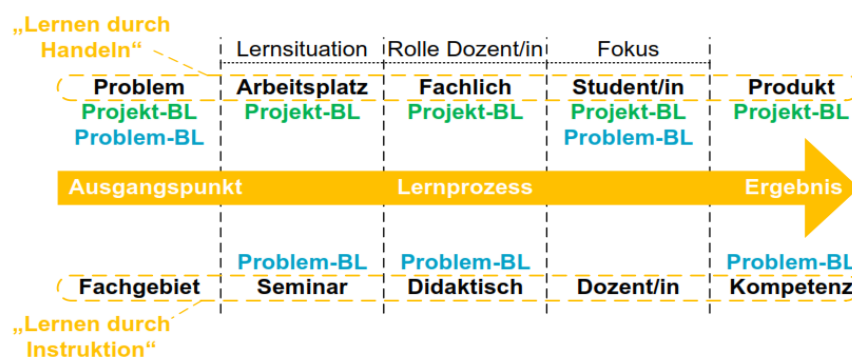


Abb. 9: Vergleich Projektbasierte und Problembasiertes Lernen [De Graaff 2012]

In einzelnen Fällen wird für *project-oriented learning* (oder *project-organized learning*) auch *POL* als Abkürzung genutzt [Awang 2007]. Dies führt aufgrund der ähnlichen Begriffe und der häufig identisch

verwendeten Abkürzungen (siehe POL für Problemorientiertes Lernen in Teilkap. 2.1) zu Überschneidungen in der Literatur, weshalb beim Recherchieren besondere Aufmerksamkeit benötigt wird.

Die **Projektmethode nach Karl Frey** [2005] ist – im Gegensatz zu Hilbert Meyers methodischer Großform – eine Handlungsform. Die Erarbeitung eines Themengebietes mit dem Ziel, ein sichtbares Produkt herzustellen, erfolgt in Gruppen nach einem Phasenmodell mit fünf Schritten (Initiative, Skizze, Planung, Durchführung, Abschluss) [Frey 2005:62ff.]. Zentral an dieser Methode ist, dass die Schülerinnen und Schüler bei der Themenwahl einbezogen werden und die Durchführung des gesamten Projekts (inkl. Planung) selbstgesteuert abläuft [ebd.:15f.]. Ein Projekt stellt damit die größtmögliche Öffnung des Unterrichts dar. Die Schülerinnen und Schüler entscheiden selbstständig, wann sie was wie tun wollen. Selbst das angestrebte Produkt wird nicht von außen vorgegeben, sondern entsteht nach den Vorstellungen der Lerngruppe.

Nachdem PBL lerntheoretisch und didaktisch eingeordnet sowie methodisch abgegrenzt wurde, kann nun die Literatur auf Erfahrungen zum Einsatz von Problembasiertem Lernen im Schulunterricht untersucht werden.

## 2.8 Erfahrungen zum Einsatz von PBL in der Schule

Aufgrund der guten Erfahrungen aus dem Bereich der Medizin wurde Ende der **80er Jahre in Nordamerika** begonnen, PBL für den Einsatz in Schulen (zunächst High Schools) aufzubereiten [Bleich 1997]. Die Idee stammte von der Universität in Alabama und wurde von Howard Barrows mit finanzieller Unterstützung einer Stiftung umgesetzt. Die Nachricht vom erfolgreichen Einsatz und die Materialien verbreiteten sich zunächst innerhalb der von der Stiftung unterstützten Schulen. Auf dieser Grundlage begannen einzelne Lehrkräfte, zunächst unsystematisch aber im kooperativen Austausch, eigenständig weitere Materialien zu entwickeln. Die Verbreitung von PBL in Schulen erhielt erst mit der Bildung der gemeinnützigen *Venture in Education*-Vereinigung eine gewisse Struktur. Obwohl es nicht zu deren ursprünglichem Plan gehörte, PBL zu verbreiten, konnten sie den lauten Ruf der Lehrkräfte nach Unterstützung und Materialien für weitere Fachbereiche nicht ignorieren. Die Bemühungen zur Integration von PBL in alle Schulbereiche wurden in den folgenden Jahren durch die Veröffentlichung von Büchern [Delisle 1997; Torp & Sage 1998] und die Entwicklung von Programmen zur Materialerstellung und gleichzeitiger Ausbildung von Lehrkräften vorangetrieben [CERTL 2015; IMSA 2015; Stepien & Gallagher 1993]. Allerdings muss an dieser Stelle betont werden, dass nur die Lehrkräfte Zugang zu den Materialien bekommen, die auch die Ausbildung absolviert haben.

Heute wird PBL in Nordamerika in vielen Fächern, in allen Klassenstufen und sowohl im städtischen als auch ländlichen Raum eingesetzt [Delisle 1997:6; Torp & Sage 1998:88, 2002:113] (vgl. dazu auch [Hung et al. 2008]).

Inwieweit **PBL im europäischen Schulunterricht** verbreitet ist, wird in der Literatur unterschiedlich beurteilt. So spielt PBL für Beutler und Lange [2013:77] bisher „keine signifikante Rolle als Lernstrategie“, während David Eberhard [2015:Kap. „Was ist guter Unterricht?“] berichtet, dass PBL in Schweden „das Ruder übernommen“ hat (vgl. auch [Kühne 2005]). Für Österreich berichtet Jörg Zumbach [2012:7] bisher nur von „punktuellen Beispielen“, er vermutet aber in Bezug auf die Kompetenzorientierung im Bildungswesen, „dass PBL oder PBL-verwandte Ansätze zum schulischen Alltag und in das feste Methodenrepertoire von LehrerInnen gehören, dies allerdings kaum in einschlägigen Publikationen Berücksichtigung findet.“ Vereinzelt Bemühungen, PBL im Schulunterricht einzusetzen, wie Zumbach für Österreich beschreibt, gibt es auch in der Schweiz [Brovelli & Wilhelm 2009] und in Deutschland (Arbeitskreis *didaktik-aktuell*, siehe z. B. [Knemeyer, Illert & Marmé 2008]).

Im amerikanischen Raum gibt es einige **konkrete Praxisberichte**, wie PBL im Schulunterricht eingesetzt werden kann. Diese variieren in der Tiefe der theoretischen und praktischen Beleuchtungen, wobei der Problemlöseprozess, im Vergleich zu *McMaster*, in allen Fällen leicht variiert wird. Im Folgenden sollen zwei Wege vorgestellt werden: Zunächst das Modell von Robert Delisle [1997], welches von Ann Lambros [2004] leicht abgewandelt übernommen wurde. Gefolgt von Linda Torp und Sara Sage [1998, 2002], die ein eigenes Modell entwickelt und umgesetzt haben. Beide Vorgehensweisen haben gemeinsam, dass für jüngere Problemlöserinnen und Problemlöser aus dem primären und sekundären Bildungsbereich unterstützende Leitfragen und Tabellen eingesetzt werden.

**Robert Delisle** [1997:26-36] wählt eine Variante, bei der die ganze Klasse an der Problemlösung beteiligt ist. So finden Problemdefinition und -analyse in der Großgruppe statt. Die einzelnen Lernziele werden dann in Kleingruppen oder Einzelarbeit verfolgt. Daraufhin werden die inhaltlichen Ergebnisse wieder in der Klasse ausgetauscht und das neue Gesamtbild analysiert und gegebenenfalls weitere Lernziele formuliert und bearbeitet. Am Ende entscheidet sich jede Gruppe oder jeder einzelne Lernende für eine persönliche Lösung und erstellt ein Produkt oder beantwortet die Problemstellung. Der Evaluationsprozess findet wieder in der Großgruppe statt. Delisle gliedert seinen PBL-Prozess in folgende sechs Schritte:

- *Connecting with the problem* (Klasse)

Am Anfang einer jeden PBL-Einheit muss der persönliche Bezug zum Problem hergestellt werden. So wird zunächst unabhängig vom Problem eine Thematik angesprochen, persönliche Betroffenheit hergestellt und frei darüber diskutiert. Dadurch wird jeder Schülerin und

jedem Schüler das Gefühl vermittelt, etwas zum Thema zu wissen und einen Beitrag leisten zu können. Erst im Anschluss wird das Problem vorgestellt.

- *Setting up the structure* (Klasse)

Dann werden die Prozess-Regeln wiederholt und eine Tabelle mit Ideen, Fakten, Lernzielen und Aktionsplan (inklusive möglicher Quellen) erstellt. Diese Tabelle sollte möglichst groß sein und für alle sichtbar im Klassenzimmer aufgehängt werden. Diese Phase wird von der Lehrperson moderiert, ohne dass sie inhaltliche Vorgaben macht.

- *Visiting the problem* (Gruppen oder Einzelpersonen)

Nun entscheidet sich jede Gruppe für eine Lösungsidee und verfolgt die benötigten Lernziele. Dabei ist eine Vielfalt innerhalb der gesamten Klasse durchaus erwünscht, um möglichst viel Neues zu erfahren. Es folgt eine Phase der Eigenarbeit, deren Dauer zu Beginn festgelegt wird und während der die Lehrkraft von Gruppe zu Gruppe geht, um bei Bedarf Hilfestellung zu geben.

- *Revisiting the problem* (Klasse)

Nach der Arbeitsphase berichtet jede Gruppe über ihre Erfahrungen und neuen Erkenntnisse und wird anschließend von der Lehrperson aufgefordert, ihren Arbeitsprozess zu reflektieren sowie ihren verfolgten Lösungsansatz zu bewerten. Pro- und Kontraargumente einer jeden Lösungsidee werden ebenfalls gut sichtbar protokolliert. Ergeben sich nach dem Austausch neue Fragen und Lernziele, werden die Schritte *setting up the structure* bis *revisiting the problem* wiederholt.

- *Producing a product or performance* (Gruppen, Einzelpersonen oder Klasse)

Stehen genug Informationen zur Verfügung, bekommt jede Gruppe bzw. jede und jeder Lernende Zeit, um die Problemstellung zu beantworten oder das geforderte Produkt herzustellen (das Produkt kann beispielsweise auch ein Brief sein).

- *Evaluating performance and the problem* (Einzelpersonen, Klasse)

Die Evaluation kann und sollte verschiedene Aspekte beinhalten. So können die Schülerinnen und Schüler die eigene Leistung, die Gruppenleistung und das Problem beurteilen. Die Lehrkraft spiegelt ihre Beobachtungen wieder, kann das Produkt und die individuellen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler, auch als Teil der Gruppe, bewerten. Abschließend sollte die Lehrperson ebenfalls ihre eigene Leistung und das Problem reflektieren.

Delisle [1997:36] betont, dass es sich bei diesem Vorgehen um Richtlinien nicht um „Zwangsjacken“ handelt. Er benennt die Aufgaben der Lehrkraft im Prozess als Guide, Begleiterin und Helferin. In seinem Buch stellt er einige Fälle, mögliche Unterrichtsverläufe und Evaluationsbögen vor. Bei den Problemen für die Mittel- und Unterstufe handelt es sich eher um soziale (Willkommensprogramm für neue Schüler [ebd.:59f.]) oder praktische Beispiele (Entwurf eines Spielplatzes und mögliche Re-

geln [ebd.:70]), während die Probleme der Oberstufe auch eine Erarbeitung neuer fachlicher Inhalte anstreben [ebd.:48ff.].

**Ann Lambros** [2004:9-12] übernimmt weitgehend den Prozess von Delisle. Ihre Tabelle umfasst nur die Bereiche *Facts*, *Need to Know* und *Learning Issues*. Sie betont, dass der Aktionsplan in jeder Gruppe erstellt werden sollte, aber nicht der Klasse zugänglich sein muss, lässt aber die Möglichkeit offen, eine solche Spalte zu ergänzen. Erst nach der ersten Arbeitsphase werden Lösungsideen und weitere Lernziele in einer weiteren Tabelle festgehalten, woraus sich nach weiteren Arbeitsphasen eine zu verteidigende Lösung herauskristallisiert.

Bezüglich der Problemauswahl betont sie, dass für Schülerinnen und Schüler der Mittelstufe Probleme geeignet seien, bei denen sie etwas entdecken oder ausprobieren können oder bei denen sie Verantwortung oder Entscheidungsgewalt erhalten [ebd.:14f.]. Dagegen seien für Schülerinnen und Schüler der Oberstufe Probleme geeignet, die Verwirrung stiften oder Rollen, die Berufe aufgreifen, da so gleichzeitig eine persönliche Berufsorientierung erfolgen könne [ebd.:27f.]. Auf eine Vielfalt der Quellen solle geachtet werden [ebd.:48f.], wobei in der Oberstufe auch Wert auf richtiges Zitieren gelegt werden müsse [ebd.:39]. Darüber hinaus können und sollen nach Möglichkeit praktische Anteile und Experimente integriert werden und auf ethische Aspekte eingegangen werden. Die vielen Beispielfälle werden leider nur kurz angerissen und enthalten teilweise auch nicht alle benötigten Materialien, so dass eine direkte Umsetzung von interessierten Lehrkräften schwierig erscheint. Als Besonderheit stellt Lambros auch dynamische Probleme vor, deren jeweiliger Fokus sich durch nachträgliche Informationen verschiebt [ebd.:94].

Insgesamt enthält das Buch viele praktische Beispiele für Lehrkräfte. So werden typische Fallen aufgezeigt und hilfreiche Tipps gegeben [ebd.:50ff.]. Einen weiteren Schwerpunkt setzt Lambros in ihrem Buch auf der Bewertung von PBL-Leistungen. Sie betont die Transparenz und die Passung der Beurteilungsaspekte und zeigt diesbezüglich geeignete Dokumentationsbögen [ebd.:57-70].

Auch **Linda Torp und Sara Sage** [1998:33-43] strukturieren den Problemlöseprozess für die Arbeit mit Jugendlichen etwas um und erläutern ihn an einem Beispiel-Fall. Sie betonen zunächst, dass – je nach Erfahrungsgrad – eine Vorbereitung der Schülerinnen und Schüler nötig sei (etwa durch einen Beispielfall oder (lern)strategische Aufgaben [ebd.:35], vgl. dazu auch [Beutler & Lange 2013]). Dann lernen die Schülerinnen und Schüler ebenfalls das Problem in einer Form kennen, die eine persönliche Beziehung ermöglicht (beispielsweise durch einen authentischen Brief oder eine Person, die um Hilfe bittet). Der iterative Teil umfasst hier vier Schritte, die mit Analyse, Definition eines Teilproblems, Informationsbeschaffung und Generierung möglicher Lösungen übersetzt werden können. Zunächst sollen die Lernenden überlegen, was sie wissen bzw. was sie wissen möchten und ihre Ideen aufschreiben. Auch Torp und Sage unterstützen diesen Prozess durch das Anlegen einer Tabelle

[Torp & Sage 1998:38]. Sie wollen so das Vorwissen aktivieren und die Aufmerksamkeit fokussieren. Bei der Problemdefinition sollen verschiedene Facetten der Thematik aufgegriffen werden. Eine Leitfrage an dieser Stelle kann sein „wie können wir ... in einer Art, dass ...“ [ebd.:37, eigene Übersetzung]. Die anschließende Informationsbeschaffung und der Informationsaustausch erfolgen in Kleingruppen in Form eines Gruppenpuzzles. Der Rechercheprozess und die Entwicklung sozialer Kompetenzen müssen, in den Augen der Autorinnen, je nach Expertisegrad unterstützt werden. Anschließend werden mit den neuen Informationen mögliche Lösungsansätze für das Teilproblem erstellt. Nun kann mit der Analyse und Definition neuer Teilprobleme begonnen werden oder eine Abwägung der gewonnen Erkenntnisse und die Auswahl einer Lösung erfolgen. In diesem vorletzten Schritt setzen Torp und Sage wiederum eine Tabelle zur Unterstützung der Schülerinnen und Schüler ein (Spalten: Strategie, Proargumente, Kontraargumente, Konsequenzen [ebd.:41]). Im Anschluss wird die ausgewählte Lösung präsentiert. Dies fördert weitere Kompetenzen im Bereich Kommunikation und bietet die Möglichkeit der Bewertung. Abschließend erfolgt auch hier eine Reflexion, deren Schwerpunkt darauf liegen sollte, was die Schülerinnen und Schüler gelernt haben. Der gesamte Prozess wird von der Lehrperson gecoach.

Für den **deutschsprachigen Raum** gibt es keine entsprechenden Publikationen. Agnes Weber [2004] gibt eine ausschließlich theoretische Antwort auf die Frage, wie PBL im Unterricht der Sekundarstufe II eingesetzt werden kann. Sie übernimmt die sieben Schritte nach *McMaster* detailgetreu für den Schulunterricht und ergänzt diese durch Leitfragen. Brovelli und Wilhelm [2009] verfahren wie Weber, liefern aber einen interdisziplinären Beispiel-PBL-Fall für die Lehrerbildung, der in gleicher Weise auch im Unterricht eingesetzt werden kann. Erste deutschsprachige Materialien liefert das VOICE-Projekt, das von der europäischen Kommission gefördert wurde [Beutler & Lange 2013].

Studien bezüglich der **Wirksamkeit von PBL im schulischen Bereich** sind rar [Hung et al. 2008], daher beziehen sich auch Publikationen aus diesem Gebiet überwiegend auf Belege aus dem tertiären (medizinischen) Bildungssektor (z. B. [De Witte & Rogge 2012]). Die positive Wirkung von PBL im Schulunterricht lässt sich aus den **positiven Erfahrungen** von Lehrerinnen und Lehrern [Barell 2010; Delisle 1997; Torp & Sage 1998:21-24, 2002:23-25], aber auch von Schülerinnen und Schülern, Eltern [Torp & Sage 1998:7, 2002:7f.] und den Entwicklern der Unterrichtseinheiten [Delisle 1997; Lambros 2004; Stepien & Gallagher 1993] ableiten. Sie berichten von gesteigerter Aktivität von Schülerinnen und Schülern, motivierender Wirkung authentischer Fälle, Entwicklung von Strategien zum selbstständigen Lernen und der Informationsbeschaffung sowie Ausbildung langfristigen Wissens und tieferen Verständnisses – also einem Lernen fürs Leben [ebd.]. Das Verhalten der Schülerinnen und Schüler zeichnet sich durch gesteigertes Engagement, das Stellen guter Fragen, tiefsinnigere Gesprä-

che sowie gezielte und effektive Informationsbeschaffung aus [Torp & Sage 1998:88, 2002:113]. Neben diesen vielfältigen „weichen“ [Peters & Waterman 2003] (nicht bzw. nicht objektiv quantifizierbaren) Faktoren, gibt es im schulischen Bereich nur **einzelne Vergleichsstudien** zwischen PBL und dem eher klassischen *Lecture-based Learning* für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II, welche die von Beteiligten gewonnenen Eindrücke tendenziell bestätigen. Finkelstein, Hanson, Huang, Hirschman und Huang [2010:52ff.] untersuchten die Wirkung eines Wirtschafts-Curriculums, bei dem die Lehrkräfte, wie in den USA üblich, vorher speziell ausgebildet wurden. Sie zeigten positive Effekte für den Wissenserwerb und die Problemlösekompetenzen der Lernenden sowie die Zufriedenheit der Lehrenden. De Witte und Rogge [2012] konnten in ihrer Studie keine signifikanten Unterschiede beim Wissen und der Motivation finden, aber eine Verbesserung des Klassenklimas im PBL-Unterricht nachweisen. Wong und Day [2009] zeigten für eine Schule in Hong Kong einen Vorteil der Schülerinnen und Schüler in den Bereichen Verstehen und Anwendung, während im Wissensbereich keine Unterschiede festgestellt wurden. Gallagher, Stepien und Rosenthal [1992] konnten in ihrer Studie an einer *High-School* ebenfalls eine erfolgreichere Förderung von Problemlösekompetenzen bei den Schülerinnen und Schülern im PBL-Unterricht gegenüber der Kontrollgruppe nachweisen. Für die Mittelstufe konnten Krynock and Robb [1996] in einer Vergleichsstudie einen leicht positiven Effekt auf den Wissenszuwachs von Schülerinnen und Schülern belegen. Ebenfalls für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I zeigten Brown, Lawless und Boyer [2013] eine Steigerung des naturwissenschaftlichen Interesses und des Selbstbewusstseins.

Tab. 15: Lerneffektivität von PBL-Lernumgebungen im Schulbereich (+/-/0: positiver/negativer/neutraler Effekt von PBL)

	Fachwissen	Problemlösefähigkeit	Sonstiges
<b>Sekundarstufe I+II</b>			
Gallagher et al. [1992]		+	
Krynock und Robb [1996]	+		
Wong und Day [2009]	0		Anwendung/ Verstehen +
Finkelstein et al. [2010:52ff.]	+	+	Motivation der Lehrkräfte +
De Witte und Rogge [2012]	0	0	Klassenklima +
Brown et al. [2013]			Interesse + Selbstbewusstsein +
<b>Primarstufe</b>			
Zumbach et al. [2004]	+	0 (+)	Motivation +
<b>Zusammenfassung der Effekte</b>			
	+	+	+
<b>Es ergibt sich ein Vorteil für folgende Bewertung Lernumgebung</b>	<b>PBL</b>	<b>PBL</b>	<b>PBL</b>

Erste Ergebnisse gibt es auch für computergestützte PBL-Lernumgebungen. So konnten Zumbach et al. [2004] die Wirksamkeit von PBL im Grundschulbereich bezüglich der intrinsischen Motivation und



dem Zuwachs deklarativen Wissens zeigen. Bezüglich der Problemlösekompetenz vermuten sie ebenfalls positive Effekte, konnten aber aufgrund des *Multiple Choice Designs* keine Aussage machen.

Einen **Überblick über die gefundenen Studien aus dem Schulbereich**, der den erlebten positiven Effekt von PBL-Lernumgebungen bestätigt, gibt Tabelle 15.

Zu einem eher nüchternen Ergebnis kommt Sandra Wilder [2015] in ihrer Literaturanalyse. Sie konnte keine Überlegenheit von PBL im Bereich der Wissensentwicklung bestätigen, betont aber, dass diese Methode ursprünglich auch aus Gründen der Kompetenzförderung in den Schulunterricht integriert wurde. In diesem Bereich können traditionelle Methoden sicher keinen Beitrag leisten, so dass PBL durchaus seine Berechtigung habe. In anderen Publikationen wird ebenfalls betont, dass PBL zumindest keinen Schaden anrichte und somit auf jeden Fall im Unterricht eingesetzt werden könne (z. B. [Torp & Sage 1998:82]).

Mergendoller, Maxwell und Bellisimo [2006] können in einer Vergleichsstudie (*High School*, Fach: Makroökonomik) zeigen, dass der Lernerfolg von den **Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler** abhängt. So treten die positiven Effekte von PBL besonders bei Schülerinnen und Schülern auf, die über durchschnittliche sprachliche Fähigkeiten verfügen, ein hohes fachliches Interesse haben bzw. viel oder wenig zuversichtlich sind, das Problem lösen zu können.

In einer weiteren Studie von Zumbach, Moser, Unterbruner und Pfligersdorffer [2014] wurden problemorientierte Online-Lernumgebungen im Biologieunterricht evaluiert. Sie betonen zwar, „dass die Bereitschaft, mentale Anstrengung zu investieren, der Schlüssel zum Lernerfolg ist“, bestätigten aber auch, dass

- a) mit problemorientierten Lernangeboten eine heterogene Gruppe von Lernenden adressiert werden kann (vgl. Hannafin, Land & Oliver 1999) und
- b) hier Lernfortschritte bei Lernenden mit unterschiedlichem Vorwissen gefördert werden können (z. B. Rautenhaus, 2007). [ebd.:28]

Demnach müssen unterschiedliche Merkmale von Lernerinnen und Lernern berücksichtigt und die Lernenden entsprechend ihrer Eingangsvoraussetzungen individuell gefördert werden. Diese Aufgabe obliegt der Lehrkraft, deren Unterstützungsmaßnahmen den Erfolg von PBL maßgeblich beeinflussen [z. B. Hung et al. 2008; Simons & Ertmer 2005].

## 2.9 Die neue Rolle der Lehrkraft als Herausforderung

Aufgrund der Wichtigkeit der Lehrperson für den Erfolg des PBL-Prozesses, werden ihre neuen Aufgaben an dieser Stelle ausführlich beschrieben. Die **Veränderung der Rolle der Lehrkraft**, wie sie PBL

und andere konstruktivistische Lernmethoden bedingen, benötigt einen Paradigmenwechsel. Für dessen Erreichung werden in Nordamerika langfristig angelegte Weiterbildungsveranstaltungen mit einer kontinuierlichen Begleitung durchgeführt [Blunck & Yager 1990, 1996; CERTL 2015; IMSA 2015; Stepien & Gallagher 1993]. Leider gibt es solche Strukturen in Deutschland nicht, so dass die veränderte Lehrerrolle als eine der größten Herausforderungen betrachtet werden muss.

Die Rolle der Lehrperson ändert sich, "from the sage on the stage to the coach on the side" (sinngemäss: Vom Weisen auf dem Podium zum Coach an deiner Seite). Oder um es mit den Worten der Reformpädagogin Maria Montessori zu sagen: „Hilf mir, es selbst zu tun!“. [Weber 2007a:2]

In den traditionellen Unterrichtsmethoden gilt die Lehrkraft als Expertin, welche die fachlichen Inhalte strukturiert und diese in der Folge an die Lernenden vermittelt. Diese Position muss im Problembasierten Lernen verlassen werden. Nach Reusser [2005:180] muss die Lehrerin bzw. der Lehrer „als Behrender und Instruierender deutlich [zurücktreten] und alternativ dazu seine Expertise und Professionalität als Lerngerüst, Tutor, adaptiver Coach, einfühlsamer ko-konstruktiver Dialogpartner – kurz: als abrufbare fachliche und personale Lernressource [...] finden“ [Reusser 2005:180]. Die Lehrkraft befindet sich nun also in der Rolle der geduligen **Begleiterin für den Lernprozess** der Gruppe. Je nach Vorerfahrung der Gruppenmitglieder kann sie den Problemlöseprozess durch geeignete, auch kritische Fragen strukturieren [Delisle 1997:16, 26-30; Hmelo-Silver 2004; Hmelo-Silver & Barrows 2006; Kolmos et al. 2008:17-21; Maudsley 1999; Neufeld & Barrows 1974; Sage & Torp 1997; Weber 2004:44ff.]. Sie hat die Aufgabe, die kooperative Arbeit in der Gruppe zu fördern und jeden einzelnen dazu zu ermutigen, seine Ideen einzubringen und diese gemeinsam zu reflektieren [Delisle 1997:16, 26-30; Hmelo-Silver et al. 2007; Kolmos et al. 2008:17-21; Maudsley 1999; Neufeld & Barrows 1974; Sage & Torp 1997; Weber 2004:44ff.]. Damit dies gelingt, braucht die Lehrkraft eine gute Beobachtungsgabe und Diagnosefähigkeit sowie ein breites Repertoire maßgeschneiderter Strategien für die jeweils benötigten Hilfestellungen [Edel 2006; Maudsley 1999; Hmelo-Silver 2004; Hmelo-Silver & Barrows 2006].

Die Lehrperson ist für die Balance zwischen Selbst- und Fremdsteuerung verantwortlich [Müller 2008] und kann die leitende Funktion mit zunehmendem Expertisegrad der Gruppe auch an diese delegieren. So nimmt sie sich mehr und mehr zurück und wird von der Leiterin zur Beobachterin [Reusser 2005]. Aus dem englischsprachigen Raum sind für diesen Prozess die Schritte „**Modeling** (Vormachen), **Coaching** (Betreuen), **Scaffolding** (helfend Einspringen) und **Fading** (Ausklinken)“ überliefert [Bovet 2006:228] (siehe auch [Dubs 1995, Hmelo-Silver et al. 2007]). Bei der Modellierung spielen dabei sowohl domänenspezifische wie auch metakognitive Strategien eine Rolle [Gräsel 1997:42; Hung et al. 2008; Reusser 2005]. Die Begleitung des Lernprozesses muss bei Anfängern auch teilweise im fachlichen Bereich erfolgen, damit die Lernenden ihren Wissensstand richtig einschätzen können. Dabei genügt bei ausreichendem fachlichem Grundwissen eine ausschließlich mo-

derierende Tätigkeit [Zumbach 2011]. (Ottitsch und Zumbach [2012] vermuten, dass eine Kombination beider Elemente die besten Erfolge in Wissenserwerb und Ausbildung metakognitiver Fähigkeiten bewirken kann.) Dabei bleiben die grundlegenden Prinzipien immer gleich, nämlich „guiding without leading“ und „assisting without directing“ [Delisle 1997:16] (vgl. auch [Simons & Ertmer 2005]). Bei geübten PBL-Lerngruppen verlagert sich die Arbeit der Lehrperson zunehmend in den Bereich der Unterrichtsvorbereitung und der Gestaltung der Lernumgebung [Edel 2006].

Die Lehrperson sollte in ihrem Handeln stets ein **Vorbild** für die Lerngruppe sein [Dole et al. 2016; Edel 2006; Neufeld & Barrows 1974; Weber 2004:43]. Dies bezieht sich zunächst auf die Einstellung zur Lernmethode des Problembasierten Lernens, denn der Lernerfolg hängt maßgeblich davon ab. Dies gilt darüber hinaus für die Art und Weise der Gruppenführung und der Fragestellung im Problemlöseprozess [Hmelo-Silver 2004; Hmelo-Silver & Barrows 2006; Neufeld & Barrows 1974]. Um die Steuerung nach einiger Übung erfolgreich an die Gruppe übertragen zu können, müssen diese auf das Vorgehen bzw. die Fragestellung in der zunächst mehr geleiteten Phase zurückgreifen können. Zuletzt können sich die Lernenden aber auch durch Feedbackgespräche und Reflexion ihrer eigenen Lernprozesse weiterentwickeln.

Als **Expertin für Lern- und Denkprozesse** unterstützt die Lehrperson den einzelnen Lernenden bei der Entwicklung metakognitiver Strategien und hilft, Lern- und Motivationsprobleme aufzudecken und ihnen entgegenzuwirken [Hmelo-Silver 2004; Hmelo-Silver & Barrows 2006; Kolmos et al. 2008:19; Neufeld & Barrows 1974; Reusser 2005; Weber 2004:45f.]. Sie bietet eine intensive, individuelle Lernberatung und gibt kriteriengeleitetes Feedback, wodurch Reflexionsprozesse angestoßen werden können. Dies setzt ein konstruktivistisches Lernverständnis voraus [Hung et al. 2008]. Die Ausbildung von fachbezogenen Kompetenzen und die Entwicklung zum „expert learner“ muss von der Lehrkraft initiiert, unterstützt und reflektiert werden [Ertmer & Newby 1996].

Das individuelle Coaching hilft den Lernenden, ein positives Selbstverständnis zu entwickeln und unterstützt den Lernerfolg durch die Orientierung am Positiven [Weber 2004:46]. Dieses positive Selbstkonzept ist eine wichtige Ressource für einen erfolgreichen Lernprozess. In diesem Zusammenhang spielt auch eine vertrauensvolle Lernatmosphäre eine große Rolle. Für die Einhaltung benötigter Regeln und die Schaffung der Rahmenbedingungen sorgt die Lehrperson [Delisle 1997; Dole et al. 2016]. Die Schülerinnen und Schüler dürfen keine Angst haben, Fragen zu stellen oder Ideen zu äußern. Andererseits muss die Lehrkraft das Vertrauen in die Schülerinnen und Schüler haben, dass sie ihre Aufgabe auch ohne direkte Instruktion schaffen. Diese Art der Lernatmosphäre verbessert auch das allgemeine Klassenklima [Dole et al. 2016].

Eine weitere Umstellung für Lehrerinnen und Lehrer stellt die teilweise neue Art der **Leistungsmessung** dar. Die summativen Beurteilungen des Fachwissens müssen durch formative Beurteilun-

gen des individuellen Lernfortschritts ergänzt werden [Beutler & Lange 2013; Edel 2006; Kolmos et al. 2008:67ff.; Lambros 2004:56-70; Reusser 2005; Weber 2004:137ff.]. Neben die inhaltliche Bewertung tritt also eine Prozesskomponente. Hier gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten, wie das Arbeitsjournal oder die Erstellung eines Portfolios. Auch Selbsteinschätzung und Fremdeinschätzung durch Gruppenmitglieder können in die Beurteilung integriert werden, wobei diese in Gesprächen oder mittels Fragebogen erhoben werden können [Lambros 2004:57]. Wichtig ist dabei, dass auch Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler beurteilt werden und dass die Kriterien von Beginn an transparent sind [Beutler & Lange 2013]. Daher bieten einige Autorinnen und Autoren viele hilfreiche Tipps für Lehrkräfte und eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Beurteilung von Selbstmanagement, Problemlösestrategien, Informationsbeschaffung und -verarbeitung, Aufbereitung von Daten sowie Präsentations- und Kommunikationskompetenz [Delisle 1997:37–47; Lambros 2004:57–70]. Dieser Aspekt fordert von den Lehrerinnen und Lehrern demnach neue Kompetenzen im Bereich der Diagnosefähigkeit und Leistungsrückmeldung.

Die neuen Aufgaben der Lehrperson liegen in der Begleitung, Förderung, Unterstützung und Beurteilung des Lernprozesses. **Doch wie können diese Aufgaben erfolgreich gestaltet werden?** Kolmos et al. [2008] betonen in diesem Zusammenhang, dass gelungene Maßnahmen nicht allgemeingültig sind, sondern von der Gruppe und der Persönlichkeit der Lehrperson abhängen (vgl. auch [Neufeld & Barrows 1974]). Daher sei es förderlich, wenn die Lehrperson über folgende **Qualifikationen** verfüge: ein umfangreiches Wissen zu unterschiedlichen Lehr- und Lernstrategien, Expertise bezüglich Problemlöse- und Gruppenprozesse sowie das Bewusstsein persönlicher Merkmale (wie individuelle Einstellungen, nonverbale Signale, ...) und kultureller Rahmenbedingungen [Kolmos et al. [2008:17-21]. Sie klassifizieren zwar verschiedene Rollen von Tutorinnen und Tutoren [ebd.:35-40] sowie Schwerpunkte im Unterstützungsprozess, kommen aber schlussendlich doch zu dem Ergebnis, dass eine effektive Lernbegleitung nur durch ein breites Repertoire an Maßnahmen und das Wissen um die zugrunde liegenden Zusammenhänge und Facetten gelingen kann:

There is no ideal role to suit facilitation as it will depend on the group and the course of the project. The competence of the facilitator is to master several types of facilitation and be able to choose the form that stimulates progression in the learning of the students. The difficult part is to decode students' needs and adjust the facilitation accordingly. [Kolmos et al. 2008:39]

Eder et al. [2011] bezeichnen den Lernprozess als erfolgreich, wenn eben dieser im Mittelpunkt steht und am Lernenden orientiert ist. So kann die Lernbegleiterin bzw. der Lernbegleiter den Lernprozess bewusst thematisieren und reflektieren. Außerdem wird die Effektivität gesteigert, wenn es dem Lernenden ermöglicht wird, selbst Fragen aufzuwerfen, Hypothesen zu bilden und Informationen zu interpretieren. Diesen Prozess kann die Lehrperson unterstützen, indem sie sich selbst zurücknimmt,

ihre Ideen und ihr Wissen in den Hintergrund stellt und die richtigen Fragen formuliert. Die Wissensvermittlung rückt aus dem Fokus und die Begleitung und Unterstützung der Lernenden auf ihren individuellen Wegen erhalten oberste Priorität. Um dies erfolgreich leisten zu können, muss die Lehrperson über geeignete Fragetechniken verfügen [Goh 2014]. Offene Anregungsfragen, die Schülerinnen und Schüler selbst aktiv werden lassen und keine Ergebnisse oder Folgeschritte vorgeben, spielen dabei eine besondere Rolle [Kolmos et al. 2008:17-21; Lambros 2004:113f.]. (Anregungen findet man auch bei [Barell 2010; Dubs 1999; Torp & Sage 1998:72].)

Neben den neuen Fähigkeiten ist vor allem auch die **neue Einstellung** und ein **neues Selbstbild** entscheidend, um die hierarchische Distanz zwischen Lehrenden und Lernenden zu überwinden [Allen et al. 2004; Ertmer & Simons 2006; Hung et al. 2008; Lambros 2004:55; Ribeiro 2011; Torp & Sage 1998:87, 2002:111]. Die Lehrkraft muss sich selbst zurücknehmen und bereit sein, aus den neuen Erfahrungen zu lernen. Gegebenenfalls ist auch der sogenannte Blick über den Tellerrand nötig, wenn man sich mit neuen Medien und Inhalten (etwa aus anderen Fachbereichen) vertraut machen muss. Die Angst davor drückt sich häufig in der geäußerten Befürchtung unangenehmer Situationen (wie zum Beispiel unerwartete Schülerfragen) aus.

Demnach ist der Wille, den Weg einer Veränderung zu gehen und den neuen Herausforderungen auf diesem Weg ohne Angst zu begegnen, eine unumgängliche Voraussetzung für den Einsatz von PBL im Unterricht [Dole et al. 2016]. Doch Lehrerinnen und Lehrer ändern ihr Lehrverhalten nicht einfach so. Sie müssen von der Veränderung überzeugt sein. Dies setzt eine intrinsische Motivation voraus, die beispielsweise entstehen kann, wenn man die Vorteile schon einmal in einer Fortbildung oder im Unterricht einer Kollegin oder eines Kollegen erlebt hat [ebd.]. Die Veränderung im Verhalten und der Interpretation der Lehrerrolle stellt damit – wie bereits betont – eine entscheidende Herausforderung beim Einsatz von PBL im Schulunterricht dar.

## 2.10 Weitere Herausforderungen von PBL im Unterricht

Die langsame Reduzierung traditioneller Unterrichtsanteile (vergleiche [Hage et al. 1985] und [Götz et al. 2005]) zeigt, dass der Wandel vom lehrerzentrierten zum schülerzentrierten Unterricht nur langsam erfolgt. Dies hängt neben der Veränderung der Lehrerrolle und den neuen Aufgaben auch mit weiteren Herausforderungen zusammen, die diese Umstellung mit sich bringt. Je nach Methode und Unterrichtsgestaltung machen sich verschiedene Aspekte unterschiedlich stark bemerkbar. In Bezug auf die Einführung von Problembasiertem Lernen findet man in der Literatur im Wesentlichen die folgenden Herausforderungen (nicht nur, aber vor allem in Bezug auf Schule):

- **Curriculare Rahmenbedingungen**

Jede Gruppe beschreitet einen individuellen Lernweg und die Schülerinnen und Schüler setzen ihre Lernziele selbst [Kolmos et al. 2008:23f.; Lambros 2004:4; Ribeiro 2011; Torp & Sage 1998:86, 2002:110]. Dies kann dazu führen, dass im Bildungsplan explizit geforderte Inhalte nicht (ausreichend) bearbeitet werden und die Überprüfung der gelernten Inhalte im Rahmen der ganzen Lerngruppe (etwa mittels Klassenarbeit) erschwert wird. Hmelo-Silver [2004] hinterfragt, inwiefern geeignete Probleme für punktuelle Themen in einzelnen Fächer gefunden werden können, wenn nicht das ganze Curriculum umgestellt und der Unterricht auf Grundlage von Problemen organisiert werden soll.

- **Voraussetzungen der Lerngruppe und Klassengröße**

Die sozialen, kulturellen und historischen Hintergründe sowie die individuellen Lebenserfahrungen der Schülerinnen und Schüler können eine Rolle spielen [Delisle 1997:58; Kolmos et al. 2008:61-64].

Je nach Klassengröße entsteht die Frage, wie eine einzelne Lehrperson mehrere Kleingruppen betreuen kann [Hmelo-Silver 2004]. Mögliche Organisationsformen, die sich dieser Herausforderung annehmen, findet man bei Allen, Duch, Groh, Watson und White [2004] sowie Duch [2001].

- **Gruppenprozesse und Probleme bei der Arbeit in Gruppen**

Es können die bei Gruppenarbeit bekannten Probleme auftreten (Probleme bei der Organisation, mangelnde Produktivität, Gruppenkonflikte, ...) [Ertmer & Simons 2006; Henry, Tawfik, Jonassen, Winholtz & Khanna 2012; Kolmos et al. 2008:25]. Es besteht die Gefahr, dass die schwachen Schülerinnen und Schüler überfordert und die starken vielleicht unterfordert sind. Dazu kommt, dass manchen Schülerinnen und Schülern Gruppenarbeit schwerer fällt als Einzelarbeit. Für das Gelingen von PBL sind die individuelle Motivation und die intellektuelle Reife der Lernenden mitentscheidend.

Auch der Wandel der Schülerrolle kann zu Problemen führen [Ertmer & Simons 2006; Hung et al. 2008; Weber 2004:26]. Zu nennen sind dabei Unsicherheit, Hilflosigkeit, Überforderung, bis hin zur Verweigerung. Diesen Problemen, die sich für Novizen ergeben können, muss von Anfang an gegengesteuert werden.

- **Schulische Rahmenbedingungen**

So müssen räumliche Strukturen geschaffen werden, die die Gruppen- und Problemlöseprozesse begünstigen (Gruppentische, Materialschränke, zusätzliche Tafeln oder Platz für Plakate) [Allen et al. 2004; Delisle 1997:96f.; Dole et al. 2016]. Außerdem werden Materialien und

Literatur benötigt.

Auch das fehlende Umfeld kann eine Herausforderung darstellen, wenn man als Einzelkämpfer die neue Methode gegenüber Kolleginnen und Kollegen sowie der Schulleitung rechtfertigen muss [Dole et al. 2016; Hung et al. 2008; Kolmos et al. 2008:23; Torp & Sage 1998:86, 2002:110].

- **Zeitproblematik**

Der Einsatz von PBL ist teilweise schwierig mit dem Stundenplan in Einklang zu bringen [Delisle 1997:98; Dole et al. 2016; Hmelo-Silver 2004; Kolmos et al 2008:33; Ribeiro 2011; Savery 2006; Torp & Sage 1998:86, 2002:110]. Die Diskussions- und Recherchephasen dauern häufig lange und so kann weniger Inhalt in der gleichen Zeit unterrichtet werden.

Der Zeitbedarf der Lehrperson verlagert sich aus dem Unterricht in die Vor- und Nachbereitung. So kann auch die Erstellung von Materialien und Problemstellungen – zunächst aufgrund der benötigten Zeit – als Herausforderung gesehen werden [Delisle 1997:98; Torp & Sage 1998:86, 2002:110].

- **Erstellung von Materialien und Problemstellungen**

Ausgangspunkt für den Einsatz von PBL im Schulunterricht ist eine geeignete Problemstellung, die alle Kriterien, die in Teilkapitel 2.4 (S. 76) genannt wurden, erfüllt. Während in der universitären Ausbildung die späteren Anforderungen des Berufs bekannt sind und sich PBL-Fälle daran orientieren können, wissen die Lehrkräfte in der Schule nicht, in welchem Zusammenhang das Wissen später angewendet werden soll [Torp & Sage 1998:29]. Daher spielt die Anknüpfung an die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler eine besondere Bedeutung, um einen persönlichen Bezug (Familie, Film etc.) herstellen zu können [Delisle 1997:22, 27; Torp & Sage 1998:55]. Es müssen geeignete Themen und Aufmacher gefunden werden, die für die Schülerinnen und Schüler authentisch und relevant sind [Allen et al. 2004; Delisle 1997:98; Hung et al. 2008; Torp & Sage 1998:86; 2002:110]. Dazu ist es meist hilfreich, wenn die Schülerinnen und Schüler in eine Rolle schlüpfen können, die sie eventuell schon aus der Erwachsenenwelt kennen [Lambros 2004:14f.; Torp & Sage 1998:54]. Rollen mit Verantwortung oder Entscheidungsgewalt sind dabei besonders motivierend. Die authentischen Problemstellungen müssen fachlich anspruchsvoll sein, ohne die Lernenden kognitiv zu überlasten [Müller 2008]. Sie sollten dem Expertisegrad der Lernenden entsprechen [Edel 2006; Hmelo-Silver 2004] oder müssen direkt durch organisatorische Unterstützungsmechanismen abgesichert werden [Delisle 1997:57, 103]. Diese Maßnahmen müssen vom Lernenden jedoch auch als Unterstützung erkannt und nicht als zusätzliche Arbeit interpretiert werden [Simons & Ertmer 2005].

Neben dem Paradigmenwechsel in der Rolle der Lehrperson ist die Entwicklung von Problemstellungen sicher die größte Aufgabe. Allerdings findet man diesbezüglich in der Literatur gute Hilfestellungen. Auch auf einige der anderen genannten Herausforderungen gibt es **erste Antworten**.

Ein erfolgreiches **System für größere Lerngruppen** beschreibt Cindy Hmelo-Silver [2004]. Dabei wandert die Lehrperson durch mehrere Kleingruppen und passt die Betreuungszeit an die Ansprüche der Einzelgruppe an. Ergänzend dazu visualisieren die Gruppen ihren Problemlösefortschritt auf großen Plakaten, so dass dieser jederzeit im Klassenzimmer einsehbar ist. Darüber hinaus nennt sie die Möglichkeit, Schülertutorinnen und -tutoren zu benennen, die durch Hinweis-Kärtchen zu den verschiedenen Problemlöse-Schritten zu Expertinnen bzw. Experten angeleitet werden. (Vergleiche dazu auch [Allen et al. 2004; Duch 2001].) Wenn die Schülerinnen und Schüler mehr Verantwortung in der Gruppe übernehmen sollen, ist es sinnvoll, die Gruppe auf diese Situation vorzubereiten und zum Beispiel Gruppenregeln sowie spezielle Aufgaben innerhalb der Gruppe im Vorfeld zu besprechen und einzuüben [Allen et al. 2004; Hung et al. 2008].

In **Bezug auf die Heterogenität** sei noch einmal auf die Studie von Zumbach et al. [2014] verwiesen und ebenso kommt Agnes Weber [2004:51] zu dem Ergebnis, dass die spezifischen Voraussetzungen der Lernenden als Ressource gesehen und somit fruchtbar genutzt werden können. Dabei bezieht sich „der konstruktive Umgang mit individuellen Begabungen“ auch auf den „Umgang mit Gender und mit kultureller Diversität“ [ebd.:50]. Durch die Verknüpfung von Einzel- und Gruppenarbeitsphasen kann jede und jeder Lernende am individuellen Lernstil orientiert, entsprechend seiner Begabung und in seinem Tempo arbeiten. Durch die Arbeitsteilung können Stärken der Einzelpersonen für die Gruppe optimal genutzt werden [Weber 2004:51]. Claude Müller [2008] weist in seinem Artikel auf die Probleme der Über-/ und Unterforderung hin. In diesem Zusammenhang sei noch einmal auf die Bedeutung der Problemkonstruktion hingewiesen. Müller [2008] nennt in seinem Beitrag auch organisatorische und instruktionelle Unterstützungsmaßnahmen und weist auf die Bedeutung von Lernumgebungen hin, die selbstbeherrschtes Ziellernen, Kompetenz- und Autonomieerleben sowie soziale Einbindung, Interesse und Flow fördern.

Einige Autorinnen und Autoren geben Hinweise wie speziell Schülerinnen und Schülern der Einstieg in problembasierte Lernumgebungen erleichtert werden kann [Ertmer & Simons 2006; Torp & Sage 1998:35]. Sie empfehlen die gemeinsame Entwicklung eines Vorgehens anhand der Untersuchung eines Beispielproblems und die anschließende Verallgemeinerung mit der Klasse. Alternativ schlagen sie die Verwendung eines Beispielfalls oder von Hinweisen vor. Auch können einzelne Arbeitsweisen (wie Zeitmanagement, Literaturrecherche etc.) im Vorfeld unabhängig geübt werden [Beutler & Lange 2013; Henry et al. 2012; Torp & Sage 1998:35]. Des Weiteren spielen **Hilfestellungen** während des PBL-Prozesses (wie Meilensteine, Protokollbögen etc.) eine besondere Bedeutung, wie auch schon in



den Umsetzungsbeispielen deutlich wurde [Delisle 1997:28-32; Henry et al. 2012; Torp & Sage 1998:38, 41].

Den eng miteinander verbundenen Herausforderungen der Problemgestaltung und der **Sicherung der curricularen Anforderungen** kann auf verschiedenen Weisen begegnet werden. Zur Absicherung der gelernten Inhalte findet man in der Literatur eine Vielzahl von Abwandlungen des klassischen PBL-Ablaufs nach *McMaster*, die den PBL-Prozess mit Vorlesungen kombinieren (z. B. [Allen et al. 2004], für das Medizinstudium vgl. auch Teilkapitel 2.1). Dies bietet für die Lehrperson die Möglichkeit, gezielt auch Grundlagenwissen erarbeiten zu lassen und kann gleichzeitig einen wertvollen Beitrag zum Problemlöseprozess leisten: „as students are grappling with a problem and confronted with the need for particular kinds of knowledge, a lecture at the right time may be beneficial“ [Hmelo-Silver 2004:260].

Der anspruchsvolle Aspekt der **Problemgestaltung** wird in vielen Publikationen aufgegriffen und teilweise in Schritt-für-Schritt-Anleitungen beantwortet [Barell 2010:190-194; Delisle 1997:18-25; Lambros 2004:42-54; Torp & Sage 1998:44-62, 2002:46-67]. Zunächst muss die Problemkonstruktion vom Vorwissen der Schülerinnen und Schüler sowie den erwarteten curricularen Vorgaben ausgehen [Torp & Sage 1998:46, 2002:48]. Allerdings ist die Entwicklung sehr zeitaufwändig, weshalb diese Aufgabe den Lehrerinnen und Lehrern eventuell abgenommen werden kann. So entwickelten Brovelli und Wilhelm [2009] PBL-Fälle für den Unterricht, die zunächst in der Lehreraus- und -fortbildung eingesetzt wurden. Dieser Ansatz erfüllt gleichzeitig ein zweites Ziel, das bereits in Teilkapitel 1.8 angesprochen wurde. So trägt der Einsatz von PBL in Lehrkräftefortbildungen entscheidend zum Vermitteln von PBL an die Lehrkräfte bei, so dass die Methode und der Fall anschließend erfolgreich in den eigenen Unterricht integriert werden können [Sage & Torp 1997].

In diesem Feld kann auch der *Design-based Research*-Ansatz, der im nächsten Kapitel vorgestellt wird, eine mögliche Lösung zur Entwicklung erfolgreicher PBL-Materialien darstellen. Ein **Beispiel** für ein **preisgekröntes Projekt** liefern Liu, Williams und Pedersen [2002] mit ihrer Technologie-basierten PBL-Lernumgebung für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Mittelstufe (siehe auch [Liu et al. 2014]). Sie zeigten in verschiedenen Studien, dass der PBL-Fall die Motivation, die naturwissenschaftliche Leistung und das Selbstbewusstsein gegenüber naturwissenschaftlichem Lernen steigert, die Einstellung gegenüber Naturwissenschaften aber unverändert bleibt [Liu, Hsieh, Cho & Schallert 2006; Liu, Horton, Olmanson & Toprac 2011]. Diese Ergebnisse findet man auch in der wenigen Literatur zur Wirksamkeit von PBL im Schulunterricht. Den erfolgreichen Einsatz im Unterricht begründen sie mit der inhaltlichen Orientierung am Curriculum, der Passung zu den pädagogischen Einstellungen der Lehrerinnen und Lehrer, der Förderung von tieferem Verständnis und Problemlösekompetenz bei den Schülerinnen und Schülern, der Bedienung der Bedürfnisse aller Lernenden,

der Bereitstellung von Materialien und der Unterstützung der Lehrkräfte [Liu, Wivagg, Geurtz, Lee & Chang 2012]. Die fertigen Problemstellungen sollen in einem weiteren Schritt mittels Lehrkräftefortbildungen verbreitet werden.

Obwohl der Einsatz von PBL zu Beginn einige Herausforderungen mit sich bringt, kann er auch als **Chance** betrachtet werden. Einerseits natürlich in Bezug auf die erwarteten positiven Auswirkungen auf den Lernprozess und den Kompetenzgewinn der Schülerinnen und Schüler. Andererseits aber auch als Antwort auf die neuen Anforderungen an Lehrerinnen und Lehrer, die sich aus den PISA-Ergebnissen von 2000 und dem Bologna-Prozess ergeben. Agnes Weber [2004:1079] nennt in diesem Zusammenhang „Qualitätsentwicklung mit Selbst- und Fremdevaluation und Feedbackkultur; [...] nachweisbare[n] Kompetenzerwerb bei den Lernenden [...]; konstruktive[n] Umgang mit Heterogenität, Multikulturalität, Gender; Binnendifferenzierung, individuelle (Begabungs-)Förderung etc.“ Wie oben bereits beschrieben, kann PBL in der Lage sein, die genannten Herausforderungen zu überwinden und der Lehrperson ein Feld zu öffnen, in dem sie auch durch das Vorbildsein Kompetenzen vermitteln kann. So kommen Linda Torp und Sara Sage zu einem Fazit, das auch die Autorin teilt: „We believe PBL is a powerful technique that all teachers should have in their repertoire for the 21st century.“ [Torp & Sage 1998:88, 2002:113]





## **Teil II**

# **Unterrichtskonzept und Forschungsdesign**



„Es gibt sehr viel guten Willen und Bereitschaft, dem Problem ehrlich ins Auge zu sehen und wirklich etwas zu erreichen. Ließe sich dieses Maß ernst gemeinten guten Willens in organisierte, wirkungsvolle Aktionen umsetzen [...]“

[Kurt Lewin, dt.-amer. Sozialpsychologe]

### 3. Aktionsforschung und Design-based Research

Neue Bildungspläne und damit auch neue Anforderungen an den Unterricht erfordern ebenfalls Veränderungen in der Schule. „Allerdings ist die Kluft zwischen theoretischem Wissen und der Schulpraxis [...] groß.“ [Labudde & Möller 2012] Außerdem benötigen diese Veränderungen aufgrund der Schwerfälligkeit des Bildungssystems und der psychologischen Widerstände der Lehrkräfte meist eine lange Zeit. Aus diesem Grund hat sich Ende des letzten Jahrhunderts im Bereich der Wissenschaft ein neuer Forschungszweig herausgebildet, der die Kooperation zwischen Wissenschaft und Praxis mit zwei Zielen betont [Bereiter 2002]. Einerseits, um Ideen aus der Praxis zu evaluieren und diese der breiten Masse zugänglich zu machen, und andererseits, um Forschung mit dem Ziel der praktischen Innovation durchzuführen: *Design-based Research*. Dieser Ansatz weist gewisse Ähnlichkeiten mit den Ideen und Prozessen der Aktionsforschung auf. Deshalb soll im Folgenden zunächst die Aktionsforschung und ihre Geschichte vorgestellt werden, bevor im Anschluss *Design-based Research* näher erläutert wird.

#### 3.1 Entwicklung und Merkmale der Aktionsforschung

Die **Ursprünge** der Aktionsforschung gehen auf die Arbeiten von John Collier [1945] zurück, der sich als Beauftragter der amerikanischen Regierung für Indianerfragen in enger Zusammenarbeit mit den Indianerstämmen für eine Verbesserung der Rassenbeziehungen einsetzte [Altrichter & Posch 2007:318; French & Bell 1973:118f.]. Als Begründer der Aktionsforschung wird jedoch Kurt Lewin bezeichnet, der 1946 erstmals diesen Forschungsansatz präsentierte [ebd.; Unger 2014:13]. Er beschreibt einen Ansatz zum Umgang mit Minderheitenproblemen, wobei er Anstöße zur Revolutionie-

rung der Sozialforschung gibt und deutlich die allgemeinen Ideen seiner Vorgehensweise herausstellt. Er beschreibt seinen Ansatz als „eine Art Aktionsforschung, eine vergleichende Erforschung der Bedingungen und Wirkungen verschiedener Formen des sozialen Handelns und eine Forschung, die zu sozialem Handeln führt“ [Lewin 1946:35, Übersetzung Lück & Sewz 2009:474]. Das Ziel seiner Forschungsaktivität ist demnach, Probleme der Praxis zu lösen und die Praktikerinnen und Praktiker in ihrer Arbeit zu unterstützen. Das nötige Vorgehen beschreibt er spiralförmig, wobei auf eine Idee folgend für jeden Handlungsschritt jeweils ein Kreis von „Planung, Handlung und Faktenprüfung“ [ebd.:38 bzw. 477] durchlaufen wird (s. Abb. 10). Somit wird jeder Schritt im Prozess sorgfältig geplant, aber nach der Durchführung auch reflektiert, bevor der nächste Schritt angegangen wird. Dies kann jederzeit zu einer Veränderung des ursprünglichen Gesamtplanes führen.

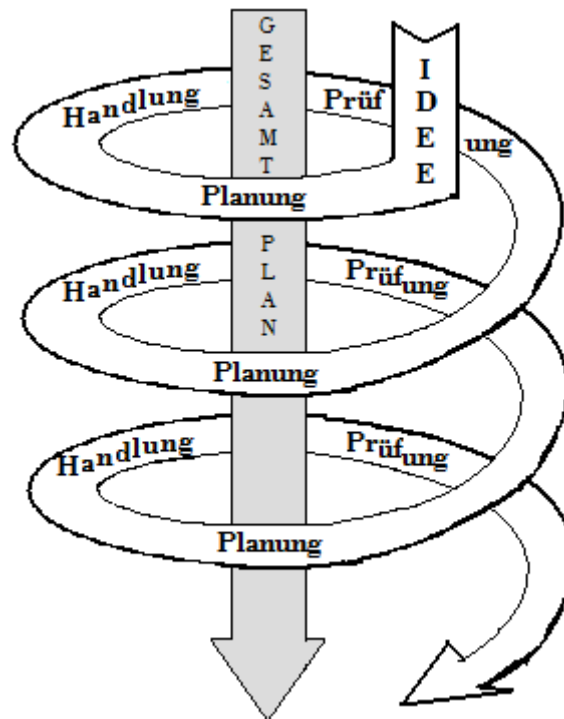


Abb. 10: Spirale der Aktionsforschung nach Lewin (eigene Darstellung)

Die Aktionsforschung zeichnet sich durch die folgenden drei **Merkmale** aus [Bortz & Döring 1995:318; French & Bell 1973:110ff.; Mayring 2002:51]:

- Aktive und gleichberechtigte Zusammenarbeit zwischen Forschenden und Praktikern;
- Praxisbezogene Forschungsthemen, welche die Lösung sozialer Probleme verfolgen;
- im Forschungsprozess werden praxisverändernde Ergebnisse sofort umgesetzt.

Aus den Praxisproblemen als Ausgangspunkt der Aktionsforschung anstelle von wissenschaftlichen Erkenntniszielen ergibt sich nach Klüver und Krüger [1972] ergänzend das Ziel, in gesellschaftliche Zusammenhänge einzugreifen und diese nicht nur theoretisch zu durchleuchten. Weiter betonen sie, dass dazu jederzeit eine Betrachtung des Gesamtkontextes nötig sei und nicht punktuelle Daten oder einzelne Variablen betrachtet und untersucht werden könnten. Außerdem nähmen die Forschenden



in dieser Zeit am sozialen Prozess der Gruppe teil und die Arbeit fände mit einer bestehenden sozialen Gruppe über einen längeren Zeitraum statt.

In **Deutschland** erlebte die Aktionsforschung in den 70er Jahren einen Aufschwung im Bereich der Sozial- und Politikwissenschaften [Altrichter & Gsettner 1993]. Sie wurde bezüglich der Methoden besonders als Kontrast zur traditionell-empirischen Forschung der Sozialwissenschaften betrachtet, sollte aber auch die Umsetzung reformerischer Ambitionen in den Bereichen Wirtschaft, Politik und Forschung ermöglichen. Diese beiden Aspekte führten dazu, dass zunehmend Kritik an dieser Art der Forschung laut wurde, so dass die Aktionsforschung in Deutschland – zumindest dem Namen nach – in den folgenden Jahrzehnten verschwand. Altrichter und Gsettner [1993] bescheinigen ihr jedoch, deutliche Spuren in der Forschungsmentalität und -methodik der Sozialwissenschaften hinterlassen zu haben. Eine genauere Darlegung der Gründe findet man auch bei Spöhring [1989]. Anders verlief die Entwicklung im Bereich der Erziehungswissenschaften [Altrichter & Gsettner 1993; Moser 1995] sowie in der beruflichen Fort- und Weiterbildung [Dehnbostel 2005] und der wissenschaftlichen Begleitung von Modellversuchen [Schemme 2006], wo der Begriff auch heute noch verwendet wird. Dabei ist anzumerken, dass im englischsprachigen Raum der Originalbegriff *Action Research* nie so kritisch diskutiert wurde wie in Deutschland und demnach bis heute durchgängig auch im Bereich der Sozialforschung Verwendung findet [Unger 2014:17].

Das Überleben des **Aktionsforschungsbegriffs im Bildungsbereich** kann mit der bildungspolitischen Entwicklung im England der 60er Jahre und der Kritik an top-down-Curriculumsreformen begründet werden [Altrichter & Posch 2007:319; Elliott 1990]. Bis zu dieser Zeit wurden Unterrichtskonzepte und -materialien von Forschenden entwickelt und erprobt und im Anschluss an die Lehrpersonen zur Umsetzung weitergegeben [Altrichter & Posch 2007:319]. Dieses Vorgehen führte jedoch selten zum Erfolg. Lawrence Stenhouse [1975] erklärte diese Beobachtung mit einer pragmatischen Skepsis von Seiten der Lehrkräfte. Er forderte, diese konstruktiv zu nutzen und die „Lehrer als Forscher“ [ebd.:142ff.] in den Entwicklungsprozess von Unterrichtsmaterialien und Curricula einzubeziehen. Für Stenhouse besteht ihre professionelle Qualifikation und damit die Rechtfertigung ihrer Beteiligung am Entwicklungsprozess in „der Kapazität für autonome berufliche Weiterbildung durch systematisches Studium der eigenen Arbeit, das Studium der Arbeit anderer LehrerInnen und durch die Überprüfung pädagogischer Ideen durch Forschung im Klassenzimmer“ [Stenhouse 1975:144, zitiert nach Altrichter & Posch 2007:321]. So wurden die Lehrkräfte mit der Zeit vermehrt in den Forschungsbereich einbezogen.

In Deutschland haben sich eine Vielzahl von Begriffen und **Variationen** mit unterschiedlichen Ziel- und Schwerpunktsetzungen ausgebildet [Noffke 1994]. So wird gleichbedeutend mit dem Begriff Aktionsforschung beispielsweise auch Handlungsforschung oder Tatforschung verwendet [Unger

2014:14]. In diesem Zusammenhang ist auch die **Partizipative (Aktions-)Forschung** zu nennen, die den Fokus auf das Mitspracherecht aller am Prozess beteiligten Gruppen (die Forscher, die Beforschten, Für-die-geforscht-wird, Die-von-der-Forschung-profitieren) legt [Wadsworth 1998]. Das kann im Bildungsbereich auch eine Beteiligung der Schülerinnen und Schüler bedeuten. (Im Gegensatz dazu liegt der Schwerpunkt der ursprünglichen Aktionsforschung nur auf der Veränderung der Situation/Praxis.) Bei beiden Ansätzen kann die Initiative zur Forschung von Seiten der Praktikerinnen und Praktiker erfolgen und sich an konkreten Problemen orientieren [Altrichter & Posch 2007:13; Elliott 1990] oder in einem gesellschaftlichen Bedürfnis oder einer unbefriedigenden Situation [Klüver & Krüger 1972; McTaggart 1994; Wadsworth 1998] begründet sein. In beiden Fällen wird eine Veränderung der Praxis angestrebt, entweder durch einen Eingriff in gesellschaftliche Zusammenhänge oder durch die Weiterentwicklung der individuellen beruflichen Praxis.

Eine spezielle Form stellen Eilks und Ralle [2002] mit ihrer sogenannten **partizipativen fachdidaktischen Aktionsforschung (PFA)** vor. Sie betonen in Anlehnung an Whyte, Greenwood und Lazes [1989], dass die Forschungsfrage von Seiten der Wissenschaftler formuliert wird und verfolgt damit gleich zwei Ziele. Neben der Entwicklung von Curricula und der Evaluation und Verbreitung von Unterrichtskonzepten und -materialien, sollen gleichzeitig allgemein übertragbare Erkenntnisse über das Handeln in komplexen sozialen Feldern erzeugt werden. Genau genommen kann diese Variante auch als deutscher Beitrag zum *Design-based Research* betrachtet werden, der im nächsten Teilkapitel genauer vorgestellt wird.

Heinz Moser [1995] sieht die Aktionsforschung heute als Teilbereich der breiter angelegten **Praxisforschung**. Er beschreibt sie als Forschung, „bei der Wissenschaftler/innen und Praktiker/innen kooperativ zusammenarbeiten, um Forschungsergebnisse zu erzielen, die in Form von Verbesserungen und Weiterentwicklungen der Praxis direkt umsetzbar sind“ [Moser 1995, zitiert nach Unger 2014:24]. Im Gegensatz zu Aktionsforschenden der 70er Jahre plädiert Moser allerdings für eine „analytische Distanz“ [Moser 1995:91] der Forschenden und eine Besinnung auf deren Stärken, die im Bereich der Wissenschaft und nicht im Bereich der Praxis lägen.

Auch im englischsprachigen Raum hat sich der *Action Research*-Ansatz vielfältig weiterentwickelt. Einen Überblick und eine Auswahl von Klassifizierungen gibt beispielsweise Hella von Unger [2014:17-19].

## 3.2 Design-Based Research

*Design-based Research (DBR)* ist ein Überbegriff für eine Reihe von Forschungsansätzen, die sich seit den 90er Jahren im Bildungsbereich entwickelt haben und sich über das Ziel definieren, nachhaltige Innovationen im Bildungsbereich erreichen zu wollen [Reinmann 2005]. *DBR* wird also im Wesentlichen über die Zielsetzung, aber auch über das grundsätzliche Vorgehen definiert. Ein Beispiel für eine mögliche **Definition** liefern Feng Wang und Michael Hannafin:

[...] we define *design-based research* as a systematic but flexible methodology aimed to improve educational practices through iterative analysis, design, development, and implementation, based on collaboration among researchers and practitioners in real-world settings, and leading to contextually-sensitive design principles and theories.  
[Wang & Hannafin 2005:6f., Hervorh. i. O.]

Als **Ziele** werden in der Definition eine Veränderung der Praxis und die Gewinnung theoretischer und prozessbezogener Erkenntnisse genannt. Im Bereich der prozessbezogenen Ziele differenziert Edelson [2002] Erkenntnisse über den Gestaltungsprozess, die Rahmenbedingungen und das Problem bzw. seine Lösung. Bei den hervorgebrachten Theorien soll es sich einerseits um solche handeln, die für Praktikerinnen und Praktiker relevante Folgerungen ermöglichen [DBRC 2003; Reinmann 2005], andererseits können auch grundlegende Einsichten zum Lehren und Lernen entstehen [Edelson 2002; Reinmann 2005]. Ergänzend kann die nachhaltige Innovation als Ziel im praktischen Bereich genannt werden, was von den Forschenden eine besondere Motivation und Visionsgeist verlangt [Bereiter 2002, Reinmann 2005]. Bereiter [2002] bemerkt darüber hinaus, dass sich Ziele – egal ob praktischer oder theoretischer Natur – auch noch während des Prozesses ergeben können. Das Entscheidende ist jedoch, dass praktische und theoretische Ziele jederzeit eng miteinander verflochten sind [DBRC 2003; Wang & Hannafin 2005]. Daraus ergeben sich im Bildungsbereich vier Anwendungsbereiche: Gestaltung und Erprobung neuer Lehr- und Lernumgebungen, Erhöhung der Innovationskraft, Entwicklung kontext-basierter Lehr-Lern-Theorien und das Herausstellen von Gestaltungsprinzipien [DBRC 2003].

Bezüglich des **Vorgehens** sollte als erstes genannt werden, dass ein besonderer Schwerpunkt auf dem Design [Bereiter 2002; Reinmann 2005], das heißt beispielsweise der Entwicklung neuer Lernarrangements liegt. Dies ist schon im Namen des Ansatzes sichtbar. Darüber hinaus werden in der Literatur verschiedene Merkmale genannt, die je nach Autor auch in ihrer Anzahl variieren. Diese werden im Folgenden zusammengefasst dargestellt. Nach der Definition von Wang und Hannafin [2005] eignen sich zur Beschreibung folgende Adjektive: systematisch, flexibel, iterativ, kooperativ und kontextbezogen. Systematisch und iterativ ist das Vorgehen, da es sich ähnlich wie bei Lewin (s. Abb. 10, S. 112) an einem Zyklus von Gestaltung, Umsetzung und Durchführung sowie Überprüfung und Überarbeitung orientiert, der immer wieder durchlaufen wird (s. Abb. 11, nächste Seite)

[DBRC 2003; Edelson 2002; Reinmann 2005]. Dadurch erfolgt nach jedem Schritt eine Reflexion, die jederzeit Veränderungen ermöglicht, wodurch der Prozess flexibel wird [DBRC 2003]. Ein weiteres Merkmal der Arbeit mit *DBR* ist die enge Kooperation zwischen Wissenschaftlern und Praktikern beiderlei Geschlechts [Bereiter 2002; DBRC 2003; Reinmann 2005], wobei der Impuls einseitig von Seiten der Forschenden ausgeht [Wang & Hannafin 2005]. Im Verlauf der Forschung kommt der Dokumentation eine zentrale Rolle zu, da von einem engen Zusammenhang zwischen Maßnahme und Kontext ausgegangen wird. Um Wirkungen zu analysieren, muss die Datenanalyse begleitend und reflektierend erfolgen und jederzeit der Kontext berücksichtigt werden. Nur so kann am Ende eine für die Theorie angestrebte Generalisierung der Ergebnisse resultieren [Edelson 2002; DBRC 2003; Wang & Hannafin 2005]. Die Methoden, die im Forschungsprozess verwendet werden, müssen nach Wang und Hannafin [2005] zielgerichtet ausgewählt werden, können aber vielseitig sein und sich anderen Disziplinen bedienen (siehe auch [Reinmann 2005]).

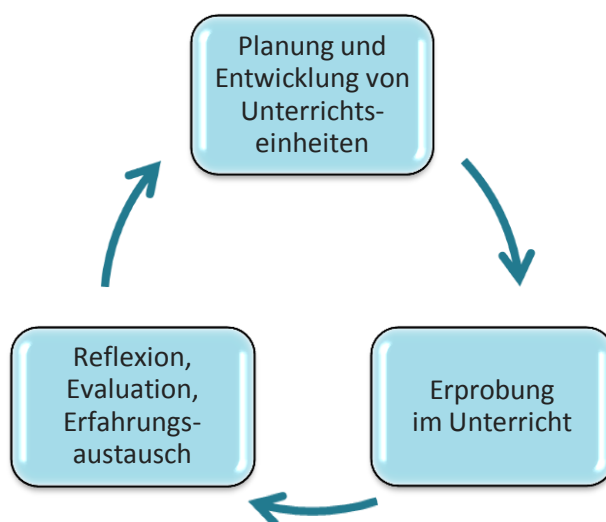


Abb. 11: Kreisprozess des Design-based Research für die Entwicklung von Unterrichtsmaterialien (eigene Darstellung)

An dieser Stelle sollen noch einmal die **Gemeinsamkeiten und Unterschiede** zwischen Aktionsforschung und *Design-based Research* zusammengefasst werden. Beide Forschungsansätze bauen auf die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftlern und Praktikern beiderlei Geschlechts und bedienen sich eines iterativen und dadurch reflektierten Ablaufes, bei dem Methoden aus verschiedenen Bereichen der Forschung eingesetzt werden können. Ein Unterschied kann in den meisten Fällen in der Initiierung des Forschungsprozesses ausgemacht werden. Während die Aktionsforschung von Problemen der Praktikerinnen und Praktiker oder unerwünschten Situationen in der Praxis ausgeht (eine Ausnahme bildet der PFA-Ansatz nach Eilks und Ralle [2002], vgl. Teilkapitel 3.1), erfolgt *Design-based Research* auf Anstoß der Forschenden [Wang & Hannafin 2005]. Ein weiterer feiner Unterschied kann darüber hinaus in der Zielsetzung ausgemacht werden. Während die Aktionsforschung primär auf die Veränderung der Praxis abzielt [Noffke 1994] (durch einen konkreten Handlungsansatz

oder anwendbare Theorien), verfolgt *Design-based Research* jederzeit auch die Entwicklung generalisierbarer wissenschaftlicher Theorien [Edelson 2002]. Somit kann durch *DBR* die „häufig beklagte Trennung zwischen empirisch arbeitenden Lehr-Lernforschern und inhaltlich arbeitenden Entwicklern“ [Labudde & Möller 2012] überwunden werden. Insgesamt haben beide Ansätze ihren berechtigten Platz im fachdidaktischen, erziehungswissenschaftlichen und bildungspolitischen Forschungsbereich.

Terry Anderson und Julie Shattuck [2012] untersuchten die **Verbreitung** von *Design-based Research* und blickten dazu auf die Veröffentlichungen zu *DBR* im ersten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts zurück. Sie analysierten jeweils die fünf am häufigsten zitierten Artikel eines jeden Jahres und stellten fest, dass bis etwa 2006 überwiegend theoretische Diskussionen zu *DBR* geführt und in den folgenden fünf Jahren dann vor allem praktische Beispiele vorgestellt wurden. Diese stammten überwiegend aus dem Bereich der Naturwissenschaften und bezogen sich auf Projekte in Mittelstufenklassen. In diesem Zeitraum verbreitete sich *DBR* langsam auch außerhalb der USA. So waren 73% der beleuchteten Artikel aus den USA, wobei der Anteil der Artikel in den Jahren 2008 bis 2011 nur noch 50% betrug. In der Auswahl befand sich ein Artikel, dessen Autorin aus Deutschland war.

Die beschriebenen Tendenzen können aktuell auch in **Deutschland** beobachtet werden. So findet man in Deutschland heute Beispiele für *DBR*-Projekte aus dem Bereich der naturwissenschaftlichen Fachdidaktik (beispielsweise im Fach Biologie [Klees & Tillmann 2015], ein Projekt für den naturwissenschaftlichen Unterricht [Knogler & Lewalter 2014] oder im Fach Physik [Wilhelm, Tobias, Waltner, Hopf & Wiesner 2012]). Die zunehmende Bedeutung von *DBR* zeigt sich auch in der Tatsache, dass an einigen Universitäten spezielle Arbeitsgruppen gebildet und Workshops abgehalten werden. So gibt es an der Humboldt-Universität zu Berlin seit 2013 eine Arbeitsgruppe *DBR*, welche die Studierenden an die Forschungsmethode heranführt und sie in ihrer Arbeit in diesem Bereich betreut [HU Berlin 2012, 2013, 2015]. Auch an der Universität Bremen wird seit 2014 ein Projekt zur Implementierung von *DBR* in der Didaktik romanischer Sprachen umgesetzt [Grünewald & Bäker 2014]. Hier erlernen die Studierenden bereits in der Studieneingangsphase die theoretischen Grundlagen, können eigene Ideen während des Studiums weiterentwickeln und im Idealfall in einer forschungsbasierten Abschlussarbeit umsetzen [Grünewald & Bäker 2015]. Gleichzeitig finden hier regelmäßig Workshops für Studierende statt [Bremen 2015], die auch in Kooperation mit der Hochschule für Musik, Theater und Medien Hannover stattfinden [HMTM 2015].

Im deutschsprachigen Raum wird häufig auch der Begriff der **Entwicklungsforschung** verwendet. Seit 2010 gibt es an der Technischen Universität Dortmund das Forschungs- und Nachwuchskolleg Fachdidaktische Entwicklungsforschung zu diagnosegeleiteten Lehr-Lernprozessen (FUNKEN), das die

Stärkung der unterrichtsnahen fachdidaktischen Forschung verfolgt [FUNKEN 2016]. Die fachdidaktische Entwicklungsforschung nach dem Dortmunder Modell ist gegenstands- und prozessorientiert und ist in einem vierstufigen Zyklus gestaltet. Der iterative Ablauf Lerngegenstände strukturieren – Design (weiter)entwickeln – Design-Experiment erproben – lokale Theorie (weiter-)entwickeln führt zu Entwicklungsprodukten in Form von Lehr-Lernarrangements und Design-Prinzipien sowie gleichzeitig zu lokalen Theorien, die als Forschungsprodukt eingestuft werden können [Prediger et al. 2012]. Die fachdidaktische Entwicklungsforschung verfolgt damit die gleichen Ziele wie DBR und ist ebenfalls durch den iterativen Prozess gekennzeichnet, so dass die Entwicklungsforschung im fachdidaktischen Bereich als Form des *Design-based Researchs* eingestuft werden kann. (Vergleiche dazu auch die sogenannte partizipative fachdidaktische Aktionsforschung (PFA) nach Eilks und Ralle [2002], die inhaltlich eine Form des *DBR* darstellt, auch wenn der Name etwas irreführend ist.)

Der Arbeitskreis *didaktik-aktuell* der Universität und Pädagogischen Hochschule Heidelberg unter Leitung von Nicole Marmé verfolgt ebenfalls die beiden genannten Ziele. So sollen einerseits praktikable Unterrichtsarrangements entwickelt und andererseits deren Wirksamkeit erforscht werden. Das gleichzeitige Streben nach Entwicklungs- und Forschungsprodukten führte zum Einsatz der Methode des *Design-based Researchs* beim Versuch, Problembasiertes Lernen in den Schulunterricht zu integrieren. Schrittweise Modifikationen führten zu einem Unterrichtskonzept, das den Namen *Lucycity* trägt und im folgenden Kapitel ausführlich vorgestellt wird.

„Erstes und letztes Ziel unserer Didaktik soll es sein, die Unterrichtsweise aufzuspüren und zu erkunden, bei welcher die Lehrer weniger zu lehren brauchen, die Schüler dennoch mehr lernen.“

[Johann A. Comenius, tschech. Pädagoge]

## 4. Modifikation von PBL für den Schulunterricht

Nach Jank und Meyer [1994] werden in einem Unterrichtskonzept, auf Grundlage eines bestimmten Welt- und Menschenbildes, Merkmale von Unterricht benannt. Nach dieser Definition kann auch *Lucycity* als eigenständiges Unterrichtskonzept bezeichnet werden. Dieses entstand aus der Idee, Problembasiertes Lernen (PBL) nach *McMaster* in den naturwissenschaftlichen Unterricht zu integrieren. Da es beim Einsatz des ursprünglichen PBL im Unterricht anfänglich Probleme gab, wurden – über mehrere *Design-based-Research*-Zyklen (s. Kap. 3) – Veränderungen in der Organisationsstruktur vorgenommen. So wurden beispielsweise die Gruppen wie Abteilungen in einer Firma strukturiert und der PBL-Prozess durch unterstützende inhaltliche Seminare ergänzt. Die Schülerinnen und Schüler arbeiten kooperativ an authentischen Problemstellungen und vor allem die praktischen Unterrichtsanteile werden von ihnen individuell geplant und gestaltet.

Im Folgenden sollen der Entwicklungsprozess und das fertige Konzept vorgestellt werden, dessen Entstehung die Autorin als Mitglied des Arbeitskreises *didaktik-aktuell* nahezu von Beginn an begleitet hat (Teilkapitel 4.1). Bei der Beschreibung liegt der Fokus auf den neuen Elementen des Unterrichtskonzepts. Sie sollen die aufgezeigten Ansprüche an naturwissenschaftlichen Unterricht bedienen und den Herausforderungen beim Einsatz von PBL in der Schule begegnen (Teilkapitel 4.2-4.3). Eine erste Evaluation dieser Maßnahmen erfolgt im Rahmen dieser Arbeit. Es schließen sich Ausführungen zu ausgewählten *Lucycity*-Unterrichtseinheiten (Teilkapitel 4.4-4.6) an, die im Zusammenhang mit den Evaluationen stehen. Während das Projekt *Windhösel-Kraftwerke* im Rahmen des Promotionsvorhabens entscheidend weiterentwickelt und mitgestaltet wurde, wurde *Lucy's Diner* für den Einsatz im Unterricht angepasst. Das Projekt *Marmétics* wurde in einer Lehrkräftefortbildung eingesetzt, die ebenfalls evaluiert wurde. Die Projekte werden inhaltlich beschrieben, ihre Ziele sowie Anknüpfungspunkte an die Bildungspläne dargelegt und Bewertungsmöglichkeiten aufgezeigt.

## 4.1 Das Unterrichtskonzept *Lucycity* und seine Entstehung

Ausgangspunkt war die Idee, Problembasiertes Lernen nach *McMaster* in den Schulunterricht zu integrieren. Dazu wurden im Arbeitskreis *didaktik-aktuell* **PBL-Fälle für den Chemieunterricht** der Oberstufe entwickelt, welche von Lehramtsstudentinnen und -studenten erprobt und im Rahmen von Staatsexamensarbeiten evaluiert wurden. In diesen ersten Unterrichtsversuchen übernahmen die externen Studierenden jeweils die Aufgabe der Tutorin bzw. des Tutors für eine Gruppe, während der andere Teil der Klasse überwiegend parallel von den betreuenden Lehrkräften unterrichtet wurde.

Exemplarisch soll hier ein Kriminalfall zu den Themengebieten Kunststoffe und Analytik genannt werden [Illert 2007; Knemeyer et al. 2008]. In der ersten Unterrichtsstunde wurden den Schülerinnen und Schülern die Methode des Problembasierten Lernens vorgestellt und die *Seven Steps*, mit kleinen Beschreibungen versehen, sowohl als Plakat im Klassenzimmer aufgehängt wie auch als Handout

**Die Seven Steps des PBL**

1. Informationsaufnahme, Klärung grundsätzlicher Verständnisfragen
2. Definition des Problems oder von Teilproblemen
3. Brainstorming, Sammlung von Ideen und Lösungsansätzen  
*Alle äußern ihre spontanen Ideen und Gedanken. Wichtig hierbei ist, dass die Gedanken frei geäußert werden können und von den anderen zunächst unkommentiert aufgeschrieben werden. Diskutiert wird später!*
4. Systematische Ordnung der Ideen und Lösungsansätze  
*Diskussion, Prüfung und Ordnung der gesammelten Hypothesen. Hier gilt aber auch, sich von manchen Ideen des Brainstormings zu trennen.*
5. Formulierung der Lernziele  
*Auftauchende Wissenslücken und problematische Punkte in der Diskussionsphase werden gesammelt und eng gefasste Lernziele formuliert. Es sollen möglichst spezielle Fragen formuliert werden.*

**„Blitz“-Feedback am Ende der Stunde**

- Einschätzung der abgelaufenen Sitzung durch alle Teilnehmenden
- Jeder erhält kurz das Wort und sagt, wie er die Sitzung empfunden hat
- Tutor/in spricht am Schluss

*Ohne Feedback aller Teilnehmenden kann man sich nicht weiterentwickeln!*

---

6. Erarbeitung der Lerninhalte  
*Quellensuche, Beantwortung der Lernziele*

---

7. Synthese und Diskussion der zusammengetragenen Lerninhalte  
*Zunächst Wiederholung der Problemdefinition. Anschließend wird das Gefundene und Erarbeitete besprochen. Die zuvor verteilten Themen sollen kurz präsentiert werden. Ziel ist eine erneute kompetente Diskussion über die Themen, die beim ersten Treffen mangels Wissen nicht ausreichend besprochen wurden. Kopien von Handouts sollten vorbereitet werden.*

Abb. 12: Die sieben Schritte des Problemlöseprozesses – Plakat und Handout für Schülerinnen und Schüler [Illert 2007]



verteilt (siehe Abb. 12). Dieser erste Unterrichtsversuch konnte zeigen, dass die Lernenden PBL im Schulunterricht positiv bewerten und Interesse für naturwissenschaftliche Themen entwickeln. Durch die begleitenden Videoaufnahmen konnten allerdings auch Schwierigkeiten bei der Einhaltung der Seven Steps und in der Gruppendynamik sowie fehlende Basiskompetenzen (wie etwa Informationsbeschaffung und -aufbereitung) bei den teilnehmenden Schülerinnen und Schülern der Oberstufe aufgezeigt werden.

Im Folgenden wurden die Projekte und die Umsetzung von PBL im Schulunterricht mittels *Design-based Research* weiterentwickelt. So wurden kontinuierlich **Anpassungen** an die Rahmenbedingungen in der Schule vorgenommen, die Neuerungen getestet und die Veränderungen reflektiert. Um eine ganze Klasse im PBL-Unterricht betreuen zu können, wurden von der betreuenden Lehrkraft Schülerinnen und Schüler benannt, die in der Lage waren, eine Gruppe zu führen. Diese wurden in leitende Positionen befördert und durften ihre Gruppenmitglieder selbst wählen, womit zusätzlich sozial verträgliche Gruppenkonstellationen geschaffen werden konnten. Die zugrunde liegenden PBL-Fälle wurden zunehmend in Form von Auftragschreiben verschiedener Firmen gestaltet, sodass die Authentizität der Lernumgebung und die Motivation der Lernenden erhöht werden konnte. Die Abteilungen (Gruppen), die zueinander im Wettbewerb standen, erhielten beispielsweise die Aufgabe, eine Creme [Marmé 2009] oder einen Gummiball [Neufeld 2009] zu entwickeln. Ergänzend wurden die Schülerinnen und Schüler in sogenannten Mitarbeiterschulungen gezielt mit theoretischen Grundlagen versorgt, um Einfluss auf das vermittelte Fachwissen zu nehmen. Zur besseren Strukturierung und Dokumentation des Problemlöseprozesses bzw. des Stundenverlaufs, wurde ein Protokollbogen entwickelt und erprobt.

Obwohl der Begriff *Lucycity* erst im Laufe der Zeit durch die zunehmende Anzahl von Firmen geprägt wurde, kann die Unterrichtseinheit zum Thema Kosmetik im naturwissenschaftlichen Unterricht der Mittelstufe [Marmé 2009] heute als **Ursprung des Unterrichtskonzepts** gesehen werden. Der gesamte Unterricht, der nun von einer Lehrperson für die ganze Klasse gestaltet wird, findet innerhalb der Firma statt, sodass die Lehrkraft die Rolle des Vorstandes übernimmt und die Lernenden in Abteilungen unter Führung von Abteilungsleiterinnen und Abteilungsleitern arbeiten. Die Vermittlung theoretischer Inhalte erfolgt in sogenannten Mitarbeiterseminaren. Außerdem wurde, aufbauend auf den bisherigen Erfahrungen, der Problemlöseprozess auf einen neuen Kreisprozess mit fünf Schritten gekürzt und dessen Bearbeitung durch Dokumentationsformulare unterstützt [Marmé 2009]. Das Abteilungsleiterkonzept und der neue Kreisprozess werden im weiteren Verlauf noch ausführlich vorgestellt.

Die Schülerinnen und Schüler bewerteten diese Art der Unterrichtsgestaltung sehr positiv und lobten vor allem „die große Realitätsnähe, die detaillierte Rollenausgestaltung und die extreme Eigenständigkeit“ [Marmé 2009:40]. Im Unterrichtsversuch mit dem Auftrag zur Entwicklung von Gummibällen

[Neufeld 2009] konnten die Motivation, der Spaß und die Zufriedenheit der Lernenden bestätigt werden. Eine gezielte Verbesserung des theoretischen Wissens konnte nur bedingt erreicht werden, allerdings waren die Schülerinnen und Schüler der Meinung, das erworbene Wissen besser behalten und anwenden zu können. Die Gruppenarbeit verlief überwiegend gut und war von Engagement und Verantwortung geprägt.

In den folgenden Jahren wurden weitere Unterrichtseinheiten zu verschiedenen Themen entwickelt. Diese wurden teilweise als Wettbewerb oder PBL-Fall, fachspezifisch oder fächerübergreifend sowie für verschiedene Klassenstufen und Schularten konzipiert. Es kristallisierte sich ein Unterrichtskonzept heraus, das die Aufgabenstellung an den Auftrag einer Firma koppelt und die Schülerinnen und Schüler wie Angestellte behandelt. Im Jahr 2010 wurde die virtuelle Lernstadt *Lucycity* ([www.lucycity.de](http://www.lucycity.de)) gegründet, die heute als Sitz all dieser fiktiven Firmen gilt [Marmé & Knemeyer 2011]. Ab diesem Zeitpunkt wurden auch zunehmend digitale Aspekte in die Problemstellungen integriert. Ein Auszug der Unterrichtseinheiten ist in Tabelle 16 dargestellt und kann jederzeit aktuell im Internet abgerufen werden [Lucycity 2016]. Im weiteren Verlauf sollen die Basiselemente des neu entstandenen **Unterrichtskonzepts *Lucycity*** vorgestellt werden.

Tab. 16: Überblick über ausgewählte Firmen aus *Lucycity* [Lucycity 2016;Marmé & Knemeyer 2011]

Firmen und Institutionen in <i>Lucycity</i>	Aufgabenbereich
<i>Electronic Design</i>	Firma zur Herstellung beleuchteter Kunstwerke
<i>Institut Wassenius</i>	Institut für Wasseranalytik
<i>Knemabau</i>	Bauunternehmen
<i>Knemaplast</i>	Spezialist für die Kunststoffherstellung
<i>Lucycity Science Magazine</i>	wissenschaftliche Online-Zeitschrift
<i>Lucycity Daily News</i>	Tageszeitung
<i>Lucy's Diner</i>	fiktive Restaurant-Kette
<i>Lucy's Schokoladenfabrik</i>	Firma im Bereich Schokoladenherstellung
<i>Lucycity University</i> <i>AG Vitamine des Institute of Foof Science</i>	Universität Institut für Lebensmittelanalyse
<i>Marmétics</i>	Unternehmen, das Naturkosmetik herstellt
<i>OH-Production</i>	Chemiefirma für die Herstellung von Alkoholen
<i>The Nano Research Association (NoRA)</i>	Forschung im Bereich Nanopartikel
<i>Weber-Eiland</i>	Hühnerfarm
<i>Windhösel-Kraftwerke</i>	Firma im Bereich erneuerbarer Energien

Die grundlegende Struktur der Gruppenarbeit wird als **Abteilungsleiterkonzept** bezeichnet. Ausgangspunkt der Unterrichtseinheiten ist der jeweilige Auftrag durch eine Firma und die Arbeit der Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen – den Abteilungen [Marmé 2009; Marmé et al. 2011]. Da diese möglichst selbstständig und ohne Hilfe der Lehrperson arbeiten sollen, ist es nötig, dass die

Leitung jeder einzelnen Gruppe durch eine Schülerin oder einen Schüler erfolgt. Diese Abteilungsleiterin bzw. dieser Abteilungsleiter organisiert die Gruppe, sorgt für eine effiziente und ruhige Arbeitsatmosphäre und kann, bei auftretenden Problemen, die Lehrkraft zu Rate ziehen. Diese Aufgaben erfordern besondere personelle Kompetenzen, daher müssen zu Beginn geeignete Schülerinnen und Schüler von der Lehrkraft bestimmt werden. Die Entscheidung kann auf Grundlage der bisherigen Leistungen im jeweiligen Fach, den bekannten sozialen und kommunikativen Kompetenzen oder auf Grundlage eines Bewerbungsgespräches erfolgen, welches die Authentizität der Lernumgebung weiter erhöht.

Die Arbeit an den, durch die Firmen vergebenen, Problem- und Aufgabenstellungen erfolgt über die gesamte Unterrichtseinheit (je nach Gestaltung vier bis zwölf Wochen) in den gleichen Gruppen und mit den gleichen Aufgabenverteilungen. Die Problembearbeitung soll auf Grundlage des Problembasierten Lernens stattfinden. Zu Beginn werden die Angestellten in einem sogenannten Mitarbeiterseminar (Erklärung siehe Seite 125f.) mit dem **Problemlöseprozess** vertraut gemacht und sie werden angehalten, ihre Arbeit entsprechend den vorgestellten Schritten zu strukturieren und zu dokumentieren. Die Schwierigkeiten, die bei den ersten Unterrichtsversuchen im Problemlöseprozess beobachtet werden konnten (mangelnde Struktur und ungleiche Beteiligung), führten über mehrere *Design-based Research*-Zyklen zu verschiedenen Anpassungen und unterstützenden Hilfestellungen.

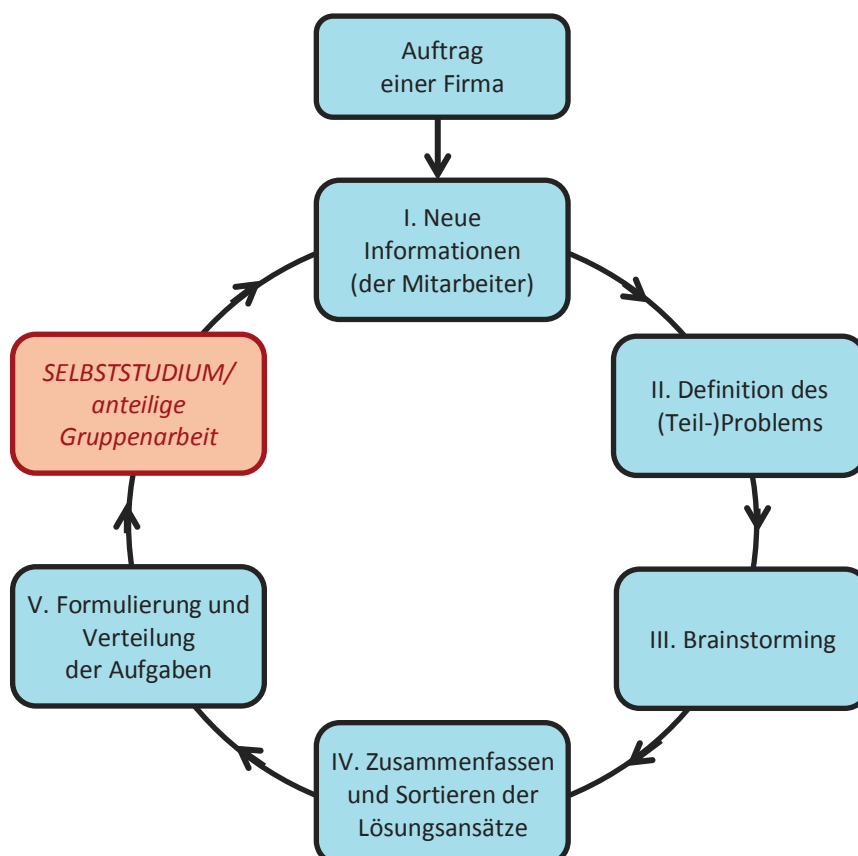


Abb. 13: Kreisprozess zum Problemlösen (vgl. [Jannack et al. 2015; Marmé 2009])

Zunächst wurden die *Seven Steps* nach *McMaster* überarbeitet und auf die Arbeit mit Jugendlichen angepasst. Die Schritte, die in der Gruppe innerhalb einer Schulstunde stattfinden, wurden in einem **Kreisprozess** zusammengefasst [Jannack, Knemeyer, Schallies & Marmé 2015; Marmé 2009]. Das Selbststudium, das im Optimalfall als Hausaufgabe durchgeführt wird, oder die anteilige Gruppenarbeit ist ebenfalls in der Graphik zu finden. Da dieser Teil allerdings außerhalb der Gruppe stattfindet, ist er farblich abgesetzt. Der (ursprünglich) siebte Schritt der vertieften Problemanalyse, der üblicherweise erst in der nächsten Schulstunde stattfindet, startet den Kreisprozess aufs Neue, da mit den neuen Informationen meist neue Teilprobleme entstehen, die nach und nach bearbeitet werden können (vgl. Abb. 13, vorige Seite). Diese Anpassung sollte der Übersichtlichkeit und der besseren Handhabung durch die Schülerinnen und Schüler dienen, da der Kreisprozess in jeder Stunde von vorne durchlaufen werden kann. Jede Abteilung bekommt zu Beginn eine Kopie zur Verfügung gestellt, die zu den einzelnen Schritten auch Stichpunkte bzw. Leitfragen enthält (Kopiervorlage siehe Abbildung 1 im Anhang). Somit sind der Problemlöseprozess sowie die einzelnen Schritte und deren Zielsetzung jederzeit präsent.

Im Folgenden werden **weitere unterstützende Elemente** vorgestellt, die im Entwicklungsprozess neu aufgenommen wurden. Für die Dokumentation aller Ideen, Gedanken und Hypothesen und zur Unterstützung der jungen und mit PBL meist unerfahrenen Lernenden wurde ein Protokollbogen (s. Abb. 14) entwickelt [Jannack et al. 2015; Marmé 2009]. Durch ihn wird gleichzeitig das Durchlaufen aller Schritte des Problemlöseprozesses garantiert. Der Protokollbogen soll von jeder Gruppe in jeder Stunde ausgefüllt werden. Die konsequente Nutzung der Protokollbögen und die spätere Reflexion einiger Gruppen führten bereits zu einer deutlich strukturierteren Arbeitsweise. Außerdem wurde zur Effizienzsteigerung beim Brainstorming schon sehr früh die Kärtchentechnik eingeführt [Marmé 2009]. Dabei notiert zunächst jede Schülerin und jeder Schüler die persönlichen Ideen auf kleinen Kärtchen, die dann anschließend (in Schritt IV) sortiert und strukturiert werden. Mit dieser Methode wird jederzeit garantiert, dass alle Gruppenmitglieder ihre Ideen einbringen und auch alle Ideen Berücksichtigung finden. Werden die Kärtchen innerhalb der Gruppe gesammelt oder das Ergebnis strukturiert dokumentiert (etwa auf dem Protokollbogen), kann auch noch zu einem späteren Zeitpunkt im Problemlöseprozess auf das entwickelte Ideenpotenzial zurückgegriffen werden. Diese Chance spielt beim PBL eine besondere Rolle, da so die Arbeit erleichtert wird, sollte die Gruppe einmal einen Weg in eine „Sackgasse“ eingeschlagen haben.

Ergänzend zu den Protokollbögen sollen die Beschäftigten der Firma den Fortschritt der Gruppe und die eigenen Lernziele und Gedanken individuell in einem **Arbeitsjournal** dokumentieren und reflektieren. Diese Arbeitsweise wird ebenfalls mit Zielen und Gestaltungsmöglichkeiten ausführlich in einem Mitarbeiterseminar (Erklärung siehe unten) eingeführt und die gestellten Anforderungen besprochen. Die Dokumentation der eigenen Arbeit bzw. Forschung entspricht der Arbeit einer Natur-

<b>Problembearbeitung</b>		
Abteilung:	Protokollführer:	Datum:
I. Neue Informationen (der einzelnen Mitarbeiter):		
II. Definition des Problems (evtl. von Teilproblemen):		
III. Brainstorming:		
IV. Sortieren und Zusammenfassung der Ideen/Lösungsansätze:		
V. Verteilung der Aufgaben:		

© Marmé/Nimakk-Verlag 04/2008

Abb. 14: Formular zur Strukturierung und Dokumentation des Kreisprozesses [Jannack et al. 2015; Marmé 2009]

wissenschaftlerin bzw. eines Naturwissenschaftlers und ermöglicht im weiteren Verlauf der Unterrichtseinheit, die Arbeit jeder einzelnen Schülerin und jedes einzelnen Schülers sowie deren individuelle Lernfortschritte einschätzen und/oder bewerten zu können. Diese Rückmeldung erfolgt auf Grundlage der jeweiligen Rollenverteilung, also für Personen in leitenden Positionen und Angestellte mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung. (Zum Einsatz von Portfolios in Kombination mit PBL siehe auch Lambros [2004:62ff.]) Alle hier beschriebenen Strukturierungshilfen sind ein Resultat der zirkulären Entwicklung mittels *Design-based Research*.

Die Arbeit der Studierenden- bzw. Schülergruppen beim ursprünglichen PBL ist ergebnisoffen. Die Lernenden sind für die jeweiligen Inhalte sowie ihren Lernfortschritt und -erfolg selbst verantwortlich. In der Schule müssen allerdings Bildungspläne erfüllt und vorgegebene Lernziele erreicht werden. Es muss also ein kleinster gemeinsamer Nenner des benötigten Fachwissens definiert werden. Um zu gewährleisten, dass alle Schülerinnen und Schüler der Klasse diesen Wissensstand (auch unabhängig von den Informationen ihrer Gruppenmitglieder) erreichen können, kann die Gruppenarbeitsphase beliebig oft durch sogenannte **Mitarbeiterseminare** unterbrochen werden [Marmé 2009; Marmé et al. 2011]. Diese Unterrichtsphasen können in Bezug auf Inhalt und Methode wie herkömmlicher Unterricht gestaltet werden. Sie dienen der in der Schule so wichtigen Ergebnissicherung

und können darüber hinaus als Basis für eine Leistungsmessung (etwa in Form einer Klassenarbeit) herangezogen werden. Außerdem können die Mitarbeiterseminare genutzt werden, um neben Hintergrundinformationen auch nötige Arbeitsweisen für die einzelnen Projekte zu erarbeiten. So sollten zu Beginn in jedem Projekt Seminare zum Kreisprozess und der Arbeit mit Lerntagebüchern obligatorisch sein, während in einem Projekt, das als Ergebnis einen wissenschaftlichen Artikel oder Bericht fordert, das wissenschaftliche Schreiben in einem weiteren Mitarbeiterseminar thematisiert werden sollte. Die Namensgebung ist bewusst an die Arbeit in den Firmen angepasst, um die Rahmenbedingungen möglichst authentisch zu gestalten.

Die Chancen, die sich aus einer Kombination von PBL mit direkter Instruktion ergeben, betont auch Hmelo-Silver [2004:260]. Außerdem wird durch diese Organisationsform die Forderung von Sumfleth et al. [2002] nach einer Balance zwischen Offenheit und Strukturiertheit bedient.

Für jede Firma in *Lucycity* wurden **firmeneigene Homepages** gestaltet, die Informationen zur Firma und den jeweiligen Themengebieten beinhalten [Marmé et al. 2011]. In erster Linie dienen sie wiederum der Gestaltung einer möglichst authentischen Lernumgebung und sollen auf die Lernenden motivierend wirken. Sie verbringen einen Großteil ihrer Freizeit in der digitalen Welt und informieren sich in erster Linie dort über ihnen unbekannte Themen. Während eine freie Online-Recherche in eine Vielzahl von Richtungen verlaufen kann, werden auf den Firmenhomepages gezielt fachliche Inhalte zur Verfügung gestellt, die der Bildungsplan fordert und die teilweise im Vorfeld für Jugendliche aufbereitet wurden. Trotzdem muss aus einer Vielzahl von Inhalten ausgewählt werden, wobei der nicht zielführende Anteil im Vergleich zu einer offenen Recherche geringer ist.

Darüber hinaus verfolgen die Homepages weitere auftragsbezogene Ziele innerhalb der Gesamtkonzeption. So beinhalten sie teilweise projektbezogene Informationen, wie beispielsweise die zur Verfügung stehenden Materialien zur Creme-Herstellung auf der Homepage der Firma *Marmétics* [Marmé 2009; Seeberg, Jannack, Knemeyer & Marmé 2011]. Auf den Internetseiten der Firma *Windhösel* ist Originalliteratur abrufbar, die auf das Schreiben eines eigenen wissenschaftlichen Artikels vorbereiten kann [Jannack, Knemeyer & Marmé 2016].

Als weiterer Aspekt können über einige Homepages Rückmeldungen bzw. Anerkennungen der Schülerarbeiten ermöglicht werden [Marmé et al. 2011]. So ist es möglich, auf der Internetseite des *Lucycity Science Magazine* wissenschaftliche Artikel der Schülerinnen und Schüler (etwa zum Aufwindkraftwerk) zu veröffentlichen oder bei *Lucy's Diner* Speisekarten online zu stellen, die von den Abteilungen der Firma entworfen wurden.

Eine häufige Frage von Lehrpersonen, die bisher eher traditionell unterrichtet haben und wenig Erfahrung mit offenen Unterrichtsformen haben, bezieht sich auf die Notengebung und die Überprüf-

barkeit des Lernerfolgs in offenen Unterrichtsformen. Einen guten Überblick zu Rückmelde- bzw. Bewertungsmöglichkeiten beim Einsatz von PBL liefert Lambros [2004:55-70]. Sie nennt Feedbackbögen und Portfolios als Möglichkeiten für begleitende Rückmeldungen und zeigt Chancen von Self- und Peer-Assessment auf. Die Gestaltung des Unterrichtskonzepts *Lucycity* bietet eine Vielzahl von **Möglichkeiten zur Bewertung** der Schülerleistungen [Marmé et al. 2011]:

- Zunächst kann natürlich die Arbeit in der Gruppe beurteilt werden, wobei darauf geachtet werden muss, dass für Personen in leitenden Positionen und Angestellte unterschiedliche Kriterien gelten sollten. Hier können auch praktische Fähigkeiten berücksichtigt werden.
- Auch die Entwicklung, die aufgrund des formativen Assessments durchlaufen wird, kann bei der Bewertung berücksichtigt werden. Diese sowie die Reflexionsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler können mittels Arbeitsjournal oder Portfolio erhoben werden.
- Als schriftliche Komponente kann eine Klassenarbeit auf Grundlage der Mitarbeiterseminare herangezogen werden.
- Im mündlichen Bereich stehen die individuellen Leistungen in der abschließenden Präsentation und während der Mitarbeiterseminare zur Verfügung.
- Abschließend kann auch das Ergebnis der Aufgabenstellung bewertet werden, wobei es sich hierbei sicherlich um eine Gruppennote handeln wird.

Ganz nach Pestalozzis Idee des Lernens mit „Kopf, Herz und Hand“ [Gudjons 2008:20] können sowohl fachliches Wissen als auch persönliche und praktische Fähigkeiten bewertet werden. Diese können konkret durch mündliche und schriftliche Leistungen oder durch Beobachtungen der Lehrkraft erhoben werden.

## 4.2 Bedienung von Ansprüchen an naturwissenschaftlichen Unterricht

Für die **Gestaltung eines erfolgreichen naturwissenschaftlichen Unterrichts** wurden in Kapitel 1.7 eine aktive selbstständige Auseinandersetzung der Lernenden mit der Thematik in einem sozialen Umfeld, sinnvolle und authentische Kontexte und ein Nebeneinander zwischen anwendungsbezogenen und systematischen, aber immer strukturierten, Unterrichtssequenzen gefordert. Die Selbststeuerung des Lernprozesses sollte durch Reflexionsmöglichkeiten, adaptive Unterstützung und Hilfe zur Selbsthilfe unterstützt werden. Diese Ansprüche werden im Unterrichtskonzept *Lucycity* umgesetzt.

Das Unterrichtskonzept bietet konkrete Handlungsmöglichkeiten im realitätsnahen Zusammenhang und ermöglicht es den Lernenden, sich die Aufgabe zu eigen zu machen sowie die Ergebnisse in der Gruppe zu diskutieren und sozial auszuhandeln. Durch die Arbeit in den Abteilungen und die Mitarbeiterseminare wird eine Balance zwischen anwendungsbezogenem und systematischem Lernen fachlicher Inhalte geschaffen. Gleichzeitig werden durch die Mitarbeiterseminare und die Lehrperson als Ansprechpartnerin aber auch Unterstützungsangebote zur Verfügung gestellt. Die eingeführten Methoden (wie das Arbeitsjournal) und das Kennenlernen des Kreisprozesses können langfristig als Hilfe zur Selbsthilfe betrachtet werden und bieten schon während des Lernprozesses eine Möglichkeit zur Reflexion. Durch den Kreisprozess ist auch der Unterricht während den Gruppenarbeitsphasen strukturiert. Die soziale und kommunikative Struktur sowie die Produktbezogenheit und die Erfolgserlebnisse während des Projekts sollen speziell die Mädchen ansprechen und damit der Förderung beider Geschlechter dienen.

Mit *Lucycity* sollen die **Ziele naturwissenschaftlichen Unterrichts**, nämlich die Förderung von Wissen und Kompetenzen im Sinne naturwissenschaftlicher Grundbildung, die Ausbildung flexiblen Wissens sowie das Wecken von Interesse an naturwissenschaftlichen Themen und Fragestellungen bedient werden (vgl. Kap. 1.3). Gleichzeitig sollen auch die in den Bildungsplänen geforderten Kompetenzen (vgl. Kap. 1.4) bei den Schülerinnen und Schülern ausgebildet werden. Mit der hohen Schüleraktivität, der Selbstorganisation der Arbeitsphasen und den reflexiven Elementen kann das Unterrichtskonzept als konstruktivistisch bezeichnet werden und erfüllt damit die Voraussetzungen zur Entwicklung von flexiblem Wissen und von fachlichen, personellen und individuellen Kompetenzen. Durch die Aufgabenstellungen der Firmen sowie die eigenständige Arbeit in den Abteilungen sollen vor allem **überfachliche Kompetenzen** wie Team-, Planungs-, Organisations- und Problemlösefähigkeit, Informationsbeschaffung und -bewertung, Frustrationstoleranz und wissenschaftliche Arbeitsweisen gefördert werden [Marmé et al. 2011]. Dazu gehören beispielsweise auch die kritische Nutzung des Internets und des Computers als Werkzeug. Alle diese Fähigkeiten werden explizit in den Bildungsplänen für das Fach NwT in Baden-Württemberg verlangt (vgl. [MKJS 2004d:397-402; MKJS 2016a] und Teilkapitel 1.5). Am Ende einer jeden Unterrichtseinheit müssen die Abteilungen ihre Ergebnisse präsentieren oder sogar vor einer Jury vorstellen. Diese Präsentation sowie die schriftliche Dokumentation während des Projekts und die Arbeit mit und an wissenschaftlichen Texten sollen auch zu einer Förderung von Präsentationstechniken und sprachlicher Kompetenzen führen [Marmé et al. 2011], welche ebenfalls explizit in den didaktischen Prinzipien zum Fach NwT im Bildungsplan gefordert werden [MKJS 2004d:397-402]. Teilweise stehen die Materialien auch in englischer Sprache für den Einsatz im bilingualen Unterricht zur Verfügung, was sich wiederum auf die Sprachkompetenz der Schülerinnen und Schüler auswirken kann. Darüber hinaus kann das Unterrichtskonzept *Lucycity* die im Bildungsplan für das Fach NwT geforderten Formen der Leistungsbeur-



teilungen bedienen (vgl. [MKJS 2004d:399]). So können neben mündlichen und schriftlichen Leistungen auch praktische Fähigkeiten, Präsentationen und Arbeitsjournale sowie die Einzelleistung in der Gruppe in die Notengebung einfließen.

Die Inhalte sind überwiegend interdisziplinär gestaltet, zielen auf „**fächerverbindendes naturwissenschaftlich-technisches Denken**“ ab und betonen die „Rolle der Basiswissenschaften und deren Bedeutung in Alltag und Technik“ [MKJS 2004d:389] wie es in den Bildungsplänen für das Fach NwT gefordert wird [ebd.; MKJS 2016a:8]. Neben den klassischen Naturwissenschaften berücksichtigen die Projekte teilweise auch Gesichtspunkte aus den Bereichen Ingenieurwesen, Betriebswirtschaftslehre oder Marketing und sind somit über die Naturwissenschaften hinaus interdisziplinär ausgerichtet [Marmé et al. 2011]. Einige der Teilaufgaben sollen außerdem Wissen in und über die Naturwissenschaften und ihre Arbeitsweisen vermitteln (etwa die Effizienzforschung am eigenen Modell), womit alle drei Bereiche naturwissenschaftlicher Grundbildung (vgl. Kapitel 1.3, Tab. 5) angesprochen bzw. integriert werden. Der Alltagsbezug (zum Beispiel mit den Themen Ernährung oder Erneuerbare Energien) soll darüber hinaus eine Entwicklung von mündigen Bürgerinnen und Bürgern sowie eine aktive Teilnahme am gesellschaftlichen Diskurs begünstigen.

Die Einbettung der Lerninhalte in eine Firma mit Führungskräften und Beschäftigten, einer eigenen Homepage und ausgeschriebenen Mitarbeiterseminaren sollen durch die vermittelte Authentizität zu einer hohen **Motivation** bei den Schülerinnen und Schüler, einer Identifikation mit der Problemstellung, einer hohen Zufriedenheit während der Arbeit, Übernahme von Verantwortung für sich und die Gruppe sowie einem gestärkten Selbstbild nach erfolgreichem Abschluss führen [Marmé et al. 2011]. Durch diesen sozialen Ansatz sowie eine bewusste Auswahl inhaltlicher und praktischer Schwerpunkte wird damit die Förderung beider Geschlechter angestrebt.

Zusammenfassend kann man also sagen, dass das Unterrichtskonzept die in Teilkapitel 1.3 und 1.7 angesprochenen Inhalte, Ziele und Unterrichtsmerkmale eines guten naturwissenschaftlichen Unterrichts aufgreift und damit die Ausbildung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung sowie sozialer, individueller und methodischer Kompetenzen begünstigen sollte, die für das weitere Lernen und das spätere Berufsleben von Bedeutung sein können. Das Unterrichtskonzept scheint sich somit generell für den Einsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht, aber speziell für den Einsatz im NwT-Unterricht, zu eignen, wie das folgende Zitat, zum Beitrag des Fachs NwT zur Persönlichkeitsentwicklung, bestätigt:

Neben dem Erwerb naturwissenschaftlicher und technischer Kompetenzen erweitern die Schülerinnen und Schüler bei der Durchführung von Projekten sowie bei der Realisierung und Optimierung selbst entwickelter Produkte ihre Handlungsfähigkeit und entdecken ihre eigene Kreativität. Durch das Bewältigen immer neuer Herausforderungen wird ihr Durchhaltevermögen und ihre Beharrlichkeit gestärkt sowie ihre Leistungsbereitschaft und ihr Leistungsvermögen gefördert. Dadurch werden sie an eigenverantwortliches, selbststän-

diges, lebenslanges Lernen herangeführt. Ihre Fähigkeit, sich nicht nur theoretischen sondern auch praxisorientierten Zugängen zu öffnen und schwierige Sachverhalte geistig durchdringen zu wollen, wird gestärkt. Die aktive Vernetzung der Kenntnisse aus verschiedenen naturwissenschaftlichen Fächern und unterschiedlichen Technikdisziplinen geht dabei weit über die reine Aneignung von Faktenwissen hinaus. [MKJS 2016a:3]

Wie bereits beim Bildungsplan 2004, werden auch im Bildungsplan 2016 für das Fach NwT Ziele und Leitperspektiven formuliert, die im Unterrichtskonzept *Lucycity* bestmöglich adressiert werden können. Besonders die geforderten Arbeitsweisen und überfachlichen Kompetenzen werden angestrebt. Durch eine geeignete Auswahl an Themen bzw. Projekten können darüber hinaus auch inhaltliche Ziele erreicht werden. Dies wird in den Kapiteln 4.4 bis 4.6 in Bezug auf einzelne Projekte genauer dargelegt.

### 4.3 Antworten auf Herausforderungen beim Einsatz von PBL im Unterricht

Stellt man Lehrkräften, die bisher eher traditionell unterrichtet haben und wenig Erfahrung mit offenen Unterrichtsformen haben, die Methode des Problembasierten Lernens vor, werden im Wesentlichen neben der Leistungsmessung folgende Befürchtungen genannt: Zeitproblematik, Klassengröße, fehlende Ressourcen, Heterogenität der Lerngruppe sowie curriculare Rahmenbedingungen. Inwiefern diese Herausforderungen, die auch in der Literatur beschrieben werden (vgl. Teilkapitel 2.8), vom Unterrichtskonzept *Lucycity* angegangen werden, soll nun beantwortet werden.

Im Hinblick auf die befürchtete **Zeitproblematik** zeigen die Erfahrungen, dass PBL mit der Taktung des Stundenplans in Einklang gebracht werden kann. Mit Hilfe des Problembearbeitungsbogens kann ein Problemlösezyklus gut innerhalb einer Schulstunde bearbeitet werden. Außerdem läuft der Einstieg in die Gruppenarbeitsphase strukturierter, da jeder den Ablauf kennt. Diskussions- und Recherchephase können zeitlich gestrafft werden, da ein vorheriges Brainstorming und das Sortieren der Gedanken auch die Diskussion zielführender gestaltet. Bei der Recherche kann auf die Inhalte der jeweiligen Homepage oder auf vorbereitete Literaturlisten zurückgegriffen werden, was ebenfalls zielführender und damit zeitsparender ist. Durch eine geeignete Zielformulierung und Aufgabenverteilung kann die Arbeit auf die Gruppenmitglieder verteilt und somit der Aufwand jedes Einzelnen verringert werden.

Betrachtet man den Zeitaspekt bezogen auf die Erstellung von PBL-Aufgaben, ist dieser in der Tat nicht zu vernachlässigen. Deshalb werden auf der Lernplattform *Lucycity* den Lehrerinnen und Lehrern nach einmaliger Anmeldung viele Projekte inklusive Materialien zur Verfügung gestellt. Während der Schulstunden kann die Lehrperson als Beobachterin agieren und sich ein Bild der Leistung

jedes einzelnen Lernenden machen, so dass diese Arbeit dann nicht mehr zu Hause erfolgen muss. Lehrkräftefortbildungen ergänzen das Angebot und können zusätzliche Sicherheit bieten.

Natürlich kann eine Lehrperson nicht als Tutorin bzw. Tutor für alle Gruppen einer **großen Klasse** gleichzeitig agieren. Dieser Herausforderung wird mit dem Abteilungsleiterkonzept begegnet. Wie beispielsweise bei Hmelo-Silver [2004] angeregt, wird die Verantwortung in die Hände einzelner Schülerinnen und Schüler gelegt. Diese bekommen die Aufgabe, ihre Gruppe zu führen und die Arbeit zu strukturieren und können bei auftretenden Problemen die Lehrkraft zu Rate ziehen. So muss die Lehrperson nicht jede kleine Frage beantworten, sondern wird nur bei größeren Problemen kontaktiert.

Die Herausforderungen, die sich bei jeder **Lerngruppe** ergeben, liegen im Bereich der (meist heterogenen) Voraussetzungen und möglicher (unerwünschter) Gruppenprozesse. Doch auch in diesem Bereich bietet *Lucycity* diverse Ansatzpunkte.

Die für Gruppenarbeit bekannten Probleme werden durch die Bildung der Abteilungen minimiert. Die Abteilungen werden von den Abteilungsleiterinnen und Abteilungsleitern selbst zusammengestellt, so dass es kaum zu Konflikten innerhalb der Gruppe kommt. Darüber hinaus stehen die Abteilungen im Wettbewerb zueinander, was auf die Schülerinnen und Schüler motivierend wirkt und den Wunsch nach einem erfolgreichen Projektabschluss erhöht. Vor diesem Hintergrund entwickelt sich ein Zusammengehörigkeitsgefühl und unproduktive Phasen in der Gruppenarbeit können weitgehend vermieden werden.

Die Projekte sind sehr vielfältig angelegt, so dass auch der Einsatz in heterogenen Gruppen (bezogen auf Leistungen oder individuelle Voraussetzungen) ohne Probleme möglich ist. Jedes Gruppenmitglied kann seine individuellen Stärken (mathematische, praktische oder kreative Fähigkeiten) einsetzen und die Projekte ermöglichen eine Bearbeitung auf verschiedenen Niveaustufen (etwa durch die Materialauswahl beim Aufwindkraftwerk, siehe Kap. 4.4). Obwohl die Firmenaufträge vom Schwierigkeitsgrad als Herausforderung für die Lernenden gesehen werden können (und sollen), werden ihnen je nach Vorwissen und Alter Hilfestellungen gegeben. In diesem Zusammenhang können sicherlich die Formulare zur Dokumentation genannt werden, aber auch die Homepages mit Literaturlisten oder die Mitarbeiterseminare. Zum Kennenlernen der Methode und zum Einüben des Kreisprozesses kann ein einfacher Fall als Vorbereitung eingesetzt werden oder der Kreisprozess bei genügend Zeit mit der Klasse erarbeitet werden (vgl. z. B. [Ertmer & Simons 2006, Torp & Sage 1998:35]).

**Curriculare Rahmenbedingungen**, vor allem auch inhaltlicher Art, können bei der Gestaltung der Projekte berücksichtigt werden. So orientieren sich die Projekte aus *Lucycity* an den Bildungsplänen von Baden-Württemberg, ermöglichen aber auch individuelle Schwerpunktsetzungen oder inhaltliche

Ergänzungen. Diese können von der Lehrkraft jederzeit individuell über die Mitarbeiterseminare vorgenommen werden. Dadurch ist auch eine Überprüfung der Inhalte durch eine klassische schriftliche Abfrage möglich. Weitere Beurteilungsfelder sind das Arbeitsjournal bzw. Portfolio, das Projektergebnis und die mündliche Leistung (vgl. letzter Absatz des vorigen Abschnitts).

Die neuen, anspruchsvollen Aufgaben, die sich für die Lehrerinnen und Lehrer beim Problembasierten Lernen ergeben, wurden in Teilkapitel 2.9 ausführlich beschrieben. Der **Wandel der Lehrerrolle** ist für jede Lehrperson ein individueller Prozess, der im Einzelfall eine kleinere oder größere Hürde darstellt, dem sich aber jede und jeder Einzelne selbst stellen muss. Dem Status der Einzelkämpferin bzw. des Einzelkämpfers kann man dabei entgehen, wenn man sich im Kollegium zusammenschließt oder eine Regelung zum regelmäßigen Einsatz des Konzepts beispielsweise in der Fachschaft entscheidet. Durch diese Institutionalisierung kann auch erreicht werden, dass die Bedenken im Bereich der Lerngruppe weiter minimiert werden.

Im Rahmen von *Lucycity* bietet das Team von *didaktik-aktuell* diverse Unterstützungsangebote. So sind zu einigen Projekten Lehrermaterialien im Internet abrufbar, die neben den Unterrichtsmaterialien auch wertvolle Tipps enthalten. Außerdem werden in unregelmäßigen Abständen Fortbildungen für Lehrkräfte angeboten, die jede Teilnehmerin und jeden Teilnehmer das Projekt einmal selbst durchleben lassen. Des Weiteren ist jederzeit der persönliche Kontakt möglich, so dass individuelle Bedenken oder Probleme bezüglich der Projekte zeitnah besprochen werden können.

Damit kann das Unterrichtskonzept *Lucycity* einen Weg aufzeigen, wie PBL in den Schulunterricht integriert werden kann. Im Folgenden werden drei Projekte aus *Lucycity* vorgestellt. Das Aufwindkraftwerk-Projekt im Rahmen der Firma *Windhösel-Kraftwerke* sowie das Projekt *Lucy's-Diner* wurden in den Unterrichtsversuchen umgesetzt, die als Grundlage für die Schülerbefragung dienten. Das Projekt *Marmétics* wurde in der durchgeführten Lehrkräftefortbildung vorgestellt und durchgeführt, die ebenfalls evaluiert wurde. Das Studiendesign und die durchgeführten Befragungen werden in Kapitel 5 ausführlich vorgestellt.

#### 4.4 *Windhösel-Kraftwerke*

Eine Firma in *Lucycity* stellen die *Windhösel-Kraftwerke* dar. Die Idee, den Bau von Aufwindkraftwerk-Modellen in den Schulunterricht zu integrieren, wurde im Arbeitskreis *didaktik-aktuell* erstmals im Rahmen einer Staatsexamensarbeit erprobt und im Rahmen dieses Promotionsvorhabens in das Unterrichtskonzept *Lucycity* übertragen. In diesem Zug wurden verschiedene Mitarbeiterseminare ent-

wickelt und erprobt sowie die Firmenhomepage gestaltet. Die Unterrichtsmaterialien wurden entsprechend des *Design-based Research*-Ansatzes zwischen den einzelnen Schuljahren optimiert und ergänzt. Im Folgenden soll zunächst ein grober Überblick über das Projekt gegeben werden, bevor im Anschluss die konkret umgesetzte Unterrichtseinheit vorgestellt wird.

Die Abteilungen erhalten von der fiktiven Firma den **Auftrag**, ein funktionierendes Modell eines Aufwindkraftwerks zu bauen und mit diesem Testreihen zur Optimierung durchzuführen (siehe Abb. 15 oder Abbildung 2 im Anhang) [Jannack, Seeberg, Knemeyer & Marmé 2011; Jannack et al. 2016]. Diese Forschung und die erzielten Ergebnisse sollen in einem wissenschaftlichen Artikel mit englischer Zusammenfassung dargestellt werden. Die gesamte Arbeit wird durch ein Arbeitsjournal begleitet und darin reflektiert.

Mit dieser Unterrichtseinheit kann die **Thematik** der erneuerbaren Energien im Fach Naturwissenschaft und Technik

behandelt werden. Damit sollen neben den überfachlichen Fähigkeiten, die durch das Unterrichtskonzept gefördert werden, die in den Bildungsplänen für das Fach NwT geforderten inhaltlichen Kompetenzen aus dem Themenbereich Energie behandelt werden. Hier sind Energieträger, Energieumwandlung, Energienutzung und Energiespeicherung explizit aufgeführt [MKJS 2004d:400; MKJS 2016a:15]. Das Unterrichtskonzept *Lucycity* bietet über die Mitarbeiterseminare jeder Lehrperson die Möglichkeit zu einer individuellen inhaltlichen Schwerpunktsetzung. So können Seminare zu den solaren Kraftwerken, zu verschiedenen anderen erneuerbaren Energien (Photovoltaik, Geothermie, Biomasse, Wind- und Wasserkraft) sowie den fossilen Energieträgern und ihren Nachteilen durchgeführt werden. Die Bedeutung der Basiswissenschaften, die laut den Bildungsplänen [MKJS 2004d:398f.; MKJS 2016a:5,8] verdeutlicht werden soll, kann in einem Seminar zur Funktionsweise von Generatoren und Transformatoren hervorgehoben werden. Die ebenfalls angesprochene Verdeutlichung von „Analogien zwischen technischen und natürlichen Systemen“ [MKJS 2004d:401; MKJS 2016a:21] könnte beispielsweise durch eine Unterrichtssequenz zu Hangwinden und ihrer Be-

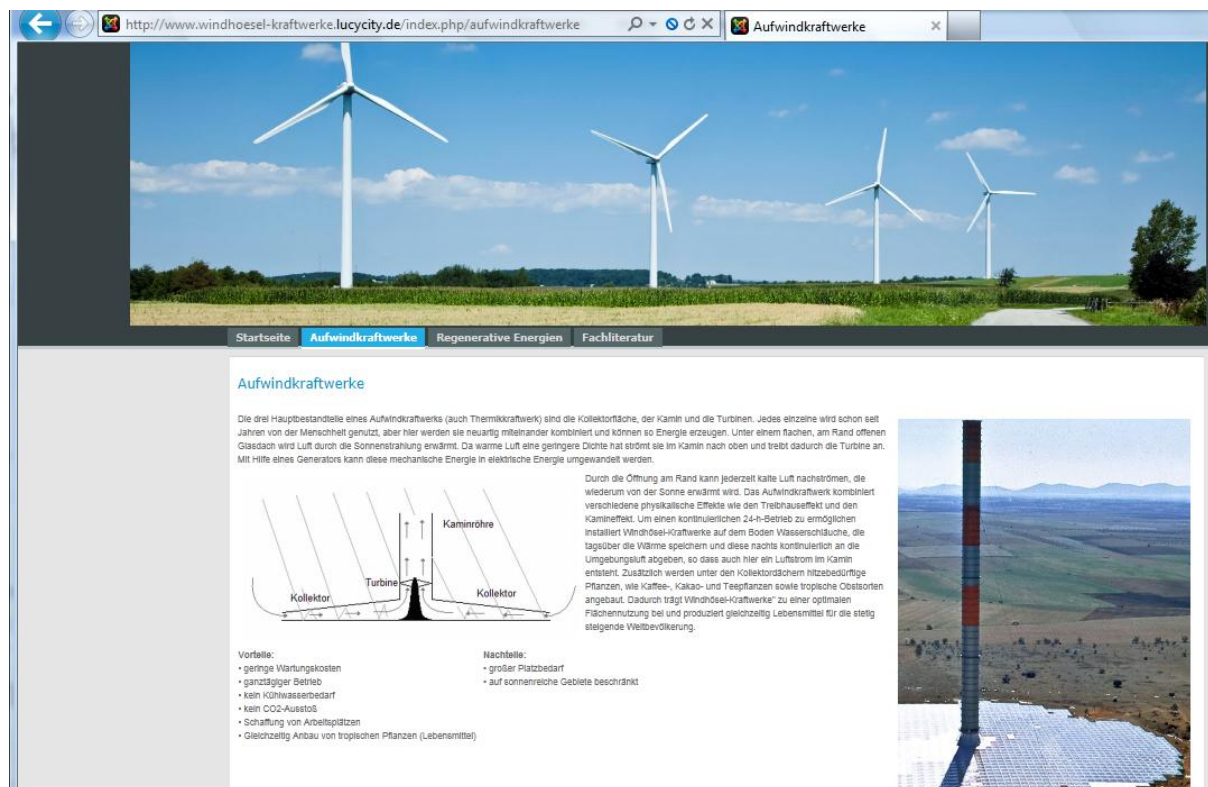


Abb. 15: Anschreiben der Firma *Windhösel*

deutung für Segelflieger aufgezeigt werden. Tabelle 17 gibt noch einmal einen Überblick über die Inhalte (I) und naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (A), die mit dem Projekt *Windhösel-Kraftwerke* behandelt bzw. gefördert werden können.

Tab. 17: In den Bildungsplänen geforderte Inhalte (I) und Arbeitsweisen (A), die im Unterrichtsprojekt *Windhösel-Kraftwerke* behandelt werden (vgl. [MKJS 2004d:397-402; MKJS 2016a], Auszug aus [Jannack et al. 2016])

I	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieträger, Energiespeicher, Energiestrom</li> <li>• Energieumwandlung, Wirkungsgrad</li> <li>• Möglichkeiten der Energienutzung analysieren und bewerten</li> <li>• Perspektiven der Energieversorgung der Zukunft nachvollziehen und bewerten</li> <li>• Analogien zwischen technischen und natürlichen Systemen erkennen und beschreiben</li> </ul>
A	<p>Dabei</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden sie fachspezifische naturwissenschaftliche Sicht- und Analyseweisen an;</li> <li>• erwerben sie die Fähigkeit, Hypothesen und Prognosen aus dem naturwissenschaftlich-technischen Bereich verbal auszudrücken und argumentativ zu untermauern;</li> <li>• verstehen sie naturwissenschaftlich-technische, auch englischsprachige, Texte;</li> <li>• verfassen sie naturwissenschaftlich-technische Texte;</li> <li>• lernen die Schülerinnen und Schüler exemplarisch Vorgehensweisen und Methoden der naturwissenschaftlichen Forschung (...) kennen und üben diese ein.</li> </ul> <p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Messungen planen, durchführen und die Ergebnisse grafisch darstellen;</li> <li>• Messungen mit einem selbst hergestellten Instrument durchführen;</li> <li>• Diagramme erstellen, auswerten und interpretieren.</li> </ul>



The screenshot shows a web browser window with the URL <http://www.windhoesel-kraftwerke.lucycity.de/index.php/aufwindkraftwerke>. The page features a large image of a wind turbine field under a blue sky. Below the image is a navigation menu with 'Aufwindkraftwerke' selected. The main content area is titled 'Aufwindkraftwerke' and contains text describing the technology, a diagram of the components (Kollektor, Turbine, Kaminröhre), and lists of advantages and disadvantages. A smaller image on the right shows a close-up of the collector and chimney structure.

**Aufwindkraftwerke**

Die drei Hauptbestandteile eines Aufwindkraftwerks (auch Thermikkraftwerk) sind die Kollektorfäche, der Kamin und die Turbinen. Jedes einzelne wird schon seit Jahren von der Menschheit genutzt, aber hier werden sie neuartig miteinander kombiniert und können so Energie erzeugen. Unter einem flachen, am Rand offenen Glasdach wird Luft durch die Sonnenstrahlung erwärmt. Da warme Luft eine geringere Dichte hat strömt sie im Kamin nach oben und treibt dadurch die Turbine an. Mit Hilfe eines Generators kann diese mechanische Energie in elektrische Energie umgewandelt werden.

Durch die Öffnung am Rand kann jederzeit kalte Luft nachströmen, die wiederum von der Sonne erwärmt wird. Das Aufwindkraftwerk kombiniert verschiedene physikalische Effekte wie den Treibhauseffekt und den Kamineffekt. Um einen kontinuierlichen 24-h-Betrieb zu ermöglichen installiert Windhösel-Kraftwerke auf dem Boden Wasserschlüchle, die tagsüber die Wärme speichern und diese nachts kontinuierlich an die Umgebungsluft abgeben, so dass auch hier ein Luftstrom im Kamin entsteht. Zusätzlich werden unter den Kollektorscheiben hitzebedürftige Pflanzen, wie Kaffee-, Kakao- und Teepflanzen sowie tropische Obstsorten angebaut. Dadurch trägt Windhösel-Kraftwerke zu einer optimalen Flächennutzung bei und produziert gleichzeitig Lebensmittel für die stetig steigende Weltbevölkerung.

**Vorteile:**

- geringe Wartungskosten
- ganztägiger Betrieb
- kein Kühlwasserbedarf
- kein CO<sub>2</sub>-Ausstoß
- Schaffung von Arbeitsplätzen
- Gleichzeitiger Anbau von tropischen Pflanzen (Lebensmittel)

**Nachteile:**

- großer Platzbedarf
- auf sonnenreiche Gebiete beschränkt

Abb. 16: Informationen zum Aufwindkraftwerk auf der Firmenseite [Windhösel 2016]

Ein weiterer Baustein des Projekts ist die im Rahmen dieser Arbeit neu gestaltete **Firmenhomepage** der Firma *Windhösel-Kraftwerke* ([www.windhoesel-kraftwerke.lucycity.de](http://www.windhoesel-kraftwerke.lucycity.de)). Sie enthält viele Informationen zum Aufwindkraftwerk (siehe Abb. 16) und kann somit als Ausgangspunkt einer Internetrecherche dienen. Mittels der verlinkten Originalliteratur kann eine Beschäftigung mit naturwissenschaftlich-technischen Texten erfolgen, die auch als Anschauungsmaterial für den eigenen wissenschaftlichen Artikel dienen kann, der am Ende des Projekts geschrieben werden soll. Ergänzend kann die Übersicht über weitere regenerative Energieträger sowie deren Vor- und Nachteile zur Wiederholung vor der Klassenarbeit dienen und somit zum Wissensfundament beitragen.

Eine **konkrete Umsetzung** im NWT-Unterricht für zehnte Klassen an Gymnasien in Baden-Württemberg wurde im Rahmen dieser Arbeit entwickelt. Das Projekt sollte in einem Schuljahr dreimal durchgeführt werden und so standen pro Klasse etwa zwölf Schulwochen (ein Drittel Schuljahr) zur Verfügung. Pro Woche waren im Stundenplan eine Doppel- und zwei Einzelstunden angesetzt. Ein Überblick über die Themen der jeweiligen Unterrichtsstunden kann Tabelle 18 entnommen werden.

Tab. 18: Unterrichtsverlauf des Projekts *Windhösel-Kraftwerke* mit themen- und aufgabenbezogenen Mitarbeiterseminaren sowie 20 Stunden *eigenständiger Arbeit am Projekt*

1	Energiebegriff	fossile Energie	Vorträge zu fossilen Energieträgern
2	Vor- und Nachteile fossiler Energieträger	langfristige Probleme fossiler Energieträger	Erneuerbare Energien
3	Solarenergie (Funktion, Klassifizierung)	<b>Bildung der Abteilungen</b>	<b>Einführung Problembasiertes Lernen (PBL)</b> <b>Einführung Arbeitsjournal</b>
4	Nachtbetrieb von Solar-kraftwerken	<i>Internetrecherche zu Aufwindkraftwerken</i>	<i>Arbeit am Projekt (Planung)</i>
5	Generator, Transformator	<b>Wissensch. Schreiben</b>	<i>Arbeit am Projekt (Planung, Bau)</i>
6	Photovoltaik	<i>Schreiben (Einleitung)</i>	<i>Arbeit am Projekt (Planung, Bau)</i>
7	Windenergie, Wirkungsgrad	<i>Schreiben (Material)</i>	<i>Arbeit am Projekt (Bau, Forschung)</i>
8	Wasserkraft, Turbinentypen	<i>Schreiben (Methode)</i>	<i>Arbeit am Projekt (Bau, Forschung)</i>
9	Geothermie, Wärmepumpe	<i>Schreiben (Ergebnisse)</i>	<i>Arbeit am Projekt (Forschung, Präsentation)</i>
10	Biomasse, Biodiesel	<i>Schreiben, Präsentation</i>	<i>Arbeit am Projekt (Forschung, Präsentation)</i>
11	Brennstoffzelle	PRÄSENTATION	PRÄSENTATION
12	Kernenergie	KA	Besprechung KA und Evaluation

Zur Problematisierung wurde dem *Lucycity*-Projekt eine sechsstündige Unterrichtssequenz zu fossilen Brennstoffen und den damit verbundenen Problemen vorangestellt. Daraus ergibt sich die Motivation, sich mit erneuerbaren Energien zu beschäftigen. Ab der dritten Woche wurde immer in der ersten Stunde der Woche ein thematisches Mitarbeiterseminar zu verschiedenen Themen durchgeführt und die restlichen drei Stunden wurden für die praktische Arbeit in den Abteilungen der *Windhösel-Kraftwerke* verwendet. Dabei wurde nach dem Mitarbeiterseminar zum wissenschaftlichen Schrei-

ben für die Einzelstunde immer ein Computerraum reserviert. Die Stunden, in denen die Schülerinnen und Schüler eigenständig in den Abteilungen arbeiten durften, sind in der Tabelle kursiv dargestellt; Mitarbeiterseminare zu projektbezogenen Themen (etwa zum wissenschaftlichen Schreiben) sind fett gedruckt. Im Folgenden sollen einige ausgewählte Mitarbeiterseminare vorgestellt werden.

Im **ersten Mitarbeiterseminar** trat die Lehrkraft in Funktion eines Vorstandsmitgliedes der Firma *Windhösel-Kraftwerke* auf, stellte die Firma mit Hilfe einer Powerpoint-Präsentation vor und teilte den Schülerinnen und Schülern mit, dass ein neuer Standort mit verschiedenen **Forschungsabteilungen eröffnet** werden solle. Dafür sollten im Folgenden die Abteilungsleiterinnen oder Abteilungsleiter ausgewählt werden. Zunächst wurden typische Qualifikationen im Klassenverband gesammelt, die eine gute Führungskraft oder gute Beschäftigte haben sollten. Einige Beispiele der Schülerinnen und Schüler sind in Tabelle 19 dargestellt. Es wurde betont, dass jedes Mitglied der Firma *Windhösel-Kraftwerke* nach seiner Position in der Firma beurteilt werden würde. Daraufhin bewarb sich jede Schülerin und jeder Schüler in einem kurzen Statement auf eine leitende Position oder eine Mitarbeiterstelle. Auf Grundlage dieser Bewerbungsgespräche bestimmte die Lehrkraft jeweils die Abteilungsleiterinnen und Abteilungsleiter, welche in einem nächsten Schritt die Mitglieder ihrer Arbeitsgruppen selbst zusammenstellten. Dies erfolgte außerhalb des Klassenzimmers. Die ausgewählten Abteilungsleitenden wählten nacheinander zunächst ein Mitglied in ihre Gruppe und dann in umgekehrter Reihenfolge das zweite Mitglied und so weiter, bis alle Mitglieder der Klasse auf die Abteilungen verteilt waren. Die Wahl erfolgte nicht vor der Klasse, da so mögliche Probleme innerhalb der Abteilungen von Anfang an minimiert werden können. Abschließend wurden die künftigen Abteilungsleiterinnen und Abteilungsleiter noch einmal mit ihren Aufgaben und ihrer Verantwortung vertraut gemacht. Wieder im Klassenverband wurden die Zusammensetzungen der Abteilungen bekannt gegeben und auf die beiden wichtigen folgenden Mitarbeiterseminaren zu den Arbeitsweisen hingewiesen. An dieser Stelle endete die erste Stunde.

Tab. 19: Eigenschaften, die ein guter Abteilungsleiter/ ein guter Mitarbeiter haben sollte (Beispiele aus dem Brainstorming der Schülerinnen und Schüler)


Abteilungsleiter	Mitarbeiter
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organisationstalent, Zeitmanagement</li> <li>• Ausdrucksfähigkeit (klare Anweisungen)</li> <li>• Führungsstärke</li> <li>• Personalkompetenz, Koordination</li> <li>• Problemlösefähigkeit</li> <li>• Kompromissbereitschaft</li> <li>• Hilfsbereitschaft, Motivationstalent</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zuverlässigkeit</li> <li>• Unterordnung, Respekt</li> <li>• Praktische Fähigkeiten</li> <li>• Fleiß, Konzentration</li> <li>• Teamfähigkeit</li> <li>• Kritikfähigkeit</li> <li>• Disziplin</li> </ul>

In der **folgenden Doppelstunde** wurden die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Firma *Windhösel-Kraftwerke* in die **methodischen Arbeitsweisen** der Firma eingeführt. So wurde eine Stunde zum



Problembasierten Lernen gestaltet, in welcher der Kreisprozess vorgestellt und an einem Beispiel exemplarisch verdeutlicht wurde. Ebenso wurden in diesem Zusammenhang der unterstützende Protokollbogen vorgestellt, der in den selbstständigen Arbeitsphasen ausgefüllt werden sollte. Im Anschluss wurde die Bedeutung der Dokumentation der eigenen Arbeit betont und eine kurze Einführung in das Erstellen eines Arbeitsjournals und die damit verbundenen Ziele gegeben. Die Schülerinnen und Schüler bekamen die Aufgabe, den Projektfortschritt individuell zu dokumentieren (Themen, Probleme, Vorgehen, Ergebnisse der Stunde). Außerdem sollten sie reflektieren, was in den jeweiligen Stunden gut oder weniger optimal gelungen ist, wobei dies nicht nur bezogen auf das Projekt, sondern auch auf die Arbeit in der Gruppe erfolgen sollte. Ergänzend sollten eigene Skizzen, Gedanken, Überlegungen und Fragestellungen notiert werden. (Somit handelt es sich nicht um die Erstellung eines Portfolios im eigentlichen Sinne, sondern eher um ein Arbeitsjournal [Bräuer 2000:19-24].) Im Anschluss bekamen die einzelnen Abteilungen, das Anschreiben der Firma, das den eigentlichen Arbeitsauftrag enthielt (siehe Abb. 15, Seite 133). Den Abteilungen wurden keine ergänzenden Einschränkungen (bezogen auf Budget oder Material) gemacht und sie wurden über den geplanten zeitlichen Ablauf (siehe Tab. 18, Seite 135) informiert.

Eine zentrale Hilfestellung für die Schülerinnen und Schüler stellt das **Mitarbeiterseminar zum Wissenschaftlichen Schreiben** in der fünften Woche der Unterrichtseinheit dar. Die Mitarbeiterinnen



Windhösel Kraftwerke AG — Zeichenstr. # 300700 LucyCity — Telefon: (0 82 21) 32 87 389 Telefax: (0 12 12 0) 17 54 86 www.windhoezel-kraftwerke.lucycity.net

An die Abteilungsleiter und ihre Forschungsabteilungen

im Hause LucyCity, 13.04.2011

**Einladung zum Mitarbeiterseminar mit dem Thema „Wissenschaftliches Schreiben“**

Liebe Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen,

am kommenden Mittwoch findet in unserem Haus ein Seminar zum Thema Wissenschaftliches Schreiben statt. Dieses soll Sie auf die Publikation Ihrer Arbeit vorbereiten.

Nach dem Vortrag des Referenten erhalten Sie die Möglichkeit Ihre Fragen zu diesem Thema zu stellen und Einsicht in einige Ausarbeitungen zu nehmen. Um vollzähliges Erscheinen wird gebeten.

Mit freundlichen Grüßen

*Verena Jannack*  
Vorstandsmitglied der Windhösel Kraftwerke AG

Article ————— LCSM

**Title (Arial, 16 pt, bold)**

*Author name<sup>a</sup>, Verena Jannack<sup>b</sup> and Nicole Marmé<sup>c</sup> (Arial, 10 pt, bold, italic)*

a) address of the author's host institute  
b) Business-Geography: Berlin/Str. 168, 69120 Heidelberg, Germany  
c) contact information of the corresponding author (e.g. e-mail)

**Abstract (Arial 12 pt, bold, centered)**

**The abstract has to be written necessarily in English language. It has to be longer than 100 and less than 200 words. The abstract has to be self-explanatory and should summarize the main points of the article. (Arial, 10 pt, bold, centered)**

**1. Introduction (Arial 11 pt, bold)**

In this chapter the authors should introduce into the topic of the article. Therefore, more general background information helping to understand the article should be given. If possible, the information should be documented by references. Furthermore, the introduction describes the main questions of the investigated problem. In particular the relevance of the presented work can be addressed. (Body text: Times New Roman, 11 pt)

**2. Materials and methods (Arial, 11 pt, bold)**

This paragraph describes all methods (for example experimental protocols) that are used for investigation of the presented problem. Moreover, the sources of the used materials are given.

**3. Results (Arial, 11 pt, bold)**

This is the main section of the article and has often further subtitles. Here, the authors show their results of their work. Thereby, the authors have to be as objective as possible and write in a very clear, accurate and "simple" way, so that everybody can follow and reproduce the results. The descriptions are often supported by figures and tables.

**4. Discussion (Arial, 11 pt, bold)**

The authors can discuss and assess their work including personal opinions. Additionally, the authors usually give an outlook to future work and finally summarize the obtained results briefly.

**Acknowledgement (Arial, 11 pt, bold)**

In this section the authors usually thank people who contributed to the presented work but are not listed as author. Furthermore, financial support is often acknowledged.

**References (Arial, 11 pt, bold)**

Table 1: title of the table and further information, if necessary. (Times New Roman, 10 pt, italic)

section	font	size
Title	arial	16 pt, bold
Abstract	arial	10 pt, bold
Results	Times new roman	11 pt
Figure caption	Times new roman	10 pt, italic
Reference	Times new roman	10 pt

[1] M.C. Wittrock, "The cognitive movement in instruction" *Educational Psychologist*, 1978, 23-29.  
[2] Autor, "Title", *Journal*, year, page. (Times New Roman, 10 pt)

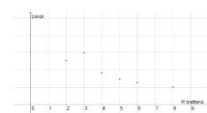


Figure 1: The figure capture should contain all information needed for understanding the figure without excessive reading the text. Figures can be of very different nature, e.g. images, photos, cartoons or schemata. (Times New Roman, 10 pt, italic)

1

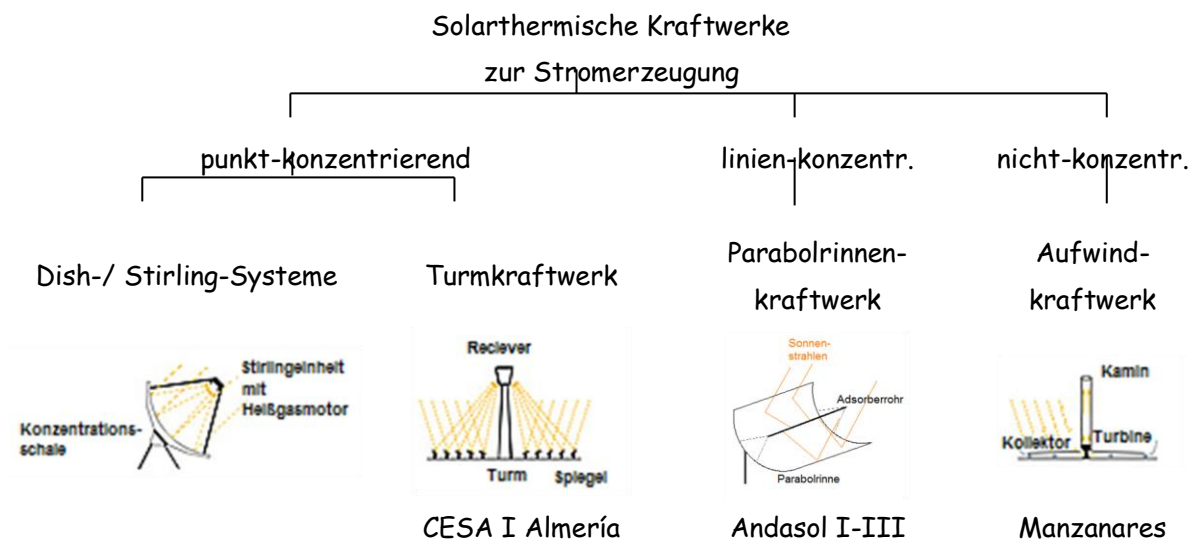
**Abb. 17: Materialien für das Mitarbeiterseminar zum Wissenschaftlichen Schreiben**  
links: Einladung an alle Firmenmitglieder,  
rechts: Template des LucyCity Science Magazine (von Nicole Marmé persönlich erhalten)

und Mitarbeiter wurden im Vorfeld mit einem Aushang im Klassenzimmer zu dem obligatorischen Seminar eingeladen (siehe Abb. 17, vorige Seite). Durch die Arbeit mit wissenschaftlichen Artikeln sollen die Angestellten der *Windhösel-Kraftwerke* auf das Schreiben ihres eigenen Artikels vorbereitet werden. Im Unterricht wurde ein Artikel von Laurens Howle [2009] eingesetzt, der sich mit der Effektivität von Windblättern beschäftigt, die nach dem Vorbild von Walflossen produziert wurden. Es handelt sich um einen anspruchsvollen Artikel in englischer Sprache, der neben den Formalien vor allem für die inhaltliche Analyse geeignet ist. Ziel ist es, gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern die Struktur des Textes (Zusammenfassung, Einleitung, Methoden, Ergebnisse, Ausblick) sowie die formalen Besonderheiten (Zitate und Quellen sowie Bild- und Tabellenunterschriften) herauszuarbeiten. Obwohl die inhaltlichen Ergebnisse des Artikels nicht im Fokus der Unterrichtsstunde stehen, dient die Auswahl des Beispielartikels der Förderung der im Bildungsplan angesprochenen Kompetenz „naturwissenschaftlich-technische, auch englischsprachige, Texte“ [MKJS 2004d:398] zu verstehen. Abschließend erhielt jede Abteilung das *Template* des *Lucycity Science Magazines* (siehe Abb. 17), das den Aufbau und das Format für den geforderten Artikel liefert. Abschließend wurden die Fragen der Schülerinnen und Schüler beantwortet und noch einige Tipps zum Schreiben eines Artikels gegeben. Insbesondere wurde auf die Zeitfenster hingewiesen, in denen ein Computerraum zur Verfügung stehen würde, so dass der Artikel nach und nach parallel zu den praktischen Arbeiten am Modell entstehen konnte. (Bietet der schulische Rahmen ständig verfügbare Computerarbeitsplätze, kann die zeitliche Planung auch in die Hände der Schülerinnen und Schüler übergeben werden.) Das Template wurde den Abteilungen im Folgenden auch digital zugänglich gemacht und konnte so – wie bei den meisten Zeitschriften üblich – auch als Formatvorlage dienen.


Exemplarisch soll an dieser Stelle noch ein **thematisches Mitarbeiterseminar** ausführlich vorgestellt werden. Die Inhalte weiterer inhaltlicher Mitarbeiterseminare werden im Anschluss kurz beschrieben. Im Seminar zur **Solarenergie** sollen die Schülerinnen und Schüler einen Überblick über die verschiedenen solarthermischen Kraftwerke und ihre gemeinsame Wirkungsweise erhalten. Um einen Überblick und auch einen Eindruck der enormen Größe solcher Anlagen zu gewinnen, wurde ein Film eingesetzt. Hier gibt es im Fernsehen immer wieder Reportagen und auch im Internet findet man eine große Auswahl. Beim Unterrichtsversuch wurde ein Film gewählt, der die Funktionsweise von Parabolrinnen- und Turmkraftwerken vorstellte und auch auf die Möglichkeit der Energiespeicherung in Salztanks einging (ZDF-Dokumentation „abenteuer wissen“, Zugriff war damals über die Mediathek möglich). Die Schülerinnen und Schüler sollten sich während des Films Notizen zu den vorgestellten Kraftwerken, deren Funktionsweise und Möglichkeiten der Energiespeicherung machen. Die Ergebnisse wurden anschließend im Plenum gesammelt und in einem gemeinsamen Tafelanschrieb zusammengefasst und gesichert. Die Möglichkeit der Dish-/Stirlingsysteme wurde im Lehrervortrag ergänzt. Die fertige Übersicht sollte später auch das Aufwindkraftwerk enthalten.

Solarthermische Kraftwerke

1. Klassifizierung



2. Funktionsweise

Solarstrahlung	Kollektor	Strahlungsempfänger	Turbine/ Stirlingmotor	Generator
	Sammeln und ggf. Konzentrieren der Strahlungsenergie	Umwandlung der Photoenergie in Wärme UND Wärmeübertragung an Wärmeträgermedium	Umwandeln der thermischen Energie in mechanische Energie	Umwandeln der mechanischen Energie in elektrische Energie

3. Nachtbetrieb - Systeme zur Wärmespeicherung

(a) Speicherung der Wärme in Salzschnmelzetanks (Parabolrinnenkraftwerke)

Tagsüber wird das Salz geschmolzen. Nachts nutzt man die Rekristallisationswärme zur Erwärmung des Wärmeträgermediums.

(b) Speicherung der Wärme in Wasserbehältern (Aufwindkraftwerk)



Abb. 18: Tafelanschrieb bzw. Hefteintrag der Schülerinnen und Schüler in den beiden Mitarbeiterseminaren zu solarthermischen Kraftwerken und deren Nachtbetrieb (Skizzen frei nach wikipedia)

Diesen Teil konnten die Schülerinnen und Schüler nach der Internetrecherche eigenständig ergänzen. Für die Erarbeitung dieses ersten Überblicks hätte es weitere methodische Möglichkeiten (wie Recherchen oder Informationstexte) gegeben, allerdings sollten die Schülerinnen und Schüler mit dem Film die Möglichkeit erhalten, Bilder echter Anlagen zu sehen. In den weiteren Mitarbeiterseminaren

zur Solarthermie wurden die Schwerpunkte auf den Nachtbetrieb sowie die Funktionsweise von Generatoren und Transformatoren gelegt. Bei der zweiten Thematik wurde ein Demonstrationsexperiment zur magnetischen Induktion sowie Rechenübungen zu Wicklungszahlen von Spulen durchgeführt. Dabei mussten die Schülerinnen und Schüler auf das bereits erworbene Wissen aus der Physik zurückgreifen, womit die Bedeutung der Basiswissenschaft betont wurde, wie es im Bildungsplan für das Fach NwT gefordert wird [MKJS 2004d:398]. Der fertige Tafelanschrieb/Hefteintrag zu den Solarthermischen Kraftwerken (noch ohne das Seminar zu Generatoren und Transformatoren) ist in Abbildung 18 (vorige Seite) dargestellt.

Im **Mitarbeiterseminar zum Thema Windenergie** wurden zuerst der Aufbau und die Bestandteile einer Windenergieanlage erarbeitet. Danach wurde der Fokus auf den Begriff des Wirkungsgrades gerichtet. Zunächst sollten die Schülerinnen und Schüler einen beschriebenen Versuch auswerten und dabei die Formel für den Wirkungsgrad kennenlernen. Im Anschluss sollten sie selbst ein Experiment planen, bei dem der Wirkungsgrad in Abhängigkeit der Anzahl der Rotorblätter getestet werden sollte. Hier wurde betont, dass alle anderen Variablen im Experiment konstant gehalten werden müssen, um so die eigene Forschung mit dem Aufwindkraftwerk zumindest indirekt vorzubereiten. Im Zusammenhang mit dem Aufbau und den Rotorblätter hätte man noch einmal auf den Artikel von L. Howle [2009] (aus dem Mitarbeiterseminar zum wissenschaftlichen Schreiben) zurückkommen können, um in diesem Zusammenhang die Bedeutung der Bionik aufzugreifen. Darauf wurde im Unterrichtsversuch aber aus Zeitgründen verzichtet.

Das **Mitarbeiterseminar zum Thema Wasserkraft** diente in erster Linie zum Kennenlernen und Vergleichen verschiedener Kraftwerkstypen sowie den jeweils eingesetzten Turbinen. Die Erarbeitung erfolgte mit Hilfe eines Informationstextes, sodass gleichzeitig auch der Umgang mit Texten geschult wurde. Am Beispiel des Pumpspeicherkraftwerks wurde eine Möglichkeit für die Speicherung von Energie aus regenerativen Quellen angesprochen und die Problematik diskutiert. Hier hätte man auch auf den aktuellen Forschungsstand anderer Technologien (wie zum Beispiel den Einsatz von Lithium-Ionen-Akkumulatoren im großtechnischen Bereich) eingehen können.

Im **Mitarbeiterseminar zum Thema Biomasse** können besonders gut Vernetzungen zu den Basiswissenschaften hergestellt werden. So sollten die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass die Energie, die in Biomasse steckt, aus der Photosynthese stammt und somit indirekt zur Solarenergie gezählt werden kann. Es wurden verschiedene Verfahren zur energetischen Nutzung von Biomasse sowie deren Herkunft erarbeitet. Abschließend wurde der Weg von Raps zu Biodiesel besprochen. In Abhängigkeit von den fachlichen Voraussetzungen aus der Chemie wurde auch auf den Reaktionstyp der Veresterung eingegangen.

## 4.5 Lucy's Diner

Die amerikanische Restaurantkette *Lucy's Diner* hat ihren Sitz in *Lucycity* und eröffnet regelmäßig neue Filialen an unterschiedlichen Orten in den USA. Dazu sollen die Schülerinnen und Schüler ein Restaurantkonzept entwickeln, das den Besonderheiten des jeweiligen angedachten Standortes gerecht wird [Knemeyer, Keller & Marmé 2011; Marmé 2009a]. Die Idee, die Chemie und Physik des Kochens mit einer Restauranteröffnung zu verknüpfen, wurde im Arbeitskreis erstmals im Rahmen einer Staatsexamsarbeit umgesetzt und bei weiteren Unterrichtsdurchführungen von verschiedenen Lehrkräften weiterentwickelt. Die Mitarbeiterseminare wurden für den Einsatz in diesem Projekt angepasst und entsprechend des *Design-based Research*-Ansatzes zwischen den einzelnen Schuljahren optimiert und ergänzt. Im Folgenden soll zunächst ein grober Überblick über mögliche Ziele des Projekts gegeben werden, bevor im Anschluss die konkrete Unterrichtseinheit kurz vorgestellt wird.

Der **Auftrag** der Restaurantkette *Lucy's Diner* (vgl. Auftrag Abbildung 3 im Anhang) beinhaltet die Erstellung einer Gesamtkonzeption, die an den jeweiligen Standort angepasst ist, sowie einer englischsprachigen Speisekarte. Aus dieser soll am Ende ein 3-Gänge-Menü zubereitet werden, das einer Jury vorgestellt wird und neben Konzept und Speisekarte als Bewertungsgrundlage dient.

In den Mitarbeiterseminaren können neben projektbezogenen Themen (wie etwa Kostenkalkulation) Inhalte aus dem Themenfeld Ernährung behandelt werden, die teilweise explizit im Bildungsplan 2004 für das Fach Naturwissenschaft und Technik gefordert werden. Darüber hinaus ist wiederum eine individuelle Schwerpunktsetzung durch die Lehrkraft möglich, die weitere **Themen** aus den Basiswissenschaften Biologie, Chemie und Physik aufgreifen kann. So ist es beispielsweise möglich, die Chemie und Physik in der Küche zu fokussieren. In diesem Zusammenhang könnte der Weissenberg-Effekt thematisiert werden, der erklärt, warum sich der Teig am Rührgerät nach oben arbeitet. Einen Überblick über mögliche Themen für Mitarbeiterseminare und ihren Bezug zum Bildungsplan 2004 gibt Tabelle 20 (nächste Seite).

Kann das Kochen für die Jury aufgrund der **schulischen Rahmenbedingungen** nicht in der Schule stattfinden und wird kein Wert auf den bilingualen Aspekt des Projekts gelegt, kann der Auftrag derart abgeändert werden, dass ein Konzept für einen Partyservice in einer deutschen Stadt entwickelt werden soll (vgl. Auftragschreiben Abbildung 5 im Anhang). Die Ausarbeitung eines Konzepts und die Zusammenstellung eines Angebots (in diesem Fall in deutscher Sprache) bleiben identisch, allerdings ergeben sich für die abschließende Ergebnispräsentation kleine Änderungen. Die Speisen müssen von den Schülerinnen und Schülern zu Hause vorbereitet und mitgebracht werden. An der Präsentation mit anschließender Verkostung kann dann aber die ganze Klasse teilnehmen, da die

übrigen Schülerinnen und Schüler in diesem Fall nicht selbst mit der Zubereitung ihres Menüs beschäftigt sind. Bei dieser Durchführungsart kann als weiterer Feedback-Baustein, das Peer-Assessment aufgegriffen werden, bei dem die Performance von den Mitschülerinnen und Mitschülern evaluiert wird.

Tab. 20: Überblick über mögliche Mitarbeiterseminare im Projekt *Lucy's Diner*

	<b>Themen für Mitarbeiterseminare</b> (veränd. nach [Knemeyer et al. 2011])	<b>Bezug Bildungsplan 2004 NwT</b> [MKJS 2004d:400-402]
Projektbezug	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostenkalkulation</li> <li>• Portionsgrößen</li> </ul>	
Fächerübergreifende Aspekte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bestandteile von Lebensmitteln (Aufgaben, chemische Struktur)</li> <li>• Nachweisreaktionen von Nährstoffen (Zucker, Proteine, Fette, Kohlenhydrate)</li> <li>• Konservierungsmethoden (gestern und heute)</li> <li>• Brennwertberechnung und Brennwertbestimmung</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „[...] Nähr- und Zusatzstoffe in Nahrungsmitteln nachweisen und deren Bedeutung begründen;</li> <li>• Konservierungsmethoden von Lebensmitteln vergleichen und bewerten;</li> <li>• Ernährungsgewohnheiten und -pläne im Hinblick auf gesundheitliche und ökologische Folgen beurteilen;</li> <li>• an einer Zivilisationskrankheit Ursachen und Folgen aufzeigen;</li> <li>• medizintechnische Diagnose- und Therapieverfahren erklären.“</li> <li>• „[...] die Zusammensetzung eines Alltagsproduktes ermitteln;</li> <li>• die Wirkung von Inhaltsstoffen eines Produktes begründen.“</li> <li>• „[...] chemische Trennverfahren durchführen;</li> <li>• chemische Nachweise und Analyseverfahren durchführen;</li> <li>• mikrobiologische und enzymatische Untersuchungen durchführen; [...]“</li> </ul>
Biologie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ernährungspläne, -pyramide</li> <li>• Verdauung</li> <li>• Vitamine und Mineralstoffe sowie ihre Wirkungsweisen</li> <li>• Herz-Kreislauf-Erkrankungen und ihre Behandlungsmöglichkeiten</li> </ul>	
Chemie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fette und Öle</li> <li>• Käse-/Butterherstellung</li> <li>• Maillard-Reaktion</li> <li>• Chemische Trennverfahren</li> </ul>	
Physik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmeübertragung und Garmethoden</li> <li>• Weissenberg-Effekt</li> <li>• Mikrowelle</li> </ul>	
Geographie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herkunft von Gewürzen</li> </ul>	

Im Rahmen dieser Arbeit wurde das Projekt im NwT-Unterricht der achten Klassen an einem Gymnasium in Baden-Württemberg durchgeführt. Es standen elf Schulwochen (etwa ein Drittel Schuljahr) zur Verfügung und im Stundenplan waren jeweils eine Doppel- und zwei Einzelstunden pro Woche ausgewiesen. Der **Verlauf der Unterrichtseinheit** ist in Tabelle 21 dargestellt. Dort werden die Themen der einzelnen Stunden sowie die Stunden für die eigenständige Arbeit am Firmenauftrag ausgewiesen. In den ersten fünf Wochen wurde der Firmenauftrag jeweils in einer Einzelstunde bearbeitet, um die Doppelstunden für fach- bzw. themenbezogene Experimente nutzen zu können. In der zweiten Hälfte der Unterrichtseinheit war immer die Doppelstunde für die eigenständige Arbeit in den Abteilungen reserviert. Die Abschlusspräsentation fand an einem Nachmittag (vier Schulstunden) in der Schulküche der benachbarten Realschule statt. Da das Gymnasium keine eigene

Schulküche zur Verfügung hatte, konnten im Vorfeld keine praktischen Erfahrungen im Rahmen des Unterrichts gesammelt werden.

Bei der Durchführung kam es in einzelnen Klassen zu einer zeitlichen Verschiebung, die es ermöglichte, weitere Themen zu diskutieren, welche die jeweilige Lerngruppe interessierte (zum Beispiel essbedingte Krankheiten etc.).

Tab. 21: Unterrichtsverlauf des Projekts Lucy's Diner mit themen- und aufgabenbezogenen Mitarbeiterseminaren sowie 12 Stunden eigenständiger Arbeit im Projekt (+4 Stunden Forschung)

1	<b>Bildung der Abteilungen</b>	<b>Einführung Problembasiertes Lernen (PBL)</b>	Was verrät uns das Etikett? Bestandteile der Nahrung
2	<i>Arbeit am Projekt (Ideensammlung)</i>	Bausteine der Nährstoffe	Praktikum: Nachweisreaktionen von Nährstoffen
3	<i>Arbeit am Projekt (Rezepte sichten)</i>	Verdauung	Energiegewinnung im Körper, Brennwert, Funktionsweise Kalorimeter
4	<i>Arbeit am Projekt (Konzept)</i>	Vitamine, Vitamin C-Nachweis	Praktikum: Bestimmung des Brennwerts von Knäckebrot oder Cornflakes
5	<i>Arbeit am Projekt (Konzept)</i>	<i>Planung Forschung zu Vitamin C-Gehalt</i>	<i>Praktikum: Forschung zu Vitamin C-Gehalt, Dokumentation in Zeitungsartikel</i>
6	<i>(Zeitungsartikel Rest)</i>	<b>Kostenkalkulation, Portionsgrößen</b>	<i>Arbeit am Projekt (Konzept, Speisekarte)</i>
7	Ernährungskreis, Regeln der DGE	Ernährungspyramide, Ernährungsformen	<i>Arbeit am Projekt (Speisekarte, Menüauswahl)</i>
8	Garungsarten	Wärmeübertragung	<i>Arbeit am Projekt (Speisekarte, Präsentation)</i>
9	Konservierung	Konservierungsarten	<i>Arbeit am Projekt (Speisekarte, Präsentation)</i>
10	Lebensmittelzusatzstoffe	Wohlstandskrankheit Herzinfarkt	PRÄSENTATION in der Schulküche (4 Stunden)
11	KA	Besprechung KA Evaluation	(Anmerkung: vorverlegt für PRÄSENTATION in der Schulküche)

Die **Mitarbeiterseminare zu Beginn** der Unterrichtseinheit, in denen die Firma vorgestellt und die Abteilungen gebildet wurden, sowie das Problembasierte Lernen eingeführt wurde, verliefen wie im letzten Teilkapitel beschrieben (siehe S. 136). Allerdings wurde hier auf den Einsatz einer Powerpoint-Präsentation verzichtet. Dafür wurde der Kreisprozess an einem theoretischen Beispiel etwas ausführlicher erläutert als bei den zehnten Klassen. Im Folgenden soll ein kurzer Einblick in ausgewählte thematische Mitarbeiterseminare bzw. deren Einbettung gegeben werden.

Im **Mitarbeiterseminar „Nährstoffe“** wurden zunächst die Nahrungsbestandteile aus der vorigen Stunde wiederholt. Dann wurden der schematische Aufbau und die Aufgaben der Nährstoffe besprochen: Kohlenhydrate als (kurzfristiger) Energielieferant, Proteine als Baustoffe und Fette als Energiespeicher. Das Wissen um den schematischen Aufbau wurde eine Woche später bei der Verdauung nochmals vertiefend wiederholt. Das anschließende Praktikum zu Nährstoffnachweisen war eher phänomenologisch aufgebaut. So wurde das Vorgehen der Nachweisreaktionen (Fehlingprobe für

Zucker, Iod-Stärke-Reaktion, Ninhydrinlösung für Proteine und Fettfleckprobe) vorgegeben und die Schülerinnen und Schüler testeten die selbst gewählten Lebensmittel. Auf eine Erklärung der Versuche wurde aufgrund des geringen chemischen Vorwissens der Achtklässlerinnen und Achtklässler verzichtet. Allerdings wurden Ergebnisse, die so von den Schülerinnen und Schülern nicht erwartet wurden (wie etwa positiver Stärkenachweis bei Banane und Apfel), in der Klasse verglichen und diskutiert.

Das **Mitarbeiterseminar zu Energiegewinnung und Brennwert** legte zunächst den Schwerpunkt auf die Berechnung des Energiebedarfs eines Menschen (Grundumsatz und Leistungsumsatz). Dabei wurde der Begriff der Kalorie thematisiert. Es schloss sich eine Diskussion an, wie die Nährwertangaben auf den Lebensmittelverpackungen berechnet oder gemessen werden können. Daraus wurde der Versuchsaufbau in der Theorie entwickelt (Kalorimeter) und auf einen möglichen Schulversuch übertragen. In der kommenden Doppelstunde wurde der Brennwert von Cornflakes oder Knäckebrötchen im Schülerversuch experimentell bestimmt (Auszug aus der Experimentieranleitung siehe Abb. 19).

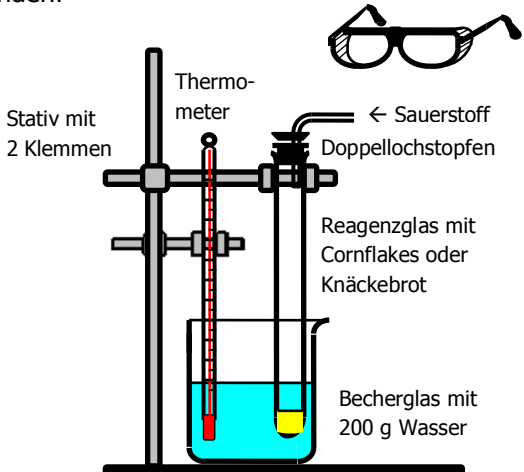
**Modellversuch zur Bestimmung des Brennwertes von Knäckebrötchen/Cornflakes**

*Überlege dir vor der Durchführung des Versuchs, was für eine Temperaturerhöhung du erwartest.*

**Sicherheit:** Schutzbrille tragen! Haare zurückbinden!

**Durchführung:**

1. Wiege die benötigte Menge Cornflakes oder Knäckebrötchen ab und fülle sie bis auf ein kleines Stück in das Reagenzglas.
2. Baue die Versuchsapparatur der Skizze entsprechend auf. Achte darauf, dass die Füllhöhe der Cornflakes/ des Knäckebrötchens einige cm unter der des Wassers liegt.
3. Notiere die Temperatur des Wassers.
4. Bitte die Lehrerin zu dir, sie stellt den benötigten Sauerstoffstrom ein. Warte, bis das Reagenzglas mit Sauerstoff gefüllt ist.
5. Greife das bereitgelegte Stück Cornflakes/ Knäckebrötchen mit einer Tiegelzange und entzünde es mit dem Feuerzeug. Öffne den Stopfen, gib das brennende Stück in das Reagenzglas und schließe den Stopfen sofort wieder.
6. Warte, bis die Reaktion vollständig abgelaufen ist und messe die Temperatur des Wassers erneut.
7. Lasse die Apparatur abkühlen und räume deinen Arbeitsplatz wieder auf.



Messwerte	
Masse Cornflakes/ Knäckebrötchen	$m =$
Masse Wasser im Becherglas	$m_W =$
Temperatur vorher	$t_1 =$
Temperatur nachher	$t_2 =$
Temperaturdifferenz	$\Delta\vartheta = t_2 - t_1 =$

Abb. 19: Auszug aus dem Arbeitsblatt zur Bestimmung des Brennwertes von Cornflakes bzw. Knäckebrötchen (NWT, Klasse 8, eigene Gestaltung)



Neben der Bearbeitung weiterer Themen wie Garungsarten (Kochen, Dünsten, Braten, Backen), Formen der Wärmeübertragung (Konvektion, Strahlung, Leitung) oder Konservierungsmethoden (Kühlen, Einkochen etc.) wurde ein kleines **Forschungsprojekt zum Thema Vitamin C** durchgeführt. Die Schülerinnen und Schüler erhielten den Auftrag, eine Forschungsfrage zur Veränderung des Vitamin C-Gehalts (etwa auf Grund von Konservierung oder Erhitzen) zu entwickeln und diese zu untersuchen. Im ersten Schuljahr ging es lediglich um diese beiden Aspekte. Im zweiten Schuljahr wurde der Arbeitsauftrag in einen kurzen *Lucycity*-Auftrag des *Institute of Food Science* der *Lucycity University* umgewandelt (vgl. Abbildung 4 im Anhang), der ergänzend die Darstellung der Forschungsergebnisse in Form eines Zeitungsartikels fordert. Ziel dieses eingeschobenen Forschungsprojektes war es, neben den inhaltlichen Kompetenzen (durch die Mitarbeiterseminare) und den allgemeinen Kompetenzen (beispielsweise durch die Methode PBL) auch naturwissenschaftliche Arbeitsweisen wie Hypothesenbildung und -untersuchung sowie das Schreiben über naturwissenschaftliche Themen zu fördern.

Etwa zur gleichen Zeit entstand das Schreibtraining von Annette Flechsig [Flechsig, Jannack, Knemeyer & Marmé 2014]. Für kommende Klassen bietet es sich an, das Schreibtraining im Rahmen eines Mitarbeiterseminares einzusetzen und den Auftrag des *Institute of Food Science* der *Lucycity University* im Anschluss bearbeiten zu lassen. Je nach Schwerpunktsetzung im Mitarbeiterseminar wäre es beim Einsatz in Klasse neun oder zehn auch denkbar, statt des Zeitungsartikels einen wissenschaftlichen Artikel zu verlangen.

## 4.6 Marmétics

*Marmétics* ist die Firma der ersten Stunde [Marmé 2009]. Sie beschäftigt sich mit Naturkosmetik und beauftragt ihre Abteilungen, eine Creme oder Pflegeserie für eine selbstgewählte Zielgruppe zu entwickeln und mit einem ausgearbeiteten Marketingkonzept zu bewerben (vgl. Abbildung 6 im Anhang). Dieses Projekt wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht im Unterricht durchgeführt oder weiterentwickelt. Es bietet allerdings die Grundlage für die im Rahmen dieser Arbeit evaluierten Lehrkräftefortbildungen und soll daher an dieser Stelle nur kurz vorgestellt werden.

Bei der Forschung und Herstellung der Cremes wird hauptsächlich die Förderung der bereits erwähnten allgemeinen Kompetenzen (Selbstständigkeit, Arbeit im Team, Frustrationstoleranz, Hilfsmittel sachgerecht nutzen etc.) angestrebt [Marmé 2009; Seeberg et al. 2011]. Darüber hinaus gibt es wiederum einige thematische Aspekte im Bildungsplan für das Fach NwT, die mit dieser Unterrichtseinheit erfüllt werden können (Wirkung von Inhaltsstoffen in Produkten begründen, chemische

Trennverfahren, Struktur-Funktionszusammenhang und sinnvolle Abschätzungen durchführen [MKJS 2004d:401f.] bzw. Eigenschaften von Stoffen und Produktherstellung [MKJS 2016a:20f., 22f.]. Außerdem können Grundlagen aus der Biologie (zum Beispiel Aufbau der Haut) und der Chemie (etwa Funktionsweise von Emulgatoren oder gegebenenfalls Fette und Öle) je nach Alter vermittelt oder vertieft werden.

Der Auftrag der Firma *Marmétics* hat die Besonderheit, dass die Produktionskosten der Creme und der zur Verfügung stehende Forschungsset genau vorgegeben sind [Marmé 2009; Seeberg et al. 2011]. Diese Aspekte erhöhen die Authentizität der Lernumgebung und geben einen Einblick in die Arbeitswelt von Forscherinnen und Forschern, da beispielsweise vor Beginn der Versuche ein Forschungsantrag gestellt und die benötigten Materialien bestellt werden müssen. In diesem Zusammenhang spielt auch die firmeneigene Homepage ([www.marmetics.lucycity.de](http://www.marmetics.lucycity.de)) eine große Rolle, da dort die verfügbaren Materialien (vgl. Abb. 20) und die Kosten abgerufen werden können. Die Arbeit der Schülerinnen und Schüler sollte auf jeden Fall durch Mitarbeiterseminare mit den Themen Bestandteile von Cremes, Forschungsantrag und -etat sowie Kostenkalkulation unterstützt werden.

Die praktischen Arbeitsphasen können von den Abteilungen in der Schule oder an außerschulischen Lernorten durchgeführt werden [Marmé & Knemeyer 2015; Seeberg et al. 2011]. Dazu gibt es bei der *experimenta* in Heilbronn mittlerweile auch die Möglichkeit, mit selbst hergestellten Cremes Forschungsfragen (etwa zu natürlichen Konservierungsmitteln) zu untersuchen [Marmé & Knemeyer 2015].

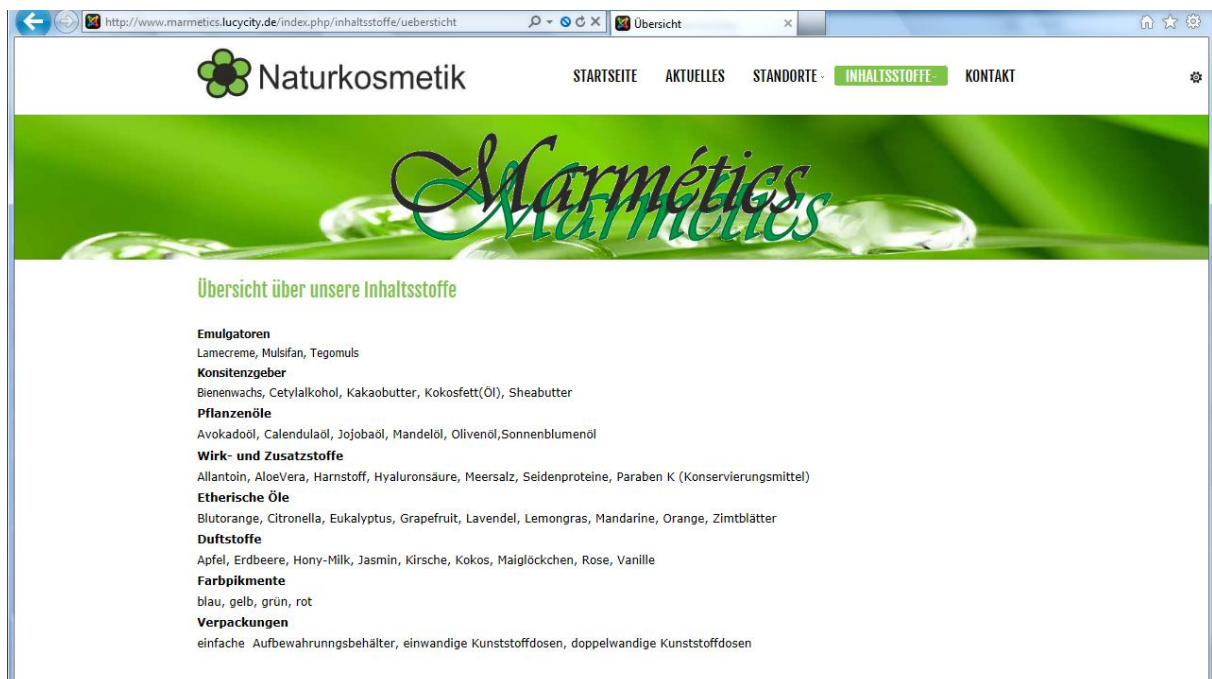


Abb. 20: Verfügbare Materialien zur Creme-Herstellung bei der Firma *Marmétics* [Marmétics 2016]

*„Gehe nicht, wohin der Weg führen mag,  
sondern dorthin, wo kein Weg ist,  
und hinterlasse eine Spur.“*

*[Jean Paul, dt. Schriftsteller]*

## 5. Studiendesign

Nachdem im letzten Kapitel das Unterrichtskonzept *Lucycity* sowie die im Rahmen dieser Arbeit beforschten Unterrichtseinheiten vorgestellt wurden, sollen in diesem Kapitel die Bestandteile der durchgeführten Befragungen erläutert werden.

Ziel der Arbeitsgruppe *didaktik-aktuell* ist es, praktikable Unterrichtseinheiten für den naturwissenschaftlichen Unterricht zu entwickeln, die den Schülerinnen und Schülern Spaß machen, ihr Interesse und ihre Aktivität im Unterricht erhöhen und gleichzeitig im Bildungsplan geforderte Kompetenzen fördern können. Eng mit diesem Ziel verknüpft sind die ersten beiden Forschungsfragen dieser Arbeit.

- (F1) Kann Problembasiertes Lernen (PBL) mit *Lucycity* im naturwissenschaftlichen Unterricht umgesetzt werden?
- (F2) Können mit den entwickelten Unterrichtsprojekten ausgewählte naturwissenschaftliche Arbeitsweisen gefördert werden?

Zur Untersuchung dieser beiden Fragestellungen wurden zwei *Lucycity*-Projekte ausgesucht und jeweils in zwei Unterrichtsversuchen umgesetzt. In einer Prä-Post-Befragung sollten die Schülerinnen und Schüler die jeweiligen Projekte evaluieren und ihren Kompetenzzuwachs im Bereich naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen einschätzen. Ergänzend wurde eine Fortbildung zu einem weiteren *Lucycity*-Projekt durchgeführt und die teilnehmenden Lehrkräfte als Fachleute dazu befragt.

Bei der Umsetzung von PBL im naturwissenschaftlichen Unterricht mittels *Lucycity* liegt der Fokus zunächst auf den angestrebten Zielen von naturwissenschaftlichem Unterricht: Spaß und Interesse

an naturwissenschaftlichen Themen zu fördern sowie Schülerinnen und Schüler im Unterricht zu aktivieren. Demnach soll an dieser Stelle nicht erhoben werden, inwiefern der Einsatz zur Leistungssteigerung beiträgt. Daraus ergeben sich drei Arbeitshypothesen, die sowohl in der Schülerbefragung als auch in der Lehrerbefragung untersucht werden sollen und daher als allgemeine Hypothesen H\_A bezeichnet und bereits hier aufgelistet werden.

(H1\_A) Schülerinnen und Schüler haben Spaß bei den Projekten in *Lucycity*.

(H2\_A) Die Projekte können das Interesse an naturwissenschaftlichen Themen fördern.

(H3\_A) Die Unterrichtseinheiten führen zu einer aktiven Mitarbeit der Lernenden.

Darüber hinaus werden in den jeweiligen Teilstudien weitere Hypothesen untersucht, die in den jeweiligen Teilkapiteln neben der Beschreibung der durchgeführten Studien vorgestellt werden. Die dortigen Bezeichnungen H\_S und H\_L ergeben sich aus dem Status der Befragten (Schülerinnen und Schüler bzw. Lehrerinnen und Lehrer).

Das Unterrichtskonzept *Lucycity* zeigt eine Möglichkeit auf, Problembasiertes Lernen in den Schulunterricht zu integrieren. Für die Gestaltung von Unterricht und damit den tatsächlichen Einsatz von PBL in der Schule sind allerdings die Lehrkräfte verantwortlich. Mit dieser Thematik beschäftigen sich die beiden zweiten Forschungsfragen dieser Arbeit.

(F3) Sind Lehrkräftefortbildungen für die Verbreitung von Problembasiertem Lernen (PBL) in den Schulen hilfreich?

(F4) Schätzen Lehrkräfte die Möglichkeit, das Unterrichtsprojekt in einer Fortbildung selbst durchlaufen zu können, und setzen sie die Fortbildungsinhalte im Folgenden in der Schule ein?

Diese beiden Fragestellungen wurden durch zwei Teilstudien untersucht. Zunächst wurde eine Lehrkräftebefragung durchgeführt, um zu erheben, ob PBL bereits im Unterricht eingesetzt wird und wie Lehrkräfte neue Methoden kennenlernen und erlernen. Dabei beinhaltet die Formulierung „erlernen“, dass die Methode nicht nur gekannt, sondern auch so weit verinnerlicht wurde, dass sie im Unterricht eingesetzt werden kann. Außerdem wurde eine Lehrkräftefortbildung durchgeführt und deren Teilnehmerinnen und Teilnehmer befragt. Dabei standen einerseits die Evaluation der Fortbildung und andererseits die Einschätzung des Unterrichtskonzepts *Lucycity* im Fokus.

Die Gestaltung der einzelnen Teilstudien sowie die damit untersuchten Hypothesen sollen in diesem Kapitel vorgestellt werden.

## 5.1 Unterrichtsversuch und Schülerbefragung

Die **Unterrichtsversuche** wurden an einem ländlichen Gymnasium im Regierungsbezirk Tübingen in Baden-Württemberg durchgeführt. Zu den Zeitpunkten der Unterrichtsversuche besuchten etwa 750 Schülerinnen und Schüler das Gymnasium, wobei der Mädchenanteil mit 52-53% repräsentativ war. Die Schülerinnen und Schüler können sich nach Klasse sieben für den sprachlichen Zug mit der dritten Fremdsprache Spanisch (nach Englisch und Französisch) oder den naturwissenschaftlichen Zug mit dem zusätzlichen Hauptfach Naturwissenschaft und Technik (NwT) entscheiden. Der NwT-Unterricht an diesem Gymnasium erfolgt nach dem Trimester-Modell. Das bedeutet, dass alle Schülerinnen und Schüler einer Klassenstufe, die NwT wählen, von der Schulleitung in drei Gruppen eingeteilt werden, die im Laufe des Schuljahres bei drei Lehrkräften drei Module zu verschiedenen Themen durchlaufen. Dabei erfolgt die Einteilung der Gruppen meist klassenweise, wobei es je nach Wahlverhalten auch vorkommen kann, dass einzelne Schülerinnen oder Schüler anderen Klassen zugeteilt werden, um die Gruppengrößen auszugleichen. Die Auswahl solcher „Sonderfälle“ trifft die Schulleitung meist aufgrund des Verhaltens im Klassenverband, so dass mit dieser Maßnahme teilweise auch verhaltensauffällige Schülerinnen oder Schüler isoliert werden.

In Klasse acht wird an dieser Schule das Modul „Ernährung“ und in Klasse zehn das Modul „Erneuerbare Energien“ durchgeführt. Die Unterrichtseinheiten *Lucy's Diner* und *Windhösel-Kraftwerke* wurden wie oben beschrieben in den entsprechenden NwT-Modulen umgesetzt. Die Unterrichtsversuche wurden in einem quasiexperimentellen Design in den, durch die Schulleitung eingeteilten, NwT-Gruppen durchgeführt. Die Zusammensetzung der Gruppe kann jedoch nur bedingt als natürlich gewachsen bezeichnet werden, da ein Teil der jeweiligen natürlich gewachsenen Klassen den Spanischunterricht besucht und die NwT-Teilklassen punktuell durch Schülerinnen und Schüler aus den Parallelklassen aufgefüllt wurden. Bei den Schülerinnen und Schülern, die den Parallelklassen zugeordnet wurden, handelt es sich bis auf eine Ausnahme um solche, welche im vergangenen Schuljahr durch Störungen aufgefallen waren. Die genaue Zusammenstellung der NwT-Gruppen kann Tabelle 22 (nächste Seite) entnommen werden.

Die Unterrichtseinheiten wurden mit **Prä-Post-Fragebögen** evaluiert. Durch die anonyme Befragung sollte die Bereitschaft zu ehrlichen Antworten gefördert werden. Da die Befragung während der Unterrichtszeit durchgeführt wurde, waren die Befragungssituationen weitgehend standardisiert und die Rücklaufquote lag bei 100% der verteilten Fragebögen. Die einleitenden Worte wurden bewusst so gewählt, dass die Befragung für die Pädagogische Hochschule Heidelberg durchgeführt werde und somit nicht im Zusammenhang mit der Leistung an der Schule stehe. Damit sollten Antworten im Bereich der sozialen Erwünschtheit minimiert werden. Bei den Befragungen fehlten jeweils einige Schülerinnen und Schüler, so dass (trotz 100%iger Rücklaufquote) keine Vollbefragung stattfinden

konnte. Auf eine nachträgliche Befragung der entsprechenden Schülerinnen und Schüler wurde verzichtet, da hierbei die Anonymität nicht mehr gewährleistet gewesen wäre, wodurch die Möglichkeit von verzerrten Antworten entstanden wäre.

Tab. 22: Zusammensetzung der NwT-Gruppen bezogen auf die Klassenstruktur

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
<b>Klasse 8.1 (Gesamt 51)</b>	Stammklasse/Parallelklasse Schülerinnen: 8/0 Schüler: 9/0	Stammklasse/Parallelklasse Schülerinnen: 2/0 Schüler: 16/0	Stammklasse/Parallelklasse Schülerinnen: 4/0 Schüler: 10/2
<b>Klasse 10.1 (Gesamt 46)</b>	Stammklasse/Parallelklasse Schülerinnen: 7/1 Schüler: 7/0	Stammklasse/Parallelklasse Schülerinnen: 3/0 Schüler: 11/2	Stammklasse/Parallelklasse Schülerinnen: 4/1 Schüler: 10/0
<b>Klasse 8.2 (Gesamt 61)</b>	Stammklasse/Parallelklasse Schülerinnen: 5/0 Schüler: 15/0	Stammklasse/Parallelklasse Schülerinnen: 5/0 Schüler: 14/1	Stammklasse/Parallelklasse Schülerinnen: 3/0 Schüler: 15/3
<b>Klasse 10.2 (Gesamt 53)</b>	Stammklasse/Parallelklasse Schülerinnen: 6/0 Schüler: 13/0	Stammklasse/Parallelklasse Schülerinnen: 12/0 Schüler: 5/0	Stammklasse/Parallelklasse Schülerinnen: 7/0 Schüler: 8/2

Bei der **ersten Befragung** der Achtklässlerinnen und Achtklässler lag der Schwerpunkt auf der Evaluation des Projektes mit einem kleinen Schwerpunkt im Bereich Kompetenzentwicklung. Bei der Befragung der zehnten Klassen lag der Befragungsschwerpunkt ebenfalls auf der Projektgestaltung und Durchführung. Die Gruppen wurden in dieser Klassenstufe überwiegend gleichgeschlechtlich eingeteilt, so dass dieses Gestaltungsmerkmal einen weiteren Aspekt der Befragung darstellte. In Bezug auf die zweite Befragungsrunde dienten die Fragebögen der Eingrenzung des weiteren Forschungsschwerpunktes, sodass es sich hier quasi um Pilotfragebögen handelte.

Wie bereits dargelegt, dienten die ersten Unterrichtsversuche in erster Linie der Erprobung der Unterrichtseinheit und deren Evaluation aus Sicht der Schülerinnen und Schüler. In diesem Sinne zielte der Prä-Fragebogen beim *Lucy's Diner*-Projekt (siehe Abbildung 7 im Anhang) lediglich auf die Erhebung von Erwartungen, Interessen und Essgewohnheiten ab. Durch die Antworten sollten eine gruppenspezifische Schwerpunktsetzung ermöglicht und gegebenenfalls Mitarbeiterseminare entwickelt werden, die im Interessengebiet der Schülerinnen und Schüler liegen. Die Erhebung der Interessen erfolgte überwiegend durch offene Fragestellungen. Da Schülerinnen und Schüler offene Fragen in Fragebögen erfahrungsgemäß allerdings häufig auslassen, wurden in Frage 3 verschiedene Antwortmöglichkeiten vorgegeben. Die Fragen in Block II sollten ebenfalls im Vorfeld mögliche problematische Essgewohnheiten aufdecken, um gegebenenfalls im Unterricht darauf eingehen zu können. Dabei wurden alle 51 Fragebögen ausgewertet ( $N_{8.1\text{vorher}}=51$ ).

Etwas detaillierter erfolgte die Gestaltung des Prä-Fragebogens für die zehnten Klassen (siehe Abbildung 9 im Anhang), die im Anschluss das *Windhösel*-Projekt durchlaufen sollten. Da es sich hier um eine sehr technische Aufgabenstellung handelt, die im Unterricht am Gymnasium eher selten behan-

delt wird, wurden zunächst technische Interessen sowie Vorwissen zu Aufwindkraftwerken und Problemlösestrategien erhoben. Außerdem Fragen zur Gruppenarbeit und Erwartungen an den monoedukativen Unterricht, da das Projekt der Firma *Windhösel* anschließend überwiegend in geschlechterhomogenen Gruppen bearbeitet werden sollte. Auch hier wurde aus oben genanntem Grund überwiegend auf geschlossene Fragestellungen zurückgegriffen. In dieser Klassenstufe wurden 44 Fragebögen ausgewertet ( $N_{10.1}=44$ ).

Die Post-Fragebögen beider Klassenstufen waren in Bezug auf allgemeine Fragen zur Aufgabe, Mitarbeit, Gruppenarbeit und Problemlösen aufeinander abgestimmt. Ergänzt wurde der Post-Fragebogen zum Projekt *Lucy's Diner* durch einen Bereich zum Thema Kompetenzen (siehe Abbildung 8 im Anhang) und der Fragebogen zum Projekt *Windhösel* durch einen Bereich zum getrennten Unterricht (siehe Abbildung 10 im Anhang). Beide Fragebögen schlossen mit einer Seite „Platz für Anregungen“. Es wurden 46 Fragebögen in Klasse acht ( $N_{8.1}=46$ ) und 44 Fragebögen in Klasse zehn ( $N_{10.1}=44$ ) ausgewertet.

In einem **weiteren Durchlauf** wurden die beiden Projekte wiederum wie oben beschrieben in achten bzw. zehnten Klassen durchgeführt und evaluiert. Auf Grundlage von Tendenzen der ersten Befragung wurde die Idee des monoedukativen Unterrichts verworfen und stattdessen die Kompetenzentwicklung genauer untersucht. In der Befragung des zweiten Unterrichtsversuchs waren die Fragebögen in beiden Klassenstufen aufeinander abgestimmt, so dass einerseits die Gesamtgruppe ausgewertet und andererseits ein Vergleich zwischen den Klassenstufen getroffen werden kann. Sowohl Prä- als auch Post-Test waren für eine gute Vergleichbarkeit identisch aufgebaut (siehe Abbildung 11 bis Abbildung 14 im Anhang).

Zunächst beinhalten die Fragebögen wie im ersten Durchlauf Fragen zu Interesse, Projekt und Problemlösen sowie zur Gruppenarbeit. Den neuen Schwerpunkt der Befragung stellt die Einschätzung der eigenen Kompetenzen vor und nach der Unterrichtseinheit dar. Das Kompetenzprofil enthält 16 Kompetenzen, wovon zehn direkt im Bildungsplan 2004 für das Fach NwT genannt werden. Sie werden ergänzt durch drei Kompetenzen, die im Bildungsplan umschrieben werden (Teamfähigkeit, Modellierung, Arbeitsweisen), sowie drei Kompetenzen, die im Auge der Verfasserin elementar für naturwissenschaftliches Arbeiten sind (Strukturierung, Dokumentation und Reflexion des Arbeitsprozesses). Die Schülerinnen und Schüler sollen die Kompetenzen auf einer fünfstufigen Likert-Skala einschätzen (das kann ich 1 schon gut – 2 eher gut – 3 teils teils – 4 eher (noch) nicht – 5 gar nicht). Durch die zufällige Zuteilung von Nummern konnten die Angaben vor und nach dem Projekt trotz anonymer Befragung verglichen werden. Die Prä-Fragebögen der Schülerinnen und Schüler, die an der zweiten Befragung nicht teilnahmen, wurden mit Hilfe der Nummern gezielt aussortiert. Somit konnte die Anonymität für alle Befragten gewahrt werden. Es wurden 59 Fragebogen-Sets bei der Befragung der achten Klassen ( $N_{8.2}=59$ ) und 49 Fragebogen-Sets bei der Befragung der zehnten Klas-

sen ( $N_{10.2}=49$ ) ausgewertet. Diese introspektiven Daten können in den meisten Fällen keine endgültige Aussage über die tatsächliche Kompetenzförderung durch die *Lucycity*-Projekte treffen, zumal eine Kompetenzentwicklung erst mit der Zeit beobachtbar wird. Allerdings können sie als erste Informationsquelle Hinweise für mögliche weitere Untersuchungen liefern.

Dennoch auftretende auffällige Mittelwertsdifferenzen in der Prä-Post-Befragung werden mit dem gepaarten t-Test linksseitig für die Nullhypothese  $H_0: \mu_1 - \mu_2 \geq 0$  auf Signifikanz getestet (dabei ist  $\mu$  der Mittelwert der Prä- bzw. Post-Befragung).

Die zweite Forschungsfrage (F2) muss bezüglich der geförderten naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen weiter ausdifferenziert werden. So ergaben sich im Laufe des Forschungsprozesses neben den bereits formulierten allgemeinen Hypothesen (H1\_A) bis (H3\_A) folgende Arbeitshypothesen für die Befragung der Schülerinnen und Schüler, die zur Abhebung von den Hypothesen der Lehrkräftebefragung mit H\_S gekennzeichnet werden.

- (H4\_S) Die Lernenden verbessern ihre Teamkompetenzen und ihre Zusammenarbeit.
- (H5\_S) Sie erkennen die Vorteile des Kreisprozesses zum Problemlösen und entwickeln (mindestens) eine Problemlösestrategie.
- (H6\_S) Die befragten Schülerinnen und Schüler schätzen ihre naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen nach dem Projekt besser ein, in Bezug auf
  - a) die Dokumentation und Reflexion der eigenen Arbeit,
  - b) Formulierung und Überprüfung von Hypothesen,
  - c) die kritische Nutzung des Internets und des Computers als Werkzeug,
  - d) das Verständnis naturwissenschaftlich-technischer Texte,
  - e) das Verfassen naturwissenschaftlich-technischer Texte.

Trotz der erwarteten positiven Ergebnisse im Unterrichtsversuch, hängt der Einsatz des Unterrichtskonzepts bzw. der zugrunde liegenden Methode PBL von den Lehrpersonen ab. Sie müssen die Methode kennen und sie in ihren Unterricht integrieren. Aus diesem Grund wurden die Verbreitung von Methoden und der Fortbildungsbedarf von Lehrkräften mit einem Fragebogen erhoben. Dieser und seine Zielsetzung sollen im nächsten Teilkapitel vorgestellt werden.



## 5.2 Befragung von Lehrkräften zur Verbreitung von Methoden und zum Fortbildungsverhalten

Da die zunehmend schülerzentrierten Methoden auch einen Wandel in der Lehrerrolle nach sich ziehen müssen, ist anzunehmen, dass neue Methoden nur in der aktiven Auseinandersetzung erlernt werden können. Demnach genügt es nicht, entsprechende Fachliteratur zu lesen, sondern es müssen Fortbildungen besucht werden.

Die Literaturanalyse legt die Vermutung nahe, dass immer noch verbreitet lehrerzentriert unterrichtet wird und dass vor allem das Problembasierte Lernen bisher noch keinen Einzug in den naturwissenschaftlichen Schulunterricht erhalten hat. Zur Untersuchung der Verbreitung verschiedener Unterrichtsmethoden und der Fortbildungsbereitschaft von Lehrkräften wurde ein Fragebogen entwickelt (siehe Abbildung 15 im Anhang), der folgende **Hypothesen** untersuchen soll:

(H7\_L) Die häufigste eingesetzte Unterrichtsmethode ist Frontalunterricht.

(H8\_L) Problembasiertes Lernen ist einem Großteil der Lehrkräfte nicht bekannt.

(H9\_L) Problembasiertes Lernen wird von naturwissenschaftlichen Lehrkräften derzeit im Schulunterricht unregelmäßig eingesetzt.

(H10\_L) Lehrkräfte bestätigen, dass zum Erlernen neuer Methoden Fortbildungen nötig sind.

(H11\_L) Lehrpersonen haben Interesse, an Fortbildungen zu Methoden teilzunehmen, wobei das Interesse mit zunehmendem (Dienst-)Alter sinkt.

Die zunächst auf Prüfung der Hypothesen angelegte Befragung bietet auch die Möglichkeit der Hypothesenerkundung. So können mit Hilfe der statistischen Daten eventuell Geschlechterunterschiede oder Unterschiede nach Alter, Dienstalter oder Fächern beobachtet werden. Diese könnten in neue Hypothesen münden, die in einer weiteren Studie untersucht werden könnten. Die Hypothesen (H8\_L) und (H9\_L) hängen inhaltlich zusammen, wurden aber bewusst beide ausformuliert. So ist davon auszugehen, dass PBL derzeit noch keinen Einzug in den naturwissenschaftlichen Unterricht erhalten hat, da es bei den Lehrkräften nicht bekannt ist. Sollte die Analyse der Daten allerdings ergeben, dass PBL bekannt ist und dennoch nicht eingesetzt wird, wäre es interessant, zu untersuchen, was die Gründe für dieses Lehrerverhalten sind.

Der **Fragebogen** (siehe Abbildung 15 im Anhang) erhebt zunächst die Kenntnis und den Einsatz von Methoden, die im Bildungsplan 2004 explizit erwähnt werden [MKJS 2004d, Einzelnachweise siehe Tabelle 1 im Anhang]. Die Liste wurde ergänzt durch Methoden, die vermeintlich eine große Verbreitung aufweisen (fragend-entwickelnde Verfahren) oder bei Lehrkräften besonders bekannt sind (Stationen lernen) oder spezielle Ansätze im naturwissenschaftlichen Bereich außerhalb Baden-Württembergs aufzeigen (Egg-Race, PING: Praxis integrierter naturwissenschaftlicher Grundbildung). Es wurden bewusst neben den Unterrichtsmethoden auch Sozialformen und Unterrichtskonzepte in

die Liste aufgenommen, weil davon ausgegangen werden kann, dass bei den Lehrkräften (wie in der Literatur auch) keine klare Trennung der Begriffe verankert ist und daher entsprechende Konzepte und Sozialformen anschließend in der offenen Frage nach weiteren Methoden genannt worden wären. Die Einschätzung soll anhand einer sechsstufigen Skala erfolgen. Dabei werden die drei Haupt-einstellungen „Anwenden“, „Kennen“ und „Nicht kennen“ jeweils in zwei Ausprägungen unterteilt, wobei darauf geachtet wurde, dass die sechs Kategorien alle möglichen Antworten abdecken und sich gegenseitig ausschließen.

Der zweite Teil umfasst Fragen zum Kennenlernen und Erlernen von Methoden, dem Interesse an einer methodischen Fortbildung sowie der Häufigkeit von eigenen Teilnahmen an Fortbildungen. Es handelt sich überwiegend um halboffene Fragen mit Antwortvorgaben. Dabei wurden Antworten vorgegeben, die mit großer Wahrscheinlichkeit von den Befragten genannt würden, aber es wurde auch die Möglichkeit für eine freie Antwort und damit andere Meinungen offen gelassen. Die Antwortmöglichkeiten dienten der Verminderung des Schreibaufwandes und sollten eine möglichst vollständige Beantwortung aller Fragen begünstigen. Das Fortbildungsverhalten wurde in geschlossenen Fragen erhoben.

Insgesamt wurde bei der Erstellung des Fragebogens auf eine verständliche Formulierung der Fragen geachtet. Die geschlossenen Fragen wurden durch Hinweise ergänzt, ob Mehrfachnennungen erwünscht oder eine eindeutige Antwort angestrebt wird, wodurch mögliche Fehlerquellen bereits im Voraus ausgeschlossen werden sollten. Das Deckblatt des Fragebogens enthält ein persönliches Anschreiben, das motivierend wirken und mögliche Bedenken abbauen soll. Außerdem wird ausdrücklich auf die Anonymität der Befragung hingewiesen, was in der Regel zu einer höheren Bereitschaft zur Teilnahme führt.

Die Befragung erfolgte mittels **Klumpenstichprobe**. So wurden einzelne Schulen ausgewählt, deren Lehrerkollegien vollständig befragt werden sollten. Der Fragebogen wurde an fünf Gymnasien verteilt. Das bereits oben beschriebene ländliche Gymnasium, an dem auch der Unterrichtsversuch stattfand, ein privates Gymnasium in Hessen und drei Gymnasien im Regierungsbezirk Karlsruhe, die insgesamt als städtisch bezeichnet werden können. Durch die räumliche Distanz der Schulen konnte gewährleistet werden, dass es zwischen den Untersuchungsobjekten der einzelnen Stichproben nicht zu Überschneidungen (etwa durch Teilabordnungen einzelner Lehrkräfte) kommen konnte. Die Fragebögen wurden von vor Ort unterrichtenden Kolleginnen und Kollegen verteilt, beworben und wieder eingesammelt. Die Kontaktaufnahme zu Personen vor Ort erfolgte durch persönliche Gespräche. Die Auswahl der Schulen kann schlussendlich als zufällig bezeichnet werden, da die Zuteilung der angeworbenen Lehrkräfte zu den Schulen im Vorfeld durch die zuständigen Behörden erfolgte. Die einzelnen Schulen weisen eine Streuung im städtischen und ländlichen Bereich auf und ermöglichen eine Erhebung über die Grenzen des Bundeslandes Baden-Württemberg hinweg. Die einzelnen Leh-

rerkollegien (Klumpen) können durch ihre Zusammensetzung intern als heterogen und untereinander als homogen angenommen werden.

Die jeweiligen Erhebungssituationen können bei dieser Art der Durchführung nicht kontrolliert werden. Die Lehrpersonen, die sich bereit erklären, den Fragebogen auszufüllen, können Zeitpunkt und Ort der Befragung selbst wählen. Dadurch kann gewährleistet werden, dass die Befragung ohne Zeitdruck und in einer angenehmen Umgebung bzw. Atmosphäre erfolgt. Die Angaben erfolgen freiwillig und anonym, so dass in Kombination mit der positiven Atmosphäre mit einem hohen Grad an Ehrlichkeit gerechnet werden kann.

Von insgesamt 160 an den fünf Schulen verteilten Fragebögen wurden 50 ausgefüllt zurückgegeben. Darüber hinaus wurden 20 Fragebögen an Einzelpersonen verteilt, die alle in der Rhein-Neckar-Region unterrichten, von denen 10 ausgefüllt wurden. Dies ergibt eine Stichprobengröße von  $N_{L1}=60$ , bei einer Rücklaufquote von 33% der verteilten Fragebögen. Die genaue Verteilung nach Geschlecht und Schule kann Tabelle 23 entnommen werden.

Tab. 23: Zusammensetzung der Stichproben der ersten und zweiten Lehrerbefragung

	Bundesland	Schulart	Frauen	Männer	Gesamt
<b>Befragung 1</b>	Schule 1	Hessen	10	7	17 (=N <sub>H</sub> )
	Schule 2-5	Baden-Württ.	15	18	33 } (=N <sub>BW</sub> )
	Einzelne	Baden-Württ.	7	3	10 }
	<b>Summe</b>		<b>32 (=N<sub>L1w</sub>)</b>	<b>28 (=N<sub>L1m</sub>)</b>	<b>60 (=N<sub>L1</sub>)</b>
<b>Befragung 2</b>	Baden-Württ.	<b>Real</b>	<b>26 (=N<sub>L2w</sub>)</b>	<b>13 (=N<sub>L2m</sub>)</b>	<b>39 (=N<sub>L2</sub>)</b>
<b>Befragung 1+2 Gesamt</b>			<b>58 (=N<sub>Lw</sub>)</b>	<b>41 (=N<sub>Lm</sub>)</b>	<b>99 (=N<sub>L</sub>)</b>

Zur Vertiefung wurde im Rahmen einer wissenschaftlichen Arbeit eine **weitere Befragung** (mit leicht verändertem Fragebogen, siehe Abbildung 16 im Anhang) zur Verbreitung handlungsorientierter Unterrichtsmethoden an Schulen durchgeführt. Neben den Fragen zum Fortbildungsverhalten, wurde mit dem Fragebogen erhoben, ob und wie die Methoden forschendes Lernen, IBSE und PBL/POL im Unterricht umgesetzt werden. Die Gestaltung des Fragebogens ermöglicht somit bezüglich der Hypothesen (H8\_L), (H10\_L) und (H11\_L) den Vergleich mit den Angaben der Gymnasiallehrkräfte aus der ersten Befragung. Darüber hinaus sollen durch die eher qualitative Frage bezüglich der Umsetzung Erkenntnisse zur Unterrichtspraxis gewonnen werden. Von 18 angefragten öffentlichen Schulen zeigten sich neun kooperativ und sendeten 46,5% der Fragebögen (40 von 86) vollständig ausgefüllt zurück. Dabei wurden drei Fragebögen von Lehrkräften einer Grund- und Werkrealschule, 36 Fragebögen von Lehrpersonen aus Realschulen und ein Fragebogen von einem Lehrer einer beruflichen Schule ausgefüllt. Da der Schwerpunkt dieser Arbeit auf der Sekundarstufe 1 liegt, wurde der Fragebogen aus der beruflichen Schule aussortiert. Die Angaben aus den Fragebögen der Grund- und Werkrealschulen beziehen sich jeweils auf die Klassen 7 bzw. 9, sodass deren Auswertung durchaus

sinnvoll erscheint. Somit konnten insgesamt 39 Fragebögen aus Real- bzw. Werkrealschulen ausgewertet werden ( $N_{L2}=39$ ).

### 5.3 Erprobung einer Fortbildung im Bereich PBL

Mit der Annahme, dass Fortbildungen für Lehrkräfte zum Erlernen neuer Methoden eine entscheidende Rolle spielen, wurden entsprechende Veranstaltungen entwickelt und vom Arbeitskreis *didaktik-aktuell* durchgeführt. Alle Fortbildungen berücksichtigen die in Unterkapitel 1.8 angestrebten Merkmale: Relevanz, Praxisbezug, Anpassungsmöglichkeiten der Inhalte an die eigenen Bedürfnisse sowie aktive Einbeziehung der Teilnehmenden und Einsatz konstruktivistischer Methoden (vgl. Tab. 24). Darüber hinaus werden dem Austausch mit Kolleginnen und Kollegen Zeit eingeräumt und den Lehrkräften Unterstützungsangebote vorgestellt.

Tab. 24: Umsetzung der Merkmale für „gute“ Fortbildungsveranstaltungen (z. B. [Fischler 2005, Parchmann & Gräsel 2005], vgl. Teilkapitel 1.8)

Merkmals	Umsetzung
Relevanz	Beispiel für NwT-Unterricht, für nicht speziell ausgebildete Lehrkräfte
Praxisbezug	Direkter Einsatz im Unterricht möglich
Anpassungsmöglichkeiten der Inhalte	Umsetzung in Schule oder Lernlabor, Mitarbeiterseminare variabel und vielfältig
aktive Teilnahme und konstruktivistische Methoden	Aktive Durchführung des Projekts (hier: Cremeherstellung) und damit Einsatz von Problembasiertem Lernen
Kommunikationszeit	Während der Arbeitsphase und in der Diskussionsrunde
Unterstützungsangebote	Homepage, Lernlabor, persönlicher Kontakt

Zwei **Fortbildungen zum *Lucycity-Projekt Marmétics*** wurden im *Explo-Labor* in Heidelberg durchgeführt und mittels Fragebogen evaluiert [Jannack, Knemeyer & Marmé 2016a]. Die halbtägigen Fortbildungen wurden nach dem identischen Schema, aufgeteilt in Theorie- und Praxisphase, durchgeführt. Die detaillierte Gestaltung der Fortbildung kann Tabelle 25 entnommen werden. In der anfänglichen Theoriephase wurde den Teilnehmenden die Methode PBL und ihr geschichtlicher Hintergrund sowie die Umsetzung im Konzept *Lucycity* vorgestellt. Dabei wurde speziell auf die Schwierigkeiten für unerfahrene Lernende und die für die Arbeit mit Schülerinnen und Schülern entwickelten Hilfestellungen (wie Kreisprozess, Protokollbogen und Projektplan) eingegangen. Eine konkrete Vorstellung der Elemente des Unterrichtskonzepts *Lucycity* (Firmenstruktur mit Abteilungen, Mitarbeiterseminare) erfolgte am Beispiel des Forschungsauftrags der Firma *Marmétics*. Dann wurde das Mitarbeiterseminar zum Aufbau einer Creme exemplarisch umrissen und somit gleichzeitig die benötigten Grundlagen für die anschließende Praxisphase gelegt. Die Gruppenbildung erfolgte unter Eigenregie der Teilnehmenden. Auf die beispielhafte Durchführung der Bewerbungsgespräche

wurde aus Zeitgründen verzichtet. In der anschließenden Praxisphase bekamen die Gruppen den Arbeitsauftrag zur Herstellung einer Creme und der Entwicklung eines Marketingkonzepts. Die Lehrpersonen sollten nun mit Hilfe des Kreisprozesses eine Zielgruppe und Inhaltsstoffe auswählen sowie nach dem Ausfüllen der benötigten Forschungsunterlagen die Creme herstellen. In der praktischen Phase standen Ausdrücke der Internetseiten als Informationsquelle zur Verfügung. Außerdem lagen die Unterrichtsmaterialien zur Ansicht aus und die Kolleginnen und Kollegen konnten sich zu ihren Erfahrungen austauschen. Während der Praxisphase schlüpfen die Teilnehmenden in die Rolle der Lernenden, durchlebten die neue Methode und das Projekt selbst. Nach der Präsentation der Ergebnisse wurde die Fortbildung durch ein Blitzfeedback der Teilnehmenden sowie eine Fragerunde abgeschlossen. Anschließend wurden die Lehrkräfte um die Teilnahme an der Fragebogenstudie gebeten.

Tab. 25: Zeitliche Gestaltung der Lehrkräftefortbildung [Jannack et al. 2016a]

Zeitraumen	Inhalt		Medien
30 min	Methodische Grundlagen <ul style="list-style-type: none"> <li>- Was ist PBL?</li> <li>- Geschichtlicher Hintergrund</li> <li>- <i>Seven Steps</i></li> </ul>	Theorie im Plenum	Powerpoint- Präsentation
30 min	Einsatz von PBL im Unterricht <ul style="list-style-type: none"> <li>- Veränderter Kreisprozess</li> <li>- Unterrichtskonzept <i>Lucycity</i></li> <li>- Hilfestellungen für Schülerinnen und Schüler</li> </ul>	Theorie im Plenum	Powerpoint- Präsentation
15 min	Inhaltliche Grundlagen (Mitarbeiterseminare) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bestandteile einer Creme</li> </ul>	Theorie im Plenum	Unterrichts- materialien
15 min	Bildung der Abteilungen		
90 min	Auftrag der Firma <i>Marmétics</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bearbeitung des Auftrags</li> <li>- Herstellung der Creme</li> <li>- Erarbeitung eines Konzepts</li> </ul>	Praxisphase in Klein- gruppen	
30 min	Präsentation der Ergebnisse	Im Plenum	
30 min	Abschlussdiskussion Blitzfeedback	Im Plenum	

Der **Fragebogen** (siehe Abbildung 17 im Anhang) verfolgte zwei Ziele. Die Lehrerinnen und Lehrer, welche die Fortbildung besucht haben, unterrichten Tag für Tag naturwissenschaftliche Fächer und arbeiten mit den Schülerinnen und Schüler vor Ort. Daher sollten die Fortbildungsteilnehmenden zunächst als „Expertinnen und Experten für Unterricht“ befragt werden. Dabei interessierte ihre Meinung zum Unterrichtskonzept und der Wirkung des Projekts im Unterricht. Sie sollten auch angeben, ob sie sich vorstellen könnten, das neu Erlernte in ihren eigenen Unterricht zu integrieren. Ergänzend sollte die durchgeführte Fortbildung evaluiert werden, wobei vor allem die zweigeteilte Gestaltung mit Theorie- und Praxisteil im Vordergrund stand. Der Fragebogen enthielt im Wesentlichen Fragen, die eine Zustimmung oder Ablehnung erforderten, welche durch offene Fragestellun-

gen und Einschätzungsfragen mit einer dreistufigen Likert-Skala ergänzt wurden. Thematisch wurden folgende fünf Bereiche abgedeckt: Fragen zu Vorwissen, zum Kosmetikfall, zur Methode, zur Fortbildungsgestaltung und zu weiterführenden Überlegungen. Dabei wurden neben den allgemeinen Hypothesen (H1\_A) bis (H3\_A) folgende Annahmen untersucht:

(H12\_L) PBL ist bei der Mehrzahl der Teilnehmenden vor der Fortbildung unbekannt.

(H13\_L) Die Lehrkräfte empfinden PBL als schultaugliche Methode und für fächerübergreifende Themen geeignet.

(H14\_L) Die Methode eignet sich nach Angabe der Lehrerinnen und Lehrer besonders, um Schülerinnen im naturwissenschaftlichen Unterricht zu fördern.

(H15\_L) In den Augen der Lehrkräfte kann die vorgestellte Unterrichtseinheit Mädchen und Jungen motivieren.

(H16\_L) Die Fortbildung war angemessen gestaltet in Bezug auf Theorie-, Praxis- und Kommunikationsanteile.

(H17\_L) Die Teilnehmenden können sich nach der Fortbildung vorstellen, PBL in ihren Unterricht zu integrieren.

Insgesamt nahmen 38 (=N<sub>L3</sub>) Lehrkräfte an den beiden Fortbildungen teil. Davon waren etwa 75% weiblich und etwa 40% bereits über 50 Jahre alt. Sie stammten bis auf wenige Ausnahmen aus dem Regierungsbezirk Karlsruhe.

## 5.4 Leitfaden-Interview

Zur Überprüfung der Ergebnisse aus Hypothese (H17\_L) und einer Erhebung der Verbreitung der Unterrichtseinheit *Marmétics* sollten die Personen, die an der Fortbildung teilgenommen haben, nach fünf Jahren erneut befragt werden. In einer mündlichen Befragung sollten die Praxiserfahrungen mit dem Projekt oder die Gründe, warum das Projekt bisher noch nicht im Schulunterricht eingesetzt wurde, erhoben werden. Durch den Einsatz eines Interviewers sollte garantiert werden, dass die Hintergrundinformationen zu den jeweiligen Antworten erfragt werden können. Daher wurde eine schriftliche Befragung ausgeschlossen. Um von allen Befragten weitgehend die gleichen Informationen zu erfragen, sollte ein gewisses Maß der Standardisierung angestrebt werden, so dass die Befragung mittels **Leitfaden-Interview** umgesetzt werden sollte. Aus zeitökonomischen Gründen sowie der räumlichen Verbreitung der Fortbildungsteilnehmenden sollte das Interview telefonisch durchgeführt werden. Neben den Erfahrungen mit dem Projekt bzw. der Methode PBL sollten die

Ergebnisse der ersten Befragung mittels Fragebogen weiter gefestigt werden. Vor allem die Verifizierung der Hypothesen (H13\_L) bis (H15\_L) wurde angestrebt.

Ergänzend sollte auch das Fortbildungsverhalten der Lehrkräfte erfragt werden, um gegebenenfalls weitere Daten zur Untersuchung der Hypothesen (H10\_L) und (H11\_L) zu generieren. Ein weiteres Ziel war die Erhebung von Fortbildungswünschen der Befragten, um zukünftige Fortbildungen gegebenenfalls anpassen zu können. Ergänzend ergaben sich folgende Hypothesen:

(H18\_L) Die Lehrkräfte, welche die Fortbildung besucht haben, haben das Kosmetik-Projekt mindestens einmal in ihrem Unterricht eingesetzt.

(H19\_L) Sie haben PBL in ihrem Unterricht mindestens einmal eingesetzt.

(H20\_L) Sie empfinden nach fünf Jahren und ihren eigenen Erfahrungen immer noch

(a) den Kosmetikfall als interessant für beide Geschlechter,

(b) den Kosmetikfall als motivierend für beide Geschlechter,

(c) PBL als schultaugliche Methode,

(d) PBL als geeignet für fächerübergreifende Themen,

(e) PBL als geeignet für die spezielle Förderung von Mädchen,

(f) eine höhere Aufmerksamkeit und Mitarbeit in den Mitarbeiterseminaren.

Die **Anfrage** zur Bereitschaft, am Interview teilzunehmen, wurde aus Datenschutzgründen über das *Explo*-Labor per E-Mail an die Besuchspersonen der Fortbildung verschickt. Diese sollten sich anschließend zurückmelden, damit die Kontaktdaten vorlagen und in einem weiteren Schritt ein Termin für das Telefoninterview vereinbart werden konnte.

Von den 38 versendeten Anfragen kamen drei nachweislich nicht an (*user unknown*), da sich die E-Mail-Adresse der betreffenden Personen wahrscheinlich geändert hat. Von den verbleibenden 35 Angeschriebenen, meldeten sich zwei zurück, stimmten einem Interview zu und hinterlegten die Kontaktdaten. Als es zur Terminvereinbarung kommen sollte, hat sich jedoch nur noch eine Teilnehmerin zurückgemeldet. Da die Kontaktaufnahme über das *Explo*-Labor eher widerwillig erfolgte, wurde trotz dieser geringen Rückmeldequote auf einen zweiten Aufruf bzw. eine Erinnerung zur Teilnahme verzichtet.

Stattdessen wurde ein alternativer Versuch unternommen, andere Lehrkräfte für die Befragung zu gewinnen. An der *Experimenta* Heilbronn fanden, unabhängig von den im Rahmen dieser Arbeit evaluierten Veranstaltungen, weitere Fortbildungen des Arbeitskreises *didaktik-aktuell* zum Thema Kosmetik statt. In diesen Fortbildungen wurde die Methode PBL allerdings nicht vorgestellt, sondern lediglich das Unterrichtskonzept *Lucycity* umrissen. Der Schwerpunkt dieser Fortbildungen lag noch mehr auf der praktischen Erprobung der Creme-Herstellung. Diese Fortbildungen wurden nicht evaluiert und somit hatten die Lehrpersonen den ersten Fragebogen nicht ausgefüllt und wären als neue

Stichprobe zu betrachten gewesen. Die Interviewanfrage erfolgte wieder direkt über das fortbildende Lernlabor (jetzt die *Experimenta* Heilbronn). Leider erklärte sich auch hier keiner der Angeschriebenen bereit, an dem Leitfaden-Interview teilzunehmen.

Somit musste diese **Teilstudie leider ohne Ergebnisse abgebrochen** werden und die Hypothesen (H18\_L) bis (H20\_L) konnten nicht weiter verfolgt werden.

Ein Problem steckte sicherlich in der Kontaktaufnahme. Aus Datenschutzgründen dürfen die Lernlabore die hinterlegten Kontaktdaten nicht an Personen außerhalb der Institution weitergeben, so dass die Kontaktaufnahme über dritte Personen erfolgte. Dadurch lag die Ergreifung der Initiative zunächst auf der Seite der möglichen Interviewteilnehmenden, was sicher ein Hindernis darstellt. Darüber hinaus konnte aufgrund dieser Struktur nicht nach einer bestimmten Zeitspanne die Anfrage erneut versendet werden, um gegebenenfalls die Dringlichkeit zu betonen und dadurch weitere Teilnehmende zur Kontaktaufnahme zu bewegen.

Weitere Erklärungsansätze stellen die große Zeitspanne und mögliche Erwartungen dar. Wenn sich einzelne Fortbildungsteilnehmende nicht mehr an die erste Fortbildung erinnerten, sahen sie sich vielleicht nicht in der Lage, die Interviewfragen zu beantworten und meldeten sich deshalb nicht zurück. Gleiches kann für Teilnehmende gelten, die schlechte Erinnerungen an die Fortbildung hatten. Auch diejenigen Teilnehmenden, welche die Methode oder die Unterrichtseinheit nicht in den eigenen Unterricht integriert hatten, dachten vielleicht, dass sie nicht die „erwünschten“ Antworten geben könnten und meldeten sich deshalb nicht zurück. Allerdings wurde die Zeitspanne von fünf Jahren zunächst bewusst so groß gewählt, da organisatorische Rahmenbedingungen in der Schule häufig dazu führen, dass Fortbildungsinhalte nicht zeitnah umgesetzt werden können. So kann es sein, dass Lehrkräfte nicht in der entsprechenden Klassenstufe unterrichten können oder dass sie aus Lehrermangel eher im jeweiligen Zweitfach eingesetzt werden. Für eine weitere diesbezügliche Untersuchung wäre vielleicht eine Befragung in mehreren Stufen möglich. So könnte nach einer kürzeren Spanne von zwei bis drei Jahren eine erste und nach weiteren zwei bis drei Jahren eine zweite Befragung der Teilnehmenden einer Fortbildung erfolgen. Dieses Vorgehen sollte dann nach Möglichkeit bereits am Tag der Fortbildung angekündigt und erklärt werden, so dass auch direkt die Kontaktdaten aufgenommen werden könnten.

## 5.5 Überblick Studien

In diesem Teilkapitel sollen nochmals die durchgeführten Studien und die verfolgten Hypothesen überblicksartig zusammengestellt und der Bezug zu den Forschungsfragen aufgezeigt werden.



Tabelle 26 beinhaltet noch einmal alle aufgestellten Hypothesen, unterteilt nach den zugehörigen Teilstudien. In der letzten Spalte wurden die einzelnen Arbeitshypothesen den vier Forschungsfragen (F1) bis (F4) dieser Arbeit zugeteilt. Ergänzend zu den Fragen mit Antwortmöglichkeiten enthielten die Fragebögen teilweise auch offene Fragestellungen, die qualitative Aussagen erheben sollten (etwa Vorteile bzw. Nachteile für den Einsatz von PBL im Unterricht). Auf diese wird im jeweiligen Kapitel genauer eingegangen.

Tab. 26: Überblick über die untersuchten Hypothesen

Allgemein	(H1_A) Schülerinnen und Schüler haben Spaß bei den Projekten in <i>Lucycity</i> . (H2_A) Die Projekte können das Interesse an naturwissenschaftlichen Themen fördern. (H3_A) Die Unterrichtseinheiten führen zu einer aktiven Mitarbeit der Lernenden.	(F1)
Schülerbefragung	(H4_S) Die Lernenden verbessern ihre Teamkompetenzen und ihre Zusammenarbeit. (H5_S) Sie erkennen die Vorteile des Kreisprozesses zum Problemlösen und entwickeln (mindestens) eine Problemlösestrategie. (H6_S) Die befragten Schülerinnen und Schüler schätzen ihre naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen nach dem Projekt besser ein, in Bezug auf a) die Dokumentation und Reflexion der eigenen Arbeit, b) Formulierung und Überprüfung von Hypothesen, c) die kritische Nutzung des Internets und des Computers als Werkzeug, d) das Verständnis naturwissenschaftlich-technischer Texte, e) das Verfassen naturwissenschaftlich-technischer Texte.	(F2)
Lehrerbefragung	(H7_L) Die häufigste eingesetzte Unterrichtsmethode ist Frontalunterricht. (H8_L) Problembasiertes Lernen ist einem Großteil der Lehrkräfte nicht bekannt. (H9_L) Problembasiertes Lernen wird von naturwissenschaftlichen Lehrkräften derzeit im Schulunterricht unregelmäßig eingesetzt. (H10_L) Lehrkräfte bestätigen, dass zum Erlernen neuer Methoden Fortbildungen nötig sind. (H11_L) Lehrpersonen haben Interesse, an Fortbildungen zu Methoden teilzunehmen, wobei das Interesse mit zunehmendem (Dienst-)Alter sinkt.	(F3)
Evaluation der Fortbildung	(H12_L) PBL ist bei der Mehrzahl der Teilnehmenden vor der Fortbildung unbekannt. (H13_L) Die Lehrkräfte empfinden PBL als schultaugliche Methode und für fächerübergreifende Themen geeignet. (H14_L) Die Methode eignet sich nach Angabe der Lehrerinnen und Lehrer besonders, um Schülerinnen im naturwissenschaftlichen Unterricht zu fördern. (H15_L) In den Augen der Lehrkräfte kann die vorgestellte Unterrichtseinheit Mädchen und Jungen motivieren. (H16_L) Die Fortbildung war angemessen gestaltet in Bezug auf Theorie-, Praxis- und Kommunikationsanteile. (H17_L) Die Teilnehmenden können sich nach der Fortbildung vorstellen, PBL in ihren Unterricht zu integrieren.	(F3) (F1) (F1) (F1) (F3) (F4)
Interview	<i>Die Hypothesen (H18_L) bis (H20_L) konnten aufgrund zu geringer Rückmeldungen nicht untersucht werden.</i>	(F4) (F1)

Abbildung 21 gibt noch einmal einen Überblick über die durchgeführten Unterrichtsversuche mit den dazugehörigen Befragungen von Schülerinnen und Schülern sowie den durchgeführten bzw. geplanten Befragungen der Lehrkräfte. Das Leitfadeninterview konnte aufgrund einer zu geringen Rückmeldequote leider nicht ausgewertet bzw. durchgeführt werden.

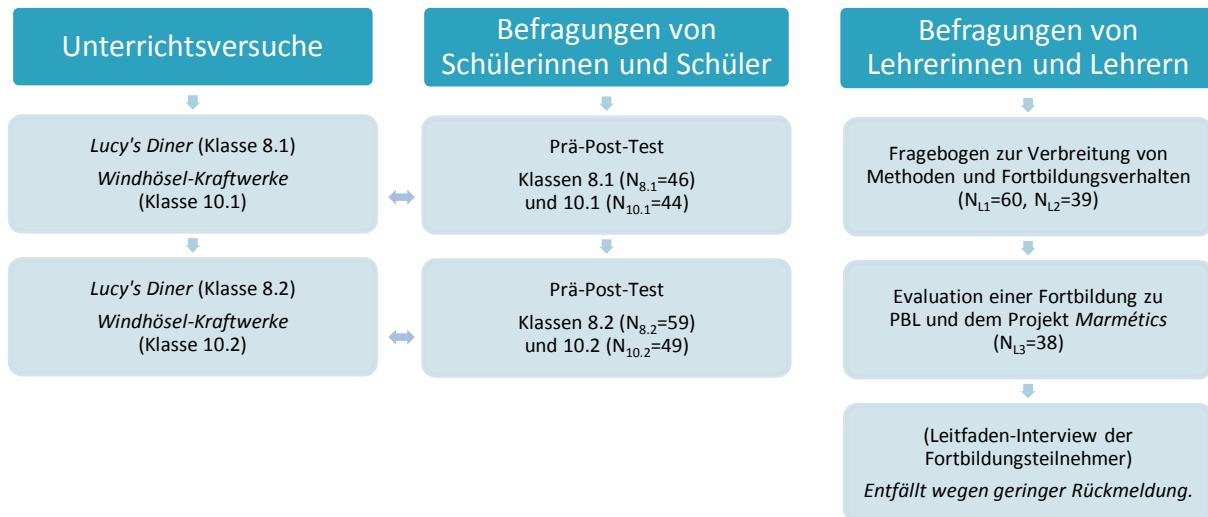


Abb. 21: Überblick über die durchgeführten Studien im Rahmen des Promotionsvorhabens





## **Teil III**

# **Diskussion der Ergebnisse und Ausblick**



*„Es weiß niemand besser, wo der Schuh drückt  
als der, der ihn trägt.“*

*[roman.-german. Sprichwort]*

## **6. Lucycity im Schulunterricht**

In diesem Kapitel sollen ausgewählte Ergebnisse der untersuchten Lerngruppen sowie die Resultate der Befragungen der Schülerinnen und Schüler vorgestellt werden. Die Schülerinnen und Schüler gaben fast ausnahmslos an, dass sie Spaß an den Projekten hatten und dass ihre Mitarbeit im Unterricht und ihr Interesse an naturwissenschaftlichen Fragestellungen zugenommen haben. Somit ist das erste Ziel, mit den *Lucycity*-Projekten einen interessanten naturwissenschaftlichen Unterricht zu gestalten, erreicht. Dabei funktionierte die Arbeit in den Gruppen sehr gut und es konnten verschiedene Kompetenzen im Bereich naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen (etwa im Umgang mit naturwissenschaftlichen Texten) gefördert werden. In anderen Bereichen wurden die Schülerinnen und Schüler bezüglich ihres Leistungsstandes sensibilisiert (zum Beispiel bei der Entwicklung von Problemlösestrategien). Auch wenn der Kreisprozess von den meisten Befragten wenig positiv bewertet wurde, konnten die Dokumentationshilfen ihren Beitrag im Problemlöseprozess leisten. Somit kann auch das zweite Ziel, der im Bildungsplan geforderten Kompetenzförderung, als erreicht angesehen werden. Einzelne Ergebnisse legen den Verdacht nahe, dass speziell die Mädchen in den Projekten profitieren können (etwa im Bereich Dokumentation und Reflexion). Doch trotz des positiven Gesamteindrucks konnten auch weitere Potentiale im Bereich der Kompetenzförderung ausgemacht werden, die im evaluierten Unterrichtsversuch noch nicht ausgeschöpft wurden. In diesem Zusammenhang wird die Gestaltung neuer Mitarbeiterseminare angeregt.

Im Folgenden werden zunächst Ergebnisse aus dem Unterricht vorgestellt und die beiden Befragungen getrennt ausgewertet. Dabei wird auch auf die spezielle Gruppenkonstellation der Lerngruppen eingegangen. Anschließend werden im vierten Unterkapitel die Ergebnisse vergleichend gegenübergestellt.

## 6.1 Praktische Erfahrungen beim Einsatz von *Lucycity* in der Schule

An dieser Stelle werden zunächst ausgewählte Schülerergebnisse vorgestellt. Ein Schwerpunkt der hier eingesetzten *Lucycity*-Projekte liegt darauf, Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit zu geben, einen naturwissenschaftlichen Forschungsprozess selbst zu durchlaufen. Dabei kann dies im Rahmen des Auftrags der *Windhösel-Kraftwerke* am selbst gebauten Modell erfolgen, während der Auftrag von *Lucy's Diner* durch einen externen Forschungsauftrag (des *Institute of Food Science*) ergänzt werden muss. Aus diesem Grund sollen im Folgenden Ergebnisse vorgestellt werden, die im Rahmen der Arbeit bei den *Windhösel-Kraftwerken* entstanden sind. Auf die Erfahrungen im Projekt *Lucy's Diner* soll im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter eingegangen werden. Interessierte Leser finden eine kleine Auswahl aus den Ideen beziehungsweise den Menüs, die für die Jury gekocht wurden, im Anhang (Abbildung 18 und Abbildung 19).

In den evaluierten Klassen durften die Schülerinnen und Schüler ihre Materialien für den Modellbau frei wählen [Jannack et al. 2011]. Es wurden keine Vorgaben gemacht und so entstanden in der Regel eher komplexe **Modelle** aus stabilen Materialien. Meistens wurden Holzkonstruktionen umgesetzt, die mit einem Kollektor aus Folie bespannt oder mit Plexiglas bedeckt wurden (siehe Abbildung 20 im Anhang). Als Kamin wurden in der Regel Plastikrohre oder Papierrollen verwendet (siehe Abbildung 21 im Anhang). Exemplarisch sind in Abbildung 22 zwei Modelle dargestellt. Das linke Modell enthält zusätzlich „Wassertanks“ in Form von Eiwürfelbeutel, mit denen theoretisch der Nachtbetrieb ermöglicht werden sollte. Ob sich bei längerer Bestrahlung ein Effekt einstellt, konnte im Unterricht nicht untersucht werden. Die Gruppe des rechten Modells hatte sich für einen Kamin aus Metall entschieden.



Abb. 22: Aufwindkraftwerke mit Kollektoren aus Frischhaltefolie



Je nach Forschungsfrage mussten entsprechende Variationsmöglichkeiten einzelner Modellbestandteile bereits in der Planungsphase berücksichtigt werden. Beispielsweise ist beim rechten Modell (in Abb. 22) das Kraftwerk nicht fest mit der Bodenplatte verbunden, so dass diese in unterschiedliche, farbige Stoffe eingeschlagen werden konnte, um den Einfluss der Bodenfarbe zu untersuchen. Für die Untersuchung des Einflusses der Turmhöhe nutzten einige Gruppen Stecksysteme aus Abflussrohren (siehe Abb. 23). Eine Gruppe ermöglichte durch eine bauliche Maßnahme einen schnellen Wechsel der Kollektorfolie, so dass deren Einfluss auf die Effektivität des Modells untersucht werden konnte (siehe Abb. 24). Die meisten Kraftwerksmodelle waren durch ihren Bau allerdings recht unflexibel, so dass die Gruppen bei ihren Effektivitätsstudien nur noch wenige Möglichkeiten hatten. In diesen Fällen wurden in der Regel verschiedene Turbinen getestet oder vereinzelt die Bestrahlungsintensität variiert. Es liegt die Vermutung nahe, dass in den betroffenen Gruppen die Forschungsfrage erst im Laufe der Bauphase entstand und nicht von Anfang an bei der Planung berücksichtigt wurde.

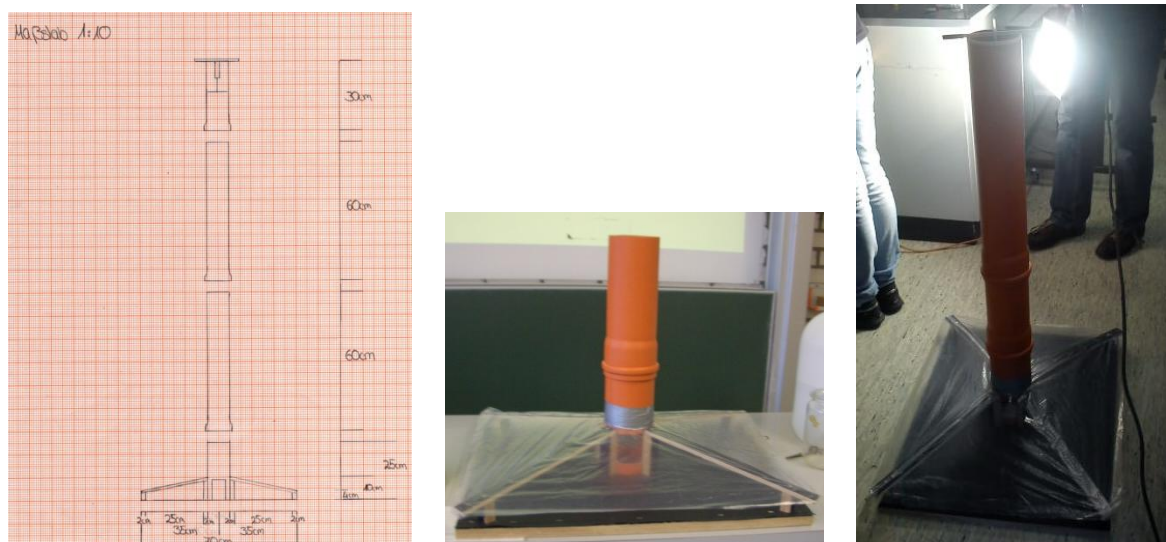


Abb. 23: Bauzeichnung eines Modells, bei dem der Einfluss der Kaminhöhe untersucht werden soll (links). Fertiges Modell mit kleinem Turm (Mitte) und größerem Turm (rechts).

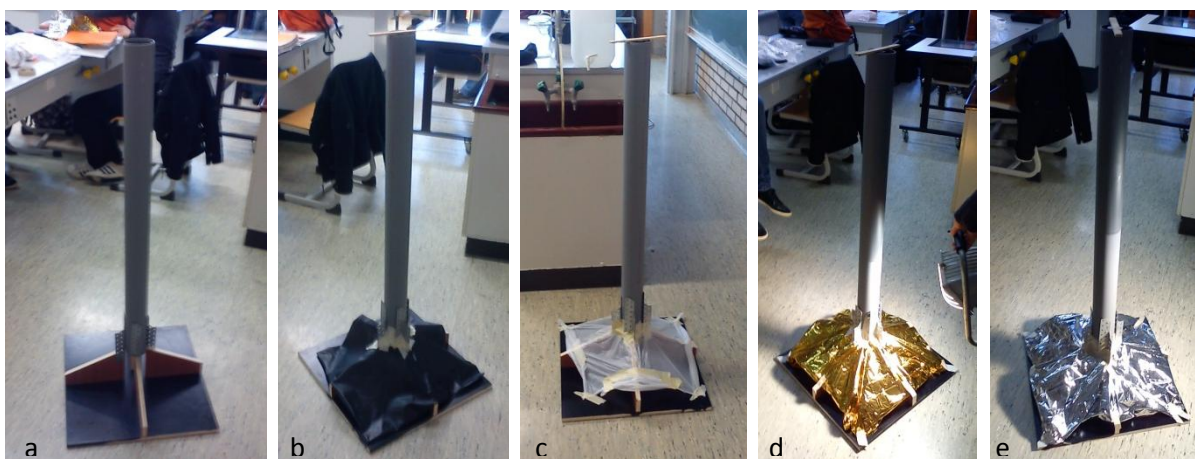


Abb. 24: Aufwindkraftwerk (a) ohne Kollektorfolie, (b) mit Teichfolie, (c) mit Müllsack, mit Rettungsfolie (d) gold und (e) silber zur Untersuchung des Einflusses des Kollektormaterials

Bezüglich der **Forschungsthemen** und der Gestaltung der Artikel wurde die Arbeit von 15 Abteilungen ausgewertet (siehe Tabelle 2 im Anhang). In Tabelle 27 werden die von den Gruppen untersuchten Einflussfaktoren sowie die erzielten Ergebnisse zusammengefasst. Etwa die Hälfte der Gruppen untersuchte zwei der aufgezählten Einflussfaktoren, wobei mit jeweils 47% die Turbine und der Turm am häufigsten beforscht wurden. Neben den im Vorfeld erarbeiteten Forschungsfragen, wurden teilweise weiterführende Untersuchungen angestellt, die sich aus dem Scheitern einzelner Planungsschritte ergaben. So wurde häufig die Turbinenaufhängung zu einem weiteren unfreiwilligen Forschungsgegenstand (nähere Erläuterungen dazu später). Eine Gruppe setzte ihre nicht anlaufende Metallturbine in einem alternativen Kraftwerk mit „Kerzenaufwind“ ein (siehe Abbildung 22 im Anhang) und verglich die erzielten Ergebnisse mit denen des Aufwindkraftwerks (in dem dann eine andere Turbine zum Einsatz kam).

Tab. 27: Forschungsergebnisse der Schülerinnen und Schüler aus den Effektivitätsstudien mit den gebauten Modellen (in Klammer: Anteil bezogen auf 15 Abteilungen)

Untersucht wurde	Ergebnisse
der Einfluss <ul style="list-style-type: none"> <li>- der Turmhöhe (47%)</li> <li>- des Turbinenmaterials (27%)</li> <li>- der Rotorblätter (Form, Anzahl) (20%)</li> <li>- der Bestrahlungsstärke (20%)</li> <li>- des Kollektorenmaterials</li> <li>- der Bodenfarbe</li> <li>- des Luftzuflusses unter dem Kollektor und</li> <li>- die Anlaufzeit.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Höhere Türme sind effektiver.</li> <li>- Aluminium ist in der Regel besser als Papier.</li> <li>- Die Effektivität stieg mit der Rotorblattzahl.</li> <li>- Doppelte Strahlungsleistung (in Watt), bedingten 150% der Drehungszahl.</li> <li>- Schwarze Teichfolie war am effektivsten.</li> <li>- Ein dunkler Boden ist effektiver.</li> <li>- Der Luftzufluss sollte reguliert werden.</li> <li>- Die Anlaufzeit hängt von der Intensität der Bestrahlung ab.</li> </ul>

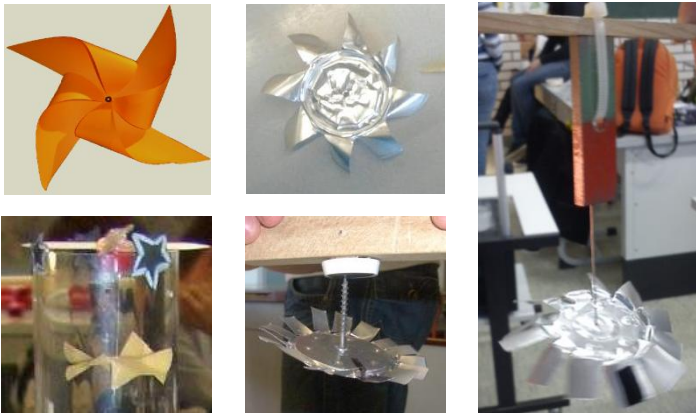



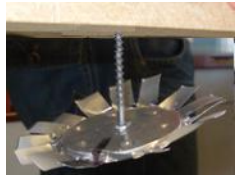
Im Anhang sind exemplarisch zwei **Artikel** abgedruckt, in welchen die Schülerinnen und Schüler ihre Forschungsergebnisse vorstellen. Die Auswahl umfasst den Artikel einer Mädchengruppe (Abbildung 23 im Anhang) zur oben beschriebenen Untersuchung des Kollektormaterials. Außerdem wurde ein Artikel von einer Jungengruppe (Abbildung 24 im Anhang) ausgewählt, die in einem 2x2x2-Untersuchungsdesign drei verschiedene Parameter variierte (Turmhöhe, Turbinenmaterial und den Luftzustrom unter den Kollektor). Bei genauer Betrachtung findet man kleine Unterschiede in der Ausgestaltung. So haben die Mädchen einen besseren *Abstract* verfasst und sich im Artikel auf die Darstellung ihrer eigenen Arbeit fokussiert (zum Beispiel durch Bilder des eigenen Modells). Die Jungen ordneten ihre Arbeit eher in den Gesamtkontext ein und gaben einen Ausblick auf die Anwendbarkeit ihrer Forschung. Ergänzend muss betont werden, dass der Artikel der Jungengruppe ursprünglich fünf Seiten umfasste. So wurden zwar Schriftgröße und -art beachtet, nicht aber die Zeilenabstände sowie die Formatierung in Spalten und im Blocktext. Der abgebildete Artikel wurde von der Autorin bezüglich der Formatierung und vieler Rechtschreibfehler überarbeitet.

Bei der Analyse der Artikel konnten einige Fehler wiederholt beobachtet werden. So wurden bei etwa 50% der Artikel die Formatvorlage nicht erfüllt, die Quellen nicht angegeben, die Materialauswahl nicht begründet, keine eigenen Bilder des Modells verwendet und die Ergebnisse nicht diskutiert. Während alle forschenden Abteilungen ihre Messwerte angaben, wurden diese lediglich von 27% im Anschluss auch interpretiert. Insgesamt waren die Artikel sehr unterschiedlich gestaltet.

Wie bereits angedeutet, war das **Hauptproblem** bei der Umsetzung der geplanten Modelle häufig die **Befestigung der Turbine**. Einige Ideen von Schülerinnen und Schülern brachten leider nicht den erhofften Erfolg (siehe Tab. 28). Die Lehrkraft hatte im Vorfeld beim Modellbau mit der Befestigung der Turbine an einem Nagel und der Aufhängung desselben an einem Magnet die besten Erfahrungen gemacht, da sich bei dieser Konstruktion die Aufhängung (also zum Beispiel der Nagel) mit der Turbine mitdrehen kann. Standen nun im Laufe des Projekts einzelne Gruppen vor dem Problem, dass ihre eingesetzte Turbine sich (aufgrund von Reibungseffekten) nicht drehte, so wurden diese dahingehend beraten, eine Magnetaufhängung zu testen. Dies wird auch im folgenden Zitat aus einem Artikel einer Schülergruppe deutlich:

„Wir kamen zum Entschluss, dass wir die Turbine aus einem großen Teelicht bauen könnten. [...] In unserem ersten Versuch befestigten wir die Turbine mit einer Schraube, die in einem Holzklotz befestigt war, für den wir am Abflussrohr eine Vorrichtung zur Befestigung konstruiert hatten. Dieser Versuch misslang, weil die Reibung zu groß war. Wir überlegten uns etwas anderes und bekamen einen Tipp die Schraube mit einem Magnet zu befestigen. Dies stellte sich als sehr hilfreich heraus.“ [Zitat einer Schülergruppe]

Tab. 28: Turbinen von Schülermodellen, sortiert nach Erfolg sowie Material und Verfahren zur Befestigung

Funktionsfähige Turbinenkonstruktionen	Turbinen, die leider nicht funktionierten.
 <p data-bbox="220 1809 903 1843">Papier- bzw. Aluminiumturbinen mit Magnetaufhängung</p>  <p data-bbox="280 2047 844 2080">Metallwindrad von einer Weihnachtspyramide</p>	 <p data-bbox="1118 1585 1233 1619">PC-Lüfter</p>  <p data-bbox="1086 1809 1270 1843">Metallturbinen</p>  <p data-bbox="983 2033 1370 2067">Schraube direkt in Holz gedreht.</p>

## 6.2 Rückmeldungen der Schülerinnen und Schüler im ersten Jahr

Wie in Teilkapitel 5.1 bereits dargelegt, dienten die ersten Unterrichtsversuche in erster Linie der Erprobung der Unterrichtseinheit und deren Evaluation aus Sicht der Schülerinnen und Schüler. So führte die Erhebung der Interessen durch eine offene Frage (I.2) im Prä-Fragebogen der achten Klassen zu einer **gruppenspezifischen Schwerpunktsetzung** (alle Antworten auf diese Frage sind im Anhang (Tabelle 3) zusammengestellt). Damit konnte im Verlauf der Unterrichtseinheit in den jeweiligen Gruppen je nach Zeit auf individuelle Wünsche eingegangen werden. Dabei bediente das bereits im Vorfeld geplante Mitarbeiterseminar zu gesunder Ernährung (Themen: Ernährungskreis und Regeln der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE)) das Interesse von mindestens 41% der Achtklässlerinnen und Achtklässler, die dieses Interesse bei Frage I.2 explizit äußerten. Darüber hinaus wurde ergänzend zu den in Unterkapitel 4.5 dargestellten Stundeninhalten in einzelnen Gruppen beispielsweise über essbedingte Krankheiten diskutiert. Das für Gruppe drei angedachte Mitarbeiterseminar zu „Essen in anderen Ländern“ konnte aufgrund eines kurzfristigen Stundenausfalls leider nicht durchgeführt werden. Der Teil des Fragebogens zu Essgewohnheiten führte zu keinen auffälligen Häufungen spezieller Essgewohnheiten (wie etwa Frustessen), daher wurde die Thematik im Unterricht eher allgemein, im Mitarbeiterseminar zur Wohlstandskrankheit Herzinfarkt, behandelt. Da die Ergebnisse dieser ersten Befragung der achten Klassen (8.1 vorher) im weiteren Verlauf der Arbeit nur eine untergeordnete Rolle spielen, wird die im Vergleich zur Post-Befragung leicht höhere Zahl der ausgefüllten Fragebögen ( $N_{8.1\text{vorher}}=49$ ) vernachlässigt und die Antworthäufigkeiten auf die verkleinerte Stichprobengröße zum zweiten Befragungszeitpunkt bezogen. Der Post-Fragebogen schloss mit einer Seite „Platz für Anregungen“, welche gemäß den bereits angesprochenen Erfahrungen nur von sieben Schülerinnen genutzt wurde.

Insgesamt konnten in dieser **ersten Befragungsrunde** in beiden Klassen insgesamt 90 Fragebögen ausgewertet werden, davon wurden 30 von Schülerinnen und 60 von Schülern ausgefüllt. Die ungleichmäßige Geschlechterverteilung kann auf die Alternative bei der Profilwahl in Klasse sieben zurückgeführt werden, denn der Gesamtanteil der Mädchen betrug zum Zeitpunkt des Unterrichtsversuchs 44% in den achten Klassen und 52% in den zehnten Klassen. Die andere Möglichkeit neben NwT ist die dritte Fremdsprache Spanisch, welche vermehrt von Mädchen gewählt wird. Die Verteilung der ausgewerteten Fragebögen nach Klasse und Geschlecht kann Tabelle 29 entnommen werden. Damit ergaben sich für die Auswertung vier Teilgruppen (Klasse acht bzw. zehn, jeweils weiblich und männlich), die je nach Antworten gegebenenfalls auch nach Klasse oder Geschlecht ausgewertet werden konnten.

Tab. 29: Anzahl und Verteilung der Fragebögen nach Geschlecht und Klasse im ersten Unterrichtsversuch

	Klasse 8	Klasse 10	Gesamt
Mädchen	$N_{8.1w}=14$	$N_{10.1w}=16$	$N_{S1w}=30$
Jungen	$N_{8.1m}=32$	$N_{10.1m}=28$	$N_{S1m}=60$
Gesamt	$N_{8.1}=46$	$N_{10.1}=44$	$N_{S1}=90$

Die zentralen Erkenntnisse aus den Befragungen werden im weiteren Verlauf als Aussagen formuliert und den jeweiligen Ausführungen und Begründungen im Text vorangestellt. Zur Orientierung wird jeweils auch der Bezug zu den aufgestellten Hypothesen hergestellt.

Zu den Hypothesen (H1\_A) und (H2\_A):

**„Die Projekte machen Spaß und fördern das Interesse an Kochen und Technik.“**

Als erstes Ergebnis kann festgehalten werden, dass die Schülerinnen und Schüler Spaß an den praktischen Aufgabenstellungen der Projekte hatten. Etwa 93% der Befragten ( $N_{S1}$ ) beurteilten die entsprechenden Aussagen (I-3<sub>(8.1)</sub> bzw. I-2<sub>(10.1)</sub>), unabhängig von Klasse oder Geschlecht, positiv. Damit konnte dieser erste Unterrichtsversuch Hypothese (H1\_A) bestätigen. Diese Interpretation wird durch die wenigen freien Anmerkungen der Schülerinnen und Schüler zum Kochprojekt weiter verstärkt. Es wurden zwei fröhliche Smileys gemalt und vier positive Statements zum Projekt abgegeben, wovon eines exemplarisch dargestellt wird: „Das Projekt war sehr schön. Vor allem auch das Kochen, da wir das nicht als Unterrichtsfach haben. Auch die Gruppenarbeit hat sehr viel Spaß gemacht.“ [Zitat aus der Gruppe 8.1] Darüber hinaus gab es drei organisatorische Anmerkungen – die restlichen Schülerinnen und Schüler (80%,  $N_{8-1}$ ) machten keine Angabe (siehe Tabelle 4 im Anhang).

Differenzierter muss die Hypothese (H2\_A) zur Interessenförderung betrachtet werden. 64% der Mädchen ( $N_{8.1w}$ ), aber nur 38% der Jungen ( $N_{8.1m}$ ) der achten Klasse gaben an, das Projekt habe ihr Interesse am Kochen gesteigert (Aussage I-4<sub>(8.1)</sub>). Umgekehrt stellte sich die Situation in der zehnten Klasse dar. Hier gaben 64% der Jungen ( $N_{10.1m}$ ), aber nur 25% der Mädchen ( $N_{10.1w}$ ) an, dass der Bau des Aufwindkraftwerks ihr Interesse an Technik gesteigert habe (Aussage I-3<sub>(10.1)</sub>). Zusätzlich sollten die Befragten einschätzen, ob sie künftig zu Hause öfter kochen (Aussage I-5<sub>(8.1)</sub>) bzw. bei handwerklichen Arbeiten helfen werden (Aussage I-4<sub>(10.1)</sub>), woraus man ebenfalls auf ein gesteigertes Interesse schließen könnte. Diese Aussage bestätigten 64% der Mädchen ( $N_{8.1w}$ ) und 22% der Jungen ( $N_{8.1m}$ ) in Klasse acht sowie 19% der Mädchen ( $N_{10.1w}$ ) und 11% der Jungen in Klasse zehn ( $N_{10.1m}$ ). Auffällig ist bei beiden Aussagen die hohe Anzahl an Schülerinnen und Schülern (durchschnittlich 33% über alle vier Teilgruppen), die sich nicht festlegen wollten und deshalb „weiß nicht“ ankreuzten.

Diese Zahlen lassen sich auf zwei unterschiedliche Weisen interpretieren. Eine mögliche Deutung

wäre, dass das ernährungs- und damit körperbezogene Thema eher das Potential hat, das Interesse der Mädchen zu fördern, während der Bau von Aufwindkraftwerken als technisches Projekt eher die Möglichkeit bietet, das Interesse der Jungen zu fördern. Gegen diese Deutung sprechen allerdings, die Angaben, welche die Befragten im Prä-Fragebogen zu ihren Interessen machten. So gaben 71% der Mädchen ( $N_{8.1w}$ ) und 58% der Jungen ( $N_{8.1m}$ ) aus Klasse acht im Vorfeld an, sich für Kochen zu interessieren und gerne zu kochen (Aussagen I-3.1e,3.4<sub>(8.1vorher)</sub>). Ebenso gaben jeweils über 80% der Zehntklässlerinnen ( $N_{10.1w}$ ) und Zehntklässler ( $N_{10.1m}$ ) an, gerne bei handwerklichen Arbeiten zu Hause zu helfen und schon einmal etwas repariert oder gebaut zu haben (Aussagen I-4,6<sub>(10.1vorher)</sub>). Demnach handelte es sich bei beiden Gruppen tendenziell um Mädchen und Jungen, die auf dem jeweiligen Gebiet als interessiert bezeichnet werden können. Vor diesem Hintergrund ist zu betonen, dass die Projekte nach Angabe der Schülerinnen und Schüler sogar in der Lage waren, das bereits vorhandene Interesse im jeweiligen Themengebiet noch zu steigern. Für diese Interpretation spricht auch der hohe Anteil von neutralen Antworten.

Unabhängig davon, ob das Projekt das Interesse im jeweiligen Gebiet weiter steigern konnte, gaben durchschnittlich 81% aller Befragten ( $N_{S1}$ ) an, dass das jeweilige Thema interessant war (Aussage I-1<sub>(8.1/10.1)</sub>). Auch hier zeigte sich die obige Verteilung auf die Teilgruppen. 93% der Mädchen ( $N_{8.1w}$ ) fanden das Thema Ernährung interessant (aber nur 63% der Jungen ( $N_{8.1m}$ )), wohingegen für 96% der Jungen ( $N_{10.1m}$ ) das Thema erneuerbare Energien interessant war (aber „nur“ 81% der Mädchen ( $N_{10.1w}$ )). Diese über alle vier Teilgruppen hinweg insgesamt sehr hohen Werte sprechen dafür, dass die gewählten Themengebiete im Interessenbereich der Schülerinnen und Schüler liegen.

Zur Hypothese (H3\_A):

**„Alle Lernenden bringen sich ein und arbeiten zum Teil auch außerhalb des Unterrichts am Projekt.“**

Ein Teil beider Fragebögen beschäftigte sich mit der aktiven Mitarbeit der einzelnen Schülerinnen und Schüler sowie ihrem Beitrag zum Gesamtprojekt. Hingegen des Vorurteils, dass in Gruppen immer nur einzelne arbeiten (vgl. Abb. 25), gaben jeweils über 85% der vier Teilgruppen an, sich aktiv

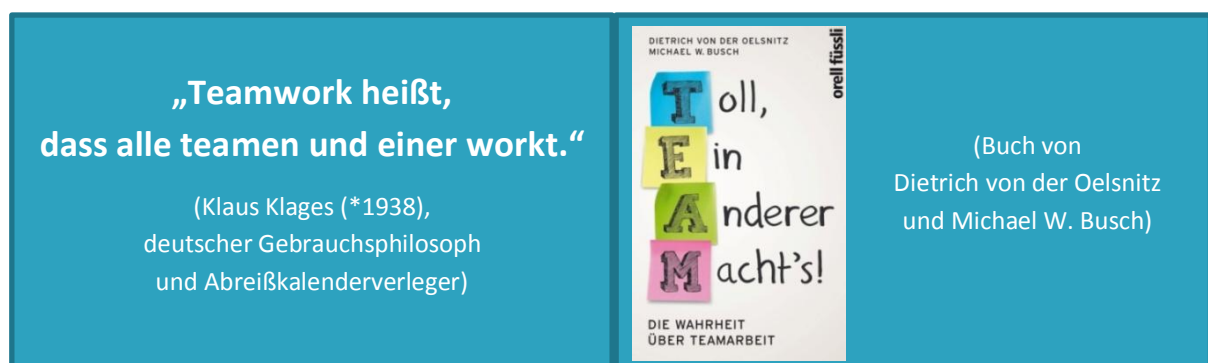


Abb. 25: Zitat und Buchtitel zum Thema Teamwork

an der Planung, der Erarbeitung des Konzepts sowie der Erstellung von Speisekarte und Vortrag bzw. am Bau des Kraftwerks und an der Lösung von Problemen beteiligt zu haben (Aussagen II-1,2,3<sub>(8.1)</sub> bzw. II-1,2<sub>(10.1)</sub>). Lediglich beim Schreiben des wissenschaftlichen Artikels war der Anteil der Mädchen (N<sub>10.1w</sub>) mit 56% geringer (Aussage II-3<sub>(10.1)</sub>). Über die aktive Beteiligung am Kochprozess ermöglicht der Fragebogen, keine Aussage zu machen, da bei der Formulierung der Aussage ein Fehler unterlaufen ist<sup>\*</sup>. Allerdings waren jeweils einige Jurymitglieder am Präsentationstag bereits beim Kochprozess in der Küche anwesend und konnten bestätigen, dass alle Schülerinnen und Schüler in den Kochprozess integriert waren. Demnach arbeiteten alle Angestellten aktiv an den Firmenaufträgen mit, womit auch Hypothese (H3\_A), in der Schülerbefragung, bestätigt wird. Darüber hinaus gab ein Großteil der Lernenden an, sich auch außerhalb des Unterrichts mit dem Thema beschäftigt zu haben. Die entsprechende Aussage in den Fragebögen (I-7<sub>(8.1)</sub> bzw. I-6<sub>(10.1)</sub>) beantworteten insgesamt 73% aller Befragten (N<sub>51</sub>) positiv. Die einzelnen Anteile nach Klasse und Geschlecht können den ersten drei Spalten von Tabelle 30 entnommen werden. Es fällt wieder auf, dass die Mädchen sich scheinbar mehr mit dem Kochprojekt und die Jungen mehr mit dem technischen Projekt auseinandersetzten und somit wohl auch ein Stück weit identifizierten. Diese Vermutung wird auch durch die Beurteilung der Aussage „manchmal fand ich es schade, wenn es klingelte und die Stunde vorbei war“ gestützt (I-8<sub>(8.1)</sub> bzw. I-9<sub>(10.1)</sub>). Die Werte waren mit durchschnittlich 43% (vgl. Tab. 30, drei Spalten rechts) zwar geringer, deuten aber darauf hin, dass viele Angestellte gerne weiter gearbeitet hätten. Ob aus Interesse oder um Arbeiten zu Hause zu vermeiden, kann nur spekuliert werden. Die höhere Rate bei den Beschäftigten der Firma *Windhösel* lässt sich durch die Komplexität des Auftrags und die Vielzahl an Teilaufgaben (Modell, Arbeitsjournal, Forschung, Artikel) erklären, die nur bei äußerster Disziplin und Zielstrebigkeit alle im Unterricht erledigt werden konnten. Hier gaben 66% der *Windhösel*-Angestellten (N<sub>10.1</sub>) an, eigenständig recherchiert zu haben (Aussage I-8<sub>(10.1)</sub>), um mehr über Kamin- und Treibhauseffekt zu erfahren, sich also selbstständig (wahrscheinlich zuhause) Hintergrundwissen angeeignet zu haben.

Tab. 30: Zustimmung der Befragten nach Klasse und Geschlecht bei den Aussagen „Ich habe mich auch außerhalb des Unterrichts mit dem Thema beschäftigt.“ und „Manchmal fand ich es schade, wenn es klingelte und die Stunde vorbei war.“

Arbeit außerhalb des Unterrichts				Schade, wenn es klingelt		
Gesamt	Klasse 8	Klasse 10		Klasse 8	Klasse 10	Gesamt
83%	100%	69%	Mädchen	57%	25%	40%
68%	53%	86%	Jungen	38%	54%	45%
<b>73%</b>	67%	80%	<b>Gesamt</b>	43%	43%	<b>43%</b>

<sup>\*</sup> Die Aussage im Fragebogen lautete „Ich konnte mich am besten beim Kochen einbringen.“ Dadurch kann die aktive Beteiligung an dieser Teilaufgabe nicht erhoben werden. Die Zustimmungsrates lag bei 37% (41% machten keine Angabe, N<sub>8.1</sub>).

Zur Hypothese (H4\_S) und der Idee, die Kompetenzentwicklung zu untersuchen:

**„Positive Bewertung der Gruppenarbeit in beiden Klassenstufen und  
Kompetenzförderung im Ernährungsprojekt.“**

Insgesamt wurde die Gruppenarbeit von den Befragten positiv bewertet. So gaben durchschnittlich 80% aller Befragten ( $N_{51}$ ) an, dass sie sich in der Gruppe wohl und integriert fühlten, dass die Arbeit produktiv und engagiert war und ihre Anregungen von den anderen Gruppenmitgliedern akzeptiert wurden (Aussagen 1, 2, 4, 6ab in den Bereichen VI<sub>(8.1)</sub> bzw. IV<sub>(10.1)</sub>). Bei diesen Aussagen war der Anteil der neutralen Angaben etwa 10%. Knapp drei Viertel der Befragten ( $N_{51}$ ) gaben jeweils an, dass das Arbeitsklima angenehm war (Aussage VI-3<sub>(8.1)</sub> bzw. IV-3<sub>(10.1)</sub>), sie mit der Arbeitsweise der Gruppe zufrieden waren (Aussage VI-7<sub>(8.1)</sub> bzw. IV-7<sub>(10.1)</sub>) und dass sie der Gruppe eine Hilfe gewesen sind (Aussage VI-9<sub>(8.1)</sub> bzw. IV-11<sub>(10.1)</sub>). Im Gegensatz dazu haben durchschnittlich etwa 10% ( $N_{51}$ ) die Gruppenarbeit eher als negativ empfunden. Es gaben knapp 9% der Befragten aus Klasse acht ( $N_{8.1}$ ) an, sie hätten lieber alleine gearbeitet (Aussage VI-8<sub>(8.1)</sub>), wohingegen keine Zehntklässlerin und kein Zehntklässler diese Aussage (IV-10<sub>(8.1)</sub>) positiv beantworteten. Bei diesen Aussagen lag der Anteil der neutralen Antworten bei knapp 20%.

Diese Zahlen lassen insgesamt darauf schließen, dass die Zusammenarbeit in den Gruppen überwiegend gut funktioniert hat. Inwiefern tatsächlich die Teamfähigkeit und die Arbeit in den Gruppen verbessert wurden (vgl. (H4\_S)), kann mit den vorliegenden Daten nicht endgültig geklärt werden. Ein Hinweis liefert eine offene Frage im Fragebogen der achten Klassen, bei der angegeben werden sollte, welche Kompetenzen im Projekt erlernt oder gestärkt wurden (Frage IV-2<sub>(8.1)</sub>, Zusammenstellung der Antworten siehe Tabelle 4 im Anhang). Dabei wurden Teamfähigkeit und Zusammenarbeit zehnmal genannt, was einem Anteil von 22% ( $N_{8.1}$ ) entspricht. Diese Quote ist für eine offene Frage sehr hoch, da vor allem Schülerinnen und Schüler die offenen Fragen meist ganz auslassen (Anteil der „Auslasser“ bei dieser Frage 29% der Mädchen ( $N_{8.1w}$ ) und 72% der Jungen ( $N_{8.1m}$ )). Somit haben 53% der Schülerinnen und Schüler, die diese Frage beantwortet haben, diese Kompetenz genannt. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Befragten tatsächlich den Eindruck hatten, ihre Zusammenarbeit und ihre Teamfähigkeit verbessert zu haben, was ein Indiz für die Bestätigung der Hypothese (H4\_S) darstellt.

Weitere Antworten auf die Frage nach gestärkten Kompetenzen waren Problemlöse- (4x<sup>\*</sup>) und Kritikfähigkeit (1x) sowie Selbstbewusstsein, Selbstständigkeit, Zuverlässigkeit und Kreativität (je 1x). Darüber hinaus wurden „auf andere eingehen“ bzw. „sich durchsetzen“ (2x) genannt, was den Kompetenzen Einfühlungs- bzw. Durchsetzungsvermögen entspricht. Je ein Junge und ein Mädchen nannten auch das Kochen als erlernte bzw. gestärkte Kompetenz im Projekt.

\* Vier Nennungen entsprechen einem Anteil von 21% der gegebenen Antworten (zwei Nennungen also 10,5% und eine Nennung etwa 5%). Bezogen auf die Gesamtzahl der Befragten ( $N_{8.1}$ ) beträgt der Anteil etwa 9%, 4,5% bzw. 2%.



Zur Hypothese (H5\_S):

**„Der Einsatz des Kreisprozesses zum Problemlösen gestaltet sich schwierig.“**

Zwei Schülerinnen und zwei Schüler gaben bei dieser offenen Frage an, mit dem Kochprojekt ihre Problemlösekompetenz gestärkt zu haben. Inwiefern das auch für die anderen Lernenden zutrifft, kann durch den Fragebogen nicht erhoben werden, da dies nicht explizit erfragt wurde. Indirekt können allerdings der Umgang und der Einsatz des Problemlösebogens einen Hinweis darauf liefern. Bei den Beobachtungen der eigenständigen Arbeitsphasen fiel auf, dass die Schülerinnen und Schüler den Protokollbogen zum Kreisprozess nur ungern ausfüllten und immer wieder aufgefordert werden mussten, dieser Aufgabe nachzukommen. Diese Beobachtungen werden durch die Antworten zum Themenblock Problemlösen in den Fragebögen bestätigt. Durchschnittlich gaben nur 10% aller Befragten ( $N_{51}$ ) an, die Schritte von PBL künftig anwenden zu wollen, wenn sie vor einem Problem stehen (Aussage V-2<sub>(8.1)</sub> bzw. III-2<sub>(10.1)</sub>). Dabei war der Anteil der Antworten in Klasse acht mit 13% ( $N_{8.1}$ ) doppelt so hoch, wie in Klasse zehn (7%,  $N_{10.1}$ ). Dies könnte daran liegen, dass für die achten Klassen die Bearbeitung komplexer Probleme noch neu ist, während die Zehntklässlerinnen und Zehntklässler durch ihre bisherigen Erfahrungen im Fach NwT bereits eigene Strategien entwickelt hatten. Trotz dieser geringen „Akzeptanz“ wurden die Vorteile des Vorgehens gesehen. So gaben 73% ( $N_{51}$ ) an, dass Problemlösen in der Gruppe besser klappt, 60% ( $N_{51}$ ) bestätigten, dass durch das vorgegebene Verfahren (Brainstorming unterstützt durch die Kärtchentechnik) jeder seine Ideen in die Diskussion eingebracht habe, und jeweils ein Drittel ( $N_{51}$ ) der Schülerinnen und Schüler gaben an, durch PBL beim Problemlösen strategisch besser vorgegangen zu sein und die Vorteile des Prozesses erkannt zu haben (Aussagen 1, 3, 4, 5 in den Bereichen V<sub>(8.1)</sub> bzw. III<sub>(10.1)</sub>) (vgl. auch [Jannack et al. 2015]).

Die Hypothese (H5\_S) kann somit zwar bestätigt werden, aber auf eine Verbesserung der Problemlösekompetenz kann daraus nicht geschlossen werden. Obwohl jeweils ein großer Teil der Lernenden die Vorteile des Kreisprozesses zum Problemlösen erkannte, wurde er im Unterricht nur schwerfällig angewendet, was eine Anwendung in künftigen Problemsituationen eher unwahrscheinlich macht. Allerdings haben alle Lernenden ein schrittweises Vorgehen bei der Bearbeitung komplexer Probleme und somit eine mögliche Problemlösestrategie kennengelernt. Damit wurde auf jeden Fall bezüglich der eigenen Problemlösekompetenz sensibilisiert und diese somit eventuell auch ausgebaut.

Rückmeldungen zum monoedukativen Unterricht:

**„Schülerinnen und Schüler bevorzugen gemischte Gruppen.“**

Nach dem Trimester-Modell der Schule wurde das Projekt der *Windhösel-Kraftwerke* mit drei Klassen durchgeführt. Davon mussten bei zwei die Abteilungsleiter gleichgeschlechtliche Gruppenmitglieder

wählen. Es ergaben sich fünf Jungen- und drei Mädchengruppen. Die Gesamtzahl der monoedukativ eingeteilten Jugendlichen betrug 11 Mädchen und 19 Jungen. Die dritte Gruppe, bestehend aus 5 Mädchen und 9 Jungen, durfte sich dagegen wieder frei einteilen, dabei entstand aufgrund des Zahlenverhältnisses eine reine Jungengruppe.

Im Bereich V des Prä-Fragebogens sollten Aussagen zu Jungen im NwT-Unterricht beurteilt werden, die von Jungen und Mädchen teilweise sehr unterschiedlich eingeschätzt wurden. Bei den Aussagen „Jungen drängen sich bei den Versuchen vor“ und „Jungen sind hilfsbereit, wenn jemand Schwierigkeiten hat“ entschied sich jeweils ein Drittel der Mädchen ( $N_{10.1w}$ ) für jede der drei Antwortmöglichkeiten. Von den Jungen ( $N_{10.1m}$ ) verneinten 71% die erste Aussage und stimmten 68% der zweiten Aussage zu (bei 0% Ablehnung). Große Unterschiede gab es auch bei der Aussage, ob Jungen technisch begabter seien als Mädchen. Während 50% der Mädchen ( $N_{10.1w}$ ) dies verneinten (je 25% positive und neutrale Antworten), stimmten 79% der Jungen der Aussage zu und keiner verneinte dies. Einigkeit herrschte dagegen bei der Aussage „Jungen streiten sich oft darum, wer die bessere Leistung gezeigt hat“, die geschlechterübergreifend von 55% ( $N_{10.1}$ ) mit Ja beantwortet wurde, und der Aussage „Jungen versuchen immer besser zu sein als andere“, die von etwa 40% ( $N_{10.1}$ ) positiv beurteilt wurde.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass die Jungen in dieser zehnten Klassenstufe sehr ehrgeizig waren oder erschienen. Sie schätzten ihr Geschlecht als technisch begabter ein, was allerdings von drei Vierteln der Mädchen nicht bestätigt wurde. Dagegen hatten die Mädchen das Gefühl, dass die Jungen sich bei Versuchen vordrängen und nur teilweise hilfsbereit sind.

Die 30 Schülerinnen und Schüler, die anschließend in gleichgeschlechtlichen Gruppen arbeiten sollten, wurden gebeten, ihre Erwartungen und Befürchtungen an diesen Unterricht anzugeben (Bereich VI). Hierbei spiegelten sich teilweise die oben aufgedeckten Einstellungen wieder (Aufstellungen der Antworten in Tabelle 5 im Anhang). Die Mädchen, die ihre Erwartungen angaben, erwarteten eine lösbare Aufgabe und eine schnelle, zielstrebige, hilfsbereite sowie konzentrierte Arbeitsphase, wobei einzelne auch direkt angaben, lieber mit Jungen zu arbeiten (leider beantworteten 64% der Mädchen diese offene Frage nicht). Die Jungen nannten als Erwartungen bessere Arbeitsmoral, Teamgeist und viel Spaß sowie ein besseres Ergebnis im Vergleich zu den Mädchengruppen. 11% gaben an, keine großen Änderungen zu erwarten (32% beantworteten die Frage nicht). Bei den Befürchtungen wurden von beiden Geschlechtern Langeweile genannt (18% der Mädchen und 26% der Jungen). Bei den Mädchen zeigten sich parallel dazu Skepsis bezüglich des Erfolgs und Angst vor zwischenmenschlichen Problemen (jeweils etwa 40%, 18% machten keine Angaben). Die Jungen dagegen nannten neben Langeweile hauptsächlich Streit und Meinungsverschiedenheiten als Sorgen (21%, hier machte ein Drittel keine Angaben).

Diese Befürchtungen konnten im Post-Fragebogen teilweise bestätigt werden (Aufstellung der Ant-

worten in Tabelle 6 im Anhang). So berichteten die Mädchen von einer meist entspannten und freundlichen, teilweise aber auch von einer angespannten, abgelenkten oder zickigen Arbeitsatmosphäre (Aussage V-12). Die Jungen beschrieben die Stimmung in ihren Gruppen überwiegend als gut, locker und lustig sowie als konzentriert und engagiert. Eine Auswirkung auf das Klassenklima (Aussage V-14) konnten die Schülerinnen und Schüler nicht beobachten, wobei einzelne Jungen angaben, weniger Abwertung als in gemischten Gruppen erfahren zu haben (Aussage V-13).

Bei den vorgegebenen Aussagen zum getrennten Unterricht fiel die Beurteilung bei beiden Geschlechtern überwiegend positiv aus. So war für 93% der Befragten (N=30) das Arbeitsklima angenehm und 60% fühlten sich auch bei Nichtwissen akzeptiert (Aussagen V-3,2). 70% (N=30) verneinten dagegen, dass sie mehr gelernt haben als in gemischten Gruppen (Aussagen V-6). Die Aussage, dass sie gerne öfter in gleichgeschlechtlichen Gruppen arbeiten würden, bestätigten nur 13% und 40% lehnten dies sogar ab (N=30, Aussage V-8). (Vgl. auch [Jannack et al. 2016].)

Vergleicht man die Angaben der beiden ersten Klassen, die gleichgeschlechtlich eingeteilt waren, mit den frei kombinierten Gruppen der dritten Klasse, so ergaben sich im Themenblock Problemlösen diverse Unterschiede. Dementsprechend war der Anteil der Jungen aus den reinen Jungengruppen (N=19), die in Bezug auf Vorteile und künftigem Einsatz von PBL sowie strategischem Vorgehen bei PBL (Aussagen III-1,2,4) „weiß nicht“ ankreuzten, mit 68% relativ hoch. Hier wurde eine Unsicherheit offensichtlich, die in den gemischt eingeteilten Gruppen nicht beobachtet werden konnte. Dort entsprachen die Angaben jeweils über der Hälfte der Jungen (N=9) den Tendenzen der Gesamtgruppe, die den Kreisprozess als strategische Unterstützung erkannte und die Vorteile von PBL zwar sah, es aber dennoch künftig nicht einsetzen wollte. Daraus lässt sich eventuell schließen, dass die Mädchen strukturierter arbeiten und die Jungen in den gemischten Gruppen von einer möglichen Führung profitieren konnten.

Bei den gleichgeschlechtlich eingeteilten Klassen war allerdings auch ein überdurchschnittlich großer Anteil der Mädchen (45% von N=11) der Meinung, dass man durch PBL beim Problemlösen nicht strategisch besser vorgehen könne (Aussage III-4). Diese Zahlen lassen sich vielleicht so deuten, dass sich die Mädchen in ihrer Arbeit eingeengt fühlten. Vielleicht waren sie bereits so erfahren, dass sie ihre eigenen Problemlösestrategien und Verfahren entwickelt hatten, die sie durch den Protokollbogen jetzt nicht mehr anwenden konnten. Eine Einengung in Bezug auf die Kreativität kann ausgeschlossen werden, da 82% der Mädchen in den entsprechenden Klassen (N=11) angaben, dass sie kreativ arbeiten konnten (Aussage I-5).

Bei den Antworten der dritten Klasse waren zwei auffällige Häufungen beobachtbar. Einmal gaben vier Jungen (N=9) an, dass sie durch PBL nicht alle ihre Ideen einbringen konnten (Aussage III-3), und dann gaben drei Jungen an, dass sie nicht lieber in gemischten Gruppen gearbeitet hätten (Aussage IV-8). Es wird angenommen, dass diese Angaben aus zwei Gruppen mit speziellen Gruppenkonstella-

tionen hervorgingen. In einer Vierergruppe gab es einen (als Einzelgänger bekannten) Schüler, der sich offensichtlich nicht in die Gruppe integrieren wollte. Er setzte sich immer etwas abseits der Gruppe und wollte von sich aus keinen Beitrag leisten, so dass er immer nur nach Aufforderung agierte. Diese Konstellation könnte die erste Beobachtung erklären, dass vier Schüler angaben, dass nicht alle ihre Ideen einbringen konnten. Im zweiten Fall gab es eine Gruppe von drei Jungen und einem Mädchen aus der Parallelklasse, das dieser Klasse im NwT-Unterricht zugeteilt war. Dieses Mädchen trug nicht positiv zur Stimmung und zum Gelingen des Projekts bei und war für die Jungen daher eher eine Belastung, was die beobachtete negative Einstellung dreier Jungen zu gemischten Gruppen erklären könnte.

Insgesamt ergaben sich also keine nennenswerten Unterschiede zwischen den gleichgeschlechtlichen und den gemischten Gruppen. Während etwa 60% der Schülerinnen und Schüler beider Gruppen (N<sub>10.1</sub>) angaben, lieber in gemischten Gruppen zu arbeiten (Aussage IV-8), lehnten nur 13% diese Arbeitsform ab. Diese Einstellung wird durch das einzige Statement auf der Seite für Anregungen noch einmal deutlich: „Nie wieder gleichgeschlechtliche Gruppen!“ [Zitat einer Schülerin]. Darüber hinaus konnten auch von Seiten der Lehrperson keine Vor- oder Nachteile der beiden Gruppeneinteilungen berichtet werden.

Sicher lassen sich durch die kleine Stichprobe keine allgemeingültigen Aussagen treffen. Die negative Haltung der Jugendlichen gegen geschlechtshomogene Gruppen und die positiven Ergebnisse bei der Arbeit in gemischten Gruppen lassen sich eventuell auf die Vorerfahrungen der Lerngruppe zurückführen. So arbeiteten die Schülerinnen und Schüler der untersuchten zehnten Klassen jeweils im dritten Jahr in dieser Zusammensetzung im NwT-Unterricht und waren auch die gemeinsame Arbeit an Projekten gewohnt.

Allerdings wurde auf Grundlage dieser Erfahrungen die Idee des monoedukativen Unterrichts verworfen. Vielmehr sollte im zweiten Unterrichtsversuch nun, neben der Evaluation der Projekte, die Förderung von Kompetenzen näher untersucht werden, die sich bei der Befragung der achten Klassen angedeutet hat. Dies erfolgte mittels Schülerselbsteinschätzung im Ein-Gruppen-Prä-Post-Design.

### 6.3 Kompetenzentwicklung bei Schülerinnen und Schülern

In der Evaluation des zweiten Unterrichtsversuchs waren die Fragebögen in beiden Klassenstufen aufeinander abgestimmt, so dass einerseits die Gesamtgruppe ausgewertet und andererseits ein Vergleich zwischen den Klassenstufen gezogen werden konnte. Prä- und Post-Befragung waren für eine gute Vergleichbarkeit identisch aufgebaut. Durch eine zufällige Zuordnung von Nummern, konnten die Prä- und Post-Fragebögen einander zugeordnet und ein Vergleich zwischen den Befragungs-

zeitpunkten angestellt werden. In die Auswertung gingen zur Wahrung der Anonymität nur vollständige Fragebogensets, bestehend aus Prä- und Post-Bogen, ein. Nach dem Aussortieren unvollständiger Sets konnten insgesamt 108 Fragebogensets ausgewertet werden. Davon wurden 36 von Schülerinnen und 72 von Schülern ausgefüllt. In der Gesamtkohorte befanden sich wieder doppelt so viele Jungen wie Mädchen, allerdings waren die Zahlen in Klasse zehn beinahe ausgeglichen, während der Mädchenanteil in Klasse acht lediglich 22% betrug. Der Mädchenanteil innerhalb der Jahrgangsstufen betrug 45% für die achte Klassenstufe und 54% für die zehnte Klassenstufe, so dass die ungleiche Verteilung erneut auf das Wahlverhalten bzw. das Fach Spanisch als Alternative zurückgeführt werden kann. Die Verteilung der Fragebögen nach Klasse und Geschlecht kann Tabelle 31 entnommen werden. Damit ergaben sich bei der Auswertung wiederum vier Teilgruppen (Klasse acht bzw. zehn, jeweils weiblich und männlich), die je nach Antworten gegebenenfalls auch nach Klasse oder Geschlecht zusammengefasst werden konnten.

Tab. 31: Anzahl und Verteilung der Fragebögen nach Geschlecht und Klasse im zweiten Unterrichtsversuch

	Klasse 8	Klasse 10	Gesamt
Mädchen	$N_{8.2w}=13$	$N_{10.2w}=23$	$N_{S2w}=36$
Jungen	$N_{8.2m}=46$	$N_{10.2m}=26$	$N_{S2m}=72$
Gesamt	$N_{8.2}=59$	$N_{10.2}=49$	$N_{S2}=108$

Der Schwerpunkt der zweiten Befragungsrunde lag auf den Selbsteinschätzungen der Schülerinnen und Schüler im Kompetenzprofil. Die Verteilung aller Einschätzungen im Kompetenzprofil nach Klasse und Geschlecht kann Tabelle 7 im Anhang entnommen werden, wobei die zentralen Ergebnisse im Folgenden dargestellt werden sollen. Erste Ergebnisse zur Kompetenzentwicklung aus der Befragung der Kohorte 10.2 wurden in Jannack et al. [2016] vorgestellt. Ebenso wurden ausgewählte Ergebnisse zur Durchführung und der Praktikabilität des Kreisprozesses in Jannack et al. [2015] dargelegt. Die Ergebnisse werden wie im letzten Kapitel, mit Bezug zu den Hypothesen, als Aussagen formuliert und den jeweiligen Ausführungen vorangestellt.

Zu den Hypothesen (H1\_A) und (H2\_A):

**„Die Projekte machen Spaß und können das Interesse an Ernährung bzw. erneuerbaren Energien sowie wissenschaftlichen Fragestellungen steigern.“**

Hypothese (H1\_A) wurde in den Post-Fragebögen mit der Aussage (II-1) „Das Projekt hat Spaß gemacht.“ untersucht. Die Spaßerwartungen an die Projekte wurden in den Prä-Fragebögen mit der Aussage (II-1) „Das Projekt macht bestimmt Spaß.“ erhoben. Die Häufigkeiten der positiven Antworten nach Klasse und Geschlecht können Tabelle 32 (nächste Seite) entnommen werden.

Tab. 32: Positive Schülerbewertungen der Aussagen „Das Projekt macht bestimmt Spaß.“ (vorher) und „Das Projekt hat Spaß gemacht.“ (nachher) nach Klasse und Geschlecht

Spaß	Klasse 8		Klasse 10		Gesamt	
	vorher	nachher	vorher	nachher	vorher	nachher
<b>Mädchen</b>	92,3%	76,9%	30,4%	82,6%	52,8%	80,6%
<b>Jungen</b>	87,0%	93,5%	73,1%	65,4%	81,9%	83,3%
<b>Gesamt</b>	88,1%	89,8%	53,1%	73,5%	72,2%	82,4%

Von allen befragten Schülerinnen und Schülern der zweiten Kohorte ( $N_{s2}$ ) gaben 82% an, dass ihnen das jeweilige Projekt Spaß gemacht hat (vgl. auch [Jannack et al. 2015]). Die Projekte haben dabei die Erwartungen der Prä-Befragung sogar noch übertroffen (Wert vorher: 72%).

Bezüglich der Erwartungen an das Projekt, sticht der Anteil der Schülerinnen der zehnten Klasse ( $N_{10.2w}$ ) heraus, da in dieser Teilgruppe lediglich 30% bereits vor dem Projekt Spaß erwarteten. Dieser geringe Wert deutet auf eine Unsicherheit der Schülerinnen im Vorfeld des Projekts hin, die auch in Aussage I-6 des Prä-Fragebogens bestätigt wurde. Nur etwa 35% ( $N_{10.2w}$ ) gaben hier an, sich in schwierigen Situationen sicher zu fühlen. Der Wert der sicheren Jungen betrug 54% ( $N_{10.2m}$ ), was zusammen mit dem technischen Hintergrund des Projekts den höheren Wert von 73% Spaßervartung bei den Zehntklässlern erklären kann. Dieser Trend wurde im Post-Fragebogen jedoch umgekehrt, denn im Anschluss an das Projekt gaben mehr Mädchen als Jungen an, Spaß gehabt zu haben. Man kann also festhalten, dass das technische Projekt auch den Mädchen Spaß gemacht hat und dass dadurch auch das naturwissenschaftlich-technische Selbstbewusstsein der Teilnehmerinnen gesteigert werden konnte. Diese Interpretation wird durch die Vergleichsfrage zur Unsicherheit (I-4) im Post-Fragebogen bestätigt. Der Anteil der Mädchen, die sich in schwierigen Situationen nach dem Projekt sicher fühlten, stieg auf 52% ( $N_{10.2w}$ ).

Insgesamt fällt auf, dass die Werte der zehnten Klassen geringer sind, als die Werte der achten Klassen. Dies kann eventuell durch die Komplexität des Auftrages der Firma *Windhösel* erklärt werden. Durch die vielfältige Aufgabenstellung waren die Schülerinnen und Schüler der zehnten Klassen sehr gefordert. Dies wurde auch beim freien Feedback (V) am Ende des Fragebogens deutlich, wo sieben Personen angaben, zu wenig Zeit gehabt zu haben (das entspricht einem Anteil von 19% der Antworten, da 24% ( $N_{10.2}$ ) diese offene Frage nicht beantwortet haben). Fast 50% der negativen Rückmeldungen bezogen sich auf mindestens eine der geforderten schriftlichen Leistungen (Artikel, Arbeitsjournal oder Abstract). Die Kategorisierung aller Antworten ist in Tabelle 8 im Anhang dargestellt.

Hypothese (H2\_A) wurde in den Post-Fragebögen mit den Aussagen I-1, II-3 und II-4 untersucht. Dabei gaben insgesamt 60% der Befragten an, das Projekt habe ihr Interesse an wissenschaftlichen Fragestellungen allgemein gesteigert. Außerdem gaben 82% der Mädchen und Jungen aus Klasse zehn

(N<sub>10.2</sub>) an, das Projekt habe ihr Interesse an erneuerbaren Energien gesteigert (vgl. auch [Jannack et al. 2015]). Darüber hinaus formulierten 26% der Befragten beim freien Feedback (V) am Ende des Fragebogens, dass ihnen das Thema oder einzelne Inhalte der Mitarbeiterseminare gefallen haben. Die Übersicht der Antworten enthält ebenfalls Tabelle 8 im Anhang. In den achten Klassen gaben etwa 70% der Mädchen (N<sub>8.2w</sub>) und knapp 55% der Jungen (N<sub>8.2m</sub>) an, das Projekt habe ihr Interesse an Ernährung gesteigert. Diese relativ hohen Zahlen überraschen vor dem Hintergrund, dass in den Prä-Fragebögen das Interesse an Ernährung bzw. erneuerbaren Energien (Aussage II-3) mit durchschnittlich 72% (N<sub>S2</sub>) bereits sehr hoch war. Die Projekte konnten also ein bereits vorhandenes großes Interesse an diesen Themen weiter steigern. Diese Auslegung wird durch die Beurteilung von Aussage II-4 im Post-Fragebogen weiter gestärkt. So wollten sich rund 44% der Zehntklässlerinnen und 35% der Zehntklässler weiterhin mit erneuerbaren Energien sowie 39% der Mädchen aus Klasse acht mit dem Thema Ernährung beschäftigen. Während 26% der Achtklässler sich weiter mit dem Thema Ernährung befassen wollen, verneinten dies 48%. Das gesteigerte Interesse wird in dieser Frage demnach vor allem bei den Mädchen sichtbar. So gaben 42% (N<sub>S2w</sub>) an, sich weiter mit den jeweiligen Themen beschäftigen zu wollen, während der größte Anteil der Jungen (39% von N<sub>S2m</sub>) angab, sich nicht weiter mit den jeweiligen Themen beschäftigen zu wollen. Allerdings sind die Unterschiede statistisch nicht signifikant ( $\chi^2$ -Test, p=0,12).

Zur Hypothese (H4\_S):

**„Arbeit und Strukturierung im Team kann verbessert werden.“**

Die Antworten zu den Fragen zur Gruppenarbeit im ersten Teil der Fragebögen lassen darauf schließen, dass die Schülerinnen und Schüler die Vorteile der Gruppenarbeit erfahren haben. So halbierte sich der Anteil der Befragten, die lieber alleine gearbeitet hätten (Aussage III-1), von einem Fünftel (N<sub>S2</sub> vorher) auf ein Zehntel (N<sub>S2</sub> nachher). Auch in dieser Kohorte sprach sich über die Hälfte der Befragten nach dem Projekt für gemischte Gruppen aus (Aussage III-3), allerdings ohne, dass die Schülerinnen und Schüler Erfahrungen mit gleichgeschlechtlichen Gruppen gemacht hatten. Demnach zeigten die Projekte vielleicht die Chancen gemischter Gruppen auf, in denen sich die Stärken der einzelnen Schülerinnen und Schüler im Optimalfall ergänzen können. Im schlechtesten Fall führt diese Arbeitsteilung allerdings dazu, dass eigene Schwächen von den Lernenden bewusst umgangen werden können, so dass entsprechende Maßnahmen für diesen Fall bedacht werden sollten. So könnten beispielsweise in den Mitarbeiterseminaren Aufgaben gestellt werden, die von jedem Lernenden einzeln bearbeitet werden müssen. Dadurch könnte in einzelnen Teilbereichen eine individuelle Kompetenzförderung außerhalb der Gruppenarbeit ermöglicht werden.

Die Arbeit in den Abteilungen hat 78% der Befragten (N<sub>S2</sub>) Spaß gemacht und wurde von 70% als gut

strukturiert, von 65% als gut organisiert und von 46% als gut dokumentiert beschrieben (Aussagen II-2,5). Die entsprechende Frage wurde auch in den Prä-Fragebögen gestellt, um die bisherigen Erfahrungen mit Gruppenarbeit zu erheben. Hier waren die Werte allesamt geringer, wobei die Differenz bei der Organisation gering (2%), bei der Dokumentation groß (14%) und bei der Struktur erheblich (21%) war. Die bessere Dokumentation und Strukturierung der Gruppenarbeit in den Abteilungen kann man sicher auf die Hilfestellungen mittels Protokollbögen (vgl. z. B. Abb. 14) zurückführen. Dadurch werden die Abteilungen gezwungen, mögliche Probleme und Teilaufgaben zu definieren, zu analysieren und die benötigten Arbeitsschritte aufzuteilen sowie ihre Ideen und ihr Vorgehen gleichzeitig zu dokumentieren.

Der Bereich Teamarbeit wurde im Kompetenzprofil mit zwei Items erhoben, nämlich (1) Planung von Projekten und (2) Übernahme von Aufgaben im Team. Mit Ausnahme von jeweils drei Befragten gaben sowohl in den Prä- als auch in den Post-Fragebögen keine Schülerinnen und Schüler an, diese beiden Kompetenzen nicht zu besitzen, wobei es sich vorher und nachher um unterschiedliche „Nichtkönnern“ (Einschätzung in den Kategorien kann ich eher nicht/ gar nicht) handelte. Dabei sank der Anteil der unsicheren Einschätzungen von etwa 20% auf etwa 15% ( $N_{S2}$ ). Dadurch stiegen die Anteile in den beiden besten Einschätzungsstufen, was sich auch an den Durchschnittswerten zeigt, die in drei von vier Teilgruppen bei Item 1 um 2,0 liegen und bei Item 2 in Klasse acht bei 1,8 und in Klasse zehn sogar bei 1,5. Eine Ausnahme bildete hier die Gruppe der Achtklässlerinnen ( $N_{8.2w}$ ), die sich nachher schlechter einschätzte als vorher und sich mit einem Durchschnittswert von 2,3 negativ von den anderen Teilgruppen abhob. Diese Teilgruppe ist auch die einzige, bei der sich der Anteil in der besten Einschätzung bei Item 1 von vorher zu nachher nicht veränderte. Auffällig ist auch der sehr hohe Anteil von 70% der Zehntklässlerinnen ( $N_{10.2w}$ ), die sich bei Item 2 in die beste Stufe einordneten. Im Vergleich der Jahrgangsstufen kann man feststellen, dass die Zunahme zwischen den Messzeitpunkten in Klasse zehn ( $N_{10.2}$ ) jeweils größer ausfiel, als in den achten Klassen ( $N_{8.2}$ ). Insgesamt war die Verbesserung bei Item 2 in der Gesamtgruppe signifikant (t-test,  $p=0,012$ ). Die Schülerinnen und Schüler bescheinigen sich somit in der Lage zu sein, ein Projekt im Team zu planen und in der Durchführung einzelne Aufgaben für das Team übernehmen zu können.

Vergleicht man die einzelnen Prä- und Post-Fragebögen, gab es bei Item 1 31% verbesserte und etwa 55-60% gleiche Einschätzungen. Auch hier bildet die Gruppe 8.2w eine Ausnahme, da sich 0% (!) besser und 31% schlechter einschätzten. Für Item 2 gestalteten sich die Angaben etwas differenzierter. In den zehnten Klassen ( $N_{10.2}$ ) blieben 60% gleich, wobei sich bei den Mädchen ( $N_{10.2w}$ ) 30% und bei den Jungen ( $N_{10.2m}$ ) nur 23% nach dem Projekt besser einschätzten. Bei den achten Klassen ( $N_{8.2}$ ) schätzten sich in den beiden Teilgruppen jeweils doppelt so viele Schülerinnen und Schüler besser ein als schlechter, allerdings fällt auf, dass der Anteil gleicher Angaben bei den Mädchen ( $N_{8.2w}$ ) bei 77% und bei den Jungen ( $N_{8.2m}$ ) nur bei 39% liegt.



Es kann also festgehalten werden, dass bei den Befragten der achten Klassen eher Abweichungen und große Veränderungen zwischen Prä- und Post-Test beobachtet werden konnten. Dies lässt sich sicher mit einer gewissen Unsicherheit und der fehlenden Erfahrung mit der Arbeit in Projekten erklären. So wurde in den achten Klassen in der Regel noch kein größeres Projekt durchgeführt, das von den Schülerinnen und Schülern selbstständig geplant werden sollte und bei dem der Umfang der Anforderungen eine Aufteilung der Arbeiten in der Gruppe nötig machte. So konnten sich die Befragten nach dem Projekt sicher realistischer einschätzen als vorher.

Insgesamt bewerteten sich die Jungen besser als die Mädchen. Diese Tatsache lässt sich wiederum entweder mit einem besseren Selbstbewusstsein der Jungen oder mit einer realistischeren Einschätzung der Mädchen erklären. Eine Ausnahme bildete die Fähigkeit der Zehntklässlerinnen, Aufgaben im Team übernehmen zu können, die sich wesentlich besser einschätzten als die Jungen.

Die Antworten können als Bestätigung der Hypothese (H4\_S) interpretiert werden. Insgesamt gaben (beinahe) alle Schülerinnen und Schüler an, Projekte im Team planen und Aufgaben im Team übernehmen zu können, wobei der Anteil der Befragten, die das schon gut können, nach den Projekten nochmals gestiegen ist. Auch die Arbeit im Team wird anschließend strukturierter und besser dokumentiert eingeschätzt als dies vorher der Fall war, was durch die Hilfestellung in Form von Protokollbögen erklärt werden kann. Demnach kann man feststellen, dass das Unterrichtskonzept *Lucycity* in der Lage ist, Teamkompetenz zu fördern und der Arbeit im Team zu einer besseren Struktur zu verhelfen (vgl. auch [Jannack et al. 2016]).

Zur Hypothese (H5\_S):

**„Kreisprozess findet keine Akzeptanz, dennoch wurden Problemlösestrategien ausgebildet.“**

Im ersten Teil der Fragebögen sollten die Schülerinnen und Schüler sowohl in den Prä- als auch in den Post-Fragebögen beurteilen, ob sie bei der Lösung von Problemen strukturiert vorgehen (Aussagen II-4<sub>Prä</sub> bzw. II-5<sub>Post</sub>). Die Zahlen unterschieden sich im Prä-Post-Vergleich bei den Jungen beider Klassenstufen und den Mädchen der achten Klassen kaum und lagen bei den Jungen insgesamt um 53,5% (N<sub>52m</sub>) und bei der Mädchengruppe bei 38,5% (N<sub>8.2w</sub>) positiver Antworten. Auffällig ist der Abfall der positiven Einschätzungen bei den Mädchen der zehnten Klassen. Vorher gaben 61% an, strukturiert vorzugehen, anschließend nur noch 30% (N<sub>10.2w</sub>). Diese Zahlen lassen auf die Sensibilisierung oder eine gute Reflexionsfähigkeit der Mädchen schließen, die im Laufe des Auftrags teilweise gemerkt haben könnten, dass sie in der Problemlösung doch nicht strukturiert vorgehen oder zumindest verunsichert wurden. (Vgl. auch [Jannack et al. 2015].)

Vor dieser Selbsteinschätzung wundert es auch nicht, dass jeweils ein größerer Teil der Befragten

aller Teilgruppen angab, dass die fünf Schritte des Kreisprozesses nicht hilfreich seien (Aussage II-8) (vgl. auch [Jannack et al. 2015]). Bei den jeweiligen Zahlen fällt auf, dass vor allem bei den Mädchen die Unsicherheit mit 42% ( $N_{S2w}$ ) relativ groß war (Einschätzung „weiß nicht“). Ein großer Teil der Mädchen hatte sich zum Zeitpunkt der Befragung demnach weder ein positives noch ein negatives Urteil über die Vor- und Nachteile des Kreisprozesses gebildet, war also noch offen, den Prozess erneut auszuprobieren oder seine Wirksamkeit zu reflektieren. Bei den Jungen dagegen war häufig ein abschließend negatives Urteil gefällt worden. Dennoch gaben durchschnittlich 46% aller Befragten ( $N_{S2}$ ), also auch der Jungen, an, gerne öfter PBL-Fälle im Unterricht bearbeiten zu wollen. Mögliche Begründungen für diese Angaben könnten der empfundene Spaß oder das geäußerte Interesse sein.

Die Entwicklung von Strategien zur Problemlösung sollte auch im Kompetenzprofil (Item 15) eingeschätzt werden. Hier gab jeweils der größte Anteil der vier Teilgruppen sowohl vorher als auch nachher an, das zu können (Skala Stufe 1 oder 2). Die Durchschnittswerte der Gruppen betragen jeweils zwischen 2,0 und 2,6. Die leicht bessere Tendenz der Jungengruppen in den Durchschnittswerten bestätigt sich auch, wenn man die Anteile der Jungen und Mädchen in den Stufen eins und zwei vergleicht. Der Jungenanteil ( $N_{S2m}$ ) ist im Klassenvergleich fast immer höher als der Mädchenanteil ( $N_{S2w}$ ). Vergleicht man die Angaben zwischen Prä- und Post-Fragebögen, ist der Durchschnittswert bei den Jungengruppen gleich geblieben, bei den Zehntklässlerinnen ( $N_{10.2w}$ ) leicht besser (-0,1) und bei den Achtklässlerinnen ( $N_{8.2w}$ ) leicht schlechter geworden (+0,1). Allerdings hat der Anteil aller Teilgruppen in der besten Kategorie zugenommen, so dass zumindest bei einem Teil der Befragten von einer Kompetenzförderung ausgegangen werden kann.

Vergleicht man jedoch die Prä- und Post-Fragebögen der einzelnen Befragten kann man große Bewegungen feststellen. Bei den achten Klassen ( $N_{8.2}$ ) schätzte sich fast die Hälfte gleich ein, während sich knapp ein Viertel besser und knapp ein Drittel schlechter einschätzte. Auffällig im Geschlechtervergleich ist hier, dass die Veränderungen bei den Mädchen ( $N_{8.2w}$ ) höchstens eine Stufe betragen, wohingegen sich einzelne Jungen ( $N_{8.2m}$ ) im Post-Fragebogen sogar zwei Stufen besser oder schlechter einstuften. Bei den Fragebögen der zehnten Klassen muss die Betrachtung etwas differenzierter erfolgen. Von den Mädchen ( $N_{10.2w}$ ) schätzten sich 44% im Post-Fragebogen besser, 26% gleich und 30% schlechter ein. Bei den Jungen ( $N_{10.2m}$ ) änderten 62% ihre Angaben nicht, 23% schätzten sich besser und 15% schlechter ein. Beide Beobachtungen können durch eine mögliche Sensibilisierung der Schülerinnen und Schüler erklärt werden. Während die Befragten der achten Klassen wahrscheinlich bisher kaum Erfahrung im Problemlösen gesammelt hatten, haben sie mit dem Kreisprozess eine mögliche Strategie kennengelernt und im Umgang eventuell eigene Schwächen entdeckt, so dass sie sich nach dem Projekt tendenziell schlechter einschätzten. Die Zehntklässlerinnen, denen bereits eine bessere Reflexionsfähigkeit als Jungen in diesem Alter zugesprochen wird [Schallies et al. 2002], haben über ihre Problemlösekompetenz nachgedacht und daher oft andere Angaben gemacht als im

Vorfeld, während der Großteil der Jungen sich gleich einschätzte.

Die Interpretation des Unterschieds zwischen den Klassenstufen wird auch durch die Antworten bei der offenen Frage II-10 des Post-Fragebogens gestützt. Dort sollten die Schülerinnen und Schüler ein Statement zu den PBL-Stunden formulieren (Überblick siehe Tabelle 9 im Anhang). Auch wenn bei einigen Kommentaren nicht klar ist, ob sie sich auf die Verwendung von PBL beziehen oder auf das gesamte Projekt, können gewisse Tendenzen abgelesen werden. So waren vor allem die Kommentare der Achtklässlerinnen und Achtklässler, die sich auf den Problemlöseprozess bezogen, positiv. Bei den Befragten der zehnten Klassen stellt sich das Bild etwas kritischer dar. So fanden viele den Prozess zwar interessant, aber insgesamt zu aufwändig.

Eine Beurteilung der Hypothese (H5\_S) ist in diesem Fall nur schwer möglich. Die Schülerinnen und Schüler empfanden die fünf Schritte zwar überwiegend nicht als hilfreich, konkrete Vorteile des Prozesses wurden aber nicht mehr abgefragt. Bei der Entwicklung von Problemlösestrategien lässt sich vermuten, dass ein Teil der Befragten in diesem Bereich Fortschritte machen konnte, während ein anderer Teil zumindest für das Thema sensibilisiert wurde. Auch wenn es in den Selbsteinschätzungsbögen nicht unbedingt deutlich wurde, ist davon auszugehen, dass diese Kompetenz in den zehnten Klassen besser ausgeprägt ist als in den achten Klassen. Dies kann vor allem auf den Entwicklungsstand der Schülerinnen und Schüler sowie ihre bisherigen Erfahrungen im Umgang mit Problemen zurückgeführt werden.

Zur Hypothese (H6\_S) Aussage a:

**„Vor allem die Mädchen schätzten ihre arbeitsorganisatorischen Kompetenzen im Prä-Post-Vergleich besser ein.“**

Thematisch schließen die Items des Kompetenzprofils zu den Themen Strukturierung (Item 11), Dokumentation (Item 12) und Reflexion (Item 16) der eigenen Arbeit an den letzten Absatz an.

Bei der Einschätzung der eigenen Strukturiertheit fällt auf, dass im Prä-Fragebogen bis auf sechs Jungen der achten Klassen sich keine Schülerinnen und Schüler in der besten Kategorie einstuften. Dagegen war der Anteil der „Nichtköpfer“ (Skala Stufe 4 und 5) bei der Dokumentation bei den Zehntklässlern ( $N_{10.2m}$ ) mit knapp 20% auffällig hoch.

In allen drei Items schätzten sich im Prä-Fragebogen die Schülerinnen und Schüler der achten Klassen ( $N_{8.2}$ ) besser ein als die der zehnten Klassen ( $N_{10.2}$ ), genauso wie die Jungen ( $N_{S2m}$ ) sich besser einschätzen als die Mädchen ( $N_{S2w}$ ). Für die Items 11 und 12 ist diese Tendenz in Tabelle 33 (nächste Seite) in hellgrauer Farbe dargestellt. Bezüglich der Geschlechterunterscheidung dreht sich die Tendenz im Post-Fragebogen um (Tab. 33, dunkelgraue Farbe). Vergleicht man die Durchschnittswerte

von Prä- und Post-Fragebogen, kann von verbesserten Kompetenzen bei den Mädchen ( $N_{S2w}$ ) ausgegangen werden, wobei die Werte bei den Jungen ( $N_{S2m}$ ) etwa gleich blieben oder leicht schlechter ausfielen. Bei Item 12 ist die bessere Einschätzung der Mädchen gegenüber der Jungen in der Post-Befragung sehr signifikant (Zweistichproben-t-Test,  $p=0,004$ ), die verbesserte Einschätzung der Mädchen im Prä-Post-Vergleich sogar hoch signifikant (t-Test,  $p=2,5 \cdot 10^{-4}$ ). Für Item 11 ist die verbesserte Einschätzung der Mädchen signifikant (t-Test,  $p=0,014$ ), der Geschlechtervergleich jedoch nicht signifikant.

Tab. 33: Mittelwerte der Selbsteinschätzungen zur Strukturierung und Dokumentation des eigenen Vorgehens nach Alter und Geschlecht im Prä-Post-Vergleich

Item 11: Strukturierung d. Vorgehens					Item 12: Dokumentation d. Vorgehens			
Klasse 8		Klasse 10			Klasse 8		Klasse 10	
vorher	nachher	vorher	nachher		vorher	nachher	vorher	nachher
2,5	2,3	2,7	2,2	<b>Mädchen</b>	2,6	2,2	2,8	2,2
2,3	2,4	2,5	2,5	<b>Jungen</b>	2,4	2,5	2,5	2,6

Vor allem bei Item 12 fällt auf, dass der Anteil der Jungen ( $N_{S2m}$ ) in der höchsten Kategorie erheblich abnahm (in beiden Klassenstufen um etwa 7%), aber auch der Anteil der „Nichtkönnner“ sank auf 12%. Die stark verbesserte Einschätzung der Mädchen wird auch beim Vergleich der Einzelbögen deutlich. Während sich etwa 45% der Mädchen ( $N_{S2w}$ ) im Post-Fragebogen bei den Items 11 und 12 besser einschätzten, waren es bei den Jungen ( $N_{S2m}$ ) nur circa 26% (dabei blieben in beiden Teilgruppen etwa 45% der Angaben unverändert). Für Item 16 kann eine ähnliche Tendenz mit leicht niedrigeren Werten wahrgenommen werden. So betrug der Anteil der besseren Einschätzungen bei den Mädchen ( $N_{S2w}$ ) um die 27% und bei den Jungen ( $N_{S2m}$ ) um die 15% bei knapp 50% gleichen Einschätzungen. Für Item 16 lässt sich insgesamt eine leicht höhere Unsicherheit (Skala Stufe 3) feststellen (40% gegenüber 35% in den anderen beiden Items). Für die genaue Darstellung aller Werte sei an dieser Stelle nochmals auf Tabelle 7 im Anhang verwiesen.

Aus diesen Daten entsteht die Vermutung, dass die Mädchen während des Projekts bezüglich ihrer eigenen naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen in den Bereichen Strukturierung, Dokumentation und Reflexion tatsächlich profitieren können (vgl. auch [Jannack et al. 2016]). Auch etwa ein Drittel der Zehntklässler schätzte sich nach dem Projekt besser ein als vorher. Die Achtklässler konnten in diesem Bereich ihre Selbstwahrnehmung schulen, so dass die überdurchschnittlich hohe Einschätzung gegenüber den gleichaltrigen Mitschülerinnen und den älteren Zehntklässlern im Laufe des Projekts abgebaut werden konnte. Insgesamt deutet die Relativierung der extremen Angaben hier auch auf eine Sensibilisierung oder eine realistischere Einschätzung der eigenen Leistung hin (vgl. auch [Jannack et al. 2016]). Dabei sind auch die Fähigkeiten, sich selbst richtig wahrzunehmen und die eigene Leistung richtig einschätzen zu können, Kompetenzen, die im Rahmen dieses Projekts

anscheinend gefördert werden kann.

Diese Ergebnisse können Hypothese (H6\_S) Teilaussage a anscheinend für einen Großteil der Mädchen und einen Teil der Jungen bestätigen. Auch die Verbesserung der Durchschnittswerte stützt die Hypothese. Inwiefern es tatsächlich zu einem Ausbau der Kompetenzen kam, ist schwer zu beurteilen, da kein objektives Messinstrument eingesetzt wurde. Auch die Arbeitsjournale der Mitarbeiter der *Windhösel-Kraftwerke* hinterließen einen gemischten Eindruck. Bei etwa einem Drittel war zu erkennen, dass diese Aufgabe als Last empfunden wurde (siehe dazu Anmerkungen im erwähnten Feedback). In manchen Fällen entstand der Eindruck, dass das Journal erst am Ende des Projekts „nachgeschrieben“ wurde, da es teilweise sehr lieblos und ohne Skizzen oder andere visualisierende Einträge gestaltet war. Zwei Drittel erweckten den Eindruck, dass das Arbeitsjournal wirklich begleitend zum Projekt entstanden ist, wobei es auch hier Unterschiede zwischen der Genauigkeit des beschriebenen Vorgehens gab – besonders im Hinblick auf die Darstellung möglicher alternativer Vorgehensweisen. Zumindest die Materialauswahl für das Modell wurde in den meisten Fällen begründet. Etwa die Hälfte der Journale enthielt persönliche Kommentare, wobei häufig die Arbeitsweise einzelner Gruppenmitglieder kritisiert wurde, anstatt allgemein das Vorgehen und die Zwischenergebnisse zu reflektieren. In jeder Gruppe gab es durchschnittlich zwei Arbeitsjournale, die als Nachweise für bereits vorhandene Kompetenzen in den Bereichen Dokumentation und Reflexion der eigenen Arbeitsweise dienen können. Etwa die Hälfte stellt eine gute Dokumentation des Vorgehens dar, wenn auch teilweise ohne reflektierende Kommentare. Die Analyse der Arbeitsjournale einer Klasse ist im Anhang (Tabelle 10) kurz zusammengefasst. Ein tendenzieller Unterschied zwischen den Arbeitsjournalen der Mädchen und Jungen konnte in dieser Klasse nicht festgestellt werden.

Zur Hypothese (H6\_S) Aussage b:

**„Kompetenz im Bereich Hypothesenbildung und -überprüfung hauptsächlich bei Befragten aus Klasse 10 ausgebaut.“**

Die spezielle Förderung einer Teilgruppe kann auch aus den Daten zu den Items 9 und 10 geschlossen werden, welche Fähigkeiten beim Formulieren und Überprüfen naturwissenschaftlich-technischen Hypothesen erfragen. Hier haben demnach die älteren Lernenden einen Vorteil.

Aufgefallen ist bei der Auszählung der Daten vor allem, dass sich die Jungen nachher und in Klasse zehn auch vorher im Durchschnitt besser einschätzten als die Mädchen (vgl. auch [Jannack et al. 2016]), wobei der Anteil der Mädchen ( $N_{S2w}$ ) in der höchsten Stufe im Post-Fragebogen etwa 3% höher ist, als bei den Jungen ( $N_{S2m}$ ). Diese Beobachtung kann wahrscheinlich durch das benötigte naturwissenschaftliche Hintergrundwissen und die damit verbundene Unsicherheit der Mädchen (siehe oben) erklärt werden.

Im Vergleich zwischen Prä- und Post-Test gibt es einige Veränderungen, die auf eine Förderung der älteren Schülerinnen und Schüler schließen lassen. So sank der Anteil von „Nichtkönnern“ von jeweils 12% vorher auf anschließend 5% in Klasse zehn ( $N_{10.2}$ ) und 10% in Klasse acht ( $N_{8.2}$ ). Außerdem verbesserten sich die Durchschnittswerte bei den Befragten der zehnten Klassen ( $N_{10.2}$ ) deutlich (Item 9 von 2,8 auf 2,6 und Item 10 sogar von 2,7 auf 2,3) und bei den Befragten der achten Klassen ( $N_{8.2}$ ) nur leicht (Item 9: 2,7 auf 2,6) oder wurden sogar schlechter (2,5 auf 2,7 bei Item 10). Dennoch ist die verbesserte Einschätzung zumindest bei der Formulierung von Hypothesen (Item 9) für die Gesamtgruppe sehr signifikant (t-test,  $p=0,0099$ ). Wie an den Mittelwerten deutlich wird, schätzten sich die jüngeren Schülerinnen und Schüler der achten Klassen im Prä-Fragebogen besser ein als ihre älteren Kameradinnen und Kameraden, wobei der Trend im Post-Fragebogen umgekehrt wurde. Aufgrund des Entwicklungsstandes und den Vorerfahrungen in den Fachdisziplinen sollten die älteren Schülerinnen und Schüler bereits im Prä-Fragebogen bessere Kompetenzen aufweisen. Da dies nicht der Fall war, muss davon ausgegangen werden, dass die jüngeren Schülerinnen und Schüler dieses Item im Prä-Test nicht realistisch einschätzen konnten, da sie vielleicht die genaue Bedeutung nicht verstanden haben. Die Einzelbetrachtung der Fragebogen-Sets zeigt, dass sich bei den älteren Schülerinnen und Schüler ( $N_{10.2}$ ) etwa 50% besser einschätzten (30-40% gleich), wobei der Anteil in Klasse acht ( $N_{8.2}$ ) nur bei 25% lag (50-40% gleich).

Alle diese Werte zusammen lassen auf eine Kompetenzförderung bei den Schülerinnen und Schüler der zehnten Klasse und eine Sensibilisierung der Achtklässlerinnen und Achtklässler schließen. Die teilweise verbesserte Einschätzung der Befragten aus Klasse acht lässt sich auch durch die Beobachtungen der betreuenden Lehrkraft während des Projekts stützen. So war die Erstellung einer Forschungsfrage und deren Untersuchung im Vitamin-C-Forschungsauftrag der achten Klassen für viele Schülerinnen und Schüler eine Herausforderung. Teilweise mussten die Experimente mehrfach wiederholt werden, da mehrere Parameter gleichzeitig verändert wurden und somit kein eindeutig interpretierbares Ergebnis erzielt werden konnte.\* Den Schülerinnen und Schülern wurde also erst im Laufe des Projekts bewusst, was es mit Hypothesenbildung und -untersuchung auf sich hat und dass für eine eindeutige Interpretation der Versuchsergebnisse nicht mehrere Parameter gleichzeitig geändert werden dürfen. Die Grundsätze und das richtige Vorgehen bei Hypothesenbildung und -untersuchung wurden im Rahmen des Aufwindkraftwerk-Projekts in den meisten Teilgruppen explizit thematisiert, so dass hier tatsächlich von einem Erkenntnisgewinn ausgegangen werden kann.

Die Projekte können zwar das Vorgehen bei der Hypothesenbildung und -untersuchung thematisieren und schulen, dennoch muss in diesem Bereich festgehalten werden, dass die Arbeit an dieser

---

\* Beispielsweise wurde bei der Untersuchung frischer und gelagerter Äpfel nicht darauf geachtet, dass es sich um die gleiche Sorte handelte. Oder es wurden Konserven getestet, denen Ascorbinsäure als Konservierungsmittel zugesetzt wurde. In wenigen Fällen wurden Obst- und Gemüsearten gewählt, deren Vitamin C-Gehalt von Beginn an zu gering war, um nach der Konservierung oder nach dem Erhitzen Unterschiede feststellen zu können.

Thematik und die Förderung der benötigten Kompetenzen auch außerhalb der Gruppenarbeit nötig ist. So ist der Unsicherheitsfaktor bei diesen beiden Items mit 50% in Klasse acht bzw. 40% in Klasse zehn noch auffallend hoch. Bezüglich der verbesserten Einschätzung der Schülerinnen und Schüler können die Durchschnittswerte Teilaussage b von Hypothese (H6\_S) weitgehend bestätigen (Ausnahme Klasse acht, Item 10). Der Vergleich der Fragebogen-Sets deutet darauf hin, dass die Aussage insgesamt nur für Klasse zehn bestätigt werden kann. Dennoch sollte in beiden Klassenstufen bei einer erneuten Durchführung der Unterrichtseinheit durch ein zusätzliches Mitarbeiterseminar zum Thema Hypothesenbildung und -überprüfung speziell auf diese naturwissenschaftliche Vorgehensweise eingegangen werden.

Zur Hypothese (H6\_S) Aussage c:

**„Schülerinnen und Schüler attestieren sich gute Fähigkeiten bei der Mediennutzung.“**

Die beiden Kompetenzen, bei denen sich die Schülerinnen und Schüler am besten einschätzten, sind die Verwendung des Computers als Werkzeug (Item 13) sowie die kritische Nutzung des Internets (Item 14). So sind die Mittelwerte der Einschätzungen vorher und nachher im Bereich 1,6. Dabei wurden im Prä-Fragebogen bei Item 13 von 7% der Befragten ( $N_{s2}$ ) Unsicherheit (kann ich teils teils) geäußert und bei Item 14 etwa 14%. Keiner gab an, das nicht zu können oder es nicht verstanden zu haben. Im Post-Fragebogen nahm der Anteil der Befragten, die eine Unsicherheit äußerten, bei Item 14 um etwa ein Drittel ab, so dass der Anteil noch 9% betrug. Bei Item 13 nahm der Anteil auf 12% zu, wobei der enorme Anstieg bei den Befragten aus Klasse zehn auffällt ( $N_{10.2}$  vorher 4%, nachher 12%). Dieser Klassenunterschied wird auch bei der Auswertung der einzelnen Fragebogen-Sets sichtbar. So schätzten sich bei Item 13 17% der Zehntklässlerinnen ( $N_{10.2w}$ ) und 31% der Zehntklässler ( $N_{10.2m}$ ) im Post-Fragebogen schlechter ein. Der Anteil der Befragten aus Klasse acht beträgt dabei nur 15% bei den Mädchen ( $N_{8.2w}$ ) und 11% bei den Jungen ( $N_{8.2m}$ ). Die konstant hohen Durchschnittswerte können auch durch den hohen Anteil unveränderter Einschätzungen zwischen Prä- und Post-Befragung erklärt werden. So beträgt der Anteil gleicher Einschätzungen bei Item 13 etwa 70% und bei Item 14 etwa 54%. Bei den Befragten aus Klasse acht ( $N_{8.2}$ ) und den Zehntklässlerinnen ( $N_{10.2w}$ ) schätzten sich etwa 16% nach dem Projekt bei Item 13 besser ein (bei den Zehntklässlern gibt es keine bessere Einschätzung (0% von  $N_{10.2m}$ )). Für Item 14 betragen die Werte etwa 37% bei den Zehntklässlerinnen ( $N_{10.2w}$ ) und den Achtklässlern ( $N_{8.2m}$ ) sowie 10% bei den Achtklässlerinnen ( $N_{8.2w}$ ) und Zehntklässlern ( $N_{10.2m}$ ). Insgesamt schätzten sich die Jungen in beiden Klassen bei beiden Items besser ein, wobei der Unterschied von der Prä- zur Post-Befragung in der besten Stufe der Skala (kann ich schon gut) um 15% kleiner wurde.

Diese verhältnismäßig schlechtere Einschätzung der Befragten aus Klasse zehn nach dem Projekt

kann durch den wissenschaftlichen Artikel erklärt werden, der im Aufwindkraftwerk-Projekt gefordert wurde. Hier mussten die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der *Windhösel-Kraftwerke* eine genau vorgegebene Formatierung umsetzen, wodurch in einzelnen Gruppen Probleme bei der Nutzung des Computers als Werkzeug entstanden. Da die Jungen vor dem Projekt sehr selbstbewusst und teilweise überheblich und die Mädchen eher zurückhaltend und teilweise unsicher auftraten, kann die Angleichung der Einschätzungen zwischen Mädchen und Jungen nach dem Projekt auf eine realistischere Einschätzung beider Gruppen zurückgeführt werden. Die Mädchen konnten im Projekt erfahren, dass sie diese Kompetenzen schon gut beherrschen und bei den Jungen wurden in manchen Fällen individuelle Grenzen erfahren (vgl. auch [Jannack et al. 2016]).

So kann bei Betrachtung der Durchschnittswerte Hypothese (H6\_S) Teilaussage c nur für die kritische Nutzung des Internets bestätigt werden. Die Betrachtung der einzelnen Fragebogen-Sets kann dies teilweise auch bestätigen. Insgesamt kann bei einem Großteil der Befragten keine bessere Einschätzung nach dem Projekt beobachtet werden. Dies liegt vor allem an der bereits sehr guten Einschätzung vor dem Projekt und dem recht hohen Anteil gleicher Einschätzungen (bis 70%). Die Schülerinnen und Schüler sind aber der Meinung, dass sie über die geforderten Kompetenzen der Computer- und Internetnutzung verfügen.

Zur Hypothese (H6\_S) Aussage d:

**„Potenzial des *Windhösel*-Projekts zur Förderung des Verständnisses naturwissenschaftlicher Texte noch nicht vollständig ausgeschöpft.“**

Das Verständnis naturwissenschaftlicher Texte in deutscher (Item 5) und englischer (Item 6) Sprache spielte nur im Projekt der zehnten Klasse eine Rolle, so dass eine Auswertung der Antworten der Achtklässlerinnen und Achtklässler an dieser Stelle nicht sinnvoll erscheint.

Bei den Befragten aus Klasse zehn ( $N_{10.2}$ ) ergibt sich bereits vorher ein gutes Bild, das sich später noch verbessert. So steigt der Mittelwert der Antworten von 2,5 auf 2,3 und der Anteil der Befragten, die naturwissenschaftlich-technische Texte verstehen können, stieg von 47% auf 60% (vgl. auch [Jannack et al. 2016]). Insgesamt war die Hälfte der Einschätzungen im Prä-Post-Vergleich unverändert, wobei ein bedeutender Anteil von 32% der Befragten sich nach dem Projekt besser einschätzte.

Beim Verständnis englischsprachiger Texte ist die Skepsis im Vorfeld größer, so gab nur ein Viertel an, dies zu können und 43% dies nicht zu können. Der Mittelwert der Prä-Einschätzung liegt bei 3,3. Insgesamt stieg der Anteil bei den Befragten der zehnten Klassen in der schlechtesten Kategorie (kann ich gar nicht) von vorher 14% auf nachher 20%. Die Vergleichswerte sind bei den Zehntklässlerinnen ( $N_{10.2w}$ ) ähnlich wie beim Verständnis deutscher Texte. Bei den Jungen ( $N_{10.2m}$ ) sind die Werte dagegen eher ausgeglichen. Während sich je 23% besser und schlechter einschätzten, lag der Anteil glei-



cher Einschätzungen bei 54%. Auffällig war der relativ hohe Anteil von 10% der Befragten ( $N_{10.2}$ ), die sich im Vergleich um zwei Kategorien schlechter einschätzten als vorher. Dennoch ist der Mittelwert, aufgrund der verbesserten Einschätzungen der Mädchen, leicht gestiegen auf 3,2. Im Geschlechtervergleich schätzten sich die Jungen insgesamt besser ein, wobei der Anteil besserer Einschätzungen von vorher zu nachher sank. Die Ergebnisse in diesem Bereich überraschen insofern nicht, da im Unterrichtsverlauf kein Schwerpunkt auf die Arbeit mit englischsprachigen Texten gelegt wurde (ein Text wurde gemeinsam bezüglich seiner Struktur analysiert, eine Originalquelle stand zur Verfügung). Allerdings konnten alle Schülerinnen und Schüler Erfahrungen im Umgang mit englischsprachigen Texten sammeln und somit ihre diesbezügliche Kompetenz fördern oder wenigstens im Anschluss an das Projekt ihre Kompetenzen realistischer einschätzen. (Vgl. auch [Jannack et al. 2016].)

Hypothese (H6\_S) bezieht sich auf die verbesserten Einschätzungen im Umgang mit naturwissenschaftlich-technischen Texten. Auffallend war hier der hohe Anteil gleicher Einschätzungen von über 50%. Für eine genauere Bewertung wurden die gleichbleibenden Einschätzungen des Prä-Post-Vergleichs nochmals untersucht. Es stellte sich heraus, dass beim Verständnis deutscher Texte 54% im „Können-Bereich“ lagen und nur 8% im „Nichtkönnen-Bereich“. Anders gestaltet sich das Bild beim Verständnis englischsprachiger Texte, hier liegen 17% im „Können-Bereich“ und 35% im „Nichtkönnen-Bereich“. Zusammenfassend kann Hypothese (H6\_S) Teilaussage d für ein Drittel der Befragten Zehntklässlerinnen und Zehntklässler allgemein bestätigt werden. Etwa ein weiteres Drittel schätzt sich im Umgang mit deutschen Texten gleichbleibend als „Könnner“ ein, wohingegen sich etwa weitere 20% im Umgang mit englischsprachigen Texten gleichbleibend als „Nichtkönnner“ einstufen. Diese Zahlen können zwar nicht als eine breite Kompetenzförderung in diesem Bereich interpretiert werden, weisen aber eindeutig auf das Potenzial des *Windhösel*-Projekts zur Förderung im Umgang mit naturwissenschaftlich-technischen Texten hin. Zur Ausschöpfung dieses Potenzials müsste bei einer erneuten Durchführung im Unterricht auch hier eine entsprechende Schwerpunktsetzung, beispielsweise durch ein weiteres Mitarbeiterseminar, erfolgen.

Zur Hypothese (H6\_S) Aussage e:

**„Verfassen naturwissenschaftlicher Texte durch Projekte trainiert.“**

Bezogen auf das Verfassen naturwissenschaftlicher Texte (Item 7) konnte in Klasse zehn ( $N_{10.2}$ ) zwischen den beiden Befragungen eine klare Verbesserung der Einschätzungen festgestellt werden. Der Mittelwert sank von 3,0 auf 2,6 und der Unterschied ist sehr signifikant (t-test,  $p=0,003$ ). Im Prä-Post-Vergleich wurden 47% bessere Einschätzungen (nur 16% schlechter) vorgenommen und niemand stufte sich nach dem Projekt in der Kategorie „das kann ich gar nicht“ ein. Dabei fällt auf, dass der Anteil in der besten Kategorie „kann ich schon gut“ bei Mädchen ( $N_{10.2w}$ ) stieg und bei den Jungen

( $N_{10.2m}$ ) sank. Im Geschlechtervergleich schätzten sich im Prä-Fragebogen die Jungen und im Post-Fragebogen die Mädchen besser ein. Dennoch kann insgesamt von einer Verbesserung der Kompetenzen ausgegangen werden, da das naturwissenschaftliche Schreiben im Projekt explizit trainiert wurde. So wurde ein ausführliches Mitarbeiterseminar mit vielfältigen Informationen zum Aufbau und Verfassen wissenschaftlicher Artikel veranstaltet. Zum Abschluss des Projekts musste jede Abteilung einen entsprechenden Artikel über ihre Forschung verfassen, der auch in die Bewertung einging. So konnten alle Schülerinnen und Schüler Erfahrungen in diesem Bereich sammeln und ihre Kompetenz in diesem Bereich ausbauen. (Vgl. auch [Jannack et al. 2016].)

Auch in Klasse acht ( $N_{8.2}$ ) bestätigte sich der Trend des hohen Anteils unveränderter Einschätzungen zwischen den beiden Befragungen. In dieser Altersstufe soll die Auswertung geschlechterspezifisch erfolgen. So verschlechterte sich der Mittelwert bei den Jungen ( $N_{8.2m}$ ) leicht von 2,8 auf 2,9. Dieser Abfall wurde durch einen niedrigeren Anteil in der besten und einen höheren Anteil in der Kategorie „eher Nichtkönnen“ sichtbar. Insgesamt lag der Anteil schlechterer Einschätzungen bei den Jungen bei 37%. Bei den Mädchen ( $N_{8.2w}$ ) verbesserte sich der Mittelwert dagegen von 3,0 auf 2,8. Auffällig war hier, dass sich zu beiden Befragungszeitpunkten keine Achtklässlerin in der höchsten Kategorie einstuft. Dafür verdoppelte sich der Anteil in der zweiten Kategorie „eher Können“ auf 46%. Bei 54% gleicher Einschätzungen, schätzten sich je 23% der Mädchen besser bzw. schlechter ein. Es entsteht der Eindruck, dass die Mädchen mit der Schreibaufgabe besser zurechtkamen und sich eventuell auch aufgrund dieser positiven Erfahrung besser einschätzten. Die Jungen hatten eher Schwierigkeiten beim Schreiben und konnten dadurch eventuell erkennen, auf was es ankommt.

Teilaussage e von Hypothese (H6\_S) kann demnach für die Zehntklässler bestätigt werden. Durch den speziellen Teilauftrag der Firma *Windhösel*, einen wissenschaftlichen Artikel zu schreiben, kann auch davon ausgegangen werden, dass die Schülerinnen und Schüler entsprechende Kompetenzen entwickelt haben. Bei den Befragten der achten Klassen gestaltet sich ein gemischtes Bild, wobei sicher alle Schülerinnen und Schüler erste Erfahrungen sammeln konnten. Damit wurde der Kompetenzbildungsprozess zumindest angestoßen.

#### 6.4 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse

Die Hauptziele bei der Entwicklung von praktikablen NwT-Unterrichtseinheiten waren, dass diese den Schülerinnen und Schülern Spaß machen, ihr Interesse und ihre Aktivität im Unterricht erhöhen sowie gleichzeitig naturwissenschaftliche Kompetenzen fördern. In diesem Teilkapitel sollen die Ergebnisse der beiden Befragungen zusammengeführt und im Hinblick auf diese Ziele kritisch diskutiert werden.

Der **Spaßfaktor**, das **Interesse** an den Themen und die **aktive Mitarbeit** wurden in beiden Schülerbefragungen erhoben. Nach Angaben der Schülerinnen und Schüler konnten die evaluierten Projekte die gestellten Ansprüche erfüllen. Als Fazit kann festgehalten werden, dass die Projekte den Schülerinnen und Schülern Spaß machen und Interesse und Mitarbeit fördern.

Die beiden Erhebungsdurchgänge ergaben, dass 89% der Schülerinnen und Schüler Spaß an den Projekten hatten. So äußerten nach dem ersten Unterrichtsversuch 93% der Befragten ( $N_{S1}$ ) Spaß an den praktischen Aufgaben der jeweiligen Projekte und im zweiten Durchlauf bescheinigten 82% ( $N_{S2}$ ), Spaß an den gesamten Unterrichtsprojekten gehabt zu haben. Im Prä-Post-Vergleich wurden die positiven Erwartungen an das Projekt im Nachhinein sogar übertroffen. **Damit kann Hypothese (H1\_A) „Schülerinnen und Schüler haben Spaß bei den Projekten in *Lucycity*“ klar bestätigt werden.**

Ähnlich gestaltet sich das Bild bei der Entwicklung von Interesse an wissenschaftlichen Fragestellungen und den Themengebieten der Projekte. So gaben bei der ersten Befragung 81% der Jugendlichen ( $N_{S1}$ ) an, das Thema sei interessant gewesen. Trotz der überdurchschnittlich hohen Werte bei den Mädchen in Klasse acht (93%,  $N_{8.1w}$ ) und den Jungen in Klasse zehn (96%,  $N_{10.1m}$ ), welche die Stereotypen bedienen, soll an dieser Stelle betont werden, dass alle Werte sehr hoch sind. So kann davon ausgegangen werden, dass das Ernährungsthema auch für Jungen interessant war und das technische Projekt zu erneuerbaren Energien auch für Mädchen interessant war. Somit liegen die ausgewählten Themen, obwohl sie stereotypisch belegt sind, im Interessengebiet aller Schülerinnen und Schüler. Bei der Frage nach der Förderung des Interesses durch die Projekte wurden bei der ersten Befragung die geschlechtsspezifischen Interessen allerdings doch deutlich (Verhältnis jeweils etwa 2:1). Die zweite Befragung fokussierte die Interessensteigerung an wissenschaftlichen Fragestellungen, die von 60% der Befragten ( $N_{S2}$ ) bestätigt wurde, sowie an erneuerbaren Energien (82%) bzw. an Ernährung (58%). Diese hohen Werte beeindrucken insofern, dass bereits vor dem Projekt ein hohes Interesse an den beiden Themengebieten geäußert wurde. Demnach konnte das bereits hohe Interesse durch die Projekte in *Lucycity* weiter gesteigert werden. Im Geschlechtervergleich gab bei den Mädchen beider Klassenstufen ein größerer Anteil eine Interessensteigerung an. Dies wird dadurch bestätigt, dass sich 42% der Mädchen ( $N_{S2w}$ ) weiterhin mit den entsprechenden Themen beschäftigen wollen (29% der Jungen ( $N_{S2m}$ )). Die Vermutung einer speziellen Förderung des Interesses bei den Mädchen konnte allerdings nicht nachgewiesen werden. Zusammenfassend kann man sagen, dass die ausgewählten Themen für Schülerinnen und Schüler interessant sind und dass die Projekte das Interesse an wissenschaftlichen Fragestellungen fördern können. **Damit kann auch Hypothese (H2\_A) weitgehend bestätigt werden, wobei sich kleine Unterschiede bezüglich der Thematik ergeben und ein leichter Vorteil für die Mädchen beobachtet werden konnte.**

Auch die aktive Mitarbeit wird von den Schülerinnen und Schülern bestätigt. So gaben 85% der Befragten ( $N_{S1}$ ) an, sich aktiv an den einzelnen Aufgabenteilen beteiligt zu haben und 73% erklärten, sich auch außerhalb des Unterrichts mit der Thematik beschäftigt zu haben. Auch bei dieser Frage zeigt sich wieder der Geschlechterunterschied, der im Zusammenhang mit Hypothese (H2\_A) bereits aufgefallen ist. So war der Anteil an Mädchen größer, die sich außerhalb des Unterrichts mit Ernährung und Kochen beschäftigten, und der Anteil der Jungen größer, die sich außerhalb des Unterrichts mit erneuerbaren Energien und Aufwindkraftwerken beschäftigten. Dennoch **kann Hypothese (H3\_A) allgemein bestätigt werden.**

In Kapitel 1 wurde aufgezeigt, dass **erfolgreicher naturwissenschaftlicher Unterricht** in erster Linie Interesse wecken muss (vgl. 1.6). Dabei sollte er besonders auf die Bedürfnisse der Mädchen ausgerichtet werden, indem ihre Interessen bedient und ihr Selbstbewusstsein gestärkt werden (vgl. 1.6). In Teilkapitel 4.1 wurde bereits die Zielsetzung der Projekte in *Lucycity* formuliert, diese Ansprüche zu erfüllen und die Übernahme von Verantwortung bei den Schülerinnen und Schülern anzustreben.

In den Augen der Schülerinnen und Schüler werden diese Ansprüche durch die evaluierten Projekte tatsächlich erfüllt. Es kann festgehalten werden, dass die ausgewählten Themengebiete zunächst für alle Schülerinnen und Schüler interessant sind. Durch Themen, die stereotypisch weiblich belegt sind, können Mädchen besonders angesprochen werden, doch Jungen haben ebenfalls Spaß daran. Darüber hinaus konnte durch die erfolgreiche Bearbeitung des technischen Projekts das Selbstbewusstsein und die Selbstsicherheit der Mädchen gestärkt werden (vgl. Teilkohorte 10.2w, Frage I-4). Ein Großteil der Befragten gab an, sich weiterhin mit den Themen Ernährung bzw. erneuerbare Energien beschäftigen zu wollen. Daher kann vermutet werden, dass die Schülerinnen und Schüler aktiv am gesellschaftlichen Diskurs teilnehmen oder diesen zumindest verfolgen werden. Die bestätigte aktive Teilnahme an den Projekten und deren einzelnen Teilaufgaben kann als Zeichen für die Übernahme von Verantwortung und die Identifikation mit der Problemstellung interpretiert werden.

Ähnliche Ergebnisse konnten auch schon bei der Evaluation anderer *Lucycity*-Projekte erzielt werden (vgl. [Illert 2007; Marmé 2009; Neufeld 2009]). Damit kann der Anspruch der Unterrichtskonzeption *Lucycity*, Spaß zu machen und Interesse sowie Übernahme von Verantwortung zu fördern, insgesamt – unabhängig von den durchgeführten Projekten – gefestigt werden.

Ein weiterer allgemeiner Anspruch des *Lucycity*-Unterrichtskonzepts ist die Förderung **überfachlicher Kompetenzen**. Die Ergebnisse sprechen für eine Kompetenzförderung ausgewählter naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen durch die *Lucycity*-Projekte, wobei auch bisher nicht ausgeschöpfte Potenziale aufgezeigt werden konnten.

Ein großer Anteil der Schülerinnen und Schüler in beiden Befragungsrunden empfanden die Arbeit im Team als erfolgreich (je nach Item 67-83%  $N_{S1}$ , 46-70%  $N_{S2}$ ) und die Atmosphäre als angenehm (77%  $N_{S1+S2}$ ). Die Antworten der offenen Frage nach Kompetenzverbesserung in der ersten Befragung sowie die Einschätzungen beim Kompetenzprofil in der zweiten Befragung zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler ihre Zusammenarbeit und ihre Teamkompetenzen sehr signifikant verbessern konnten. Besonders in der zweiten Befragung gaben annähernd alle Schülerinnen und Schüler an, Projekte im Team planen und Aufgaben im Team übernehmen zu können. Gleichzeitig bescheinigten sie sich in der Post-Befragung eine bessere Strukturierung, Dokumentation und Arbeitsteilung, die zu Teilen auch auf den Einsatz der Protokollbögen zurückgeführt werden kann. **Damit kann Hypothese (H4\_S) bestätigt werden.** Jedoch konnten hingegen der Erwartungen gleichgeschlechtliche Gruppen keine Vorteile bringen. Obwohl 93% der Schülerinnen und Schüler die Arbeitsatmosphäre als angenehm empfanden, wollten nur 13% gerne öfter in dieser Arbeitsform agieren. Eine mögliche Erklärung ist die Erfahrung, die die Schülerinnen und Schüler der befragten zehnten Klassen mitbrachten. So arbeiteten diese bereits im dritten Jahr im NwT-Unterricht in dieser Klassenkonstellation an naturwissenschaftlichen Projekten. Vielleicht könnte diese Organisationsform in einem weiteren Unterrichtsversuch im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht getestet werden, so dass vor allem Schülerinnen mit geringen Vorerfahrungen profitieren können.

Während die Protokollbögen anscheinend ihre positive Wirkung entfalten konnten, konnte dies der Kreisprozess nicht erreichen. Obwohl bei der ersten Befragung ( $N_{S1}$ ) 33-73% der Befragten (je nach Item) die Vorteile des Kreisprozesses erkannten, gaben nur 10% an, den Kreisprozess bei zukünftigen Problemen wieder einsetzen zu wollen. In der zweiten Befragung ( $N_{S2}$ ) gaben knapp die Hälfte der Schülerinnen und Schüler an, bei der Lösung von Problemen strukturiert vorzugehen und 65% bescheinigten sich im Kompetenzprofil, Problemlösestrategien entwickeln zu können, wobei ebenfalls knapp 50% angaben, dass der Kreisprozess nicht hilfreich gewesen sei. Inwiefern die Schülerinnen und Schüler die Vorteile von PBL erkennen, wurde in der zweiten Befragungsrunde leider nicht mehr erhoben. **Damit ist die Hypothese (H5\_S) nicht so eindeutig zu beurteilen** wie die bisherigen Hypothesen. Zunächst lernten durch den Kreisprozess alle Schülerinnen und Schüler eine Problemlösestrategie kennen und große Teile der ersten Kohorte erkannten auch die Vorteile. Inwiefern diese Problemlösestrategie in das persönliche Methodenrepertoire integriert wird, ist schwer zu sagen und muss eher skeptisch eingeschätzt werden. Dennoch konnten mit Sicherheit einige Befragte bezüglich ihrer eigenen Problemlösekompetenz sensibilisiert werden und einige konnten in diesem Bereich sicher auch individuelle Fortschritte erzielen. Besonders wichtig war das Kennenlernen des Kreisprozesses sicher für die Schülerinnen und Schüler der achten Klassen, da diese meist zum ersten Mal mit einer derart komplexen Problemstellung konfrontiert wurden. Dies wurde auch in den Statements zu den PBL-Stunden deutlich.

Grundsätzlich kann über die starren Vorgaben des Kreisprozesses diskutiert werden, die teilweise dem Grundgedanken des selbstgesteuerten Lernens gegenüberstehen. So macht der Kreisprozess zunächst den Anschein, einen festgelegten Algorithmus vermitteln zu wollen. Dies ist allerdings nur teilweise richtig. Vielmehr soll er vor allem bei den jungen und unerfahrenen Problemlösern zu Beginn die Gruppenarbeit strukturieren. Er soll eine Möglichkeit der Vorgehensweise aufzeigen, die mit zunehmender Expertise individuell angepasst und flexibel gestaltet werden kann. So kann die Ablehnung des Kreisprozesses und der beschriebene Widerstand vor allem bei den Älteren eventuell gerade durch diese enge Struktur erklärt werden. Im Alter der Pubertät (und damit in den angesprochenen Klassen acht bis zehn) versuchen die Jugendlichen, sich von äußeren Zwängen zu lösen und ihre eigenen Wege zu gehen. Bei ausreichend Zeit bestünde eine Chance darin, das Vorgehen zur Problemlösung in Zusammenarbeit mit den Schülerinnen und Schülern zu erarbeiten. Wenn sie den fertigen Kreisprozess miterarbeitet oder mitgestaltet haben, steigt sicherlich die Akzeptanz und auch die Wahrscheinlichkeit für einen erneuten Einsatz zu einem späteren Zeitpunkt.

**Hypothese (H6\_S)** wurde mit dem Vergleich der Selbsteinschätzungen im Kompetenzprofil der zweiten Befragung untersucht. Hier bietet sich ein eher **gemischtes Bild, wobei die Teilaussagen a und b sowie d und e tendenziell eher bestätigt werden können**. Teilaussage a zu Dokumentation und Reflexion der eigenen Arbeit wird vor allem von den Mädchen bestätigt, während die leicht verschlechterten Einschätzungen der Jungen in der Post-Befragung durch eine Sensibilisierung erklärt werden können. Dadurch wurden wahrscheinlich auch Fortschritte im Bereich der Selbstwahrnehmung gemacht. Die bessere Einschätzung der Mädchen im Prä-Post-Vergleich ist signifikant, so dass hier tatsächlich eine Kompetenzförderung vermutet werden kann. Teilaussage b zum Formulieren und Überprüfen von Hypothesen können vor allem die Befragten der zehnten Klassen bestätigen, wobei betont werden muss, dass im *Windhösel*-Projekt ein Schwerpunkt auf der eigenen Forschung lag. Die Achtklässlerinnen und Achtklässlern konnten im Vitamin C-Projekt erste Erfahrungen sammeln und sehen, worauf der Fokus im Vorgehen gelegt werden muss. Zumindest bei der Formulierung von Hypothesen schätzte sich die Gesamtgruppe im Post-Fragebogen sehr signifikant besser ein. An diesen Ergebnissen zeigt sich das Potential der Projekte, wobei bei zukünftigen Durchführungen ein zusätzliches Mitarbeiterseminar eingebaut werden sollte, das den Umgang und die Überprüfung von Hypothesen thematisiert und trainiert. Teilaussage c zum Umgang mit Computer und Internet liefert keine besseren Einschätzungen, was aber dadurch erklärt werden kann, dass die Werte bereits bei der Prä-Befragung sehr hoch waren (70% schätzten sich gleich (gut) ein!). Schlechtere Einschätzungen in der Post-Befragung können auch hier durch eine Sensibilisierung der Schülerinnen und Schüler, durch die gemachten Erfahrungen, erklärt werden. Teilaussage d zum Verständnis naturwissenschaftlich-technischer Texte kann zwar bestätigt werden, aber auch in diesem Bereich zeigte sich ein bislang ungenutztes Potenzial. Durch ein zusätzliches Mitarbeiterseminar, in welchem

beispielsweise Artikel aus Fachzeitschriften gelesen und analysiert werden könnten, ergäbe sich die Möglichkeit einer gezielten Kompetenzförderung in diesem Bereich. Teilaussage e zum wissenschaftlichen Schreiben wurde vor allem von den Befragten der zehnten Klassen bestätigt. Während der Prä-Post-Vergleich in der Gesamtgruppe keinen signifikanten Unterschied aufweist, ist die Verbesserung in Klasse 10 sehr signifikant. Dies kann durch das zusätzliche Mitarbeiterseminar zum wissenschaftlichen Schreiben erklärt werden, was auch das Potenzial der oben angedachten neuen Mitarbeiterseminaren bestärkt. Bei den Achtklässlern stand wiederum das Sammeln erster Erfahrungen im Vordergrund, so dass auch hier davon ausgegangen werden kann, dass ein erster Baustein auf dem langen Weg der Kompetenzentwicklung gelegt werden konnte.

Tabelle 34 (nächste Seite) gibt noch einmal einen **Überblick** über die Anteile der Schülerinnen und Schüler, die sich als „Köner“, „unsicher“ bzw. „Nichtköner“ eingeschätzt haben. Ebenso enthält die Tabelle die durchschnittliche Einschätzung der Befragten (als Mittelwert M). Es fällt auf, dass nahezu alle Mittelwerte bei der Post-Befragung besser als 2,5 sind. Die Ausnahmen bilden die Bereiche Texte und Hypothesen, wobei vor allem das Verstehen englischsprachiger Texte, das Verfassen eigener naturwissenschaftlich-technischer Texte und der Umgang mit Hypothesen noch Probleme darstellen. Besondere Stärken der befragten Schülerinnen und Schüler liegen im Bereich Teamarbeit und Medienutzung. Da die Untersuchung ohne Kontrollgruppe stattfand, kann das positive Ergebnis nicht eindeutig auf die Gestaltung der *Lucycity*-Projekte zurückgeführt werden. Demnach könnten auch allein die Prä-Befragung oder die zwischenzeitliche Entwicklung unabhängig von der Unterrichtsgestaltung zu einer Verbesserung geführt haben. Eine Sensibilisierung durch die Prä-Befragung könnte dabei in meinen Augen auch als Erfolg gewertet werden, da sie zu einem Lernerfolg durch Selbsterkenntnis führen kann. Dagegen ist eine zwischenzeitliche Entwicklung der genannten Kompetenzen unabhängig von den *Lucycity*-Projekten in dieser Untersuchung in meinen Augen annähernd auszuschließen. Natürlich könnten die Kompetenzen im Bereich der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen auch in den parallel unterrichteten Fachdisziplinen gefördert worden sein. Allerdings werden dort (wenn überhaupt) nach den Erfahrungen eher stark vorstrukturierte Schülerexperimente durchgeführt, in denen die Schülerinnen und Schüler weder die Hypothese noch das Vorgehen selbst planen und auch ihre Ergebnisse kaum eigenständig dokumentieren und interpretieren müssen. Vor allem die Durchschnittswerte bei den Items 7 und 10, die eine Überlegenheit der Befragten aus Klasse zehn gegenüber den Befragten aus Klasse acht nahelegen, können in meinen Augen auf das Mitarbeiterseminar zum wissenschaftlichen Schreiben sowie die eigene Forschung mit dem Aufwindkraftwerk und damit auf den Erfolg der *Lucycity*-Konzeption zurückgeführt werden. Ein besserer Mittelwert aufgrund des Entwicklungsstandes der Jugendlichen (Unterschied Klasse acht und

zehn) hätte bereits bei der Prä-Befragung sichtbar werden müssen und kann daher ausgeschlossen werden.

Tab. 34: Angaben der Schülerinnen und Schüler im Kompetenzprofil nach Klasse und Befragungszeitpunkt (Anteile in %, Zusammenfassung der Kategorien 1 und 2 zu ‚Können‘ (K) und der Kategorien 4 und 5 zu ‚Nicht Können‘ (NK), die mittlere Kategorie 3 beschreibt die Unsicherheit (U), Mittelwert M)

Angaben in Prozent	Kl.	vorher				nachher			
		1,2 K	3 U	4,5 NK	M	1,2 K	3 U	4,5 NK	M
1. Planung Projekte im Team	<b>8</b>	81	17	2	<b>2,1</b>	86	14	0	<b>2,0</b>
	<b>10</b>	74	22	4	<b>2,2</b>	84	16	0	<b>2,0</b>
2. Arbeiten im Team	<b>8</b>	83	17	0	<b>1,9</b>	90	5	5	<b>1,8</b>
	<b>10</b>	84	14	2	<b>1,8</b>	92	8	0	<b>1,5</b>
3. Durchhaltevermögen	<b>8</b>	71	26	3	<b>2,1</b>	63	34	3	<b>2,2</b>
	<b>10</b>	61	39	0	<b>2,2</b>	67	29	4	<b>2,2</b>
4. nawi. Arbeitsweisen	<b>8</b>	58	39	3	<b>2,3</b>	56	37	7	<b>2,3</b>
	<b>10</b>	47	39	14	<b>2,6</b>	51	45	4	<b>2,4</b>
5. Verstehen nawi-tech. Texte	<b>8</b>	61	34	5	<b>2,4</b>	68	25	7	<b>2,3</b>
	<b>10</b>	47	33	20	<b>2,6</b>	57	33	10	<b>2,4</b>
6. Verstehen englischer Texte	<b>8</b>	32	44	24	<b>2,9</b>	22	39	39	<b>3,3</b>
	<b>10</b>	18	39	43	<b>3,3</b>	25	43	32	<b>3,2</b>
7. Verfassen nawi-tech. Texte	<b>8</b>	31	54	15	<b>2,8</b>	29	54	17	<b>2,9</b>
	<b>10</b>	31	39	30	<b>3,0</b>	47	45	8	<b>2,6</b>
8. Modellierung techn. Ablauf	<b>8</b>	46	47	7	<b>2,5</b>	41	51	8	<b>2,6</b>
	<b>10</b>	37	51	12	<b>2,8</b>	57	37	6	<b>2,4</b>
9. Formulierung v. Hypothesen	<b>8</b>	34	54	12	<b>2,7</b>	37	53	10	<b>2,6</b>
	<b>10</b>	33	51	16	<b>2,8</b>	45	49	6	<b>2,6</b>
10. Untersuchung v. Hypothesen	<b>8</b>	51	39	10	<b>2,5</b>	44	44	12	<b>2,7</b>
	<b>10</b>	35	55	10	<b>2,7</b>	63	33	4	<b>2,3</b>
11. Strukturierung d. Vorgehens	<b>8</b>	56	42	2	<b>2,4</b>	63	25	12	<b>2,4</b>
	<b>10</b>	47	47	6	<b>2,6</b>	55	41	4	<b>2,4</b>
12. Dokumentation d. Vorgehens	<b>8</b>	56	37	7	<b>2,5</b>	59	36	5	<b>2,4</b>
	<b>10</b>	49	31	20	<b>2,7</b>	57	37	6	<b>2,4</b>
13. Computer als Werkzeug	<b>8</b>	90	10	0	<b>1,5</b>	84	12	4	<b>1,6</b>
	<b>10</b>	96	4	0	<b>1,5</b>	88	12	0	<b>1,6</b>
14. Kritische Nutzung d. Internets	<b>8</b>	85	15	0	<b>1,8</b>	90	10	0	<b>1,6</b>
	<b>10</b>	88	12	0	<b>1,6</b>	90	8	2	<b>1,7</b>
15. Strategien zur Problemlösung	<b>8</b>	69	29	2	<b>2,2</b>	48	32	3	<b>2,2</b>
	<b>10</b>	67	29	4	<b>2,3</b>	65	29	6	<b>2,2</b>
16. Reflektieren der Arbeit	<b>8</b>	71	27	2	<b>2,2</b>	49	43	3	<b>2,5</b>
	<b>10</b>	55	39	6	<b>2,3</b>	61	35	4	<b>2,3</b>

Inwiefern der Anspruch des Unterrichtskonzepts, vor allem **die überfachlichen Kompetenzen** wie Team-, Organisations-, Planungs- und Problemlösefähigkeit sowie wissenschaftliche Arbeitsweisen, wie das Verstehen und Verfassen naturwissenschaftlicher Texte, **zu fördern**, erfüllt wurde, **kann**



**nicht direkt nachgewiesen werden.** Es konnte gezeigt werden, dass die Arbeit in den Abteilungen die Teamfähigkeit fördern kann und dass die Planungskompetenz zunimmt, was wahrscheinlich auf die strukturierende Eigenschaft des Protokollbogens zurückgeführt werden kann. Der Kreisprozess konnte allerdings nicht den gewünschten Erfolg für die Förderung der Problemlösekompetenz bringen, wobei die jüngeren Schülerinnen und Schüler diese Unterstützungsmaßnahme eher anerkannten, als die älteren. Dies kann eventuell auch durch eine vorhandene Hilfsbedürftigkeit erklärt werden. Im Bereich der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen entsteht die Vermutung, dass diesbezügliche Erfolge besonders durch spezielle Mitarbeiterseminare ausgebildet werden. So konnten die Schülerinnen und Schüler der zehnten Klassen meiner Meinung nach vor allem auch durch das Mitarbeiterseminar zum Thema wissenschaftliches Schreiben in diesem Bereich Fortschritte verzeichnen, die den Befragten der achten Klassen fehlten. Eine genaue Überprüfung dieser Einschätzung müsste allerdings innerhalb des gleichen Projekts mit Hilfe einer Kontrollgruppe erfolgen.

Eine Grundvoraussetzung für einen erfolgreichen Lernprozess ist Spaß und Freude, die hier nachgewiesen werden konnte. In der ersten Befragung konnte zusätzlich das Empfinden von sozialer Eingebundenheit nachgewiesen werden. In Kombination mit der erlebten Selbstständigkeit\* und den positiven Gefühlen nach dem erfolgreichen Abschluss des Projekts, müsste diese „auf Selbstbestimmung beruhende Lernmotivation positive Auswirkungen auf die Qualität des Lernens“ haben [Deci & Ryan 1993]. Dies ist ein weiteres Argument für die Vermutung, dass tatsächlich Kompetenzen bei den Schülerinnen und Schülern gefördert werden konnten.

Eine allgemeine **Problematik der Untersuchung** ist, dass es sich bei der Entwicklung von Kompetenzen um einen langfristigen Prozess handelt, dessen Erfolge sich nicht unbedingt innerhalb eines Zeitraums von drei Monaten bemerkbar machen. Zwar können die ersten kleinen Indizien für eine Kompetenzsteigerung sprechen, allerdings könnten die verbesserten Einschätzungen der Schülerinnen und Schüler auch durch den Hawthorne-Effekt [Bortz & Döring 1995:472] erklärt werden, den auch Prince [2004] schon im Zusammenhang mit der Evaluation offener Lernformen nannte. Auch eine spontane Euphorie der Schülerinnen und Schüler, direkt nach der erlebten neuartigen Unterrichtseinheit, könnte die Ergebnisse beeinflusst haben.

Eine weitere Problematik der Untersuchung ergibt sich durch die Methode der Selbsteinschätzung, wobei es bei den Schülerinnen und Schülern zu Urteilsfehlern gekommen sein kann. So entsteht im Vergleich zwischen den Einschätzungen der Kompetenzprofile bei der Prä- bzw. Post-Befragung der Eindruck, dass sich die Schülerinnen und vor allem die Schüler zum ersten Befragungszeitpunkt eher zu gut eingeschätzt haben. Dabei handelt es sich wahrscheinlich um eine Kombination aus einem Halo-Effekt und einem Milde-Härtefehler. Der Halo-Effekt geht darauf zurück, dass den Schülerinnen und Schülern die einzelnen Merkmale nicht klar waren und diese darüber hinaus nicht konkret

---

\* 22% der Befragten der zehnten Klassen (N<sub>10,2</sub>) lobten diese beim offenen Feedback (s. Tabelle 9, im Anhang).

beobachtbar sind, da sie eher auf Erfahrungen beruhen [Bortz & Döring 1995:170]. Ein weiterer möglicher Urteilsfehler ist die systematisch zu positive Selbsteinschätzung, die vor allem bei den Jungen vermutet wird. Dabei handelt es sich um die Fehlerquelle der Selbstdarstellung, die laut Bortz und Döring [1995:212] eher der „Selbsttäuschung“ als der ‚Fremdtäuschung‘ dient und bei bewusster Färbung auch „als eine Art ‚Zukunftsprognose‘“ [Bortz & Döring 1995:212] aufgefasst werden kann. Dabei können zugelassene negative Aspekte aber auch zu einem „Lernerfolg (Selbsterkenntnis)“ führen [Bortz & Döring 1995:212].

So können auch die teilweise verschlechterten Einschätzungen der Befragten in der Post-Befragung positiv interpretiert werden, da sich die Schülerinnen und Schüler wahrscheinlich bei der zweiten Befragung realistischer einschätzten. Es erfolgte eine Sensibilisierung, bei der sie im Laufe des Projekts erfahren haben, welche Fähigkeiten die genannten Kompetenzen von ihnen verlangen, so dass die Merkmale in der zweiten Befragung besser beurteilt werden konnten. Also konnte auch hier ein erster Anstoß zur Kompetenzentwicklung gegeben werden. Darüber hinaus haben die Schülerinnen und Schüler Hilfsmittel und Arbeitsweisen (wie Arbeitsjournal, Protokollbogen, Kreisprozess, Kärtchentechnik) kennengelernt, die sie auch bei späteren Problem- und Aufgabenstellungen einsetzen können.

Für einen **langfristigen Erfolg** ist es jedoch wichtig, dass die angestoßenen Prozesse und die neu erlernten Arbeitsweisen im folgenden Unterricht weiter trainiert und gefestigt werden. Die Chance der Kompetenzentwicklung steigt mit jedem weiteren *Lucycity*-Projekt, das die Schülerinnen und Schüler im Laufe ihrer Schullaufbahn bearbeiten. Dennoch soll an dieser Stelle noch einmal betont werden, dass das Unterrichtskonzept *Lucycity* nur eine Möglichkeit für einen kompetenzorientierten Unterricht darstellt und die weitere Förderung der Kompetenzen methodisch auch anders umgesetzt werden kann. In meinen Augen ist es sogar empfehlenswert, pro Schuljahr nicht mehr als ein bis maximal zwei *Lucycity*-Projekte durchzuführen, da ein erfolgreicher Unterricht auch möglichst abwechslungsreich gestaltet werden sollte (vgl. Kap. 1.7). Dennoch ist eine konstruktivistische Grundhaltung aller Lehrkräfte der Fachschaft hilfreich, so dass auch der Aspekt der Netzwerkbildung oder der Verankerung entsprechender Lernformen im Schulcurriculum zu einer langfristigen Kompetenzförderung bei den Schülerinnen und Schülern beitragen kann. Dieser Erfolg wäre nicht nur auf die Möglichkeiten der vertiefenden Wiederholung zurückzuführen, sondern auch darauf, dass die Bedeutung in den Augen der Schülerinnen und Schüler zunimmt, wenn mehrere Lehrkräfte das Konzept vertreten.

Da es sich bei Selbsteinschätzungen grundsätzlich um subjektive Ansichten handelt, könnten die tendenziell guten Ergebnisse zur Kompetenzförderung in einem **nächsten Schritt** in einer weiteren objektiven Untersuchung geprüft werden. Die empirische Bildungsforschung hat für die Messung von Kompetenzen in den letzten Jahren eine Vielzahl von Instrumenten entwickelt, die hierbei helfen

könnten (z. B. Kompetenzraster). Grundsätzlich wäre auch eine Untersuchung der Kompetenzentwicklung durch eine Fremdeinschätzung möglich. Allerdings müsste die Fremdeinschätzung auf Grundlage objektiver Kriterien erfolgen, welche nur schwer zu entwickeln und zu erheben sind. Ergänzend kommt die Schwierigkeit hinzu, dass Lehrkräfte in der Regel nicht über die Fähigkeiten verfügen, eine solche Einschätzung von Schülerkompetenzen vorzunehmen, so dass auch in diesem Fall externe Experten nötig wären. Damit sollten die Entwicklung und der Einsatz von Kompetenztests eine noch verlässlichere Informationsquelle sowie eine leichter umzusetzende Untersuchungsform darstellen. Auch die zeitliche Gestaltung einer weiteren Untersuchung könnte überdacht werden, da Kompetenzentwicklung in der Regel erst langfristig in Verhaltensänderungen sichtbar wird.

Die Hauptziele bei der Entwicklung von praktikablen NwT-Unterrichtseinheiten waren, dass diese den Schülerinnen und Schülern Spaß machen, ihr Interesse und ihre Aktivität im Unterricht erhöhen sowie gleichzeitig naturwissenschaftliche Kompetenzen fördern. Die Unterrichtsversuche und deren Begleitforschung in Form von Schülerbefragungen konnten zeigen, dass diese Ansprüche in den Bereichen Spaß, Interesse und Mitarbeit erfolgreich umgesetzt wurden. Die angestrebte Entwicklung von fachlichen und sozialen Kompetenzen allein auf Grundlage der Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler liefert keine eindeutigen Ergebnisse und muss kritisch betrachtet werden. Allerdings gibt es einige Indizien und Argumente, die für eine Kompetenzförderung durch das Unterrichtskonzept *Lucycity* im Schulunterricht sprechen. Die tatsächliche Entwicklung von Kompetenzen könnte dennoch in einer weiteren Studie untersucht werden. Außerdem wurden Untersuchung von Hypothesen und die Analyse naturwissenschaftlicher Texte als zwei mögliche Themen für neue Mitarbeiterseminare identifiziert, welche die Kompetenzförderung weiter begünstigen könnten.



*„Wer aufhört, besser werden zu wollen,  
hört auf, gut zu sein. “*

*[Marie von Ebner-Eschenbach,  
österr. Schriftstellerin]*

## **7. Akzeptanz bei Lehrerinnen und Lehrern**

Möchte man Veränderungen im Schulunterricht erreichen, genügt es nicht, neue Unterrichtskonzepte und Materialien zu entwickeln, sondern muss man gleichzeitig auch für deren Verbreitung unter den Lehrkräften sorgen. Dies gestaltet sich insgesamt schwierig, weshalb der Lehrkräftefortbildung eine besondere Rolle zukommt (vgl. Kap. 1.8). Damit das Ziel, das *Lucycity*-Konzept mit Hilfe von Fortbildungen zu verbreiten, möglichst zielführend umgesetzt werden kann, wurde zunächst erhoben, ob Interesse an methodischen Fortbildungen besteht und wie sich das Fortbildungsverhalten der Lehrkräfte insgesamt gestaltet. In diesem Zusammenhang wurden auch Fragen zur Verbreitung verschiedener Methoden gestellt. Es konnte gezeigt werden, dass lehrerzentrierte Methoden immer noch den größten Anteil des Unterrichts prägen und dass PBL im eigentlichen Sinne noch nicht sehr bekannt und verbreitet ist. Während verschiedene Kanäle dazu dienen, von neuen Methoden zu erfahren, spielen beim Erlernen derselben Fortbildungsveranstaltungen und Kollegengespräche eine entscheidende Rolle. Zum Erlernen neuer Methoden ist eine aktive Auseinandersetzung mit der jeweiligen Methode nötig. So genügt es nicht, sich mit Hilfe von Fachliteratur einzulesen, sondern es ist darüber hinaus ein kommunikativer Austausch erforderlich, den die beiden genannten Verfahren leisten können. Das Internet hat beim Erlernen neuer Methoden keine Bedeutung. Vor diesem Hintergrund äußerten die befragten Lehrpersonen Interesse an entsprechenden methodischen Fortbildungen, wobei Inhalte und Anwendungsbezug die zentralen Auswahlkriterien für Fortbildungen darstellen. Mit diesem Wissen wurde eine Fortbildung zum *Lucycity*-Projekt *Marmétics* entwickelt, welche die Ansprüche der Lehrkräfte optimal adressiert. Diese wurde erprobt und evaluiert. Die Lehrkräfte lobten das vorgestellte Konzept sowie die Gestaltung der Fortbildung mit ausgewogenen Theorie- und Praxisphasen. Sie bestätigten das Potential von PBL im Schulunterricht, die Einsatzchancen im fächerübergreifenden Unterricht und die Chance der Förderung von Mädchen. Beim Einsatz

im Unterricht erwarteten sie eine hohe Motivation und Mitarbeit von Seiten der Schülerinnen und Schüler. Damit sind für die Teilnehmenden die Grundlagen geschaffen, *Lucycity* in den eigenen naturwissenschaftlichen Unterricht zu integrieren. Inwiefern dies tatsächlich nach der Fortbildung geschah, konnte leider nicht erhoben werden, da für das anschließende Leitfadeninterview nur eine Lehrerin zur Verfügung stand.

Die detaillierten Ergebnisse werden im Folgenden vorgestellt. Dabei wurde auch eine Auswertung nach Alter bzw. Dienstalter angestrebt, um mögliche Unterschiede aufzuzeigen. Diese Aufteilung führte teilweise zu kleinen Teilpopulationen, so dass fehlende Antworten einen großen Einfluss auf die prozentualen Anteile haben können. Deshalb wurden die jeweiligen Antworthäufigkeiten jeweils auf die Anzahl der abgegebenen Antworten bezogen, um diese Fehlerquelle auszuschließen. Da es sich nur um Einzelfälle handelt, wird an den entsprechenden Stellen nicht immer explizit auf die Verkleinerung der Stichprobe hingewiesen. Für die Auswertung nach Dienstaltersstufen sollen vier Teilstichproben betrachtet werden. Die Lehrkräfte der Berufseinstiegsphase, die weniger als 5 Jahre im Schuldienst sind. Die Lehrkräfte zu Beginn ihrer Lehrzeit mit einem Dienstalter von 5-10 Jahren. Die erfahrenen Lehrkräfte, die sich 11-25 Jahre im Schuldienst befinden und diejenigen, die sich im „Herbst ihrer Lehreraufbahn“ [Zitat eines Schulleiters] befinden und schon mehr als 25 Jahre als Lehrkräfte tätig sind. Dabei hat ein Gymnasiallehrer kein Dienstalter angegeben, so dass sein Fragebogen im Folgenden bei allen Auswertungen nach Dienstalter nicht berücksichtigt werden konnte. Für die Auswertung nach Lebensalter werden die Altersstufen in Zehnjahresschritten gebildet, wobei die Unterdreißigjährigen separat betrachtet werden sollen.

## 7.1 Verbreitung von Frontalunterricht und PBL im Schulunterricht

Wie in Unterkapitel 5.2 dargelegt, wurde die Verbreitung von Frontalunterricht und Problembasiertem Lernen im Schulunterricht mit Hilfe eines Fragebogens untersucht. In diesem Teilkapitel sollen die Ergebnisse der Auswertung des ersten Teils des Fragebogens vorgestellt werden. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um die Ergebnisse der ersten Frage, bei der verschiedene Methoden nach „Anwenden“, „Kennen“ und „Nicht kennen“ eingestuft werden sollten, sowie der dritten Frage, bei der die drei häufigsten im Unterricht eingesetzten Methoden notiert werden sollten.

Die zentralen Ergebnisse werden, wie im letzten Kapitel, mit Bezug zu den Hypothesen den jeweiligen Ausführungen vorangestellt.

Zur Hypothese (H7\_L):

**„Lehrerzentrierte Methoden werden am häufigsten im Schulunterricht eingesetzt.“**

Die erste Hypothese, die mit dem Fragebogen untersucht wurde, bezieht sich auf die Verbreitung des Frontalunterrichts (H7\_L). Wie in Unterkapitel 1.6 aufgezeigt, gibt es diesbezüglich unterschiedliche Einschätzungen. Die durchgeführte Befragung der Lehrkräfte konnte eher eine starke Verbreitung bestätigen. So gaben 83% aller Befragten ( $N_{L1}=60$ ) an, regelmäßig Frontalunterricht einzusetzen. Dabei ist der Anteil der befragten hessischen Lehrkräfte mit 94% ( $N_H=17$ ) sogar deutlich höher als bei den befragten Lehrpersonen aus Baden-Württemberg mit 79% ( $N_{BW}=43$ ). Die einzige Methode, die genauso regelmäßig eingesetzt wird, ist die Partner- und Gruppenarbeit, wobei es sich hierbei nach den Ausführungen in Teilkapitel 1.2 eigentlich um eine Sozialform handelt. Alle Methoden, die von annähernd zwei Dritteln der befragten Lehrkräfte ( $N_{L1}$ ) regelmäßig eingesetzt werden, sind in Tabelle 35 zusammengestellt (vgl. auch [Jannack, Flechsig, Knemeyer & Marmé 2014]). Hier taucht auch der fragend-entwickelnde Unterricht auf, der ebenfalls lehrerzentriert organisiert ist und der nach Kostka und Köster [2005:124f.] eine Unterform des Frontalunterrichts darstellt. Auffällig ist auch, dass es sich lediglich um vier der vorgestellten 26 Methoden handelt. Dies überrascht vor allem vor dem Hintergrund, dass jeweils mindestens zwei Drittel der befragten Lehrkräfte ( $N_{L1}$ ) 21 der genannten Methoden kennen. Das bedeutet, dass zwei Drittel der Befragten über 80% der genannten Methoden kennen, aber lediglich 15% regelmäßig einsetzen.

Tab. 35: Methoden, die von über 50% der Lehrkräfte regelmäßig eingesetzt werden

	<b>Baden- Württemberg (<math>N_{BW}=43</math>)</b>	<b>Hessen (<math>N_H=17</math>)</b>	<b>Gesamt (<math>N_{L1}=60</math>)</b>
Partnerarbeit, Gruppenarbeit	79%	94%	83%
Frontalunterricht	79%	94%	83%
Präsentation durch SuS, Referate	81%	59%	77%
Fragend-entwickelnder Unterricht	86%	12%	65%

Im Fragebogen sollten die Lehrkräfte die drei Methoden benennen und prozentual einordnen, die sie am häufigsten im Unterricht einsetzen. Sechs Lehrpersonen ließen diese Frage aus, so dass 54 Fragebögen ausgewertet werden konnten. Bei dieser offen formulierten Frage war der Frontalunterricht bei 61% der Antworten unter den drei genannten Methoden und betrug bei 50% sogar den größten Anteil. Nimmt man den fragend-entwickelnden Unterricht als Unterform des Frontalunterrichts dazu, beträgt der Anteil der Nennungen mindestens einer der beiden Methoden 92%, wobei bei 78% der Antworten Frontal- oder fragend-entwickelnder Unterricht den größten Anteil der drei genannten Methoden ausmachte. Dabei ergeben sich keine Besonderheiten nach Geschlecht oder Fächern.

Leichte Unterschiede kann man beobachten, wenn man die Daten nach dem Dienstalter der Befrag-

ten ausgewertet (vgl. auch [Jannack et al. 2014]). Der Umfang der Teilstichproben sowie der Anteil der Nennungen der häufigsten verwendeten Methoden können Abbildung 26 entnommen werden. Die Nennungen von Partner- bzw. Gruppenarbeit (PA, GA) steigen im Frühjahr der Karriere an und nehmen dann mit zunehmendem Dienstalter wieder ab. Die Nennungen von Referaten bzw. Schülerpräsentationen pendeln um die 25%. Die Nennungen von Frontalunterricht nehmen bis zum 25. Dienstjahr zu und die Nennungen von fragend-entwickelndem Unterricht ab, wobei sich der Trend anschließend jeweils umkehrt. Insgesamt befindet sich in jeder Altersgruppe nur eine Person, die weder fragend-entwickelnden noch Frontalunterricht bei den drei häufigsten Methoden nannte. Nimmt man beide lehrerzentrierten Methoden zusammen, erhält man Werte über 90% (mit Ausnahme der Teilgruppe „Herbst“, da hier der Stichprobenumfang mit 4 sehr klein ist). Auch diese Zahlen **bestätigen** in der Summe **Hypothese (H7\_L), dass lehrerzentrierter Unterricht die vorherrschende Methode ist**. Aus den Zahlen lässt sich aber auch vermuten, dass der schülerzentrierten Erarbeitung neuer Lerninhalte zu Beginn der Dienstzeit eine größere Bedeutung zukommt. So nehmen sowohl die Nennungen von Partner- und Gruppenarbeit als auch der Referate und Schülerpräsentationen ab. Mit zunehmendem Dienstalter scheint die Präsentation der Lerninhalte durch die Lehrkraft in den Vordergrund zu rücken. Dahinter könnte der Anspruch stehen, ein gewisses Niveau zu sichern, mehr Inhalt in kürzerer Zeit zu vermitteln und/oder die Arbeitsbelastung für die Lehrkraft zu minimieren.

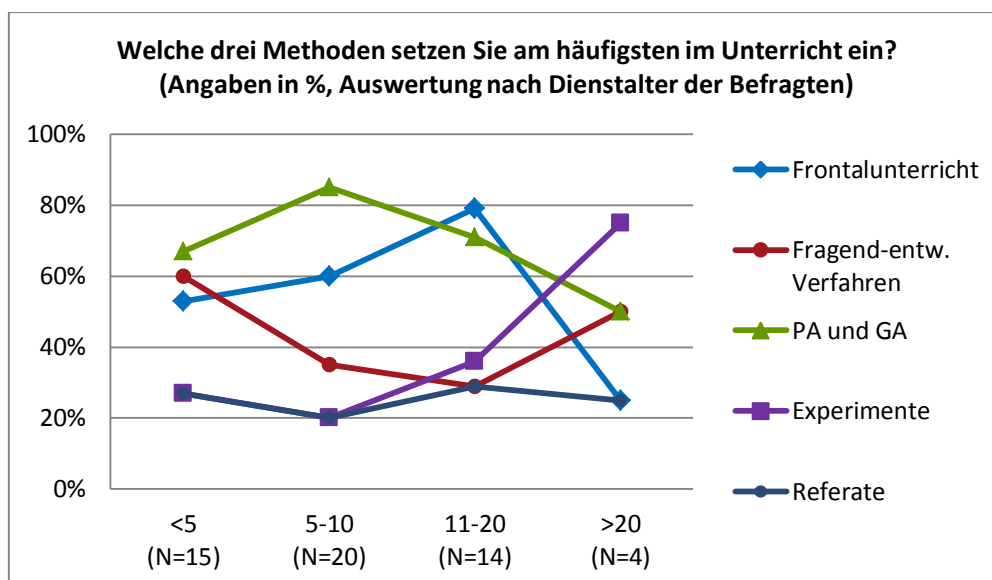


Abb. 26: Anteil der Nennungen bei den drei häufigsten verwendeten Methoden nach Dienstalter

Positiv lässt sich festhalten, dass alle speziell im Bildungsplan geforderten Methoden auch im Unterricht der entsprechenden Fächer verwendet werden. So gaben alle befragten Lehrkräfte, die mindestens eine Naturwissenschaft unterrichten (62% von  $L_1$ ), an, Experimente (Lehrerdemonstrationsexperimente (LDE) und Schülerexperimente (SE)) im Unterricht durchzuführen. Drei Viertel machen



das regelmäßig (66% SE, 75% LDE) und etwa ein Drittel nennt Experimente auch unter den drei häufigsten verwendeten Methoden. In Abbildung 26 scheint der Anteil an Lehrkräften, die Experimente zu den drei häufigsten Methoden in ihrem Unterricht zählen, mit dem Dienstalter zu steigen und ab dem 25. Dienstjahr sogar extrem zu steigen. Dieser verzerrte Eindruck resultiert daraus, dass in der kleinen Gruppe von lediglich fünf Lehrkräften mit einem Dienstalter von mehr als 25 Jahren alle mindestens eine Naturwissenschaft unterrichten (vier beantworteten diese Frage des Fragebogens).

Abschließend soll an dieser Stelle noch einmal betont werden, dass es sich bei der Frage nach den drei häufigsten eingesetzten Methoden um eine schwer zu beurteilende handelt. Außerdem war die Frage offen formuliert, so dass auch davon ausgegangen werden muss, dass die Befragten die Methoden notierten, die ihnen spontan in den Sinn kamen. Dies kann natürlich bedeuten, dass das auch die am häufigsten eingesetzten Methoden sind, kann aber auch andere Gründe haben. Zum Beispiel können eine spezielle Stunde, die noch nicht lange vergangen ist und einer besonderen methodischen Gestaltung unterlag, oder der Gedanke an das Zweitfach, indem beispielsweise keine Experimente zum Einsatz kommen, Einfluss auf die Beantwortung dieser Frage haben.

Zur Hypothese (H8\_L):

**„Die befragten Lehrkräfte kennen überwiegend problemorientierte Methoden.“**

Die Hypothese (H8\_L) kann zunächst nicht bestätigt werden. So gaben nur etwa 37% der Lehrkräfte ( $N_{L1}$ ) an, Problembasiertes bzw. problemorientiertes Lernen nicht zu kennen. Dabei ergibt sich kein Unterschied nach Geschlecht oder unterrichteten Fächern. Auffälligkeiten gibt es aber bei der Auswertung nach Bundesland bzw. Regierungspräsidien (RP). So ist der Anteil der Lehrkräfte, die PBL bzw. POL nicht kennen, an hessischen Gymnasien ( $N_H$ ) mit 53% größer und an Gymnasien in Baden-Württemberg ( $N_{BW}$ ) mit 30% kleiner als der Durchschnitt. Besonders groß ist der Unterschied auch zwischen Befragten, die im RP Karlsruhe unterrichten (46% ( $N_{KA}=26$ ) kennen PBL/POL nicht) und denen, die im RP Tübingen unterrichten (nur 6% ( $N_{TÜ}=17$ ) kennen PBL/POL nicht). Eine mögliche Erklärung kann neben der Stichprobengröße der hohe Anteil an Geographie-Lehrkräften (41%) in der Stichprobe aus dem RP Tübingen sein. Im Geographieunterricht spielt die Problemorientierung auch bei der Abiturprüfung eine besondere Rolle, so gaben 71% der befragten Geographielehrkräfte ( $N_{Geo}=17$ ) an, PBL bzw. POL zu kennen, und 53% wenden diese Methode auch an. Wobei die Geographie-Lehrkräfte an Schulen im RP Tübingen zu 100% angaben, PBL bzw. POL anzuwenden.

Die Hypothese (H8\_L) wurde auch in der zweiten Befragung untersucht. Hier gaben nur 21% der befragten Realschullehrkräfte ( $N_{L2}=39$ ) an, PBL bzw. POL nicht zu kennen. Somit scheint an Realschulen,

Tab. 36: Anteil der Lehrkräfte die PBL/POL kennen nach Bundesland und Schulart

Befragung	Stichprobe		Ich kenne PBL/POL.	Ich kenne PBL/POL nicht.
1	<b>Gymnasien</b> (Hessen)	$N_H=17$	47%	53%
	<b>Gymnasien</b> (Baden-Württemberg)	$N_{BW}=43$	67%	30%
	<b>Gymnasien</b> (Gesamt)	$N_{L1}=60$	62%	37%
2	<b>Realschulen</b> (Baden-Württemberg)	$N_{L2}=39$	79%	21%
	<b>Alle Befragten</b>	$N_L=99$	69%	30%

ein höherer Anteil der Lehrpersonen problemorientierte Methoden zu kennen. In der Summe gaben nur 30% aller befragten Lehrkräfte ( $N_L=99$ ) an, die Methode nicht zu kennen. Die Zahlen wurden in Tabelle 36 zusammenfassend gegenübergestellt.

**Damit scheint Hypothese (H8\_L) klar widerlegt.** Und somit bestünde die Chance, dass auch Hypothese (H9\_L) widerlegt werden kann und PBL tatsächlich schon Einzug in den naturwissenschaftlichen Unterricht in Baden-Württemberg erhalten hat. In diesem Zusammenhang wird auf die hier beschriebenen Ergebnisse später noch einmal eingegangen werden müssen.

Zur Hypothese (H9\_L):

**„Problembasiertes Lernen nach McMaster wird im Unterricht nicht eingesetzt.“**

Die nächste Hypothese (H9\_L) beschäftigt sich mit dem Einsatz von PBL in der Schule, besonders im naturwissenschaftlichen Unterricht. Zur Auswertung wurden in der ersten Befragungsrunde die Antworten der Lehrkräfte betrachtet, die NwT unterrichten dürfen, also Lehrkräfte der Fächer Biologie, Physik, Chemie und Geographie. 21% dieser Lehrkräfte ( $N_{NWT}=39$ ) setzen PBL regelmäßig und 26% unregelmäßig ein. Es fällt auf, dass 21% der befragten Lehrkräfte, die NwT unterrichten dürfen ( $N_{NWT}$ ), PBL zwar kennen, aber (noch) nicht einsetzen.

An dieser Stelle würde eine Begründung interessieren, die mit dem ersten Fragebogen jedoch nicht erhoben wurde. Ebenso interessiert die Art und Weise, wie PBL im Unterricht eingesetzt wird. Diese beiden Fragestellungen wurden in der zweiten Befragungsrunde ( $N_{L2}$ ) mit leicht abgewandeltem Fragebogen aufgegriffen. Die Auswertung ergab, dass 79% der Befragten PBL/POL kennen und 67% es auch anwenden. In der anschließend erbetenen Beschreibung der Unterrichtsprojekte zeigte sich allerdings, dass es sich dabei jeweils zur Hälfte um forschende und problemorientierte Ansätze handelte. Es wurde kein Unterrichtsprojekt beschrieben, das den Merkmalen des Problembasierten Lernens, wie es im Rahmen dieser Arbeit betrachtet wird, entspricht. So wurden keine Problemlösezyklen genannt und 70% der Lehrkräfte gaben an, dass die beschriebenen Unterrichtsprojekte weniger als eine Schulstunde dauerten. Von den restlichen Lehrpersonen ( $N=12$ ) gaben vier an, die Methoden nicht zu kennen und acht gaben an, die Methoden zu kennen, aber nicht

zu verwenden. Bei dieser letzten Gruppe handelt es sich überwiegend um ältere Kolleginnen und Kollegen (drei über 50 und vier zwischen 36-45). Als Begründung dafür, PBL nicht einzusetzen, wurden überwiegend der hohe Zeitbedarf (67%) und die Klassengröße (42%) genannt.

**Mit diesen Ergebnissen kann die Hypothese (H9\_L) bestätigt werden.** Es ist davon auszugehen, dass Problembasiertes Lernen von naturwissenschaftlichen Lehrkräften derzeit im Schulunterricht unregelmäßig eingesetzt wird. Darüber hinaus muss sogar davon ausgegangen werden, dass die Methode des Problembasierten Lernens im Sinne von *McMaster* derzeit gar nicht im naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzt wird. Vielmehr ergab die zweite Befragung, dass es sich beim vereinzelt Einsatz eher um problemorientierte Methoden handelt, die ausgehend von einer Frage- oder Problemstellung fachliche Inhalte mit kooperativen oder entdeckenden Methoden erarbeiten und anschließend eine Ergebnissicherung im Plenum vornehmen. Teilweise wird das Vorgehen im Anschluss wenigstens noch reflektiert.

Vor diesem Hintergrund muss auch davon ausgegangen werden, dass sich die Zahlen über die Kenntnis von POL bzw. PBL auf problemorientierte Methoden beziehen und damit **Hypothese (H8\_L) doch eher als bestätigt** betrachtet werden kann. Die dieser Arbeit zugrunde liegende Form des Problembasierten Lernens nach *McMaster*, mit einer Aneignung von neuem Wissen in einem strukturierten Problemlöseprozess, hat nach den Ergebnissen des zweiten Fragebogens noch keinen Einzug in den Schulunterricht erhalten. Es ist also anzunehmen, dass die Methode einem Großteil der Lehrkräfte nicht bekannt ist. Der in der ersten Befragung eingesetzte Fragebogen vermag somit nicht, diese Hypothese zielgerichtet zu untersuchen, da keine klare Definition der Methoden angegeben wurde und die methodischen Begrifflichkeiten meist einen breiten Interpretationsspielraum bieten. Hier hätte eine genaue Beschreibung von PBL erfolgen müssen, um die Hypothese zielgerichtet untersuchen zu können. Dazu wird die Fragestellung auch im Fragebogen zur Evaluation der Fortbildung nochmals aufgegriffen, die daraus resultierenden Erkenntnisse werden in Teilkapitel 7.3 beleuchtet. Diese Ergebnisse werden eine genauere Aussage zu Hypothese (H8\_L) ermöglichen, weil die Teilnehmenden der Fortbildung genau erfahren haben, was im Sinne dieser Arbeit unter PBL verstanden wird.

## 7.2 Erweiterung des persönlichen Methodenrepertoires von Lehrkräften – Chancen von Lehrkräftefortbildungen

Das Unterkapitel 1.8 befasste sich mit den Aufgaben und Zielen von Lehrkräftefortbildungen sowie deren erfolgreicher Gestaltung. Dabei wurde auch herausgestellt, dass fachdidaktisches Wissen nur schwer durch die reine Lektüre von Publikationen erlernt werden kann. Vielmehr steigert das aktive

Erleben einer Methode in einer Fortbildungsveranstaltung die Chance, dass diese Methode auch Einzug in die Unterrichtspraxis erhält. Es scheint also, dass für Lehrpersonen zum Erlernen von Methoden Lehrkräftefortbildungen benötigt werden. Der Fragebogen sollte in einer Art Expertenbefragung überprüfen, ob Lehrkräfte die Situation genauso einschätzen. Außerdem sollte erhoben werden, wie die Lehrkräfte von der Existenz neuer Methoden erfahren.

Tab. 37: Zerlegung der Stichprobe nach Alter bzw. Dienstalter und Umfang der gewonnenen Teilstichproben

Alter	< 30 Jahre	30-40 Jahre	41-50 Jahre	>50 Jahre
Gymnasium	5	28	10	17
Realschule	11	15	4	9
Gesamt	16	43	14	26
Dienstalter	<5 Jahre Berufseinstieg	5-10 Jahre Beginn der Laufbahn	11-25 Jahre Erfahrene Lehrkräfte	>25 Jahre Herbst der Karriere
Gymnasium	16	22	16	5
Realschule	13	7	12	7
Gesamt	29	29	28	12

Die Einteilung nach Dienstaltersstufen und Lebensaltersstufen erfolgt wieder nach den zu Beginn dieses Kapitels dargelegten Kriterien. Die Zerlegung der Stichprobe und der Umfang der gewonnenen Teilstichproben kann Tabelle 37 entnommen werden. Da die beiden Fragestellungen in beiden Fragebögen enthalten waren, konnten insgesamt 99 Einschätzungen ausgewertet werden.

Zu der Frage, wie Lehrkräfte von neuen Methoden erfahren:

**„Lehrpersonen erfahren über viele Kanäle von der Existenz neuer Methoden.“**

Zunächst sollen die Angaben zum Kennenlernen von Methoden betrachtet werden, wobei es in erster Linie darum geht, von neuen Methoden zu erfahren. Da offene Fragen in Fragebögen häufig übergangen werden, wurde diese eigentlich offene Fragestellung als halboffene Frage mit Antwortvorgaben formuliert. Als mögliche Antworten wurden der Besuch von Fortbildungen, das Internet, Fachliteratur und Kollegengespräche vorgegeben. Zusätzlich gab es die Möglichkeit, eine freie Antwort zu formulieren, falls den Befragten keines dieser Verfahren als geeignet erschien. Mehrfachnennungen waren bei der Frage ausdrücklich möglich. Die durchschnittlichen Zahlenwerte sind in Abbildung 27 dargestellt. Die genauen Werte aller Teilgruppen können im Anhang (Tabelle 11 und Tabelle 12) nachgelesen werden.

In der Altersgruppe der Unterdreißigjährigen wurde das Kollegengespräch von den meisten Lehrkräften (63%) genannt. In den übrigen Altersklassen nannte der größte Anteil die Lehrkräftefortbildung als Informationsquelle für neue Methoden (jeweils mindestens 73%). Allerdings scheinen diese

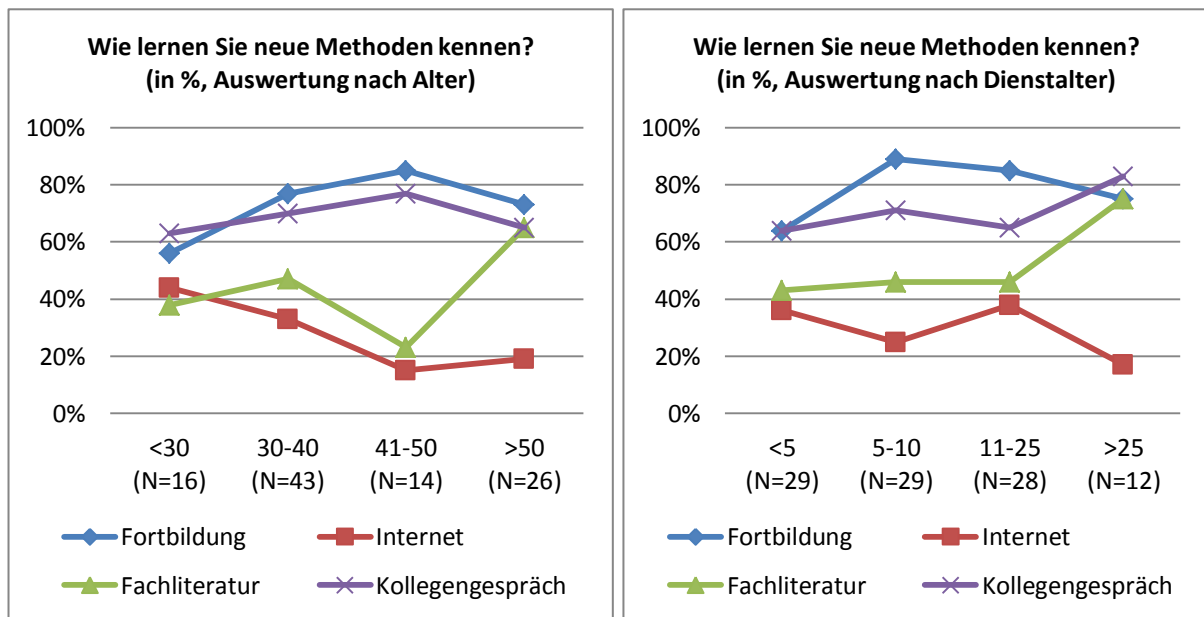


Abb. 27: Möglichkeiten zum Kennenlernen neuer Methoden, Anteil der Nennungen nach Alter und Dienstalter

beiden Möglichkeiten annähernd gleichbedeutend zu sein. Für die anderen beiden Vorschläge Internet und Fachliteratur ergeben sich teilgruppenspezifische Ergebnisse (diese sind nur teilweise im obigen Diagramm dargestellt). So wird das Internet von den Unterdreißigjährigen (44%, N=16) sowie den Realschullehrkräften (44%, N<sub>L2</sub>) zum Kennenlernen neuer Methoden genutzt. Die Fachliteratur empfinden dagegen die Überfünfzigjährigen (65%, N=26) und die Gymnasiallehrkräfte (53%, N<sub>L1</sub>) als geeignetes Verfahren.

Ein ähnliches Bild bietet sich auch bei der Auswertung nach Dienstalter. Wieder sind die Lehrkräftefortbildung und das Kollegengespräch die beiden zentralen Verfahren, wobei die Lehrkräftefortbildung zunächst mit steigendem Dienstalter an Bedeutung gewinnt. Ein kleiner Unterschied wird jedoch im Alter sichtbar. So nimmt das Kollegengespräch im Herbst der Karriere wieder an Bedeutung zu. Der Anteil der Nennungen in dieser Dienstaltersklasse (>25 Jahre) ist höher als der Anteil der Nennungen von Fortbildungen. Das Internet spielt wiederum eine untergeordnete Rolle. Auffällig ist auch die Zunahme der Bedeutung von Fachliteratur mit zunehmendem Dienstalter von 43% auf 75% der Nennungen. Diese Tendenz, die sich bei der Auswertung nach dem Alter der Befragten noch nicht abgezeichnet hat, kann vor allem dadurch erklärt werden, dass gerade bei den Gymnasiallehrkräften einige Kolleginnen und Kollegen der Altersklasse „>50“ eine Dienstzeit unter 25 Jahren vorzuweisen hatten. Dies kann durch die Gestaltung der Ausbildung (längere Studienzeit, Auslandsaufenthalte etc.) oder auch durch mögliche Quereinstiege (etwa nach einer Arbeitsphase in Wirtschaft oder Forschung) erklärt werden. Damit wird aber deutlich, dass für die Wahl der Fachliteratur als Informationsquelle für neue Methoden offensichtlich das Alter ausschlaggebend ist und nicht die Dienstzeit. Zusammenfassend soll versucht werden, diese Zahlen zu erklären. So wird zunächst der Austausch und die Kommunikation mit Kolleginnen und Kollegen als ergiebiger betrachtet als der Besuch von

Fortbildungen. Dies kann damit zusammenhängen, dass die jungen Lehrkräfte direkt aus der Ausbildung kommen und zunächst kein Interesse an weiteren Lehrveranstaltungen haben. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass sie in der Ausbildungszeit bereits einen guten Einblick in den aktuellen Stand der Forschung und das Methodenrepertoire bekommen haben. Daher liegt der Gedanken nahe, auf Fortbildungen nichts Neues erfahren zu können. Mit zunehmender Zeit im Lehrberuf rückt die Ausbildung weiter in die Vergangenheit und es besteht die Möglichkeit, dass es Neuerungen in Pädagogik und Fachdidaktik gibt, über die man sich gerne bei einer Fortbildung informieren lässt. Mit zunehmendem Alter und einer vielleicht sinkenden Fortbildungsbereitschaft (vgl. übernächster Abschnitt) steigt die Bedeutung von Kollegengesprächen wieder an und die Lehrkräfte sind bereit, sich von den jungen Kolleginnen und Kollegen über mögliche neue Ausbildungsinhalte oder Entwicklungen informieren zu lassen. Diese Interpretation wird auch von der Tatsache gestützt, dass vier Lehrkräfte als offene Antwort formulierten, im Referendariat bzw. durch Referendare von neuen Methoden zu erfahren. Dieser Austausch zwischen Personen in der Berufseinstiegsphase und Personen im Herbst des Lehrerdaseins, der anscheinend von beiden Seiten als sehr gewinnbringend angesehen wird, sollte als Potential bei der Entwicklung von Unterrichtspraxis erkannt und gezielt gefördert werden. Der Wunsch danach wurde auch von knapp 30% der Gymnasiallehrkräfte geäußert, die bei der Frage „Welcher ‚Informationskanal‘ müsste ihrer Meinung nach am stärksten ausgebaut werden?“ das „Kollegengespräch“ als Antwort ankreuzten.

Zur Hypothese (H10\_L):

**„Lehrpersonen erlernen neue Methoden überwiegend in Fortbildungen.“**

Die Lehrkräfte sollten in den beiden Fragebögen auch einschätzen, welches Verfahren am besten geeignet ist, um neue Methoden zu erlernen. Die Fragestellung legt zwar eigentlich nahe, dass es nur ein bestes Verfahren gibt, dennoch wurde sie durch den Hinweis, bitte nur ein Kreuz zu machen, ergänzt. Trotzdem füllten 30% der Lehrkräfte den Fragebogen bei dieser Frage falsch aus und machten mehr als ein Kreuz.

Daraufhin folgte eine genaue Analyse der Daten und es konnte festgestellt werden, dass von den 67 richtig ausgefüllten Fragebögen 64% der Antworten auf Fortbildungen und 30% auf Kollegengespräche als bestes Verfahren zum Erlernen neuer Methoden fielen. Eine Person gab als freie Antwort „Lehrermaterialien von Schulverlagen“ an, was in der Folge zu Fachliteratur gezählt wird, so dass sich für diese Antwort 6% der Lehrkräfte entschieden. Das Internet wurde bei den eindeutig ausgefüllten Fragebögen nicht als geeignetstes Verfahren angekreuzt (0%). Von den 30 Fragebögen, die Mehrfachnennungen aufzeigten, enthielten 93% ein Kreuz bei Fortbildungen, 73% bei Kollegengesprächen, 37% bei Fachliteratur und 10% bei Internet. Damit beinhalteten die Mehrfachnennungen nur in zwei

Fällen nicht die Fortbildung als Möglichkeit. Bezogen auf alle abgegebenen Fragebögen ( $N_L$ ), wurde insgesamt nur bei jedem vierten Fragebogen die Antwort Fortbildung nicht angekreuzt. Die Werte können noch einmal in Tabelle 38 nachgelesen werden. Zusammenfassend scheinen Fortbildungen also das beste Verfahren zum Erlernen neuer Methoden zu sein, wobei auch das Kollegengespräch in den Augen der befragten Lehrkräfte einen hohen Stellenwert einnimmt. Die Bedeutung dieser Angaben wird im weiteren Verlauf genauer interpretiert. Zunächst soll noch auf eine andere Möglichkeit der Datenauswertung eingegangen werden.

Für die Auswertung der falsch ausgefüllten Fragebögen wäre auch eine gewichtete Analyse in Betracht gekommen. So könnte eine Zweifachnennung jeweils zur Hälfte in die beiden genannten Kategorien und eine Dreifachnennung zu jeweils einem Drittel in die drei genannten Kategorien eingerechnet werden. Dadurch würde der Anteil der Nennungen von Fortbildungen zugunsten der anderen Verfahren abnehmen, was sich durch den hohen Anteil der Mehrfachnennungen erklären lässt. Da die Mehrfachnennungen jedoch eigentlich für die Bedeutung der Lehrkräftefortbildungen sprechen, wurde die gewichtete Analyse nicht als geeignetes Verfahren empfunden, für die Auswertung verworfen und in den folgenden Analysen nicht mehr eingesetzt. Die Werte sind dennoch in Tabelle 38 dargestellt, um den Unterschied zu verdeutlichen.

Tab. 38: Methoden, die am geeignetsten zum Erlernen von Methoden empfunden werden, absolute (H) und relative (h) Häufigkeit der Nennungen

	<b>Fort- bildungen</b>	<b>Internet</b>	<b>Fach- literatur</b>	<b>Kollegen- gespräch</b>	<b>Gesamt</b>
Richtig ausgefüllte Fragebögen	H=43 h=64%	H=0 h=0%	H=4 h=6%	H=20 h=30%	N=67 100%
Anteil bei Mehrfachnennungen	H=28 h=93%	H=3 h=10%	H=11 h=37%	H=22 h=73%	N=30
Gewichtete Auswertung	H=56,3 h=57%	H=1,3 h=1%	H=9 h=9%	H=30,3 h=31%	Summe 97 98% 2x keine Ang. (2%)

Für die weitere Auswertung wurden alle falsch ausgefüllten Fragebögen aussortiert. So stehen für die Suche nach speziellen Effekten einzelner Teilstichproben auf Grundlage der statistischen Daten nur noch 67 Fragebögen zur Verfügung. Dies hat zur Folge, dass die Stichprobenumfänge einzelner Teilstichproben teilweise sehr klein werden. Darauf wird an entsprechender Stelle hingewiesen. Die Auswertung nach Schulart, Alter und Dienstalter ist in Abbildung 28 (nächste Seite) dargestellt.

In den beiden oberen Diagrammen (Abb. 28a) sieht man deutlich, dass Fortbildungen in allen Alters- und Dienstaltersklassen am häufigsten genannt werden, durchschnittlich von gut 65% jeder Teilgruppe. Während das Kollegengespräch durchschnittlich von etwa 30% der Befragten genannt wurde, spielt Fachliteratur nur eine sehr untergeordnete Rolle und das Internet ist nach Ansicht der

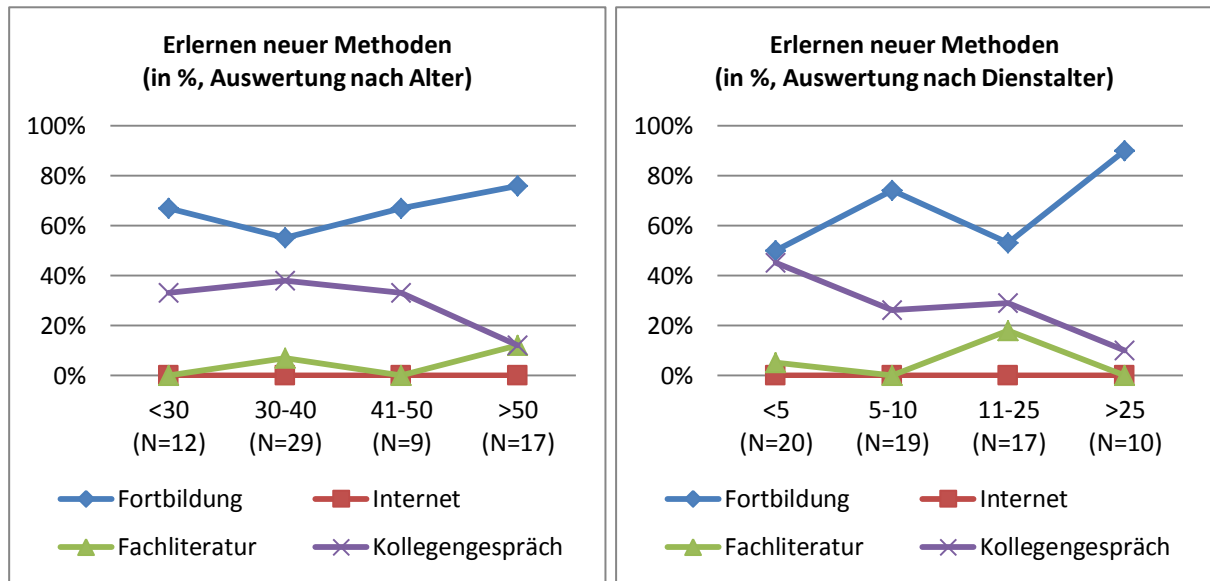


Abb. 28a: Möglichkeiten zum Erlernen neuer Methoden, Anteil der Nennungen nach Alter und Dienstalter

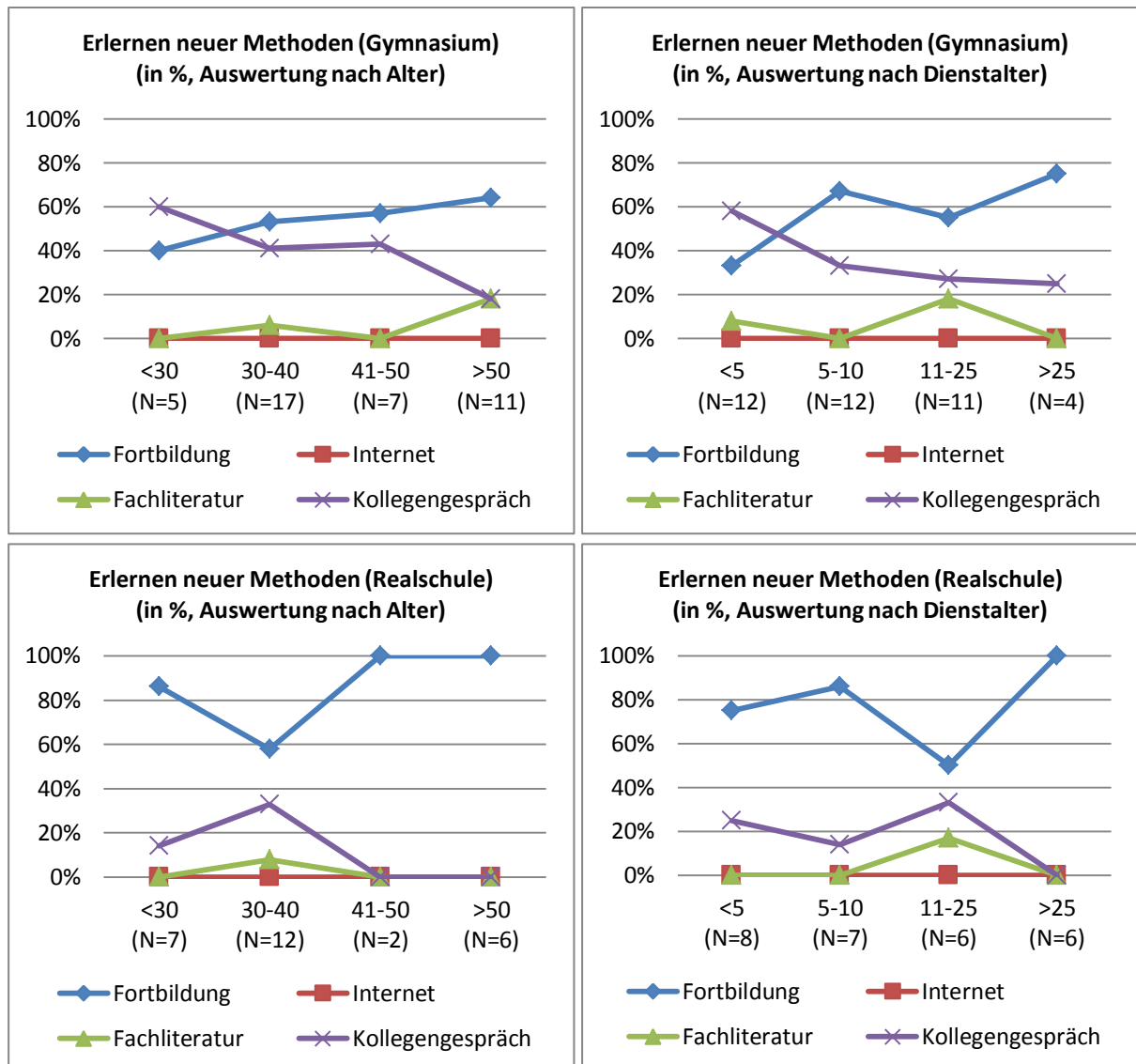


Abb. 28b: Möglichkeiten zum Erlernen neuer Methoden, Differenzierung nach Schulart, Alter und Dienstalter



Lehrkräfte mit durchgängig 0% der Nennungen überhaupt nicht zum Erlernen neuer Methoden geeignet. Im rechten Diagramm kann der geringere Anteil der Nennungen von Fortbildungen bei den Berufseinsteigern (<5 Dienstjahre) sowie den erfahrenen Lehrkräften (Dienstalter 11-25 Jahre) durch die Betrachtung der darunter dargestellten schulartspezifischen Diagramme (in Abb. 28b) erklärt werden. So nennen Gymnasiallehrkräfte in den ersten fünf Jahren häufiger das Kollegengespräch (Abb. 28b, Diagramm rechts oben), was, wie bereits genannt, durch die „Ausbildungsmüdigkeit“ nach einem langen Studium und anschließendem Vorbereitungsdienst erklärt werden kann. Der Einbruch bei den erfahrenen Lehrkräften kommt durch die Angaben der Realschullehrkräfte zustande (Abb. 28b, Diagramm rechts unten), wobei diese Schwankung wahrscheinlich ausschließlich auf die kleine Teilstichprobe von sechs Befragten zurückgeführt werden muss. Bei der Auswertung nach dem Alter der Befragten, kann man sehen, dass Fortbildungen und Kollegengespräche für Gymnasiallehrkräfte annähernd gleichbedeutend sind (Abb. 28b, Diagramm oben links), während die Realschullehrkräfte über 40 von Fortbildungen als bestem und einzigem Verfahren überzeugt sind.

Betrachtet man die Darstellung der Ergebnisse nach Geschlecht der Befragten (siehe Abb. 29), ändert sich an der Hauptaussage zunächst nichts. Wieder ist das geeignetste Verfahren zum Erlernen von Methoden die Lehrkräftefortbildung. Es fällt allerdings auf, dass Fachliteratur und das Kollegengespräch vornehmlich von den weiblichen Lehrpersonen und den Lehrkräften an Gymnasien als Alternative gesehen werden. Diese Tendenz manifestiert sich im Anteil der männlichen Realschullehrkräfte, die – bis auf eine Ausnahme – ihr Kreuz bei Fortbildung setzten und den eben genannten Trend somit bestätigen. Insgesamt ergeben sich folgende Durchschnittswerte: 63% der weiblichen und 67% der männlichen Lehrkräfte sowie 55% der Gymnasiallehrkräfte und 78% der Realschullehrkräfte sehen Fortbildungen als bestes Verfahren zum Erlernen neuer Methoden.

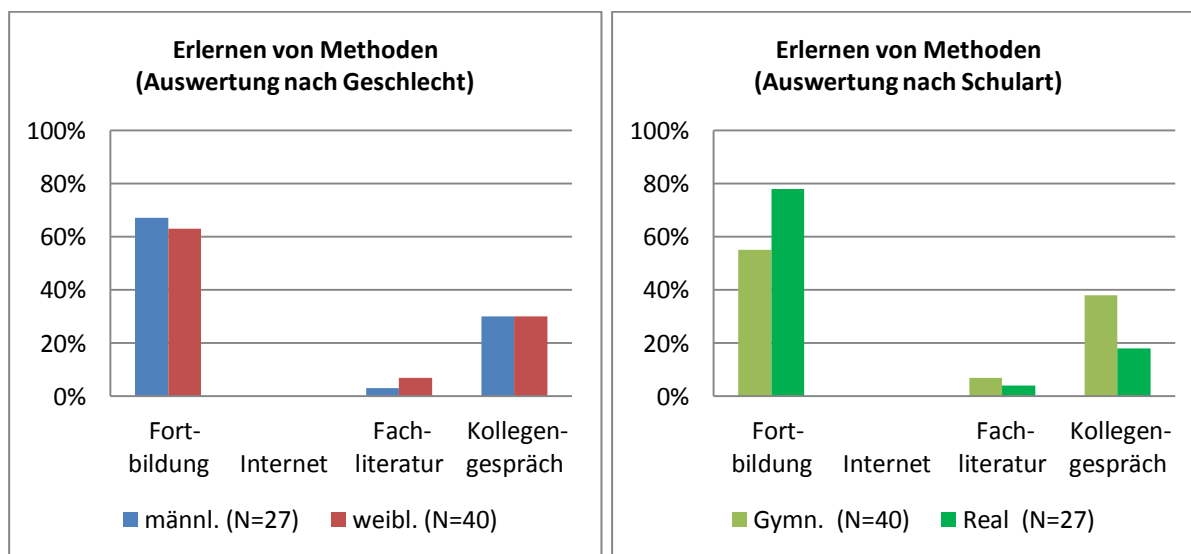


Abb. 29: Möglichkeiten zum Erlernen neuer Methoden, Anteil der Nennungen nach Geschlecht und Schulart

Alle bisher genannten Zahlen **können Hypothese (H10\_L) bestätigen** und ein Großteil der Lehrkräfte ist sich der Bedeutung von Fortbildungsveranstaltungen zum Erlernen neuer Methoden bewusst. Dabei sind die Anteile bei den Männern und den Lehrpersonen an Realschulen höher, als in der jeweiligen Vergleichsgruppe. Die geringe Anzahl der Nennungen von Internet und Fachliteratur sowie die Tatsache, dass bei deren Nennung meist noch weitere Verfahren angegeben wurden (Mehrfachnennungen) geben einen Hinweis darauf, dass es nicht ausreicht, sich alleine mit einer Methode zu beschäftigen und sich das benötigte Wissen anzulesen. Vielmehr scheint der Kommunikation beim Erlernen neuer Methoden eine entscheidende Bedeutung zuzukommen. Dieser kommunikative Austausch ist sowohl beim Kollegengespräch als auch in der Fortbildung möglich. Dieses Ergebnis betont noch einmal die Bedeutung von Fortbildungen zur Verbreitung neuer Methoden oder fachdidaktischer Neuerungen. (Vgl. [Jannack et al. 2014].)

Die individuelle Beschäftigung mit neuen Methoden scheint zwar zum Kennenlernen neuer Methoden zu genügen, nicht jedoch zum Erlernen derselben. Dennoch sollen nochmals alle Antworten vollständig betrachtet werden, um zu schauen, inwiefern Internet und Fachliteratur doch für einzelne Personengruppen eine Rolle spielen. In den obigen Zusammenstellungen taucht das Internet nicht auf, was darauf zurückzuführen ist, dass dieses Verfahren nur bei den Mehrfachnennungen „mitangekreuzt“ wurde. War dies der Fall, so handelte es sich immer um Personen aus der Dienstaltersstufe „<5 Jahre“, also um Lehrkräfte der Berufseinstiegsphase (unabhängig von deren Alter). Es handelte sich um drei Fälle, was einem Anteil von 10% dieser Dienstaltersklasse entspricht. Ähnlich punktuell, aber noch deutlicher, gestaltet sich die Situation bei der Bedeutung von Fachliteratur. Wurde dieses Verfahren angekreuzt, so handelte es sich in neun von elf Fällen (82%) um Lehrkräfte aus den Altersklassen „>50“ oder „36-40“ (unabhängig von deren Dienstalter). Bezogen auf alle Lehrkräfte in diesen Altersklassen (N=44) sind das immerhin 20%. Beim Blick auf die Daten nach Dienstalter sticht bei den Frauen mit einem Dienstalter von 21-25 Jahren der Wert von 100% für die Kombination „Fortbildung – Kollegengespräch“ ins Auge. Dieser Wert wirkt zwar sehr aussagekräftig, täuscht aber aufgrund der kleinen Teilstichprobe (N=2).

Warum dem Internet zu Beginn des Lehrerdaseins und der Literatur in den genannten Altersklassen, eine punktuelle Bedeutung zukommt, kann nur spekuliert werden. Für die erste Beobachtung kann vielleicht Naivität und mangelnde Erfahrung eine Erklärung liefern. So haben Berufseinsteiger noch keine Erfahrung mit Methoden, die sie nicht in der Ausbildung erlernt haben und können die Gegebenheit deshalb nur schwer einschätzen. Auf der anderen Seite gibt es im Internet seit einigen Jahren Videofilme und sogenannte *Tutorials*, die Methoden und deren Einsatz vorstellen. Vielleicht bietet sich hier auch eine Möglichkeit für die Zukunft, die von den Berufseinsteigern bereits erkannt wurde. Bei den Lehrkräften über 50, die Fachliteratur angekreuzt haben, handelt es sich bei zwei Drittel der Fälle um Mehrfachnennungen in der Kombination mit Fortbildungen und bei einem Drittel um die

eindeutige Festlegung auf Fachliteratur, wobei hier auch die offene Antwort „Lehrermaterialien“ eingeschlossen ist. Vielleicht verbirgt sich hier die Idee, den fachlichen Hintergrund in Fachbüchern nachzulesen und mögliche Materialien für den Einsatz im Unterricht in Fortbildungen oder über Fachzeitschriften und Lehrermaterialien zu erhalten. Bei den Mehrfachnennungen gehen die Angaben offensichtlich auf Kosten der Kollegengespräche, was in der Art interpretiert werden kann, dass nur darüber zu reden auch nicht zum Erlernen der Methoden genügt. Auf einem Fragebogen dieser Teilgruppe wurde als Verfahren zum Erlernen von Methoden zusätzlich „Ausprobieren“ angegeben. Methoden erlernt man demnach nicht durch reines Lesen und nicht durch reines Reden, sondern in erster Linie durch intensive Beschäftigung und den Einsatz im Unterricht. Die Auseinandersetzung mit der Thematik kann durch Lektüre, aber auch durch Fortbildungen erfolgen und die benötigten Materialien erhält man in Fortbildungen oder Fachzeitschriften. Möglicherweise liegt diese Sichtweise den entsprechenden Antworten zugrunde. Mit dieser Tatsache kommt den Lehrkräftefortbildungen eine weitere Aufgabe zu, nämlich die Bereitstellung geeigneter Materialien, um die neu erlernte Methode auch im Unterricht einsetzen zu können.

Zur Hypothese (H11\_L):

**„Lehrkräfte bilden sich regelmäßig fort. Viele haben Interesse an einer methodischen Fortbildung.“**

Im letzten Absatz wurde die Bedeutung von Lehrkräftefortbildungen zum Erlernen neuer Methoden noch einmal aufgegriffen und es konnte gezeigt werden, dass sich die Lehrkräfte dieser Bedeutung auch bewusst sind. Daher stellt sich die Frage, ob Lehrkräfte vor diesem Hintergrund Interesse an einer Fortbildung zu Methoden haben und wenn ja, zu welcher der genannten Methoden. Darüber hinaus wurden in den Fragebögen allgemeine Fragen zum Fortbildungsverhalten aufgegriffen.

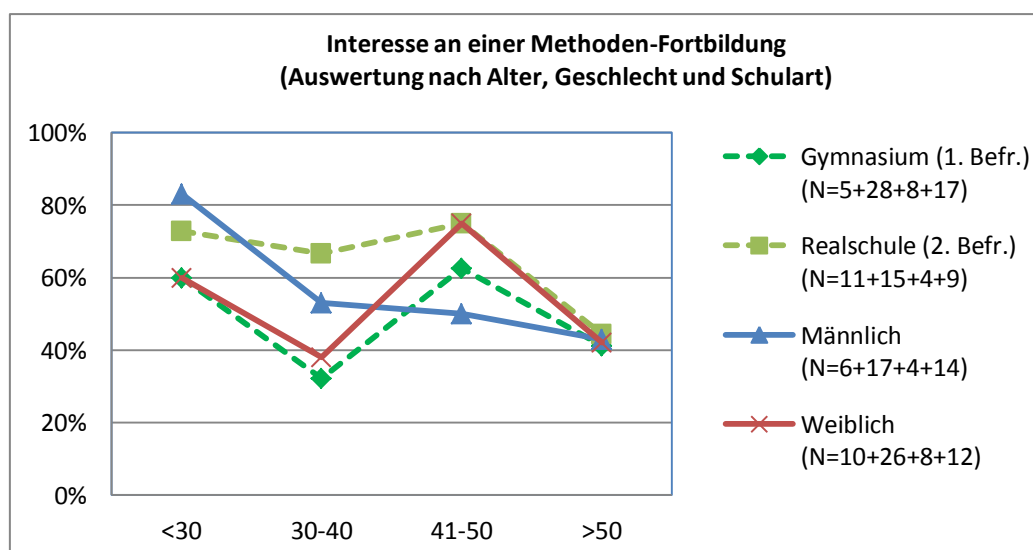


Abb. 30: Interesse an einer Methoden-Fortbildung nach Schulart, Geschlecht und Alter der Befragten

Durchschnittlich gaben 51% der befragten Lehrkräfte ( $N_L$ ) an, Interesse an einer Fortbildung zu Methoden und deren Einsatz im Schulunterricht zu haben. Dabei war der Anteil bei den männlichen Befragten mit 56% ( $N_{Lm}=41$ ) höher als bei den weiblichen Befragten (47%,  $N_{Lw}=58$ ). Die Fragestellung bezog sich in der ersten Befragung (an Gymnasien) auf alle 26 aufgezählten Methoden und bei der zweiten Befragung (an Realschulen) auf die drei genannten handlungsorientierten Methoden. Es ergibt sich ein deutlicher Unterschied zwischen den beiden Befragungen (siehe Abb. 30, vorige Seite), wobei die Realschullehrkräfte ein höheres Interesse äußerten (64%,  $N_{L2}$  gegenüber 40%,  $N_{L1}$ ). Der Verlauf des Interesses nach Altersstufen ist insgesamt sehr ähnlich. Im Diagramm können ein höheres Interesse an methodischen Fortbildungen von Personen unter 30 und zwischen 40 und 50 sowie die bereits beschriebenen Schulart- und Geschlechterdifferenzen abgelesen werden. Während dieser „schwingende“ Verlauf für die Realschullehrkräfte auch bei der Auswertung nach Dienstalter beobachtbar ist, kann bei den Berufseinsteigern (Dienstalter unter 5 Jahre) am Gymnasium ein geringes und dann ein fast gleichbleibendes Interesse beobachtet werden (siehe Abb. 31).

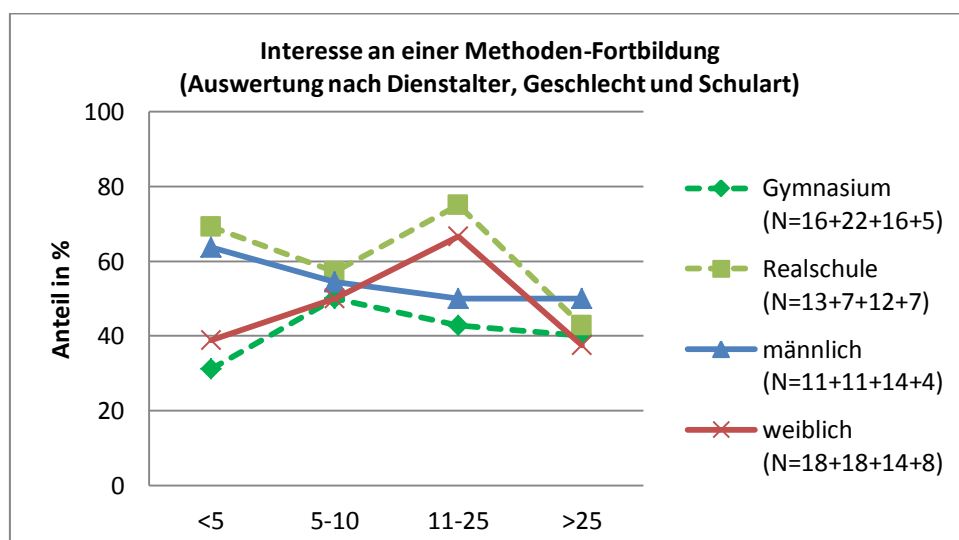


Abb. 31: Interesse an einer Methoden-Fortbildung nach Schulart, Geschlecht und Dienstalter der Befragten

Das erhöhte Interesse der Realschullehrkräfte kann wie folgt erklärt werden. 67% der Lehrpersonen an Realschulen ( $N_{L2}$ ) setzten bereits handlungsorientierte Methoden ein und berichteten diesbezüglich von positiven Erfahrungen, wodurch ein gesteigertes Interesse an weiteren Methoden erklärt werden kann. 62% der Lehrpersonen, die solche Methoden bereits einsetzten ( $N=26$ ), äußerten auch Interesse an einer weiteren Fortbildung. Von diesen gaben 69% ein Interesse an *Inquiry-based Learning* an, was insofern nicht verwundert, da es sich hierbei um die unbekannteste der genannten Methoden handelt. Von den Lehrkräften, die noch keine handlungsorientierten Methoden einsetzten ( $N=12$ ), gaben 75% an, Interesse an einer Fortbildung zu haben, wobei von diesen 67% Interesse an Problemorientiertem bzw. Problembasiertem Lernen äußerten. Damit scheinen die problemorientierten Methoden einen geeigneten Einstieg zum handlungsorientierten Unterricht darzustellen.

Die Interpretation des hohen Interesses der Unterdreißjährigen gestaltet sich insofern schwierig, da bei den Berufseinsteigern gerade am Gymnasium eine gegenläufige Tendenz zu beobachten ist (siehe Abb. 31). So kann dieser erhöhte Wert vielleicht wirklich auf die Motivation der Altersklasse zurückgeführt werden. Mit zunehmendem Alter sinkt dann zunächst die Fortbildungsbereitschaft, was folgendermaßen interpretiert wird: Die Lehrpersonen versuchen, auf Grundlage ihres vorhandenen Wissens, einen eigenen Unterrichtsstil zu entwickeln und optimieren diesen über einige Jahre. Nach dieser Phase reift die Erkenntnis, dass es sicher lohnenswerte Neuerungen gibt und die Bereitschaft den eigenen Unterrichtsstil nochmals zu hinterfragen und gegebenenfalls zu verändern, steigt. In dieser Altersklasse rechtfertigt die Zeitspanne bis zur Pensionierung die mit einer Weiterbildung und Umstellung verbundenen Mühen. Bei den Überfünfzigjährigen sinkt das Interesse an Fortbildungen wieder, was wahrscheinlich auf die geringe Restdienstzeit und die eventuell im Alter steigende Belastung im Schulalltag zurückgeführt werden kann. Diese Interpretation kann sicher auch ein Stück weit auf die verschiedenen Dienstaltersstufen übertragen werden. Eine hohe Motivation zu Beginn (bis zum 5. Dienstjahr), ein Abfall des Interesses und die Entwicklung eines eigenen Stils in den Folgejahren (5.-10. Dienstjahr) sowie eine erneute Motivation, Neues zu erlernen, nach 11-25 Dienstjahren und ein Abfall gegen Ende der Dienstlaufbahn können dem Diagramm der Realschullehrkräfte zugrunde liegen.

Anders gestaltet sich der Verlauf des Interesses bei den Gymnasiallehrkräften, das beinahe gleichbleibend in allen Dienstaltersstufen um einen Wert von 40% liegt. Ein Grund für diesen Effekt kann die Ausbildungszeit an der Universität sein, die zunächst länger dauert und auch noch andere Chancen eröffnet. So befinden sich aufgrund der längeren Ausbildung viele Lehrkräfte zwischen 30 und 40 noch in der Berufseinstiegsphase und die bereits angesprochene Ausbildungsmüdigkeit tritt bei dieser Personengruppe eher auf. Zum anderen befinden sich auch innerhalb der Dienstaltersstufe „11-25 Jahre“ viele Lehrpersonen über 50 Jahre, die erst später in den Schuldienst eingestiegen sind, beispielsweise durch die Möglichkeit des Quereinstiegs nach einem anderen Karriereabschnitt an der Universität oder in der Wirtschaft. Diese Personen befinden sich vielleicht bereits in den letzten Jahren ihrer Berufslaufbahn, obwohl sie keine 25 Dienstjahre erreicht haben und möchten daher keine methodischen Fortbildungen mehr besuchen. (Für Teilergebnisse der Befragung an Gymnasien vgl. [Jannack et al. 2014].)

**Damit kann Hypothese (H11\_L) nicht bestätigt werden.** Es gibt zwar Unterschiede im Interesse in Abhängigkeit der verschiedenen Dienstaltersstufen, diese verlaufen jedoch nicht linear fallend. Vielmehr scheint das Interesse vom Alter der Lehrpersonen abzuhängen, wobei das Interesse bei den Unterdreißjährigen sowie bei den Vierzig- bis Fünfzigjährigen am größten ist. Die Frage, zu welcher Methode Interesse an einer Fortbildung besteht, wurde für die Realschullehrkräfte bereits beantwor-

tet. So besteht Interesse an einer Fortbildung zu problemorientierten Methoden, wenn die Lehrkräfte noch keine handlungsorientierten Methoden einsetzen und Interesse an einer Fortbildung zu *Inquiry-based Learning*, wenn die Lehrkräfte bereits handlungsorientierte Methoden einsetzen. Bei den Gymnasiallehrkräften weist das Interesse aufgrund der großen Auswahl an Methoden eine größere Streuung auf. So wurde von jeweils sechs Lehrkräften (25%, N=24) Interesse an selbstorganisiertem Lernen und an PING (Praxis integrierter naturwissenschaftlicher Grundbildung) geäußert. Darüber hinaus interessieren sich 21% der Lehrkräfte an einer Fortbildung zu handlungsorientiertem Unterricht und je 17% an einer Fortbildung zu Portfolio, entdeckendem bzw. forschendem Lernen und an PBL bzw. POL. Zusammenfassend nennen also 42% der an einer Fortbildung interessierten Lehrkräfte mindestens eine der Methoden, die auch den Realschullehrkräften zur Auswahl standen und weitere 25% das selbstorganisierte Lernen. So könnten die Inhalte der ausgearbeiteten Fortbildungen zu den *Lucycity*-Projekten für insgesamt 63% dieser Lehrkräfte gewinnbringend sein.

Die weiteren Fragen zum Fortbildungsverhalten haben gezeigt, dass etwa die Hälfte aller Lehrkräfte unabhängig von Schulart und Geschlecht etwa ein bis zwei Fortbildungen pro Schuljahr besucht. Am Gymnasium gaben jeweils 17% an, drei Fortbildungen pro Schuljahr oder alle 2-3 Jahre eine Fortbildung zu besuchen. An Realschulen beträgt der Anteil in dieser dritten Kategorie über 30%. Bei der Antwortmöglichkeit „nur alle 4 Jahre“ ergibt sich ein Geschlechterunterschied von 18% der männlichen und 5% der weiblichen Befragten. Außerdem beträgt der Anteil in der Dienstaltersklasse „>25“ hier 25%. Insgesamt scheinen also Gymnasiallehrkräfte häufiger Fortbildungen zu besuchen als Realschullehrkräfte und Frauen mehr als Männer. Die Anzahl der Fortbildungen nimmt tendenziell gegen Ende der Dienstzeit ab. Die Auswahl der Fortbildungen erfolgt in erster Linie nach Themen und Inhalten (95%, N<sub>L2</sub>), aber auch auf Empfehlung von Kolleginnen und Kollegen (44%), nach Praxisbezug (41%) und nach Veranstaltungsort (31%). Somit bestätigen die Lehrkräfte die Motive, die auch in der Literatur genannt werden (vgl. Teilkapitel 1.8).

Die Gymnasiallehrkräfte sollten abschließend angeben, welcher „Informationskanal“ ihrer Meinung nach am stärksten ausgebaut werden soll. Dabei entschieden sich 42% für Fortbildungen und 28% für das Kollegengespräch (N<sub>L1</sub>, keine Mehrfachnennungen möglich). (Für Teilergebnisse der Befragung an Gymnasien vgl. [Jannack et al. 2014].)

### 7.3 Lehrkräftefortbildung im Bereich PBL

Die Bedeutung von Lehrkräftefortbildungen zum Erlernen neuer Methoden konnte im letzten Kapitel bestätigt werden. Außerdem wurde gezeigt, dass viele Lehrkräfte auch Interesse an Fortbildungen zu

neuen Methoden und praxisrelevanten Inhalten haben. Dieses Interesse kann durch die Vielschichtigkeit der *Lucycity*-Projekte bedient werden. Dazu kommt, dass NwT-Lehrkräfte bis heute überwiegend keine entsprechende Ausbildung besitzen (vgl. Teilkapitel 1.5). Daher werden Fortbildungen zu interdisziplinären Projekten, die im NwT-Unterricht eingesetzt werden können, sehr gerne angenommen. Vor diesem Hintergrund wurden Lehrkräftefortbildungen durchgeführt und evaluiert.

Die Durchführung erfolgte, wie in Teilkapitel 5.3 beschrieben, aufgeteilt in eine Theorie- und eine anschließende Praxisphase. Der Verlauf der Fortbildungen sowie die Ergebnisse der Befragungen sollen in diesem Teilkapitel vorgestellt werden.

Die **Atmosphäre im theoretischen Teil** war zunächst von hoher Aufmerksamkeit geprägt. Während manche Teilnehmerinnen und Teilnehmer komplett mitschrieben, notierten sich andere Stichworte und wieder andere hörten nur zu. Im Laufe des Vortrags wurden die entsprechenden Materialien an die Fortbildungsteilnehmenden verteilt, was die Aufmerksamkeit auf die Dokumente lenkte und teilweise auch zu ersten Diskussionen (zum Beispiel über die Internetseiten) führte. In dieser Phase lag der Fokus bei einigen Lehrkräften nicht mehr auf dem laufenden Vortrag. Insgesamt wurden jedoch sehr wenige Zwischenfragen gestellt.

Die **praktische Arbeitsphase** lief insgesamt wie bei den Schülerinnen und Schülern ab. Das Brainstorming wurde in den meisten Gruppen übergangen und alle redeten gleichzeitig. Die Kärtchentechnik wurde nicht angewendet und die Protokollbögen wurden nur sporadisch ausgefüllt. Lediglich eine Gruppe hielt sich weitgehend an den vorgegebenen Ablaufplan. Während der Diskussionen schweiften die Lehrkräfte wie die Schülerinnen und Schüler häufig vom Thema ab und bei der Erstellung der Präsentation redeten alle auf eine Person ein, die versuchte, die Gedanken zu Papier zu bringen. Während der praktischen Phase fragte mich eine Teilnehmerin, ob ich schon Eindrücke gewonnen hätte, wobei ich ihr die Beobachtung, dass es wie bei den Schülerinnen und Schülern ablaufe, mitteilte. Daraufhin antwortete sie „Meist sind Lehrer noch chaotischer als Schüler, deshalb machen Lehrerfortbildungen auch so viel Spaß!“ und rührte weiter in ihrer Creme. Während der praktischen Phase waren manche Lehrkräfte sehr engagiert, brachten die Gruppenarbeit voran und waren am Ende stolz auf ihr fertiges Produkt. Im Gegensatz dazu gab es aber auch einzelne Lehrkräfte, die weitgehend auf die Teilnahme an der praktischen Arbeit verzichteten. Diese beobachteten die anderen oder wirkten gelangweilt. Phasen ohne eigene Tätigkeit wurden von den Lehrkräften häufig auch zum allgemeinen kollegialen Austausch genutzt. So wurden verschiedene Organisationsformen, Themen und bisherige Erfahrungen mit dem neuen Fach NwT ausgetauscht. Es folgte die Präsentation der Ergebnisse (siehe Tab. 39, nächste Seite), die aufzeigte, dass die Lehrkräfte bei der Gestaltung von Cremes und Marketingkonzepten insgesamt eher wenig kreativ agierten.

Tab. 39: Creme-Produkte einer Lehrkräftefortbildung

<b>Sport'n Sun für die junge sportliche Haut</b> - Dezent, leichter Duft (Rosenholz) - 55 mL für 6 Euro	<b>Fresh'n up für leicht fettige und gestresste Haut</b> - Erfrischend, belebend mit Grapefruit-Duft - 30 mL für 4,50 Euro
<b>LimoMar Fluid für Teenager mit fettiger Haut</b> - Citronella Duft - Wird in Tube (to go) und im Spender angeboten. 6,95 Euro	<b>Sensitive – eine Creme wie Samt und Seide</b> - Hochwertige Tagescreme für anspruchsvolle Haut ab 40. Das ist der Trend der Zeit. - 8,95 Euro

Gegen Ende der Veranstaltung machten sich die Teilnehmenden kaum noch Notizen zu den Informationen und Diskussionen. Es wurden Bedenken bezüglich der Klassenarbeitsgestaltung und der Bewertung der Projektarbeit geäußert. Diese konnten jedoch im Gespräch und durch Schilderung der Erfahrungen der Fortbildnerin weitgehend ausgeräumt werden. Im Blitzfeedback am Ende (Stichwortartiges Protokoll siehe Tabelle 13 im Anhang.) wurden vereinzelt Bedenken bezüglich der „Zettelwirtschaft“ (viele Formulare) sowie möglicher Allergien von Schülerinnen oder Schülern geäußert und ein Mitarbeiterseminar zur Kostenkalkulation wurde angeregt. Jeweils 38% der Teilnehmenden lobten die Anwendbarkeit und Innovation der Methode sowie die Gestaltung der Fortbildung. In diesem Zusammenhang wurden die aktive Beteiligung der Lehrkräfte, die Ausgewogenheit zwischen Theorie und Praxis sowie das „Schüler sein dürfen“ besonders positiv bewertet. Eine Teilnehmerin betonte den Spaß und eine andere bedankte sich für einen „lohnenswerten Nachmittag“.

Es nahmen 38 Lehrerinnen und Lehrer an den beiden evaluierten Fortbildungen teil ( $N_{L3}=38$ ). Dabei fällt auf, dass sich die **Altersstruktur der Gruppe** genau gegenläufig zu den Interessenten aus den Befragungen des letzten Teilkapitels verhält. 29% der Teilnehmenden waren zwischen 30 und 40 Jahre alt und weitere 39% waren über 50 Jahre alt. Der Anteil in den beiden anderen Altersgruppen betrug jeweils 13%, wobei diese Altersgruppen in der vorigen Befragung jeweils das größte Interesse an methodischen Fortbildungen äußerten. Dies könnte daran liegen, dass bei der Ausschreibung das Kosmetik-Projekt im Vordergrund stand und nicht die eingesetzte und angestrebte Methode. Vielleicht ist das Fortbildungsinteresse an inhaltlichen Fortbildungen in den entsprechenden Altersklassen höher oder insgesamt ausgeglichener über die Altersklassen hinweg. Vielleicht waren die Fortbildungsteilnehmerinnen und -teilnehmer auch einfach direkt betroffen, da sie im aktuellen Schuljahr NwT unterrichten mussten oder für das kommende Schuljahr dafür eingeplant waren.

Die Befragung der Teilnehmenden konnte die getroffenen Hypothesen bestätigen. So ist PBL weitgehend unbekannt, wird aber für die Schule als geeignet empfunden. Die Gestaltung der Fortbildung wurde gelobt und die Integration in den eigenen Unterricht angestrebt. Die detaillierten Ergebnisse sollen im Folgenden dargestellt werden.



Zur Hypothese (H12\_L):

**„Fortbildungsteilnehmende kennen PBL vor der Fortbildung nicht.“**

Hypothese (H12\_L) wurde mit drei Items untersucht (siehe Tab. 40). Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass PBL in dieser Form bei etwa drei von vier Teilnehmenden vor der Fortbildung unbekannt war. Nur 24% der Befragten gaben an, PBL bereits vor der Fortbildung gekannt zu haben (vgl. [Jannack et al. 2016a]). **Die Bestätigung von Hypothese (H12\_L)** wird noch verstärkt, da 92% sich als aufgeschlossen gegenüber neuen Methoden bezeichneten und PBL in der vorgestellten Form dennoch nicht kannten. Mit PBL-ähnlichen Unterrichtsformen hatten 71% bereits Erfahrungen gesammelt. Als Hauptbeispiel wurde hier neben Gruppenpuzzle und Lernzirkel von etwa 63% der Projektunterricht genannt.

Vor diesem Ergebnis soll an dieser Stelle noch einmal Hypothese (H8\_L) „Problembasiertes Lernen ist einem Großteil der Lehrkräfte nicht bekannt.“ in den Blick genommen werden. Mit dem Methodenfragebogen konnte die Hypothese zunächst nicht bestätigt werden, wobei die zweite Befragung der Realschullehrkräfte die Hypothese insofern stützte, dass die von Lehrkräften eingesetzten beschriebenen Unterrichtseinheiten aus dem Bereich des problemorientierten und entdeckenden Lernens stammten. Die Tatsache, dass die Fortbildungsteilnehmenden, die zum Zeitpunkt der Befragung wussten, was unter Problembasiertem Lernen verstanden wird, diese Methode nicht kannten, stärkt ebenfalls die **Vermutung, dass Hypothese (H8\_L) gültig ist**, auch wenn dies mit den eingesetzten Fragebögen nicht explizit nachgewiesen werden kann.

Tab. 40: Fragen und Antworten zum Vorwissen der Fortbildungsteilnehmenden absolut und relativ

I. Vorwissen	ja	nein	weiß nicht
1. Kannten Sie PBL/TOP bereits vor dieser Fortbildung?	9 (23,7%)	28 (73,7%)	1 (2,6%)
2. Würden Sie sich als aufgeschlossen gegenüber neuen Methoden bezeichnen?	35 (92,1%)	0 (0%)	3 (7,9%)
3. Haben Sie PBL-ähnliche Unterrichtsformen (z. B. POL, Projekte,...) schon einmal durchgeführt?	27 (71,1%)	10 (26,3%)	1 (2,6%)

Zu den Hypothesen (H13\_L) und (H14\_L):

**„Lehrkräfte bestätigen die Schultauglichkeit und das Potenzial von PBL im Schulunterricht.“**

Die Lehrkräfte wurden im Fragebogen gebeten, Aussagen zum Einsatz von PBL im Schulunterricht zu beurteilen (vgl. Abb. 32, nächste Seite). Dabei gaben etwa drei Viertel an, PBL als schultauglich zu empfinden und 98% bestätigten die Eignung für fächerübergreifende Themen (H13\_L). Die restlichen Befragten konnten sich nicht festlegen und widersprachen den Aussagen demnach auch nicht. Die

Möglichkeit zur besonderen Förderung der Schülerinnen (H14\_L) wurde von den befragten Lehrkräften ebenfalls überwiegend bestätigt. Etwa ein Zehntel sah diese Chance nicht und ein Viertel legte sich nicht fest. **Damit wurden auch die Hypothesen (H13\_L) und (H14\_L) von den Teilnehmenden der Lehrkräftefortbildung bestätigt.** (Vgl. [Jannack et al. 2014].)

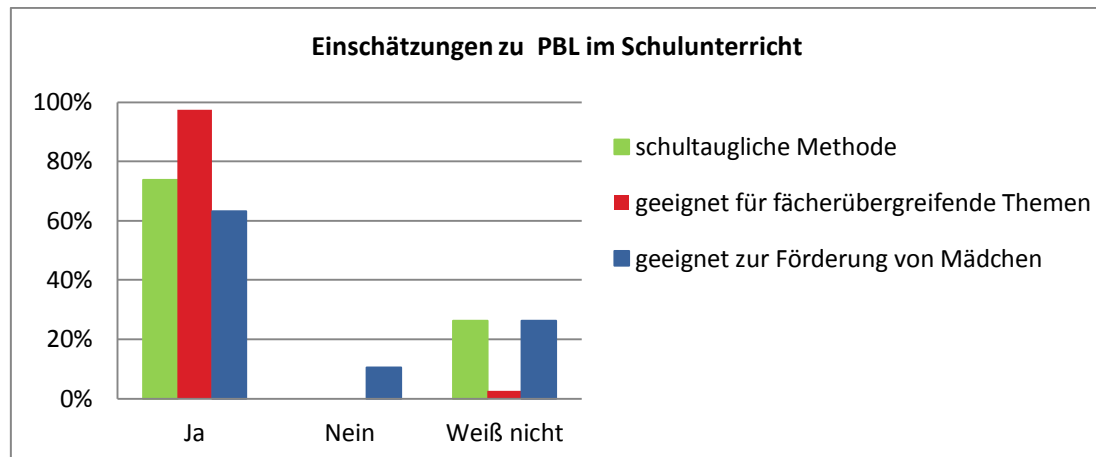


Abb. 32: Einschätzungen der Fortbildungsteilnehmenden zum Einsatz von PBL in der Schule

Einen erfolgreichen Einsatz von PBL konnte sich der Großteil der Lehrkräfte ab Klasse 8 oder 9 vorstellen, nur vereinzelt auch schon früher. Bei den offenen Fragen nach möglichen Vorteilen wurden selbstständiges Arbeiten (34%), die ganzheitliche Betrachtung der Thematik (26%), die Schüleraktivierung und die Ausbildung von Teamfähigkeit (je 20%) genannt. Als mögliche Nachteile sahen die Teilnehmenden Gruppenprobleme (17%), Zeitprobleme und Ergebnissicherung bzw. Leistungsmessung (je 23%). (Alle Antworten zu diesen beiden offenen Fragen sind in Tabelle 15 im Anhang, erste und zweite Spalte, zusammengestellt.) Damit werden bei den Bedenken genau die Aspekte genannt, die auch in der Literatur als Herausforderungen gesehen werden (vgl. Kap. 2.8) und teilweise im Rahmen der Fortbildung diskutiert wurden. Dies erweckt den Anschein, dass sich zum Zeitpunkt der Befragung noch nicht alle von den entsprechenden Maßnahmen des *Lucycity*-Konzepts überzeugen lassen haben (etwa von den Mitarbeiterseminaren zur Gewährleistung der Ergebnissicherung und der Tiefe der Inhalte). Die angesprochenen Bedenken werden von Lehrkräften, die PBL schon im Unterricht eingesetzt haben, jedoch nicht bestätigt. (Vgl. dazu auch Delisle [1997] und Torp & Sage [1998] sowie Jannack et al. [2016a].) Die angesprochene Zeitproblematik („weniger Stoff in der gleichen Zeit“) kann für den regulären Unterricht der Fachdisziplinen, die in Baden-Württemberg zweistündig unterrichtet werden, nachvollzogen werden. Speziell auf den NwT-Unterricht bezogen, der vier Stunden in der Woche umfasst und auf projektartiges Arbeiten ausgerichtet ist, kann diese Befürchtung allerdings nicht geteilt werden, so formulierte auch eine Fortbildungsteilnehmerin die Hoffnung, dass „durch NwT der entsprechende Rahmen und Gelder vorhanden sind“.

Rückmeldungen zum *Marmétics*-Projekt:

**„Lehrkräfte erwarten positive Auswirkungen beim Einsatz des Marmétics-Projekt im Schulunterricht.“**

In den Fragebogenabschnitten Kosmetikfall (II) und Methode (III) sollten die Lehrkräfte verschiedene Aussagen zu den Erwartungen in den Bereichen Motivierung (II-3; III-2,3), Mitarbeit (II-5,8; III-7,8), Interessenförderung (II-2,6) und Spaßfaktor (II-7) der Schülerinnen und Schüler beurteilen. Darüber hinaus gab es zwei Aussagen zur Beschäftigung der Schülerinnen und Schüler mit der Thematik außerhalb des Unterrichts (III-4,6), die indirekt auch auf Interesse, Motivation und Spaß schließen lassen. Dabei kann festgehalten werden, dass **die Lehrpersonen die Hypothesen (H1\_A) bis (H3\_A) sowie (H15\_L) bestätigen** und der Meinung sind, dass die Unterrichtseinheit motivieren, Interesse fördern, Mitarbeit steigern und Spaß bereiten kann. Die Items und die Antworthäufigkeiten sind im Anhang (Tabelle 14) zusammengestellt.

Im Detail empfanden 63% die Thematik (II-3) und 61% die Methode (III-2) für Jungen motivierend sowie 71% die Methode (III-3) für Mädchen motivierend (siehe Abb. 33). Insgesamt kann die Unterrichtseinheit also für beide Geschlechter als motivierend betrachtet werden. Die Meinung der Lehrkräfte deckt sich in diesem Bereich mit der Tatsache, dass Unterricht, der an die Interessen der Mädchen angepasst ist, auch für Jungen motivierend und dadurch auch gewinnbringend ist (vgl. Teilkapitel 1.7). Die Lehrkräfte vermuteten, dass sich die Thematik (II-5) nicht negativ (71%) und die Methode (III-7) sogar positiv (40%) auf die Mitarbeit der Jungen im Unterricht auswirken könne (siehe Abb. 33). 53% der Befragten waren darüber hinaus der Meinung, dass Mädchen sich aufgrund der Methode häufiger in den Unterricht einbringen würden (III-8), woraus auf eine mögliche Förderung der Mädchen mittels PBL geschlossen werden kann. Speziell bei den Mitarbeiterseminaren (II-8) erwarteten etwa zwei Drittel eine aufmerksame und von Mitarbeit gekennzeichnete Atmosphäre. Während 63% der Befragten der Meinung waren, dass die Einheit bei Mädchen ein größeres Interesse wecken würde als bei Jungen (II-2), glaubten dies 26% nicht und 11% wollten sich nicht festlegen. Für beide Geschlechter gingen etwa 80% der Lehrkräfte davon aus, dass die Unterrichtseinheit das

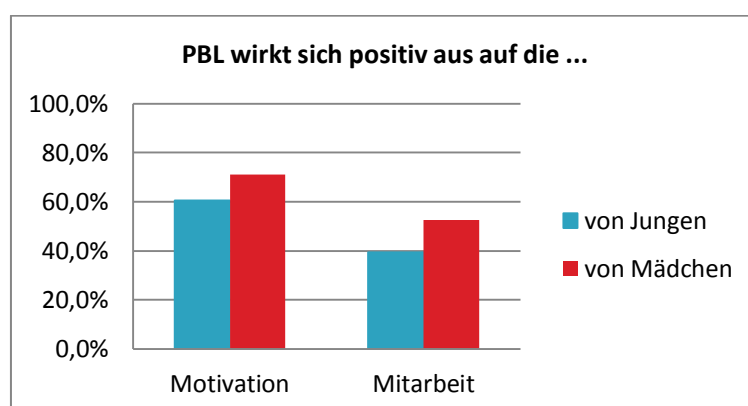


Abb. 33: Beurteilung der Wirkung von PBL auf die Motivation und Mitarbeit der Schülerinnen und Schüler

Interesse an Kosmetik steigern könne (II-6). Demnach kann die Einheit nach Ansicht der Fortbildungsteilnehmenden das Interesse von Jungen und Mädchen fördern. Beim Spaßfaktor waren sich alle Fortbildungsteilnehmenden einig, dass die Herstellung einer Creme Schülerinnen und Schülern Spaß mache (II-7).

Ergänzend sollten die Lehrkräfte zwei Aussagen beurteilen, die sich auf den Einsatz der Schülerinnen und Schüler außerhalb des Unterrichts bezogen. Bei diesen Aussagen ist auffällig, dass sich etwa die Hälfte der Befragten nicht festlegen mochte. Wohingegen die Einschätzungen der anderen eher negativ ausfielen. Die Lehrkräfte gingen also davon aus, dass Motivation, Interesse und Arbeitsverhalten nicht über den Schulunterricht hinaus anhalten würden. Dementgegen stehen die Aussagen der Schülerinnen und Schüler in verschiedenen Schülerfragebögen von anderen Projekten, die eine gesteigerte Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Themen außerhalb des Unterrichts und eine gewissenhaftere Erfüllung der Hausaufgaben angaben (dazu siehe Teilkapitel 6.2 und vgl. auch [Illert 2007; Neufeld 2008]).

Zu den Hypothesen (H16\_L) und (H17\_L):

**„Lehrkräfte loben die zeitliche und inhaltliche Gestaltung der Fortbildung.“**

Insgesamt wurde die Fortbildung von den Teilnehmenden sehr positiv bewertet. 95% gaben an, dass ihnen die Fortbildung gefallen habe. Dabei wurden überwiegend folgende Begründungen genannt (alle Antworten in Tabelle 15 im Anhang, dritte Spalte): das Kennenlernen einer für sie neuen Methode (33%), die Möglichkeit, eigene Erfahrungen zu sammeln (27%), die praktische Anwendbarkeit im Unterricht (21%) und das interessante Thema (12%) (vgl. auch [Jannack et al. 2016a]). Wenn man die abschließenden Statements im Fragebogen mit berücksichtigt (vierte Spalte von Tabelle 15 im Anhang) steigt der Anteil der Nennungen der Anwendbarkeit im Unterricht auf 30%. Insgesamt waren diese Statements sehr positiv, wie die folgenden Beispiele zeigen: „Ich werde diese Fortbildung als sehr wertvoll den Kollegen weiter empfehlen.“ oder „Ein tolles Projekt, das ich gerne einmal ausprobieren würde.“ Als negative Aspekte wurden die Kosten für die Unterrichtsmaterialien (12%) genannt und vereinzelt mehr Hintergrundinformationen und eine Ganztagesveranstaltung (je 6%) gewünscht, wobei einzelne Teilnehmende die Materialien auch lobten, wie folgendes Zitat zeigt: „Wenn die Unterlagen geliefert sind, hat man die Grundlage für eine ganze Unterrichtseinheit! Sehr gut!“

**Hypothese (H16\_L)** bezog sich auf die Gestaltung der Fortbildung und den Anteil von Theorie-, Praxis- und Austauschphasen in der Fortbildung. Dazu sollten die Teilnehmenden vier Fragen beantworten, wobei die Antworten „zu viel“, „genau richtig“ und „zu wenig“ zum Ankreuzen zur Auswahl

standen. **Die Lehrkräfte äußerten sich überwiegend zufrieden und bestätigten demnach die Hypothese.** Genauer betrachtet empfanden 74% den Praxisanteil und 55% den Theorieteil als genau richtig gewählt. Den Theorieteil stufte etwa ein Drittel der Teilnehmenden als zu gering ein. Eine ähnliche Verteilung ergab sich bei der zeitlichen Einordnung des Erfahrungsaustauschs. Auch hier antworteten 58% mit genau richtig und 26% mit zu gering. Der relativ hohe Anteil an Befragten, die diese Frage ausließen, lässt sich eventuell dadurch erklären, dass ihnen die Phase zum Austausch gar nicht bewusst war. So wurde dieser Aspekt der Fortbildung nicht explizit angekündigt (etwa in der Form „Sie haben nun Zeit, sich mit Ihren Kollegen auszutauschen.“), sondern erfolgte eher informell während der Praxisphase und in den anschließenden Diskussionen sowie der Feedbackrunde. Die Antworthäufigkeiten sind in Abbildung 34 noch einmal zusammenfassend dargestellt. (Vgl. auch [Jannack et al. 2016a].)

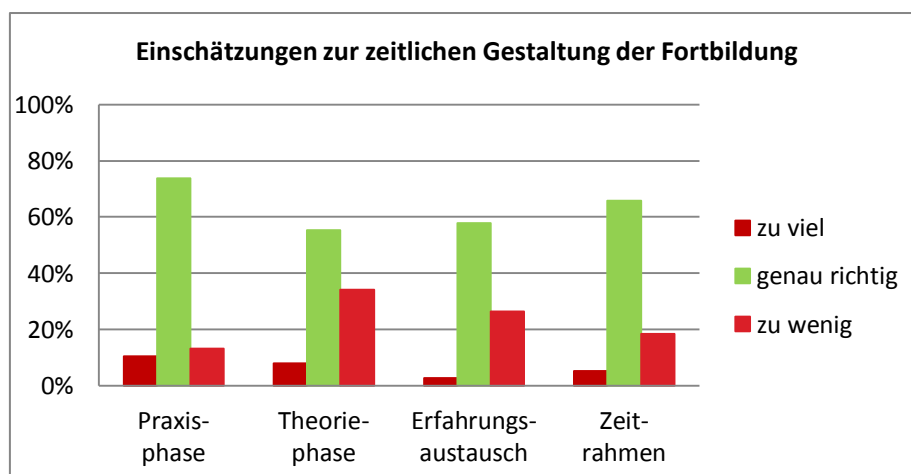


Abb. 34: Einschätzung der Lehrkräfte zur zeitlichen Gestaltung der Fortbildung

Die letzte Seite des Fragebogens beschäftigte sich mit weiterführenden Überlegungen. Diese Seite wurde von drei Teilnehmenden nicht mehr ausgefüllt. Die Zahlen im folgenden Absatz beziehen sich also auf eine leicht reduzierte Stichprobengröße von  $N=35$  ( $N_{L3^*}$ ) ausgefüllten Fragebögen.

Von diesen 35 Teilnehmenden äußerten 83% Interesse an einer weiteren Fortbildung. Von diesen gaben 59% an, beim nächsten Mal eine ganztägige Fortbildung zu bevorzugen. Diese Zahl erscheint auffällig hoch, da bei der Frage IV-6 (s. o.) nur 18% aller Befragten angaben, dass der Zeitrahmen für die besuchte Veranstaltung zu kurz bemessen war. Eine Erklärung dieser Zahlen erscheint schwierig. Vielleicht bestand die Meinung, dass eine ganztägige Fortbildung eine tiefere Durchdringung der Thematik und eine ausführlichere Vorstellung der Mitarbeiterseminare ermöglichen könnte und dadurch noch gewinnbringender wäre. Vielleicht bevorzugen die Befragten aber auch allgemein ganztägige Fortbildungen oder Veranstaltungen, die am Vormittag beginnen.

Auch die Fragen zur Integration des Gelernten in den eigenen Unterricht befanden sich auf der letzten Seite, so dass sich die folgenden Zahlen auf die Stichprobe  $N_{L3^*}$  beziehen. Von den 35 Fortbil-

dungsteilnehmenden konnten sich 80% vorstellen, das Gelernte in ihren Unterricht zu integrieren, 77% äußerten Interesse an weiteren PBL-Fällen zu naturwissenschaftlichen Themen, 43% konnten sich vorstellen, PBL auch in ihrem Zweitfach einzusetzen (bis auf zwei Ausnahmen, waren dies ebenfalls naturwissenschaftliche Fächer) und 29% konnten sich darüber hinaus sogar vorstellen, selbst PBL-Fälle zu entwickeln (vgl. auch [Jannack et al. 2014, 2016a]).

**Demnach kann auch Hypothese (H17\_L) als bestätigt betrachtet werden.** Die Lehrkräfte, die an der Fortbildung teilgenommen haben, konnten größtenteils von der Methode und dem exemplarisch vorgestellten Kosmetik-Fall überzeugt werden. Demnach ist auch eine Integration der Fortbildungsinhalte in den eigenen Unterricht sehr wahrscheinlich. Eine Verifizierung dieser Aussage mit Hilfe des Leitfadens-Interviews ist aufgrund der zu geringen Rückmeldequote nicht möglich, so dass es nur bei der Vermutung bleibt.

*„We believe PBL is a powerful technique that all teachers should have in their repertoire for the 21st century.“*

*[Linda Torp, amerik. Pädagogin, 2002]*

## 8. Zusammenfassung der Ergebnisse

Im bisherigen Verlauf der Arbeit wurden die Anforderungen an einen kompetenzfördernden Unterricht, der lebenslanges Lernen vorbereitet, die Methode des Problembasierten Lernens und das daraus entstandene Unterrichtskonzept *Lucycity* beschrieben. Auf dieser Grundlage wurden die durchgeführten Studien und die damit verfolgten Forschungsfragen und Hypothesen dargestellt sowie die Erfahrungen in den Unterrichtsversuchen und die Ergebnisse der Befragungen detailliert beleuchtet. Einen kurzen Rückblick über die Hypothesen und ihre Beurteilung liefert Tabelle 41 (nächste Seite). In diesem Kapitel sollen die zentralen Ergebnisse noch einmal zusammengefasst werden, wobei dies im Rückblick auf die in der Einleitung formulierten Forschungsfragen (F1) bis (F4) dieser Arbeit erfolgen soll. Zum besseren Verständnis sind die Forschungsfragen im Folgenden noch einmal abgebildet:

- (F1) Kann Problembasiertes Lernen (PBL) mit *Lucycity* im naturwissenschaftlichen Unterricht umgesetzt werden?
- (F2) Können mit den entwickelten Unterrichtsprojekten ausgewählte naturwissenschaftliche Arbeitsweisen gefördert werden?
- (F3) Sind Lehrkräftefortbildungen für die Verbreitung von Problembasiertem Lernen (PBL) in den Schulen hilfreich?
- (F4) Schätzen Lehrkräfte die Möglichkeit, das Unterrichtsprojekt in einer Fortbildung selbst durchlaufen zu können, und setzen sie die Fortbildungsinhalte im Folgenden in der Schule ein?

Zusammenfassend können die ersten beiden Forschungsfragen positiv beantwortet werden und der Einsatz von PBL mit dem Unterrichtskonzept *Lucycity* im Schulunterricht wurde erfolgreich umgesetzt. Bezogen auf die Lehrkräftefortbildung und ihre Chancen, kann resümiert werden, dass diese hilfreich sind und mit Theorie- und Praxisphase gestaltet werden sollten. Über den anschließenden Einsatz im Unterricht kann keine Aussage getroffen werden.

Tab. 41: Überblick über die untersuchten Hypothesen und deren Beurteilung (bei Klammersetzung keine eindeutige Aussage möglich, aber Tendenz erkennbar)

Bezug der Hypothesen		Hypothesen		Bestätigt!	Nicht bestätigt!
Allgemein	(F1)	(H1_A)	Schülerinnen und Schüler haben Spaß bei den Projekten in <i>Lucycity</i> .	X	
		(H2_A)	Die Projekte können das Interesse an naturwissenschaftlichen Themen fördern.	X	
		(H3_A)	Die Unterrichtseinheiten führen zu einer aktiven Mitarbeit der Lernenden.	X	
Schülerbefragung	(F2)	(H4_S)	Die Lernenden verbessern ihre Teamkompetenzen und ihre Zusammenarbeit.	X	
		(H5_S)	Sie erkennen die Vorteile des Kreisprozesses zum Problemlösen und entwickeln (mindestens) eine Problemlösestrategie.		(X)
		(H6_S)	Die befragten Schülerinnen und Schüler schätzen ihre naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen nach dem Projekt besser ein, in Bezug auf a) die Dokumentation und Reflexion der eigenen Arbeit, b) Formulierung und Überprüfung von Hypothesen, c) die kritische Nutzung des Internets und des Computers als Werkzeug, d) das Verständnis naturwissenschaftlich-technischer Texte, e) das Verfassen naturwissenschaftlich-technischer Texte.	(X)	
Lehrerbefragung	(F3)	(H7_L)	Die häufigste eingesetzte Unterrichtsmethode ist Frontalunterricht.	X	
		(H8_L)	Problembasiertes Lernen ist einem Großteil der Lehrkräfte nicht bekannt.	(X)	
		(H9_L)	Problembasiertes Lernen wird von naturwissenschaftlichen Lehrkräften derzeit im Schulunterricht unregelmäßig eingesetzt.	X	
		(H10_L)	Lehrkräfte bestätigen, dass zum Erlernen neuer Methoden Fortbildungen nötig sind.	X	
		(H11_L)	Lehrpersonen haben Interesse, an Fortbildungen zu Methoden teilzunehmen, wobei das Interesse mit zunehmendem (Dienst-)Alter sinkt.	(X)	X
Evaluation der Fortbildung	(F3)	(H12_L)	PBL ist bei der Mehrzahl der Teilnehmenden vor der Fortbildung unbekannt.	X	
	(F1)	(H13_L)	Die Lehrkräfte empfinden PBL als schultaugliche Methode und für fächerübergreifende Themen geeignet.	X	
	(F1)	(H14_L)	Die Methode eignet sich nach Angabe der Lehrerinnen und Lehrer besonders, um Schülerinnen im naturwissenschaftlichen Unterricht zu fördern.	X	
	(F1)	(H15_L)	In den Augen der Lehrkräfte kann die vorgestellte Unterrichtseinheit Mädchen und Jungen motivieren.	X	
	(F3)	(H16_L)	Die Fortbildung war angemessen gestaltet in Bezug auf Theorie-, Praxis- und Kommunikationsanteile.	X	
	(F4)	(H17_L)	Die Teilnehmenden können sich nach der Fortbildung vorstellen, PBL in ihren Unterricht zu integrieren.	X	



Zur Forschungsfrage (F1):

**„Durch die Modifikationen im Unterrichtskonzept *Lucycity*, kann PBL im naturwissenschaftlichen Unterricht umgesetzt werden!“**

Im Rahmen dieser Arbeit konnten geeignete Unterrichtsmaterialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht entwickelt und erfolgreich eingesetzt werden. Das Unterrichtskonzept *Lucycity* bietet eine Möglichkeit, Problembasiertes Lernen in den Schulunterricht zu integrieren und erfüllt dabei die Ansprüche an den naturwissenschaftlichen Unterricht. So können sich die Schülerinnen und Schüler in authentischen Kontexten aktiv und selbstständig mit den jeweiligen Themen auseinandersetzen. Das Unterrichtskonzept bietet Handlungsmöglichkeiten und ermöglicht die soziale Aushandlung naturwissenschaftlicher Ergebnisse. Der Anspruch der *Lucycity*-Projekte, Spaß zu machen sowie Interesse und Mitarbeit zu fördern, wird nachweislich erfüllt (vgl. (H1\_A)-(H3\_A)). So konnte in der Schülerbefragung gezeigt werden, dass die Schülerinnen und Schüler Spaß bei den Projekten haben, dass die Projekte ihr Interesse an naturwissenschaftlichen Themen und ihre Mitarbeit im Unterricht steigern und dass die Themen aus ihrem Interessengebiet stammen. Dabei könnte der empfundene Spaß der Methode, dem Thema oder der Kombination aus beidem entsprungen sein. Auch die Fortbildungsteilnehmenden als Experten gehen davon aus, dass die Projekte diese Wirkung entfalten können. Es gibt jedoch auch einen kleinen Unterschied zwischen den Einschätzungen der Schülerinnen und Schülern auf der einen und den befragten Lehrkräften auf der anderen Seite. So gaben die Schülerinnen und Schüler an, sich auch außerhalb des Unterrichts mit den Projekten beschäftigt zu haben, wohingegen die Lehrkräfte nicht davon ausgingen, dass die Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Themen über die Unterrichtsstunden hinaus andauern könnte. Die Fortbildungsteilnehmenden als Experten bescheinigten darüber hinaus, dass Problembasiertes Lernen schultauglich und für fächerübergreifenden Unterricht geeignet sei. Auch der motivierende Charakter des vorgestellten *Lucycity*-Projekts wurde bestätigt. Einer speziellen Förderung der Mädchen räumten 63% der Befragten Chancen ein. (Vgl. Auswertung der Hypothesen (H13\_L)-(H15\_L).)

Trotz dieser positiven Einschätzungen soll an dieser Stelle noch einmal ein Blick zurück auf die Befürchtungen zum Einsatz von PBL in der Schule und den damit verbundenen Herausforderungen geworfen werden (vgl. Teilkapitel 2.8 und 4.1). Die beiden Unterrichtsversuche haben gezeigt, dass die Projekte inklusive ihrer praktischen Anteile gut im Rahmen der normalen Stundenplantaktung umgesetzt werden können. Dabei ist eine Doppelstunde in der Woche durchaus sinnvoll und wünschenswert, allerdings kann mit Hilfe des Protokollbogens ein Problemlösezyklus auch im Rahmen einer Einzelstunde durchlaufen werden. Speziell im Fach NwT ist auch der Gesamtzeitbedarf gerechtfertigt und es können die Ansprüche des Curriculums gut erfüllt werden (wobei diesen beiden Bedenken im Hinblick auf den Einsatz im Fachunterricht in den Einzeldisziplinen durchaus stattgegeben werden

kann). Die Arbeitszeit der Lehrperson verschiebt sich teilweise auf außerhalb der Unterrichtszeit. So gestaltet sich die Anwesenheit im Unterricht meist sehr angenehm, da nur wenige Fragen auftauchen und die Lehrkraft sich häufig auf die Rolle einer Beobachtungsperson zurückziehen kann. Dafür ist im Anschluss an die Projekte durch die verschiedenen Bewertungsbausteine (Arbeitsjournale, Artikel, Vorträge und Projektergebnisse) für die Notenfindung mehr Zeit nötig. Die Mitarbeiterseminare gewährleisten eine gemeinsame Wissensbasis aller Schülerinnen und Schüler, auf der zusätzlich eine schriftliche Leistungsmessung erfolgen kann. Insgesamt sind durch das Abteilungsleiterkonzept auch Klassen mit 20 bis 25 Schülerinnen und Schülern gut zu betreuen. Während der Gruppenphase kam es in den beiden Unterrichtsversuchen nur selten zu unproduktiven Phasen oder Gruppenproblemen. Somit können die Unterrichtsversuche die, zur Begegnung der Herausforderungen, eingeführten Maßnahmen, wie Dokumentationshilfen sowie Abteilungsleiterkonzept und Mitarbeiterseminare, allesamt als erfolgreich bestätigen.

Zur Forschungsfrage (F2):

**„Die entwickelten Unterrichtsprojekte können naturwissenschaftliche Kompetenzen im Bereich Arbeitsweisen fördern!“**

Der Bereich der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen beinhaltet zwar auch Aspekte aus dem Bereich Fachwissen, aber im Großen und Ganzen werden damit Kompetenzen umschrieben. Möchte man die Auswirkungen einer Unterrichtssequenz auf die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler untersuchen, gibt es verschiedene Dinge zu beachten. So werden Kompetenzen nicht spontan, sondern über einen längeren Zeitraum durch regelmäßiges Training eingeübt und gefestigt. Inwiefern der Zeitraum der untersuchten Unterrichtssequenz dazu ausreicht, kann nur schwer beurteilt werden. Außerdem bedingen sich Voraussetzungen und angestrebte Lernziele teilweise gegenseitig. So ist das selbstständige Arbeiten einerseits eine Voraussetzung für Problembasiertes Lernen, aber genau dieses sollen die Schülerinnen und Schüler durch die Unterrichtsprojekte auch einüben.

Trotz dieser grundsätzlichen Bedenken, vermitteln die beiden Unterrichtsversuche und die anschließenden Einschätzungen der Schülerinnen und Schüler den Eindruck, dass die Projekte durchaus in der Lage sind, naturwissenschaftliche Kompetenzen zu fördern und im Bereich Arbeitsweisen zu sensibilisieren. Durch die Erfahrungen im Projekt bemerken die Schülerinnen und Schüler, worauf bei der Lösung von Problemen oder naturwissenschaftlicher Forschung zu achten ist und lernen mögliche Vorgehensweisen kennen. In diesem Zusammenhang sollen exemplarisch der Problemlösezyklus, das Arbeitsjournal und das wissenschaftliche Schreiben erwähnt werden.

Eine Kompetenzförderung kann im Bereich der Teamarbeit nachgewiesen werden (vgl. (H4\_S)).

Durch die komplexen und umfangreichen Problemstellungen müssen eine gemeinsame Vorgehensweise erarbeitet und eine Aufteilung der Arbeitsschritte auf die Gruppenmitglieder erfolgen. Die Schülerinnen und Schüler erkannten die Vorteile der Teamarbeit und bestätigten sich im Anschluss eine gesteigerte Kompetenz in den Bereichen Team-, Organisations- und Planungskompetenz. Die Auswertung der Unterrichtsversuche hat vor allem die Bedeutung der Mitarbeiterseminare bei der Kompetenzförderung aufgezeigt. So konnte beispielsweise die Fähigkeit zum Verfassen wissenschaftlicher Texte gefördert werden, wenn zu dieser Thematik ein Mitarbeiterseminar durchgeführt wurde. Im Verständnis naturwissenschaftlicher Texte, wozu kein solches Seminar durchgeführt wurde, konnte dagegen keine Kompetenzförderung nachgewiesen werden. Das gleiche gilt für die Arbeit mit naturwissenschaftlich-technischen Hypothesen, wobei diesbezüglich zumindest das Aufwindkraftwerkprojekt der Firma *Windhösel-Kraftwerke* einen Beitrag leisten kann, da die Schülerinnen und Schüler hier eigenständig forschen sollen. Beim Dokumentieren und Reflektieren der eigenen Arbeit schätzten sich vor allem die Mädchen im Post-Fragebogen signifikant besser ein. Dies liefert ein Indiz für die Chance zur Förderung der Mädchen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Die befragten Mädchen berichten auch von einem gesteigerten Selbstbewusstsein sowie einem gesteigerten Interesse an naturwissenschaftlichen Fragestellungen. (Vgl. Ausführungen zu Hypothese (H6\_S).) So kann das Ergebnis der Expertenbefragung bestätigt werden und es bleibt festzuhalten, dass die Unterrichtsprojekte mit *Lucycity* für beide Geschlechter interessant sind. Damit kann der Anspruch einer besonderen Förderung der Mädchen, ohne die Jungen dabei zu vernachlässigen, bestätigt werden. Dies wird auch durch das Zitat einer Achtklässlerin bestätigt, welches sich auf das Kochprojekt *Lucy's Diner* bezieht: „Auch Jungs können sehr gut kochen, nicht nur Mädchen. Es ist eine Aufgabe für beide Geschlechter.“ [Zitat einer Schülerin aus der Gruppe 8.1]

Einzig die Erfahrungen mit dem Problemlösezyklus führen zu einem gemischten Eindruck (betrifft Hypothese (H5\_S)). Zwar erkannten die Schülerinnen und Schüler die Vorteile der Vorgehensweise, sie hielten sich dennoch nur sehr ungern an die vorgegebenen Schritte. Auch gaben sie an, den Kreisprozess künftig nicht mehr zur Problemlösung einsetzen zu wollen. Dabei waren die Befragten der achten Klassen eher bereit, die Vorgehensweise zu übernehmen. Diese Tatsache kann auf zwei Arten erklärt werden. Einerseits beschwerten sich einige Schülerinnen und vor allem Schüler über den hohen Schreibaufwand der Projekte, die auch durch die Dokumentationsbögen zustande kamen. Andererseits befanden sich die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler in der Pubertät, in der man beginnt, sich von der Erwachsenenwelt loszulösen und eigene Wege zu gehen. Daher kann es sich auch um eine Protesthaltung gegenüber dem von außen eng vorgegebenen Vorgehen handeln. So wären sie lieber ihren eigenen Weg gegangen oder hätten selbst ein mögliches Vorgehen erarbeitet. Sollte dies der Grund für die Ablehnung sein, kann diesem Effekt leicht entgegen gewirkt werden, indem

der Problemlösezyklus im Vorfeld zusammen mit den Schülerinnen und Schülern erarbeitet wird. Dies könnte zu einer höheren Akzeptanz und einem intrinsisch motivierten Einsatz desselben führen.

Zusammenfassend kann Forschungsfrage (F2) dennoch positiv beantwortet werden. Die Schülerinnen und Schüler haben einen Einblick in naturwissenschaftliche Arbeitsweisen und das Vorgehen bei naturwissenschaftlich-technischen Forschungen erhalten. Es kann vermutet werden, dass bei einigen Schülerinnen und Schülern die Kompetenzen gefördert und eingeübt werden konnten, während bei anderen diesbezüglich zumindest eine Sensibilisierung erfolgte. Es entstand der Eindruck, dass den Mitarbeiterseminaren im Bereich der Kompetenzförderung eine noch größere Bedeutung zukommt als bisher vermutet. So sollten in diesem Bereich vor einem erneuten Einsatz im NwT-Unterricht leichte Anpassungen bzw. ergänzende Veränderungen vorgenommen werden.

Zur Forschungsfrage (F3):

**„Für die Verbreitung von PBL in den Schulen sind Lehrkräftefortbildungen hilfreich!“**

Im Grundlagenteil dieser Arbeit wurde bereits die Bedeutung der Lehrkräfteausbildung betont. Diese soll auf der einen Seite die Kluft zwischen Wissen und Handeln überbrücken und gleichzeitig der Verbreitung fachdidaktischer und pädagogischer Neuerungen dienen (vgl. Teilkapitel 1.8). Auch in Bezug auf Problembasiertes Lernen nach *McMaster* wurde der Wandel der Lehrerrolle und die dadurch benötigte Weiterbildung von Lehrkräften herausgestellt (vgl. Teilkapitel 2.8). Vor diesem Hintergrund wurden Lehrpersonen befragt und wurde eine Fortbildungsveranstaltung entwickelt und erprobt.

Die Lehrkräftebefragung bestätigte den Eindruck, dass lehrerzentrierte Methoden wie Frontalunterricht oder das fragend-entwickelnde Verfahren im Unterricht immer noch den größten methodischen Anteil ausmachen. Die Lehrkräfte kennen problemorientierte und entdecken-lassende Methoden und setzen diese auch punktuell in Einzelstunden ein. Das Problembasierte Lernen nach *McMaster*, das einem Problemlösezyklus folgt und dem Aufbau neuen Wissens dient sowie über einen längeren Zeitraum Grundlage des Unterricht ist, wird allerdings derzeit im Unterricht nicht eingesetzt. (Vgl. Auswertung der Hypothesen (H7\_L) bis (H9\_L) sowie (H12\_L).)

Die befragten Lehrkräfte nutzen verschiedene Quellen, um neue Methoden kennenzulernen, bestätigen aber überwiegend die Angaben der Literatur, dass zum Erlernen neuer Methoden Lehrkräftefortbildungen nötig sind (vgl. (H10\_L)). Dieser allgemeine Eindruck kann teilweise etwas relativiert werden. So sehen einige Lehrkräfte auch die Chance, neue Methoden im Kollegengespräch zu erlernen bzw. sich die benötigten Materialien aus Fachliteratur zur Unterrichtsgestaltung zu besorgen. Auf jeden Fall können neue Methoden nur durch die individuelle Beschäftigung mit der thematischen

Grundlage und dem kollegialen Austausch über den Einsatz im Unterricht erfolgen. Diese beiden Bausteine können in einer Lehrkräftefortbildung beide bedient werden, so dass die Lehrkräftefortbildung durch die Kombination ihrer Gestaltungsmerkmale scheinbar doch die beste Möglichkeit zum Erlernen neuer Methoden darstellt.

Etwa die Hälfte der befragten Lehrkräfte äußerte Interesse an einer methodischen Fortbildung. Es konnte kein linearer Interessenabfall bezogen auf das Dienstalter bzw. das Lebensalter beobachtet werden. Vielmehr konnte ein hohes Fortbildungsinteresse bei den Befragten unter Dreißig und den Befragten zwischen vierzig und fünfzig Jahren erfasst werden. Diese Tendenz lässt sich zunächst durch die hohe Motivation der Berufseinsteigerinnen und -einsteiger erklären. Außerdem wird vermutet, dass die Lehrkräfte der anderen interessierten Altersgruppe bereit sind, ihren eigenen Unterricht auf Grundlage möglicher Neuerungen überarbeiten zu wollen. Dabei ist die Zeitspanne bis zum Dienstschluss noch lange genug, um den Einsatz und Aufwand zu rechtfertigen. Der mangelnde Wunsch nach Veränderung zwischen dem dreißigsten und vierzigsten Lebensjahr sowie das nahe Ende der Dienstzeit bei den älteren Lehrpersonen, können das fehlende Fortbildungsinteresse in den anderen beiden Altersgruppen erklären. (Vgl. Ausführungen zu Hypothese (H11\_L).)

Zur Forschungsfrage (F4):

**„Lehrkräfte schätzen den Praxisteil in der Fortbildung!“**

Auf Grundlage der bisherigen Ausführungen zu Fortbildungsveranstaltungen und deren Erfolgsfaktoren, wurde eine Lehrkräftefortbildung entwickelt, die

- an die Praxis anknüpft, indem sie ein Unterrichtsprojekt für den NwT-Unterricht vorstellt,
- Mitarbeit am Ergebnis zulässt, indem das Projekt Anpassungsmöglichkeiten bietet,
- Handlungsmöglichkeiten aufzeigt, indem das Projekt aktiv durchlaufen wird,
- konstruktivistisch gestaltet ist, durch den Einsatz von Problembasiertem Lernen,
- Kommunikationszeit und vielfältige Unterstützungsangebote bietet.

Mit den durchgeführten und evaluierten Fortbildungen wurde nicht nur eine neue Methode vorgestellt, sondern auch die Veränderung der Handlungsoptionen der Lehrkräfte angeregt. Die Fortbildungsteilnehmenden gaben beim abschließenden Fazit der Evaluation sehr häufig an, dass ihnen besonders das eigene Arbeiten und die damit verbundenen praktischen Erfahrungen gefallen haben. Außerdem wurden bei dieser Frage der praktische Nutzen der Fortbildungsinhalte und damit der Anwendungsbezug besonders hervorgehoben. Somit wurde das Ziel erreicht, den Lehrerinnen und Lehrern ein funktionsfähiges Unterrichtsprojekt mit dem zugrunde liegenden Unterrichtskonzept an die Hand zu geben, das direkt oder in abgewandelter Form im Unterricht eingesetzt werden kann. Die befragten Lehrkräfte waren insgesamt zufrieden mit der Gestaltung der Fortbildung in Bezug auf

Theorie-, Praxis- und Kommunikationsanteile (vgl. (H16\_L)).

Die Fortbildungsteilnehmenden lobten ebenfalls das Konzept und das vorgestellte Projekt und bestätigten als Experten die Möglichkeit, damit die zugrundeliegenden Ansprüche zu erreichen. Als häufigste Begründung dafür, wurde die Aktivierung der Schülerinnen und Schüler genannt. Am Ende der Fortbildung konnten sich viele Teilnehmerinnen und Teilnehmer vorstellen, das Erlernete in den eigenen Unterricht zu integrieren und das Kosmetik-Projekt selbst durchzuführen (vgl. (H17\_L)). Inwiefern dieses Vorhaben durch die Methode oder die Thematik begründet ist, kann hier nicht abschließend beurteilt werden. Allerdings wurde in vielen Fällen Interesse an weiteren *Lucycity*-Projekten geäußert, was eher für die methodische Begründung spricht. Ob das spontan geäußerte Vorhaben, Marmetics im Unterricht auszuprobieren, tatsächlich umgesetzt wurde, sollte nach fünf Jahren durch ein Leitfadeninterview der Fortbildungsteilnehmenden eruiert werden. Leider kann aufgrund der schlechten Antwortquote keine Aussage getroffen werden, so dass auch Forschungsfrage (F4) nicht vollständig beantwortet werden kann.

**Zusammenfassend** kann noch einmal festgehalten werden, dass PBL mit dem Unterrichtskonzept *Lucycity* sowie die hier vorgestellten Projekte erfolgreich im Unterricht eingesetzt werden können. Dabei haben die Schülerinnen und Schüler Spaß bei deren Bearbeitung und steigern ihr Interesse an naturwissenschaftlichen Themen und ihre Mitarbeit in und außerhalb des Unterrichts. Die Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler ergab in einzelnen Bereichen eine Förderung von überfachlichen Kompetenzen. Insgesamt kann im Bereich der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen von einer ersten Kompetenzförderung ausgegangen werden. Diese wird überwiegend durch eine exemplarische Vorgehensweise erreicht, die während der praktischen Arbeit in den Projekten umgesetzt werden muss (zum Beispiel Dokumentation in Protokollbögen, Reflexion in Arbeitsjournalen, Darstellung von Forschungsergebnissen etc.). Damit wurde der erste Baustein in diesem Bereich gelegt. Allerdings müssen diese Kompetenzen im weiteren Unterricht vertieft und trainiert werden, damit eine langfristige und spontan abrufbare Handlungskompetenz entwickelt werden kann. An dieser Stelle soll aber nochmals auf die Bedeutung der methodischen Vielfalt im naturwissenschaftlichen Unterricht hingewiesen werden. Dabei ist ein regelmäßiger Einsatz von PBL im Unterricht wünschenswert, da nur durch Regelmäßigkeit der Erfolg eintreten und die Wirksamkeit entwickelt werden kann. Allerdings wird eine curriculare Umstellung, wie sie teilweise an den Universitäten praktiziert wird, für Schulen nicht empfohlen, da eine solche monomethodische Bildung zu Problemen führen kann, die in der Literatur beispielsweise als „PBL-Müdigkeit“ bezeichnet wird [Czabanowska et al. 2012:1, eigene Übersetzung].

Für die Implementierung der Projekte unter den Lehrkräften und die dadurch gegebene Möglichkeit der Verbreitung im naturwissenschaftlichen Unterricht müssen Lehrkräftefortbildungen durchgeführt werden. Es wurde eine praktikable Veranstaltung entwickelt, die von den Fortbildungsteilnehmenden durchweg als sehr gelungen und gewinnbringend beurteilt wurde.

Den befragten Lehrkräften ist auch bewusst, dass das Erlernen neuer Methoden nur in der Beschäftigung mit den theoretischen Grundlagen kombiniert mit einem kommunikativen Austausch über deren Einsatzmöglichkeiten erfolgen kann. In diesem Zusammenhang äußert die Hälfte der Befragten allgemein Interesse an einer methodischen Fortbildung.

Insgesamt wurde also ein Konzept zur Vermittlung von Kompetenzen kreiert, das von den Schülerinnen und Schülern akzeptiert wird. Parallel dazu wurde eine erfolgversprechende Fortbildungsveranstaltung gestaltet, deren Bedeutung den Lehrkräften bewusst ist. Damit sind die wichtigsten Grundlagen geschaffen, um PBL mit *Lucycity* in den naturwissenschaftlichen Unterricht integrieren zu können. Inwiefern sich diese günstigen Voraussetzungen auch positiv auf die Lernergebnisse bzw. die Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler auswirken, kann in der kurzen Zeit nicht abschließend beantwortet werden. Den Zeitfaktor betonen auch Bauch et al. [2011]:

Kompetenzorientierter Unterricht braucht Zeit, [...]: Zeit für seine Umsetzung, [...] Zeit für Planung und Reflexion in kollegialer Zusammenarbeit, [...] aber auch Zeit bis zur intuitiven Umsetzung eines veränderten Rollenverständnisses. Die Arbeit innerhalb vorhandener bzw. der Aufbau neuer Teamstrukturen ist für seine Realisierung erforderlich. [...] **Somit wird deutlich, dass sich auch die Erwartungen in Bezug auf eine positive Veränderung der Lernergebnisse erst mittelfristig erfüllen können.** [Bauch et al. 2011:34, Hervorh. i. O.]

Trotz dieses unsicheren Schlusswortes möchte ich an dieser Stelle noch einmal den Optimismus aller beteiligten Lehrkräfte und der Mitglieder des Arbeitskreises *didaktik-aktuell* betonen. Wir sind zuversichtlich, mit den *Lucycity*-Projekten ein Fundament zur Kompetenzentwicklung im naturwissenschaftlichen Bereich legen zu können, das bei entsprechender Weiterarbeit eine solide Basis für lebenslanges Lernen bilden kann.





*Bildung ist, was übrig bleibt, wenn man alles,  
was man in der Schule lernte, vergessen hat.*

*[Albert Einstein, dt. Physiker]*

## 9. Ausblick

Aus den Erfahrungen mit dem neuen Unterrichtskonzept sowie den Ergebnissen der Befragungen ergeben sich Handlungsoptionen in drei Bereichen. Es sind bereits Vorschläge für weitere Studien angeklungen und Entwicklungspotenziale für den Unterricht angesprochen worden. Außerdem besteht im Bereich Lehrerbildung weiterer Handlungsbedarf. Für diese drei Teilbereiche soll hier ein Ausblick gegeben werden.

Bezogen auf den neuen Bildungsplan 2016, der zum Schuljahr 2016/17 in Kraft getreten ist, kann festgehalten werden, dass das Fach NwT auch weiterhin die Rahmenbedingungen für einen Einsatz der *Lucycity*-Projekte bietet.

Zunächst sollen die angesprochenen **Ansatzpunkte für weitere Studien** noch einmal zusammengefasst werden.

In erster Linie könnte angestrebt werden, die **geplante Studie** zum Einsatz von *Lucycity*-Projekten nach dem Besuch einer Fortbildungsveranstaltung zu verwirklichen. Dazu müssten erneut Lehrkräftefortbildungen durchgeführt und die Teilnehmerinnen und Teilnehmer nach einem vorgegebenen Zeitintervall befragt werden. In der Arbeit wurde bereits begründet, warum eine Befragung zu mehreren Zeitpunkten sinnvoll erscheint.

Darüber hinaus könnten **weitere Unterrichtsversuche zu verschiedenen Fragestellungen** durchgeführt werden. So könnte der Einfluss der Mitarbeiterseminare auf die Kompetenzentwicklung bei einem Unterrichtsversuch im Kontrollgruppendesign erhoben werden. Dabei würde eine Gruppe speziell ausgearbeitete Mitarbeiterseminare erhalten, wohingegen die Kontrollgruppe ohne diese ergänzenden Informationen arbeiten müsste. Mögliche Unterschiede zwischen den Gruppen könnten auf

die Mitarbeiterseminare zurückgeführt werden. Ebenso könnte ein Projekt in Klasse acht, das in gleichgeschlechtlichen Gruppen durchgeführt würde, Aufschluss über eine mögliche Förderung von Mädchen und den Einfluss homogener Lerngruppen im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht geben.

Da die Schülerelbsteinschätzung im Bereich der Kompetenzen einen gewissen Grad an Unsicherheit mit sich bringt, könnte abschließend eine objektive **Untersuchung des Kompetenzzuwachses** erfolgen. Dazu wäre der Einsatz von Kompetenzraster oder Kompetenztests möglich. Zusätzlich zu Prä- und Post-Test sollte eine Follow up-Erhebung durchgeführt werden, da somit auch längerfristige Entwicklungen erhoben werden können.

Im Folgenden soll auf die Weiterentwicklung der Unterrichtseinheiten und die damit verbundenen **Anpassungsmöglichkeiten im Unterricht** eingegangen werden.

Zunächst besteht im Zusammenhang mit dem **Kreisprozess zur Problemlösung** Handlungsbedarf. In meinen Augen sollte die Stellung des Kreisprozesses im *Lucycity*-Konzept gestärkt werden, da er vor allem zu Beginn für die Gruppendiskussion auch strukturierende Aufgaben erfüllt. Eine mögliche Vorgehensweise wäre, das Verfahren gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern zu erarbeiten, damit sie es als eigene Methode zur Problemlösung wahrnehmen und besser akzeptieren. Dazu könnte beispielsweise als motivierender Einstieg eine Filmsequenz der amerikanischen Ärzteserie *Dr. House* gezeigt werden, dessen Team PBL zur Krankheitsdiagnose bei Patienten einsetzt. Auf dieser Grundlage könnte der Problemlöseprozess reflektiert und auf einem individuellen Plakat von den Schülerinnen und Schülern dargestellt werden. Alternativ könnte, gerade bei erfahreneren Schülerinnen und Schülern, auch eine weniger stark strukturierte Hilfestellung ausprobiert werden. Torp und Sage [1998:38] schlagen eine Tabelle mit den Spalten „Fakten“, „offene Fragen“ und „Ideen“ vor, führen die Diskussion aber immer in der Gesamtklasse mit der Lehrkraft in einer moderierenden Funktion durch. Inwiefern diese Form der Tabelle in den Gruppen strukturiert bearbeitet würde, wobei alle Gruppenmitglieder ihre Ideen einbrächten und alle Ideen dokumentiert würden, ohne dass eine moderierende Lehrkraft oder eine Tutorin bzw. ein Tutor lenkend eingreifen könnte, bleibt ungewiss. Ein Erfolg dieses alternativen Vorgehens hängt aber sicher vom Entwicklungs- und Erfahrungsstand der Schülerinnen und Schüler ab. Bei eher klassischen Problemstellungen, welche die Entwicklung einer Handlungsempfehlung oder einer Kompromisslösung zwischen verschiedenen Parteien als „Produkt“ anstreben (Beispiele findet man bei Torp und Sage [1998] sowie Labros [2004]), könnte auch die *issue analysis technique* nach Ramsey, Hungerford und Volk [1989] eingeführt und ausprobiert werden. Diese ist nach Meinung der Autorin für die Problemstellungen der *Lucycity*-Projekte, die sich aus verschiedenen Teilaufgaben zusammensetzen, jedoch eher ungeeignet.

Langfristig sollen auch Projekte zu neuen Themen entworfen und getestet werden, wobei momentan die Optimierung bestehender *Lucycity*-Projekte im Vordergrund steht. In diesem Zusammenhang sollten **weitere Mitarbeiterseminare** zum Umgang mit naturwissenschaftlich-technischen Texten und Hypothesen ausgearbeitet und erprobt werden. Für die Gestaltung des zweitgenannten Mitarbeiterseminars kann als erste Anregung die Unterrichtssequenz von Weidhase und Heimann [2015] dienen, welche die Überprüfung von Hypothesen im Chemieanfangsunterricht trainiert und Regeln zum Vorgehen entwickelt haben.

Die größten Erfolge beim Einsatz von *Lucycity* oder PBL in der Schule lassen sich wahrscheinlich erreichen, wenn das Unterrichtskonzept oder die Methode als fester Bestandteil ins **Schulcurriculum** aufgenommen würde. Einerseits könnten die Schülerinnen und Schüler mehr profitieren und ihre Kompetenzen ausbauen, wenn sie die Arbeitsweisen in mehreren Unterrichtssequenzen vertiefen könnten. Andererseits würde den verfolgten Zielen in den Augen der Schülerinnen und Schüler eine größere Bedeutung beigemessen werden, wenn mehrere Lehrkräfte dieses Konzept vertreten und im Unterricht einsetzen würden. Bei solchen optimierten Rahmenbedingungen bestünde die Chance, die Kompetenzentwicklung über einen längeren Zeitraum zu erheben und nachzuweisen.

Allerdings sei an dieser Stelle noch einmal auf die Bedeutung der methodischen Vielfalt für den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler hingewiesen. Deshalb ist im schulischen Bereich eine komplette Umstellung auf ein PBL-Curriculum nicht zu empfehlen.

Bezogen auf Unterricht wurde Anfang letzten Jahres in Baden-Württemberg ein neuer Bildungsplan verabschiedet. So wird seit September 2016 der **Bildungsplan 2016** für die Klassen fünf und sechs erstmalig umgesetzt und in den kommenden Jahren auf die höheren Klassen ausgedehnt. Dabei ist das Fach NwT weiterhin Bestandteil der gymnasialen Bildung und wird erstmalig im Schuljahr 2018/19 in den achten Klassen nach dem neuen Bildungsplan unterrichtet werden. In den Leitgedanken zum Kompetenzerwerb im Fach NwT werden naturwissenschaftliche Grundbildung, Förderung von personalen, prozessbezogenen und inhaltlichen Kompetenzen sowie deren Vernetzung betont [MKJS 2016a:3]. Die prozess- und inhaltsbezogenen Kompetenzen sowie ihr Zusammenspiel sind in Abbildung 35 dargestellt. Die didaktischen



Abb. 35: Kompetenzaufbau im Fach NwT [MKJS 2016]

Die didaktischen

Hinweise enthalten wie bisher auch den Verweis auf projektartiges Arbeiten und interdisziplinäre Problemstellungen aus der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler.

Es lässt sich festhalten, dass das Unterrichtskonzept *Lucycity* die Voraussetzungen erfüllt, die Ziele des Bildungsplans 2016 im Fach NwT, vor allem im Bereich der prozessbezogenen Kompetenzen, umzusetzen. Zur Verdeutlichung sind im Folgenden einige Ansprüche aus dem Bildungsplan 2016 [MKJS 2016a] aufgelistet:

Experimentier- und Messmethoden, mit denen die Schülerinnen und Schüler [...] vertraut sind, werden in problemorientierten und fächerübergreifenden Kontexten genutzt, vertieft und erweitert.

Die Schülerinnen und Schüler lernen zunehmend offenere und komplexere Problemstellungen in Forschungsfragen zu gliedern und diese gezielt zu untersuchen. Sie entwickeln ihre Kompetenz in der Planung, Durchführung, Auswertung und Dokumentation von Untersuchungen weiter. [ebd.:9]

An vielfältigen Problemstellungen lernen die Schülerinnen und Schüler, einfache wie komplexe Experimente und die Umsetzung von Konstruktionen zuverlässig zu planen, Projektaufträge zu verstehen, ihr Vorgehen in Projektphasen zu gliedern, Aufgaben gemeinsam und arbeitsteilig zu bearbeiten und ihre Arbeitsprozesse zu reflektieren. [ebd.:11]

[...] gewinnen die Schülerinnen und Schüler einen Einblick in bedeutsame Zusammenhänge zwischen Natur, Gesellschaft, Naturwissenschaft und Technik. Sie können [...] Folgen abschätzen, Nutzen und Risiken bewerten und sich eine begründete Meinung bilden. [ebd.:5]

Sie sind so in der Lage, technische Produkte, ausgehend von eigenen Ideen, zu gestalten, zu fertigen und zu optimieren. [ebd.:10]

Im Zentrum stehen komplexe Problemstellungen, die von den Schülerinnen und Schülern eigenständig im Team strukturiert, geplant, umgesetzt und reflektiert werden sollen. Genau wie es auch die Arbeits- und Forschungsaufträge an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Firmen in *Lucycity* fordern. Der forschende Aspekt mit Forschungsfragen sowie Hypothesenbildung und -überprüfung wird in den detaillierten Ausführungen ebenfalls explizit aufgeführt.

Bei genauerer Betrachtung der aufgeführten inhaltlichen Kompetenzen können auch die im Rahmen dieser Arbeit vorgestellten Projekte einen entscheidenden Beitrag leisten. So bedient das Projekt *Windhösel-Kraftwerke* vor allem den Bereich „Energie und Mobilität“ und das Projekt *Lucys-Diner* erarbeitet angesprochene Aspekte der Ernährung. Vielfältige Möglichkeiten bietet aber beispielsweise auch das Projekt *Knemabau*, das sich im Zusammengang mit dem Hausbau mit Materialeigenschaften und Funktionen beschäftigt [Marmé & Knemeyer 2011].

Da der neue Bildungsplan 2016 auch für die Zukunft einen Rahmen zum Einsatz von *Lucycity*-Projekten bietet, sollte eine weitere Verbreitung der Projekte und grundlegend dafür ein **Ausbau der Lehrkräftebildung** in diesem Bereich vorangetrieben werden. Dazu sind weitere Lehrkräftefortbil-

dungen nötig, um die Möglichkeit zu wahren, dass die Projekte möglichst zeitnah in einzelnen Schulen umgesetzt werden. Für eine flächendeckende Verbreitung, wie sie beispielsweise in Nordamerika bei der Implementierung neuer Konzepte angestrebt wird, wären staatlich geförderte und langfristig angelegte Weiterbildungsveranstaltungen nötig, bei denen die Lehrkräfte in der ersten Erprobungsphase von externen Experten begleitet würden. Dazu fehlen in Deutschland ganz klar die Strukturen. Allerdings sind die Unterstützungsmaßnahmen, die der Arbeitskreis didaktik-aktuell begleitend zu den *Lucycity*-Fortbildungen anbietet, für deutsche Verhältnisse schon sehr gut. Persönliche Ansprechpartner bei konkreten Problemen sowie Bereitstellung von Unterrichtsmaterialien (zum Beispiel Kopiervorlagen und auch Eduktstoffe bei *Marmétics*), Homepages und funktionierende Beispiele (etwa Aufwindkraftwerk-Modelle) können sicher nach der Lehrkräftefortbildung die Chance erhöhen, dass die Projekte im Unterricht tatsächlich eingesetzt werden.

Für einen langfristigen Erfolg muss auch bei der **Ausbildung von Lehrkräften** angesetzt werden. An der pädagogischen Hochschule Heidelberg wird dies bereits teilweise umgesetzt [Marmé, Knemeyer & Jannack 2016]. Dort werden ausgewählte *Lucycity*-Projekte in der Ausbildung von Lehrpersonen eingesetzt. Bei einer frühzeitigen Beschäftigung mit schülerzentrierten Lernformen, reifen die Einstellung der Lehrkräfte und das eigene Rollenbild bereits während der Ausbildung und müssen nicht zu einem späteren Zeitpunkt, in Form eines grundlegenden Paradigmenwechsels, vollzogen werden. Weitere Chancen, die mit dem Einsatz der angestrebten Methode in der Ausbildung verbunden werden, kann man in der Literatur speziell im Zusammenhang mit dem Einsatz von PBL in der Lehrkräftebildung finden: „We have also found that *using* PBL to *teach* PBL is essential, so that teachers experience PBL as learners first. (Sage & Torp, 1997)“ [zitiert nach Torp & Sage 1998:88; Hervorh. i. O.]. Ähnlich formuliert es Weber [2004], die betont, dass „die gesamte Lernumgebung [...] mitgelernt“ wird. Der Einsatz von PBL oder konkret von *Lucycity*-Projekten soll also dazu beitragen, dass Lehrkräfte „ihre reflektierten Erfahrungen auch auf ihrer späteren Zielstufe als Lehrpersonen Gewinn bringend“ [Reusser 2005] einsetzen können.

Abschließend bleibt zu sagen, dass der eingeschlagene Weg zur Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf Grundlage des Unterrichtskonzepts *Lucycity* erfolversprechend erscheint. Die Schülerinnen und Schüler haben Spaß und entwickeln Interesse an naturwissenschaftlichen Fragestellungen. Es gibt Indizien, dass auch im Bereich der Kompetenzförderung Erfolge erzielt werden können und dass die Lehrkräfte bereit sind, die Projekte nach einer Fortbildung in den eigenen Unterricht zu integrieren. Dennoch gibt es Potenziale zur Optimierung und so schließe ich mit einem Zitat von Wilhelm II. (zitiert nach [Richter 1896:481]):

„Der Kurs bleibt der alte, und nun ‚voll Dampf voraus‘!“



## Literaturverzeichnis

- AAAS: American Association for the Advancement of Science (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- AAAS: American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. New York: Oxford University Press.
- ÄApprO: *Approbationsordnung für Ärzte vom 27. Juni 2002 (BGBl. I S. 2405)*, die zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 22. Mai 2013 (BGBl. I S. 1348) geändert worden ist.  
Abrufbar unter: [http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/\\_appro\\_2002/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/_appro_2002/gesamt.pdf) (Zugriff: 16.03.16)
- Abbott, J. (1996). Interview between Ted Marchese and John Abbott. *The American Association of Higher Education Bulletin*.  
Abrufbar unter: <http://www.21learn.org/archive/interview-between-ted-marchese-and-john-abbott> (Zugriff: 16.03.16)
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82(4), 417–437.
- Aikenhead, G. S. (1980). *Science in Social Issues: Implications for Teaching. A Discussion Paper, D-80/2*. Ottawa, Ontario: Science Council of Canada.
- Aikenhead, G. S. (2005). Research into STS Science Education. *Educación Química*, 16, 384–397.
- Albanese, M. A. (2000). Problem-based learning: why curricula are likely to show little effect on knowledge and clinical skills. *Medical Education*, 34(9), 729–738.
- Albanese, M. A. & Mitchell, S. (1993). Problem-based learning: A review of literature on its outcomes and implementation issues. *Academic Medicine*, 68, 52–81.
- Allen, D. E., Duch, B. J., Groh, S. E., Watson, G. B. & White, H. B. (2004). Scaling up research-based education for undergraduates: problem-based learning. In L. R. Kauffman & J. E. Stocks (Hrsg.), *Reinvigorating the Undergraduate Experience: Successful Models Supported by NSF's AIRE/RAIRE Program*. Washington, DC: Council on Undergraduate Research.
- Altrichter, H. & Gstettner, P. (1993). Aktionsforschung – ein abgeschlossenes Kapitel in der Geschichte der deutschen Sozialwissenschaft? *Sozialwissenschaftliche Literatur Rundschau*, 16(26), 67–83.
- Altrichter, H. & Posch, P. (<sup>4</sup>2007). *Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht - Unterrichtsentwicklung und Unterrichtsevaluation durch Aktionsforschung*, (1. Aufl. 1990). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Anderson, A. S. (<sup>2</sup>1997). Conversion to problem-based learning in 15 months. In D. Boud & G. E. Feletti (Hrsg.), *The Challenge of Problem-based Learning*, S. 64–72, (1. Aufl. 1991). London – New York: Routledge.
- Anderson, R. D. & Helms, J. V. (2001). The ideal of standards and the reality of schools: Needed research. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(1), 3–16.
- Anderson, T. & Shattuck, J. (2012). Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research? *Educational Researcher*, 41(1), 16–25.
- Anton, M. A. (2005). „Guter Chemieunterricht in schlechten Zeiten?“ In A. Wellensiek, M. Welzel & T. Nohl (Hrsg.), *Didaktik der Naturwissenschaften – Quo vadis?*, S. 168–182. Berlin: Logos.

- Armstrong, E. G. (<sup>2</sup>1997). A Hybrid-Model of Problem-based Learning. In D. Boud & G. Feletti (Hrsg.), *The Challenge of Problem-Based Learning* (1. Aufl. 1991), S. 137–150. London: Kogan Page.
- Arnold, R. (2001): Kompetenz. In R. Arnold, S. Nolda & E. Nuissl (Hrsg.), *Wörterbuch Erwachsenenpädagogik*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Artelt, C., Demmrich, A. & Baumert, J. (2001). Selbstreguliertes Lernen. In J. Baumert, E. Klieme, M. Neubrand, M. Prenzel, U. Schiefele, W. Schneider, P. Stanat, K.-J. Tillmann & M. Weiß (Hrsg.), *Deutsches PISA-Konsortium - PISA 2000 - Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*, S. 271–300. Opladen: Leske & Budrich-Verlag.
- Awang, D. (2007). Comparison between “Project-Oriented” Learning and Problem-Based Learning (PBL) in Design Subject. In *Tagungsband zur Regional Conference for Engineering Education (RCEE) 2007* in Johor Bahru, Malaysia, S. 290–295.  
Abrufbar unter: <http://tree.utm.my/wp-content/uploads/2013/02/Session-4B.pdf> (Zugriff: 16.03.16)
- Baptist, P. & Raab, D. (2007). Auf dem Weg zu einem veränderten Mathematikunterricht. Bayreuth: Zentrum zur Förderung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts, Universität Bayreuth (Hrsg.).  
Abrufbar unter: <http://www.sinus-transfer.uni-bayreuth.de/fileadmin/MaterialienBT/sinus-transfer.pdf> (Zugriff: 12.09.16)
- Barell, J. (2010). Problem-based learning: The foundation for 21st century skills. In J. Bellanca, & R. Brandt (Hrsg.), *21st century skills: Rethinking how students learn*, S. 175–199. Bloomington, IN: Solution Tree Press.
- Barrows, H. S. & Tamblyn, R. M. (1980). *Problem-based Learning – An Approach to Medical Education*. New York: Springer.
- Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 20(6), 481–486.
- Barrows, H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. In L. Wilkerson & W. H. Gijssels (Hrsg.), *Bringing problem-based learning to higher education: Theory and practice* (New directions for teaching and learning: Vol. 68), S. 3–13. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Barrows, H. S. (<sup>2</sup>2000). *Problem-Based Learning Applied to Medical Education* (1. Aufl. 1994). Illinois: Southern Illinois University, School of Medicine.
- Barrows, H. S. (2003). Problem-based Learning – Response to “The Problem With Problem-Based Medical Education Promises Not Kept” by R. H. Glew. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 31(4), 255–256.
- Bartholomew, H., Osborne, J. F., & Ratcliffe, M. (2004). Teaching Students ‘Ideas-About-Science’: Five Dimensions of Effective Practice. *Science Education*, 88(6), 655–682.
- Bartl, A. (2001). Beschreibung zur Briefmarke „Lebenslanges Lernen“. Online-Ressource: <http://www.briefmarken-archiv.de/brd/01/2001/a010804.htm> (Zugriff: 16.03.16)
- Barzel, B., Reinhoffer, B. & Schrenk, M. (2012). Das Experimentieren im Unterricht. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel & A. Schulz (Hrsg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht: Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten*, S. 103–128. Münster – New York: Waxmann.
- Bauch, W., Maitzen, C. & Katzenbach, M. (2011). *Auf dem Weg zum kompetenzorientierten Unterricht – Lehr- und Lernprozesse gestalten. Ein Prozessmodell zur Unterstützung der Unterrichtsentwicklung*. Frankfurt am Main: Amt für Lehrerbildung.
- Baumert, J., Stanat, P. & Demmrich, A. (2001). PISA 2000: Untersuchungsgegenstand, theoretische Grundlagen und Durchführung der Studie. In J. Baumert, E. Klieme, M. Neubrand, M. Prenzel, U. Schiefele, W. Schneider, P. Stanat, K.-J. Tillmann & M. Weiß (Hrsg.), *Deutsches PISA-Konsortium - PISA 2000 - Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*, S. 15–68. Opladen: Leske & Budrich-Verlag.



- Becker, F. G., Friske, V., Meurer, C., Ostrowski, Y., Piezonka, S. & Werninh, E. (2010). Einsatz des Problemorientierten Lernens in der betriebswirtschaftlichen Hochschullehre. *Wirtschaftswissenschaftliches Studium*, 8, 366–371.
- Bell, R. L., Lederman, N. G. & Abd-El-Khalick, F. (2000). Developing and acting upon one's conception of the nature of science: A follow-up study. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 563–581.
- Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A. & Lederman, N. G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 487–509.
- Bennett, J., Lubben, F. & Hogarth, S. (2006). Bringing Science to Life: A Synthesis of the Research Evidence on the Effects of Context-Based and STS Approaches to Science Teaching. *Science Education*, 91(3), 347–370.
- Bereiter, C. (2002). Design Research for Sustained Innovation. *Cognitive Studies, Bulletin of the Japanese Cognitive Science Society*, 9(3), 321–327.
- Bergmann, B., Dieter, P. & Nitsche, I. (2002). Evaluation des Dresdner Modells DIPOL (Dresdner integratives problemorientiertes Lernen) des reformierten Medizinstudiums. *Zeitschrift für Medizinische Ausbildung*, 79, 44–49.
- Berkson, L. (1993). Problem-based learning: have the expectations been met? *Academic Medicine*, 68(10), 79–88.
- Beutler, Z. & Lange, D. (Hrsg.) (2013): *Schlüsselkompetenzen für aktive BürgerInnenschaft - Handbuch für die Sekundarstufe*. VOICE LLP Projekt - AGORA Politische Bildung. Hannover: Leibniz Universität, Institut f. Politische Wissenschaft.
- Blake, R. L., Hosokawa, M. C. & Riley, S. L. (2000). Student performances on step 1 and step 2 of the United States Medical Licensing Examination following implementation of a problem-based learning curriculum. *Academic Medicine*, 75, 66–70.
- Bleich, M. (1997). Introduction. In R. Delisle, *How to use problem-based learning in the classroom*, S. v-vii. Association for Supervision and Curriculum Development. Virginia: ASCD.
- Bliss, J. (1996). Piaget und Vygotsky: Ihre Bedeutung für das Lehren und Lernen der Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 2(3), 3–16.
- BLK: Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (1997). *Gutachten zur Vorbereitung des Programms "Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts"* (Heft 60). Bonn: BLK.
- BLK: Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (2004). *Strategie für Lebenslanges Lernen in der Bundesrepublik Deutschland* (Heft 115). Bonn: BLK.
- Blunck, S. M., & Yager, R. E. (1990). The Iowa Chautauqua Program: A model for improving science in the elementary school. *Journal of Elementary Science Education*, 2(2), 3–9.
- Blunck, S. M., & Yager, R. E. (1996). The Iowa Chautauqua Program: A proven in-service model for introducing STS in K-12 classrooms, S. 298–305. In R. E. Yager (Hrsg.), *STS: Science/Technology/Society As Reform In Science Education*. New York: State University of New York.
- Böhringer, J., Bopp, J., Hack, C., Hartmann-Kurz, C., Stege, T. & Zabel, G. (2009). *Lernen im Fokus der Kompetenzorientierung: Individuelles Fördern in der Schule durch Beobachten – Beschreiben – Bewerten – Begleiten*. Stuttgart: Ministerium für Kultus, Jugend und Sport (Hrsg.).
- Bonnstetter, R. J. (1998). Inquiry: Learning from the Past with an Eye on the Future. *Electronic Journal of Science Education*, 3(1).  
Online-Zeitschrift: <http://ejse.southwestern.edu/article/view/7595/5362> (Zugriff: 16.03.2016)

- Bortz, J. & Döring, N. (<sup>2</sup>**1995**). *Forschungsmethoden und Evaluation* (1. Aufl. 1984). Berlin – Heidelberg: Springer.
- Bovet, G. (<sup>4</sup>**2006**). Wissenserwerb und Problemlösen. In: Bovet, G. & Huwendiek, V. (Hrsg.), *Leitfaden Schulpraxis* (1. Aufl. 1997), S. 195–230. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Bräuer, G. (**2000**). *Schreiben als reflexive Praxis: Tagebuch, Arbeitsjournal, Portfolio*. Freiburg im Breisgau: Fillibach Verlag.
- Bremen (**2015**). DBR-Workshop-Termine auf der Homepage der Universität Bremen. Online-Ressource: <http://www.uni-bremen.de/cu-fabit/veranstaltungen-termine/dbr-workshops.html> (Zugriff: 23.04.2016)
- Brotman, J. S. & Moore F. M. (**2008**). Girls and Science: A Review of Four Themes in the Science Education Literature. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(9), 971–1002.
- Brovelli, D. & Wilhelm, M. (**2009**). Problemorientiertes Lernen für den integrierten Naturwissenschaftsunterricht - Vorschläge für Unterricht zur Optik und Akustik. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 2(8), 65–72.
- Brown, J. S., Collins, A. & Duguid, P. (**1989**). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32–42.
- Brown, S. W., Lawless, K. A. & Boyer, M. A. (**2013**). Promoting Positive Academic Dispositions Using a Web-based PBL Environment: The GlobalEd 2 Project. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 7(1), 67–90.  
Online-Zeitschrift: <http://docs.lib.purdue.edu/ijpbl/vol7/iss1> (Zugriff: 16.03.2016)
- Bruner, J. S. (**1983**). *Child's talk – learning to use language*. New York City, NY: Norton.
- Bruner, J. S. (**1996**). *The culture of education*. Cambridge, MA - London: Harvard University Press.
- Bruner, J. S. (**1973**). Der Akt der Entdeckung. In H. Neber (Hrsg.), *Entdeckendes Lernen*, S. 15–27. Weinheim – Basel: Beltz.
- Brüning, L. & Saum, T. (**2007**). Mit kooperativem Lernen erfolgreich unterrichten. *Pädagogik*, 4, 10–15.
- Brüning, L. (**2010**). Kompetenzorientiert unterrichten durch kooperatives Lernen. *Praxis Geographie*, 12, 6–14.
- Buck, P. (**1997**). *Einwurzelung und Verdichtung. Tema con variazione über zwei Metaphern Wagenscheinscher Didaktik*. Dürnau: Verlag der Kooperative.
- Buck, P. (**2010**). Kristalle aus dem Nichts – Wie das genetisch-sokratisch-exemplarische Unterrichtsverfahren den Blick für die Natur der Naturwissenschaften weitet. *Unterricht Chemie* 21(118/119), 20–23.
- Bühl, P., Hansen, C., Schäfer, A., Scheu, H. D., Schatte, S. & Stern, G. (**2006**). *Naturwissenschaft und Technik (NwT) in der Mittelstufe der allgemein bildenden Gymnasien in Baden-Württemberg*. Stuttgart: Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.).
- Bybee, R. W. (**2010**). *The Teaching of Science: 21st Century Perspectives*. Arlington, VA: NSTA Press.
- CERTL: The Center of Excellence for Research, Teaching and Learning (**2015**). Online-Ressource: <http://www.wakehealth.edu/CERTL> (Zugriff: 16.03.2016)
- Charité (**2016**): Humboldt-Universität in Berlin. Online-Ressource: [https://www.charite.de/studium\\_lehre/studiengaenge/humanmedizin/modellstudiengang\\_medizin](https://www.charite.de/studium_lehre/studiengaenge/humanmedizin/modellstudiengang_medizin) (Zugriff: 16.03.2016)
- Chilkoti, G., Mohta, M., Wadhwa, R. & Saxena, A. K. (**2014**). Problem-Based Learning Research in Anesthesia Teaching: Current Status and Future Perspective. *Anesthesiology Research and Practice*, Article ID 263948.
- Cisneros, R. M., Salisbury-Glennon, J. D. & Anderson-Harper, H. M. (**2002**). Status of Problem-Based Learning Research in Pharmacy Education: A Call for Future Research. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 66, 19–26.

- Clarke R. (1978). The new medical school at Newcastle, New South Wales. *Lancet* 1, 434–435.
- Collier, J. (1945). United States Indian Administration as a laboratory of ethnic relations. *Social Research*, 265–303.
- Colliver, J. A. (2000). Effectiveness of Problem-based Learning Curricula: Research and Theory. *Academic Medicine*, 75(3), 259–266.
- Crittin, B. & Crittin, J.-P. (1986). Ganzheitliches Lernen. *Focusing Informationen*.  
Abrufbar unter: [https://www.focusing.org/chfc/articles/de/crittin\\_ganzheitlich\\_lernen.htm](https://www.focusing.org/chfc/articles/de/crittin_ganzheitlich_lernen.htm) (Zugriff: 16.03.16)
- Cunningham, D. J., Duffy, T. M. & Knuth, R. A. (1993). The textbook of the future. In C. McKnight (Hrsg.), *Hyper-text, a psychological perspective*, S. 19–49. London: Ellis Horwood Limited.
- Czabanowska, K., Moust, J. H. C., Meijer, A. W. M., Schröder-Bäck, P. & Roebertsen, H. (2012). Problem-based Learning Revisited, introduction of Active and Self-directed Learning to reduce fatigue among students. *Journal of University Teaching & Learning Practice*, 9(1), Artikel 6.  
Online-Zeitschrift: <http://ro.uow.edu.au/jutlp/vol9/iss1/6> (Zugriff: 16.03.2016)
- Darmann, Ingrid (2004). Problemorientiertes Lernen – Transfer durch die Erweiterung von Situationsdeutungen. *PrInterNet*, 6(9), 461–467.
- Daus, J., Pietzner, V. Höner, K., Scheuer, R., Melle, I., Neu, C., Schmidt, S. & Bader, H.J. (2004). Untersuchung des Fortbildungsverhaltens und der Fortbildungswünsche von Chemielehrerinnen und Chemielehrern. *ChemKON*, 11(2), 79–85.
- DBRC: The Design-Based Research Collective (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5–8.
- De Graaff, E. (2012). *Problem-versus Project-Based Learning in Engineering: Antagonist or Complementary Pedagogical Approaches*. VDI-Workshop.  
Vortrag abrufbar unter: [www.vdi.de/bildung/qualitaetsdialoge/vdi-workshop/problem-versus-project-based-learning-in-engineering-antagonist-or-complementary-pedagogical-approaches](http://www.vdi.de/bildung/qualitaetsdialoge/vdi-workshop/problem-versus-project-based-learning-in-engineering-antagonist-or-complementary-pedagogical-approaches) (Zugriff: 16.03.16)
- De Witte, K. & Rogge, N. (2012). *Problem-based learning in secondary education: Evaluation by a randomized experiment* (Bericht 11). Brüssel: Fakultät Wirtschaft und Management der Hochschule-Universität.
- DeBoer, G. E. (2000). Scientific Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (6), 582–601.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), 223–238.
- Dehnbostel, P. (2005). Begleitforschung von Modellversuchen im Kontext von Verwendungsforschung und Transferorientierung. In H. Holz & D. Schemme (Hrsg.), *Wissenschaftliche Begleitung bei der Neugestaltung des Lernens - Innovation fördern, Transfer sichern*, S. 17–30. Bielefeld: BIBB.
- Delisle, R. (1997). *How to use problem-based learning in the classroom*. Association for Supervision and Curriculum Development. Virginia: ASCD.
- Dewey, J. & Dewey, E. (1915). *Schools Of Tomorrow*. New York : E. P. Dutton and Company.
- Dewey, J. (1916). *Democracy and Education: An Introduction to the Philosophy of Education*. New York: Macmillan.
- didaktik-aktuell. Überblick über Staatsexamensarbeiten und wissenschaftliche Arbeiten. Online-Ressource: [www.didaktik-aktuell.de/index.php/veranstaltungen/staatsexamensarbeiten](http://www.didaktik-aktuell.de/index.php/veranstaltungen/staatsexamensarbeiten) (Zugriff: 12.10.2016)
- Diesterweg, F. A. W. (1873). Diesterweg's Wegweiser zur Bildung für deutsche Lehrer. Erster Band. Das Allgemeine, (1. Aufl. 1835, 5. Aufl. bearb. von L. Rudolph). Essen: Bädeker.

- Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P. & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: a meta-analysis. *Learning and Instruction*, 13, 533–568.
- Dole, S., Bloom, L., & Kowalske, K. (2016). Transforming Pedagogy: Changing Perspectives from Teacher-Centered to Learner-Centered. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 10(1).  
Online-Zeitschrift: <http://docs.lib.purdue.edu/ijpbl/vol10/iss1> (Zugriff: 16.03.2016)
- Dolmans, D. H. (1994). *How students learn in a problem-based curriculum*. Dissertation an der Universität Maastricht.
- Dörig, R. (1994). *Das Konzept der Schlüsselqualifikationen. Ansätze, Kritik und konstruktivistische Neuorientierung auf der Basis der Erkenntnisse der Wissenspsychologie*. Hallstadt: Rosch.
- Dörner, D. (<sup>2</sup>1979). *Problemlösen als Informationsverarbeitung*, (1. Aufl. 1976). Stuttgart: Kohlhammer.
- Dorninger, C., Niemeyer, S., Scharl, W., Kempel, H., Weger, I., Schüller, P., Fritz, U., Staudecker, E., Willenshofer, K., Schrack, C., Zug, U., Lackner, J., Paechter, M. & Zumbach, J. (2011). *Kompetenzorientiertes Unterrichten – Grundlagenpapier*. Wien: Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur (Hrsg.).
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young People's Images of Science*. Buckingham: Open University Press.
- Dubs, R. (1995). Konstruktivismus: einige Überlegungen aus der Sicht der Unterrichtsgestaltung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), 889–903.
- Dubs, R. (1999). Lehren und Lernen – ein Wechselspiel. In Deutsches Institut für Erwachsenenbildung (DIE), E. Nuissl (Hrsg.), *Selbstgesteuertes Lernen: Auf dem Weg zu einer neuen Lernkultur*, S. 57–70. Frankfurt/ Main: DIE.
- Duch, B. J. (1996). Problems: A Key Factor in PBL. *About Teaching*, 50, 7–8.
- Duch, B. J., Groh, S. E. & Allen D. E. (2001). Why Problem-based Learning? A Case Study of Institutional Change in Undergraduate Education. In B. J. Duch, S. E. Groh & D. E. Allen (Hrsg.), *The power of Problem-based Learning, A Practical 'How To' for Teaching Undergraduate Courses in Any Discipline*, S. 3–11. Sterling, VA: Stylus Publishing LLC.
- Duch, B. J. (2001). Models for problem-based instructions in undergraduate courses. In B. J. Duch, S. E. Groh, & D. E. Allen (Hrsg.), *The power of Problem-based Learning, A Practical 'How To' for Teaching Undergraduate Courses in Any Discipline*, S. 39-46. Sterling, VA: Stylus Publishing LLC.
- Duden (<sup>10</sup>2010). *Das Fremdwörterbuch – Der Duden Bd. 5* (1. Aufl. 1994). Mannheim - Zürich: Dudenverlag.
- Duit, R. & Treagust, D. (2003). Conceptual Change: A Powerful Framework for Improving Science Teaching and Learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688.
- Duit, R. (2005). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion als Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. In A. Wellensiek, M. Welzel & T. Nohl (Hrsg.), *Didaktik der Naturwissenschaften – Quo vadis?*, S. 168–182. Berlin: Logos.
- Eberhard, D. (2015). *Kinder an die Macht – Die monströsen Auswüchse liberaler Erziehung*. München: Kösel. (Schwedische Originalausgabe 2013: Hur barnen tog makten, Stockholm: Bladh by Bladh)
- Echt, R. & Chan, S.-W. (1977). A New Problem-Oriented and Student-Centered Curriculum At Michigan State University. *Journal of Medical Education*, 52, 681–683.
- Edel, N. (<sup>4</sup>2006). Offener Unterricht. In: Bovet, G. & Huwendiek, V. (Hrsg.), *Leitfaden Schulpraxis* (1. Aufl. 1997), S. 104–122. Berlin: Cornelsen Scriptor.

- Edelson, D. C. (2002). Design Research: What We Learn When We Engage in Design. *The Journal of the Learning Science*, 11(1), 105–121.
- Eder, F., Roters, B., Scholkmann, A. & Valk-Draad, M.P. (2011). *Wirksamkeit problembasierter Lernens als hochschuldidaktische Methode*. Dortmund: Hochschuldidaktisches Zentrum der Technischen Universität (Hrsg.).
- Eilks, I. & Ralle, B. (2002). Partizipative Aktionsforschung – Ein Modell für eine begründete und praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik. *ChemKON*, 9(1), 13–18.
- Eilks, I. (2015). On the transformation of research on teaching and learning about the sub-micro world in chemistry education into feasible classroom practice. *LUMAT*, 3(3), 269–284.
- Elliott, J. (1990). Teachers as researchers: implications for supervision and for teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 6, 1–26.
- Erpenbeck, J. & Weinberg, J. (2004). Bildung oder Kompetenz – eine Scheinalternative? *Report*, 27(3), 69–76.
- Ertmer, P. A. & Newby, T. J. (1996). The expert learner: Strategic, self-regulates, and reflective. *Instructional Science*, 24, 1–24.
- Ertmer, P. A. & Simons, K. D. (2006). Jumping the PBL Implementation Hurdle: Supporting the Efforts of K–12 Teachers. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), 4-8.  
Online-Zeitschrift: <http://docs.lib.purdue.edu/ijpbl/vol1/iss1> (Zugriff: 16.03.2016)
- Etzold, S. (1996). Eine neue Studie zeigt: Chemiestudenten lernen viel, aber das Falsche. *DIE ZEIT* (08.11.1996).  
Abrufbar unter: <http://www.zeit.de/1996/46/studie.txt.19961108.xml> (Zugriff: 16.03.16)
- EU-Kommission (2007). *Schlüsselkompetenzen für lebensbegleitendes Lernen – ein europäischer Referenzrahmen*. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
- Eurydice (2011). Exekutivagentur Bildung, Audiovisuelles und Kultur (EACEA P9 Eurydice) (Hrsg.). *Naturwissenschaftlicher Unterricht in Europa: Politische Maßnahmen, Praktiken und Forschung*. Brüssel: EACEA.
- Faulstich, P. (1999). Einige Grundfragen zur Diskussion um „selbstgesteuertes Lernen“. In Deutsches Institut für Erwachsenenbildung (DIE) (Hrsg.), *Selbstgesteuertes Lernen: Auf dem Weg zu einer neuen Lernkultur*, S. 24–39. Frankfurt am Main: DIE.
- Finkelstein, N., Hanson, T., Huang, C.-W., Hirschman, B. & Huang, M. (2010). *Effects of Problem Based Economics on high school economics instruction*. Washington, DC: National Center for Education Evaluation and Regional Assistance, Institute of Education Sciences, U.S. Department of Education.
- Fischler, H. (1994). Concerning the Difference Between Intention and Actions: Teachers' Conceptions and Actions in Physics Teaching. In I. Carlgren, G. Handal & S. Vaage (Hrsg.), *Teachers' Minds and Actions: Research on Teachers' Thinking and Practice*, S. 165–180. London – Washington, DC: Falmer.
- Fischler, H. (2005). Von der Wiederkehr des Lehrers in der Fachdidaktik. In A. Wellensiek, M. Welzel & T. Nohl (Hrsg.), *Didaktik der Naturwissenschaften – Quo vadis?*, S. 168–182. Berlin: Logos.
- Flehsig, A., Jannack, V., Knemeyer, J.-P. & Marmé, N. (2014). Förderung von wissenschaftlichem Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht. In S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht*, S. 462–464. Kiel: IPN.
- Freiman, T., Habelitz-Tkotz, W., Layritz, W., Mößel, W. & Zühlke, B. (2002). Kumulatives Lernen. In Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus (Hrsg.), *Weiterentwicklung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts*, S. 106-120. München: KM Bayern.
- French, W. L. & Bell, C. (1973). *Organization Development: behavioral science intervention for organization improvement*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. (Deutsche Ausgabe (1977). Organisationsentwicklung: sozialwissenschaftliche Strategien zur Organisationsveränderung. Bern – Stuttgart: Haupt.
- Frey, K. (<sup>10</sup>2005). *Die Projektmethode – Der Weg zum bildenden Tun* (1. Aufl. 1982). Weinheim – Basel: Beltz.

- Funken (2016). Informationen zum Forschungs- und Nachwuchskolleg Fachdidaktischer Entwicklungsforschung der TU Dortmund. Online-Ressource: [https://www.tu-dortmund.de/uni/Uni/Diversitaetsdialoge\\_neu/Aktuelle-Dialoge/FUNKEN/index.html](https://www.tu-dortmund.de/uni/Uni/Diversitaetsdialoge_neu/Aktuelle-Dialoge/FUNKEN/index.html) (Zugriff: 23.04.2016)
- Gallagher, S. A., Stepien, W. J. & Rosenthal, H. (1992). The effects of problem-based learning on problem solving. *Gifted Child Quarterly*, 36(4), 195–200.
- Gatzke, N. (2007). *Lebenslanges Lernen in einer alternden Gesellschaft*. Berlin: Friedrich Ebert Stiftung.
- Gijbels, D., Dochy, F., Van den Bossche, P. & Segers, M. (2005). Effects of Problem-Based Learning: A Meta-Analysis from the Angle of Assessment. *Review of Educational Research*, 75(1), 27–61.
- Glaserfeld, E. von (1995). *Radical Constructivism: A Way of Knowing and Learning*. London – Washington, D.C.: Falmer Press.
- Glew, R. H. (2003). The problem with problem-based medical education: Promises not kept. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 31(1), 52–56.
- Goh, K. (2014). What Good Teachers Do to Promote Effective Student Learning in a Problem-Based Learning Environment. *Australian Journal of Educational & Developmental Psychology*, 14, 159–166.
- Götz, T., Lohrmann, K., Ganser, B. & Haag, L. (2005). Einsatz von Unterrichtsmethoden - Konstanz oder Wandel? *Empirische Pädagogik*, 19(4), 342–360.
- Gräsel, C. & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung - oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. *Unterrichtswissenschaft*, 32(3), 196–214.
- Gräsel, C. (1997). Problemorientiertes Lernen – Strategieranwendung und Gestaltungsmöglichkeiten. In N. Havers, H. Tschamler & W. Tunner (Hrsg.), *Münchener Universitätschriften Psychologie und Pädagogik*. Göttingen – Bern – Toronto - Seattle: Hogrefe-Verlag.
- Gruber, H., Mandl, H. & Renkl, A. (1999): *Was lernen wir in Schule und Hochschule: Träges Wissen?* (Forschungsbericht Nr. 101). LMU München: Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie.
- Grünwald, A. & Bäker, C. (2014). *Forschendes Studieren in der Didaktik der romanischen Sprachen an der Universität Bremen: Design-Based Research*. Forsta-Projektantrag.  
Abrufbar unter: [http://www.uni-bremen.de/fileadmin/user\\_upload/single\\_sites/cu-fabit/Kooperationen/forsta\\_agdidrom.pdf](http://www.uni-bremen.de/fileadmin/user_upload/single_sites/cu-fabit/Kooperationen/forsta_agdidrom.pdf) (Zugriff: 23.04.2016)
- Grünwald, A. & Bäker, C. (2015). *Forschendes Studieren in der Didaktik der romanischen Sprachen an der Universität Bremen: Design-Based Research*. Zusammenfassung des Vortrags am 6. Juli 2015 im Rahmen des Internationalen Symposiums „How does change happen? Fachbezogene Bildungsprozesse in Transformation“ im Hanse-Wissenschaftskolleg (Delmenhorst).  
Abrufbar unter: [http://www.uni-bremen.de/fileadmin/user\\_upload/single\\_sites/cu-fabit/Veranstaltungen/abstract\\_gruenewald\\_baeker.pdf](http://www.uni-bremen.de/fileadmin/user_upload/single_sites/cu-fabit/Veranstaltungen/abstract_gruenewald_baeker.pdf) (Zugriff: 23.04.2016)
- Gudjons, H. (2008). *Handlungsorientiert lehren und lernen : Schüleraktivierung, Selbsttätigkeit, Projektarbeit*, (1. Aufl. 1989). Bad Heilbrunn : Klinkhardt.
- Hage, K., Bischoff, H., Dichanz, H., Eubel, K.-D., Oehlschläger, H.-J. & Schwittmann, D. (1985). *Das Methoden-Repertoire von Lehrern, eine Untersuchung zum Schulalltag der Sekundarstufe I*. Opladen: Leske und Budrich.
- Hammerl, M. & Grabitz, H.-J. (2006). Lernen: Definitionen, methodische Ansätze, Theorien des Lernens. In J. Funke & P. A. Frensch (Hrsg.), *Handbuch der allgemeinen Psychologie – Kognition*, S. 203–212. Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Hannafin, M., Land, S., & Oliver, K. (1999). Open learning environments: Foundations, methods, and models. In C.M. Reigeluth (Hrsg.), *Instructional Design Theories and Models*, S. 115–140. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Harlen, W. (Hrsg.) (2010). *Principles and big ideas of science education*. Gosport: Ashford Colour Press.

- Hartig, J. (2008). Kompetenzen als Ergebnisse von Bildungsprozessen. In N. Jude, J. Hartig & E. Klieme (Hrsg.), *Bildungsforschung Band 26: Kompetenzerfassung in pädagogischen Handlungsfeldern: Theorien, Konzepte und Methoden*, S. 15-26. Bonn - Berlin: BMBF.
- Hasselhorn, M. & Gold, A. (2009). *Pädagogische Psychologie – Erfolgreiches Lernen und Lehren*, (1. Aufl. 2006). Stuttgart: Kohlhammer-Verlag.
- Häußler, P. & Hoffman, L. (1995). Physikunterricht - an den Interessen von Mädchen und Jungen orientiert. *Unterrichtswissenschaft*, 23(2), 107–126.
- Hechenleitner, A. & Schwarzkopf, K. (2006). Kompetenz–mehr als nur Wissen. In Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München (Hrsg.), *Informationsblatt April*. München: ISB.  
Online abrufbar: <http://www.kompas.bayern.de/userfiles/infokompetenz.pdf> (Zugriff 12.09.16)
- Hechenleitner, A. & Vogt, K. (2007). Theorien des Lernens – Folgerungen für das Lernen. In Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München (Hrsg.), *Broschüre August*. München: ISB.  
Online abrufbar: <http://www.isb.bayern.de/schulartspezifisches/materialien/theorien-des-lernens> (Zugriff 12.09.16)
- Henry, H. R., Tawfik, A. A., Jonassen, D. H., Winholtz, R. A. & Khanna, S. (2012). “I Know This is Supposed to be More Like the Real World, But ...”: Student Perceptions of a PBL Implementation in an Undergraduate Materials Science Course. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 6(1), 43–81.  
Online-Zeitschrift: <http://docs.lib.purdue.edu/ijpbl/vol6/iss1> (Zugriff: 16.03.2016)
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16, 235–266.
- Hmelo-Silver, C. E. & Barrows, H. S. (2006). Goals and Strategies of Problem-based Learning Facilitator. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 1(1), 21–39.  
Online-Zeitschrift: <http://docs.lib.purdue.edu/ijpbl/vol1/iss1> (Zugriff: 16.03.2016)
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G. & Chinn, C.A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99-107.
- HMTM (2015). Flyer zum Workshop der Hochschule für Musik, Theater und Medien Hannover im Dezember 2015 in Bremen. Online-Ressource: [http://www.dgff.de/fileadmin/user\\_upload/dokumente/Veranstaltungen/2015\\_Juli\\_hmtmHannover\\_DBR-Workshop\\_Flyer.pdf](http://www.dgff.de/fileadmin/user_upload/dokumente/Veranstaltungen/2015_Juli_hmtmHannover_DBR-Workshop_Flyer.pdf) (Zugriff: 23.04.2016)
- Hofmann, Y. & Köhler, T. (2014). Wissenschaftliche Begleitforschung im Projekt HD-MINT – Erste Ergebnisse zur Lehrmethode Problem Based Learning (PBL). *Didaktiknachrichten*, 10, 41–43.
- Höttecke, D. (2001). *Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen - Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen*. Berlin: Logos.
- Höttecke, D. (2001a). Die Vorstellung von Schülern und Schülerinnen von der „Natur der Naturwissenschaften“. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 7, 7–23.
- Howle L. E. (2009). *Whalepower Wenvor Blade: A report on the efficiency of a whalepower corp. 5 meter prototype wind turbine blade*. Durham, NC: BelleQuant LLC.
- HU Berlin (2012). *Beschlussprotokoll der 289. Sitzung des Akademischen Senates der Humboldt-Universität zu Berlin vom 14.02.2012*.  
Abrufbar unter: <https://gremien.hu-berlin.de/de/as/protokolle/2012/20120214> (Zugriff: 23.04.2016)
- HU Berlin (2013). *Beschlussprotokoll der 302. Sitzung des Akademischen Senates der Humboldt-Universität zu Berlin vom 12.02.2013*.  
Abrufbar unter: <https://gremien.hu-berlin.de/de/as/protokolle/2012/20120214> (Zugriff: 23.04.2016)

- HU Berlin (2015). Homepage der Humboldt-Universität zu Berlin. Arbeitsbereich der Professional School of Education. Online-Ressource: <https://www.hu-berlin.de/de/einrichtungen-organisation/wissenschaftliche-einrichtungen/zentralinstitute/pse/bereiche/dbr> (Zugriff: 23.04.2016)
- Huber, L. (2009). Warum Forschendes Lernen nötig und möglich ist. In L. Huber, J. Hellmer & F. Schneider (Hrsg.), *Forschendes Lernen im Studium: Aktuelle Konzepte und Erfahrungen*, S. 9–35. Bielefeld: UniversitätsVerlagWebler.
- Hung, W., Jonassen, D. H. & Liu, R. (2008). Problem-Based Learning. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. van Merriënboer & M. P. Driscoll (Hrsg.), *Handbook of Research on educational communications and technology* (1. Aufl. 1996), S. 485–506. New York, NY: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hurd, P. D. (1958). Science Literacy: Its Meaning for American Schools. *Educational Leadership*, 16, 13–16.
- Huwendiek, V. (2006). Unterrichtsmethoden. In G. Bovet & V. Huwendiek (Hrsg.), *Leitfaden Schulpraxis* (1. Aufl. 1997), S. 68–103. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- IHK: Industrie- und Handelskammertag in Baden-Württemberg (Hrsg.) (2005). *Was wünschen sich Unternehmen von Schulabgängern?* (Broschüre der Industrie- und Handelskammern Baden-Württemberg, 1. Vers. 2003). (Abrufbar bspw. unter: [https://www.karlsruhe.ihk.de/blob/kaihk24/produktmarken/Ausbildung\\_und\\_Weiterbildung/Wirtschaft\\_macht\\_Schule/fallback1433496756627/2472906/3d8cd8d51e0c3daedba17875401a0f2c/8654\\_IHK\\_Tag\\_Schuelerbroschuere-data.pdf](https://www.karlsruhe.ihk.de/blob/kaihk24/produktmarken/Ausbildung_und_Weiterbildung/Wirtschaft_macht_Schule/fallback1433496756627/2472906/3d8cd8d51e0c3daedba17875401a0f2c/8654_IHK_Tag_Schuelerbroschuere-data.pdf) (Zugriff: 12.09.2016))
- Illert, S. (2007). *Problembasiertes Lernen (PBL) – Eine neue Lehr-/Lernmethode im naturwissenschaftlichen Unterricht der Oberstufe?*. Staatsexamensarbeit am Physikalisch-Chemischen Institut der Ruprecht-Karls-Universität zu Heidelberg.
- IMSA: Illinois Mathematics and Science Academy (2015). Online-Ressource: <https://www.imsa.edu/extensionprograms/problem-based-learning> (Zugriff: 12.09.2016)
- Jank, W. & Meyer, H. (1994). Handlungsorientierter Unterricht, Grundbegriffe und Merkmale. In W. Jank & H. Meyer, *Didaktische Modelle* (1. Aufl. 1991), S. 353–390. Frankfurt/Main: Cornelsen Scriptor.
- Jannack, V., Seeberg, S., Knemeyer, J.-P. & Marmé, N. (2011). Windhösel Kraftwerke – ein Projekt zu regenerativen Energien unter Nutzung der virtuellen Lernumgebung Lucycity. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*, S. 312–314. Münster: LIT-Verlag.
- Jannack, V., Flechsig, A., Knemeyer, J.-P. & Marmé, N. (2014). Problembasiertes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht - Fortbildungsverhalten und Fortbildungsbedarf von Lehrkräften. In S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht*, S. 459–461. Kiel: IPN.
- Jannack, V., Knemeyer, J.-P., Schallies, M. & Marmé, N. (2015). Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 68(6), 363–369.
- Jannack, V., Knemeyer, J.-P. & Marmé, N. (2016). Kompetenzförderung im Naturwissenschafts- und Technik-Unterricht durch den Bau von Aufwindkraftwerksmodellen. *Journal of Technical Education*, 4(1), 55–71.
- Jannack, V., Knemeyer, J.-P. & Marmé, N. (2016a). Problembasiertes Lernen in der Lehrkräftefortbildung. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 11(3), 39–52.
- Jonassen, D. H. (1997). Instructional design models for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes. *Educational Technology Research and Development*, 45(1), 65–94.
- Jonassen, D. H. & Hung, W. (2008). All Problems are Not Equal: Implications for Problem-Based Learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 2(2), 6–28.  
Online-Zeitschrift: <http://docs.lib.purdue.edu/ijpbl/vol2/iss2> (Zugriff: 16.03.2016)
- Jones, A., McArdle, P. J., O'Neill, P. A. (2002). Perceptions of how well graduates are prepared for the role of pre-registration house officer: a comparison of outcomes from a traditional and an integrated PBL curriculum. *Medical Education*, 36, 16–25.



- Jung, W. (1988). Das historisch-genetische Prinzip im Physik- und Chemieunterricht. In K. H. Wiebel (Hrsg.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie – Probleme und Perspektiven* (Band 8), S. 24–56. Alsbach: Leuchtturm.
- Kalaian, H. A., Mullan, P. B. & Kasim, R. M. (1999). What can studies of problem-based learning tell us? Synthesizing and modeling PBL effects on national board of medical examination performance: hierarchical linear modeling meta-analytic approach. *Advances in Health Sciences Education*, 4, 209–221.
- Kassebaum, D. G. (1989). Change in medical education: the courage and will to be different. *Academic Medicine*, 64(8), 446–447.
- Kattmann, U. (2003). Pädagogik fachlichen Lernens – Fachdidaktiken gehören ins Zentrum der Lehrerbildung. In B. Moschner, H. Kiper & U. Kattmann (Hrsg.), *PISA 2000 als Herausforderung - Perspektiven für Lehren und Lernen*, S. 307–318. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Kattmann, U. (2004). Unterrichtsreflexion im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion. *Das Seminar*, 10(3), 40–51.
- Kaufman, A. (Hrsg.) (1985). *Implementing Problem-Based Medical Education: Lessons from Successful Innovations*. New York: Springer.
- Kessler, M. & Ziener, G. (2004). *Woran kann man kompetenzorientiertes Unterrichten erkennen?* Stuttgart: ptz. Abrufbar unter: [http://www.ptz-stuttgart.de/uploads/media/RS-kompet-or\\_Unterrichten\\_02.pdf](http://www.ptz-stuttgart.de/uploads/media/RS-kompet-or_Unterrichten_02.pdf) (Zugriff: 12.09.16)
- Khishfe, Rola & Abd-El-Khalick, Fouad (2002). Influence of Explicit and Reflective versus Implicit Inquiry-Oriented Instruction on Sixth Graders' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551–578.
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
- Kjersdam, F. & Enemark, S. (1994). *The Aalborg Experiment – Project Innovation in University Education*. Aalborg University Press, Aalborg: Nordjyllands Bogtrykkeri A/S.
- Klees, G. & Tillmann, A. (2015). Design-Based Research als Forschungsansatz in der Fachdidaktik Biologie Entwicklung, Implementierung und Wirkung einer multimedialen Lernumgebung im Biologieunterricht zur Optimierung von Lernprozessen im Schülerlabor. *Journal für Didaktik der Biowissenschaften*, 6, 91–110.
- Klieme, E. (2004). Was sind Kompetenzen und wie lassen sie sich messen? *Pädagogik*, 56(6), 10–13.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth H.-E. & Vollmer, H. J. (2007a). *Bildungsforschung Band 1: Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards*. Bonn - Berlin: BMBF.
- Klieme, E., Maag-Merki, K. & Hartig, J. (2007b). Kompetenzbegriff und Bedeutung von Kompetenzen im Bildungswesen. In J. Hartig & E. Klieme (Hrsg.), *Bildungsforschung Band 20: Möglichkeiten und Voraussetzungen technologiebasierter Kompetenzdiagnostik*. Bonn - Berlin: BMBF.
- Klieme, E. & Rakoczy, K. (2008). Empirische Unterrichtsforschung und Fachdidaktik. Outcome-orientierte Messung und Prozessqualität des Unterrichts. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(2), 222–237.
- Klüter, R. (2000). Kontextbezug und Methodenvielfalt - Vorgaben an eine moderne Lehrplangestaltung. In B. Ralle & I. Melle (Hrsg.), *Chemiedidaktik auf neuen Wegen – neue Perspektiven für den Chemieunterricht*, S. 19–24. Dortmund: Universität, FB Chemie.
- Klüver, J. & Krüger, H. (1972). Aktionsforschung und soziologische Theorien: Wissenschaftstheoretische Überlegungen zum Erkenntnisinteresse in der Aktionsforschung. In Haag, Krüger, Schwärzel & Wildt (Hrsg.), *Aktionsforschung: Forschungsstrategien, Forschungsfelder und Forschungspläne*, S. 76–99. München: Juventa.

- KMK-Beschluss vom 24.10.**1997**: *Grundsätzliche Überlegungen zu Leistungsvergleichen innerhalb der Bundesrepublik Deutschland – Konstanzer Beschluss*.  
Abrufbar unter: [http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/1997/1997\\_10\\_24-Konstanzer-Beschluss.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1997/1997_10_24-Konstanzer-Beschluss.pdf) (Zugriff: 16.03.16)
- KMK-Pressemitteilung 04.12.**2001**: *Schulisches Lernen muss stärker anwendungsorientiert sein: Ergebnisse der OECD-Studie PISA zeigen zentrale Handlungsfelder auf*.  
Abrufbar unter: <http://www.kmk.org/presse-und-aktuelles/pm2001/schulisches-lernen-pisa-studie-fakten-muessen-ernst-genommen-werden.html> (Zugriff 16.03.16).
- KMK-Beschluss vom 24. 5. **2002**: *Bildungsstandards zur Sicherung von Qualität und Innovation im föderalen Wettbewerb der Länder*.  
Abrufbar unter: [http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2002/2002\\_05\\_24-Bildungsstandards-Qualitaet.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2002/2002_05_24-Bildungsstandards-Qualitaet.pdf) (Zugriff: 16.03.16)
- KMK (Hrsg.) (**2004a**). *Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz, Erläuterungen zur Konzeption und Entwicklung*. München: Wolters Kluwer.
- KMK (Hrsg.) (**2004b**). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (Beschluss vom 16.12.2004)*. München: Wolters Kluwer.
- KMK (Hrsg.) (**2004c**). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Beschluss vom 16.12.2004)*. München: Wolters Kluwer.
- KMK (Hrsg.) (**2004d**). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Beschluss vom 16.12.2004)*. München: Wolters Kluwer.
- Knemeyer, J.-P., Illert, S. & Marmé, N. (**2008**). Problembasiertes Lernen - eine geeignete Methode zur Förderung von Schlüsselkompetenzen bei Schülern. In D. Höttecke (Hrsg.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung*, S. 386–388. Berlin: LIT-Verlag.
- Knemeyer, J.-P., Keller, C., & Marmé, N. (**2011**). Lucy's Diner –Naturwissenschaft und Technik des Kochens. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*, S. 309–311. Münster: LIT-Verlag.
- Knogler, M. & Lewalter, D. (**2014**). Design-Based Research im naturwissenschaftlichen Unterricht - Das motivationsfördernde Potenzial situierter Lernumgebungen im Fokus. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 61(1), 2–14.
- Koh, G. C. H., Khoo, H. E., Wong, M. L. & Koh, D. (**2008**). The effects of problem-based learning during medical school on physician competency: a systematic review. *Canadian Medical Association Journal*, 178(1), 34–41.
- Köhnlein, W. (**1996**). Leitende Prinzipien und Curriculum des Sachunterrichts. In E. Glumpler & S. Wittkowske (Hrsg.), *Sachunterricht heute – Zwischen interdisziplinärem Anspruch und traditionellem Fachbezug*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Kolmos, A., Fink, F. K. & Krogh, L. (**2006**). The Aalborg Model – problem-based and project-organized learning. In A. Kolmos, F. K. Fink & L. Krogh (Hrsg.), *The Aalborg PBL model – Progress, Diversity and Challenges*, S. 9–18. Aalborg: University Press.
- Kolmos, A., Du, X., Holgaard, J. E. & Jensen, L. P. (**2008**). *Facilitation in a PBL-environment*. Aalborg: UCPBL UNESCO Chair in Problem Based Learning. Aalborg: University Press.
- Kostka, M. & Köster, P. (**2005**). *Kompetent unterrichten – Ein Praxishandbuch für das Referendariat*. Leipzig: Klett Schulbuchverlag.

- Kremer, K. & Mayer, J. (2013). Entwicklung und Stabilität von Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 77–101.
- Krynock, K. B. & Robb, L. (1996). Is problem-based learning a problem for your curriculum? *Illinois School Research and Development Journal*, 33, 21–24.
- Kühlem, M. F. (2012). Praxisnähe für alle. Ruhr-Uni: Neuer Studiengang Humanmedizin soll im Wintersemester 2013/14 starten. *Ruhr-Nachrichten* vom 11. Juli 2012.
- Kühne, B. (2005). Informationssuche oder Informationskompetenz? Aspekte der Ausbildung am Fachbereich Bibliotheks- und Informationswissenschaft der schwedischen Växjö Universität. *Libreas Library Ideas*, 3, Artikel 1.  
Online-Zeitschrift: <http://libreas.eu/ausgabe3/003kue.htm> (Zugriff: 05.09.2015)
- Kuiper, T., Meijer, A. & Moust, J. (2011). Innovation in Public Health Teaching: The Maastricht Experience. *Public Health Reviews*, 33(1), 300–314.
- Labudde, P. (2004). Fächer übergreifender Unterricht in Naturwissenschaften: 'Bausteine' für die Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 22(1), 54–68.
- Labudde, P. (2010). Ziele bewusst machen – Kompetenzen fördern. In P. Labudde (Hrsg.), *Fachdidaktik Naturwissenschaft 1. - 9. Schuljahr*, S. 13–27. Bern – Stuttgart - Wien: Haupt.
- Labudde, P. & Möller, K. (2012). Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 15, 11–36.
- Lambros, A. (2004). *Problem-Based Learning in Middle and High School Classrooms: A Teacher's Guide to Implementation*. Thousand Oaks, CA, Crowin Press.
- Landesakademie für Fortbildung und Personalentwicklung an Schulen (2011). Online-Ressource:  
[http://Lehrerfortbildung-bw.de/faecher/deutsch/gym/fb1/01\\_ueberblick/kompetenz.htm](http://Lehrerfortbildung-bw.de/faecher/deutsch/gym/fb1/01_ueberblick/kompetenz.htm) (Zugriff: 12.09.16)
- Lederman, N. G., Schwartz, R. S., Abd-El-Khalick, F., & Bell, R. L. (2001). Preservice Teachers' Understanding and Teaching of the Nature of Science: An Intervention Study. *The Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, 1(2), 135–160.
- Lederman, N. G. (2004). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Hrsg.), *Scientific inquiry and nature of science*, S. 301–317. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education*, S. 831-879. Mahwah, NY: Erlbaum.
- Lee, R. M. K. W. & Kwan C.-Y. (1997). The Use of Problem-based Learning in Medical Education. *Journal of Medical Education*, 1(2), 149–157.
- Lembens, A. (2005). Genderfragen und naturwissenschaftlicher Unterricht. In A. Wellensiek, M. Welzel & T. Nohl (Hrsg.), *Didaktik der Naturwissenschaften – Quo vadis?*, S. 168–182. Berlin: Logos.
- Lemke, W., Stange, E.-M., Durner, H., Eckinger, L., Thielen, H., Weichhold, M., Besenfelder, G., Sehrbrock, I. & Heesen, P. (2000). Aufgaben von Lehrerinnen und Lehrern heute – Fachleute für das Lernen. In: *Gemeinsame Erklärung des Präsidenten der Kultusministerkonferenz und der Vorsitzenden der Bildungs- und Lehrergewerkschaften sowie ihrer Spitzenorganisationen Deutscher Gewerkschaftsbund DGB und DBB-Beamtenbund und Tarifunion*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 5.10.2000.
- Lersch, R. (2010). *Wie unterrichtet man Kompetenzen? Didaktik und Praxis kompetenzfördernden Unterrichts*. Wiesbaden: Institut für Qualitätsentwicklung des hessischen Kultusministeriums.

- Levy, F. & Murnane, R. J. (2005). How Computerized Work and Globalization Shape Human Skill Demands (IPC Working Paper IPC-05-006). Cambridge, MA: MIT.  
Abrufbar unter: <http://ipc.mit.edu/sites/default/files/documents/05-006.pdf> (Zugriff: 12.09.2016)
- Lewin, K. (1946). Action research and minority problems. *Journal of Social Issues*, 2(4), 34–64.  
(Übersetzung: H. E. Lück & G. Sewz (2009). Aktionsforschung und Minderheitenproblem. *Gestalt Theory*, 31(3/4), 473-486.
- Lindner, Friedrich W. (1808): *Über die historisch-genetische Methode. Ein Beitrag zur Verbesserung und Vereinfachung des Unterrichts sowohl in höhern, als niedern Schulen*, als Einladungsschrift zu den von Ostern 1808 an zu haltenden sowohl theoretischen, als auch praktischen, pädagogischen Vorlesungen. Leipzig.
- Liu, M., Williams, D. & Pedersen, S. (2002). Alien rescue: A problem-based hypermedia learning environment for middle school science. *Journal of Educational Technology Systems*, 30(3), 255–270.
- Liu, M., Hsieh, P., Cho, Y. J. & Schallert, D. L. (2006). Middle school students' self-efficacy, attitudes, and achievement in a computer-enhanced problem-based learning environment. *Journal of Interactive Learning Research*, 17(3), 225–242.
- Liu, M., Horton, L., Olmanson, J. & Toprac, P. (2011). A study of learning and motivation in a new media enriched environment for middle school science. *Educational Technology Research and Development*, 59(2), 249–265.
- Liu, M., Wivagg, J., Geurtz, R., Lee, S. & Chang, H. M. (2012). Examining How Middle School Science Teachers Implement a Multimedia-enriched Problem-based Learning Environment. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 6(2), 46–84.  
Online-Zeitschrift: <http://docs.lib.purdue.edu/ijpbl/vol6/iss2> (Zugriff: 16.03.2016)
- Liu, M., Horton, L., Lee, J., Kang, J., Rosenblum, J., O'Hair, M. & Lu, C. (2014). Creating a Multimedia Enhanced Problem-Based Learning Environment for Middle School Science: Voices from the Developers. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 8(1), 80–91.  
Online-Zeitschrift: <http://docs.lib.purdue.edu/ijpbl/vol8/iss1> (Zugriff: 16.03.2016)
- LMU (2008): Ludwig-Maximilians-Universität München. Online-Ressourcen: [www.mecum-online.de/de/studium/mecum/index.html](http://www.mecum-online.de/de/studium/mecum/index.html), <http://www.mecum-online.de/de/studium/longitudinalkurs/index.html> (Zugriff: 12.09.2016)
- Loyens, S. M. M., Magda, J. & Rikers, R. M. J. P. (2008). Self-Directed Learning in Problem-Based Learning and its Relationships with Self-Regulated Learning. *Educational Psychology Review*, 20, 411–427.
- LS: Landesinsitut für Schulentwicklung (2009). *Lernen im Fokus der Kompetenzorientierung*. Stuttgart: MKJS.
- LS: Landesinsitut für Schulentwicklung (2011). *Entwurf für Bildungsstandards Naturwissenschaft und Technik (NwT) Kursstufe 2-stündig*. Stuttgart: MKJS.
- Lück, H. E. (2016) *Die psychologische Hintertreppe: Die bedeutenden Psychologinnen und Psychologen in Leben und Werk*. Freiburg: Herder.
- Lucycity (2016). Eine virtuelle Lernstadt. Online-Ressource: [www.lucycity.de](http://www.lucycity.de) (Zugriff: 12.10.2016)
- Maier, N. R. F. (1930). Reasoning in humans. I. On direction. *Journal of Comparative Psychology*, 10(2), 115–143.
- Mamede, S., Schmidt, H. G. & Norman, G. R. (2006). Innovations in Problem-based Learning. What can we Learn from Recent Studies? *Advances in Health Sciences Education*, 1(4), Special issue: *Innovations in Problem-based Learning*, 403–422.
- Mandl, H. (2000). Was lernen wir in Schule und Hochschule: Träges Wissen? In B. Ralle & I. Melle (Hrsg.), *Chemiedidaktik auf neuen Wegen – neue Perspektiven für den Chemieunterricht*, S. 6–9. Dortmund: Universität, FB Chemie.

- Mandl, H. & Krause, U.-M. (2001). *Lernkompetenz für die Wissensgesellschaft* (Forschungsbericht Nr. 145). München: LMU, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie.
- Marmé, N. (2009). *Marmétics - ein interdisziplinäres Unterrichtsprojekt für die Klassen 8-10 zum Thema Kosmetik*. Unterrichtsmaterialien zu den Lehrkräftefortbildungen an der experimenta Heilbronn.
- Marmé, N. (2009a). *Lucy's Diner - ein Unterrichtsprojekt für die Klassen 8-10 zum Thema Naturwissenschaften des Kochens*. Unterrichtsmaterialien zum Lehrgang WiS!: „Chemische Vorgänge - allgegenwärtig und doch kaum bewusst“ an der Landesakademie Bad Wildbad.
- Marmé, N., Kneißl, I. & Knemeyer, J.-P. (2011). Die virtuelle Lernstadt Lucycity im naturwissenschaftlichen Unterricht. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*, S. 303–305. Münster: LIT-Verlag.
- Marmé, N. & Knemeyer, J.-P. (2011). Lucycity – eine virtuelle Lernstadt. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*, S. 300–302. Münster: LIT-Verlag.
- Marmé, N. & Knemeyer, J.-P. (2015). Kosmetikprojekt Marmétics verbindet außerschulisches Lernen mit dem regulären Schulunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 147, 42–43.
- Marmé, N., Knemeyer, J.-P. & Jannack, V. (2016). Lucycity – ein Unterrichtskonzept zum Einsatz von PBL in der Lehrerbildung. Vortrag auf dem Kongress „PBL – Kompetenzen fördern, Zukunft gestalten“, 16./17. Juni 2016 in Zürich, Schweiz. Abstract in *Kongress Problem-Based Learning 2016: PBL – Kompetenzen fördern, Zukunft gestalten. Abstracts Parallelsessions und Keynotes*, S. 37.  
Abrufbar unter: [www.pbl2016.ch/globalassets/pbl2016.ch/dokumente/20160701\\_pbl\\_\\_abstracts.pdf](http://www.pbl2016.ch/globalassets/pbl2016.ch/dokumente/20160701_pbl__abstracts.pdf)  
(Zugriff: 16.07.2016)
- Marmétics (2016). Homepage der fiktiven Firma *Marmétics*. Online-Ressource: <http://www.marmetics.lucy-city.de> (Zugriff: 03.03.2016)
- Mårtenson, D., Eriksson, H. & Ingelman-Sundberg, M. (1985). Medical chemistry: evaluation of active and problem-oriented teaching methods. *Medical Education*, 19, 34–42.
- Maudsley, G. (1999). Roles and responsibilities of the problem based learning tutor in the undergraduate medical curriculum. *British Medical Journal*, 318, 657–661.
- Mayring, P. (2002). *Einführung in die Qualitative Sozialforschung*, (1. Aufl. 1990, München: Psychologie-Verl. Union). Weinheim – Basel: Beltz.
- McComas, W. F. & Olson, J. K. (2002). The nature of science in international science education standards documents. In W. F. McComas (Hrsg.), *The nature of science in science education: Rationales and Strategies*, S. 41–52. Dordrecht: Kluwer Academics Publishers.
- McMaster University Hamilton, Ontario, Kanada (2015). Online-Ressource: [www.fhs.mcmaster.ca/mdprog](http://www.fhs.mcmaster.ca/mdprog)  
(Zugriff: 30.06.2016)
- McTaggart, R. (1994). Participatory Action Research: issues in theory and practice. *Educational Action Research*, 2(3), 313–337.
- Mennin, S. P., Friedman, M., Skipper, B., Kalishman, S. & Snyder, J. (1993). Performances on the NBME I, II and III by medical students in the problem-based learning and conventional tracks at the University of New Mexico. *Academic Medicine*, 68(8), 616–624.
- Mergendoller, J. R., Maxwell, N. L. & Bellisimo, Y. (2006). The Effectiveness of Problem-Based Instruction: A Comparative Study of Instructional Methods and Student Characteristics. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(2), 49–69.  
Online-Zeitschrift: <http://docs.lib.purdue.edu/ijpbl/vol1/iss2> (Zugriff: 16.03.2016)
- Mertens, D. (1974). Schlüsselqualifikationen. Thesen zur Schulung für eine moderne Gesellschaft. *Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung*, 7, 36–43.

- Messner, R. (2009). Forschendes Lernen aus schulischer Sicht. In R. Messner (Hrsg.), *Schule forscht – Ansätze und Methoden zum forschenden Lernen*, S. 15–30.
- Meyer, H. (2002). Unterrichtsmethoden. In: H. Kiper, H. Meyer & W. Topsch (Hrsg.), *Einführung in die Schulpädagogik*, S. 109–121. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Meyer, H. (2004). *Was ist guter Unterricht?* Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Mills, J. E. & Treagust, D. F. (2003). Engineering Education – Is Problembased or Projectbased Learning the Answer? *Australasian Journal of Engineering Education*, Artikel 4.
- MKJS: Ministeriums für Kultus und Sport Baden-Württemberg (1994a). Bildungsplan für die Grundschule. In Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.), *Kultus und Unterricht, Lehrplanheft 1*.
- MKJS: Ministeriums für Kultus und Sport Baden-Württemberg (1994b). Bildungsplan für die Hauptschule. In Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.), *Kultus und Unterricht, Lehrplanheft 2*.
- MKJS: Ministeriums für Kultus und Sport Baden-Württemberg (1994c). Bildungsplan für die Realschule. In Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.), *Kultus und Unterricht, Lehrplanheft 3*.
- MKJS: Ministeriums für Kultus und Sport Baden-Württemberg (1994d). Bildungsplan für das Gymnasium. In Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.), *Kultus und Unterricht, Lehrplanheft 4*.
- MKJS: Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2001). Bildungsplan für die Kursstufe des Gymnasiums. In Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.), *Kultus und Unterricht, Lehrplanheft 3*.
- MKJS: Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2004a). *Bildungsplan Grundschule*. Ditzingen: Reclam.
- MKJS: Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2004b). *Bildungsplan Hauptschule, Werkrealschule*. Ditzingen: Reclam.
- MKJS: Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2004c). *Bildungsplan Realschule*. Ditzingen: Reclam.
- MKJS: Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2004d). *Bildungsplan Gymnasium*. Ditzingen: Reclam.
- MKJS: Ministerium für Kultus, Jugend und Sport (2004e). Der Bildungsplan kurz vorgestellt. Online-Ressource: [http://www.bildung-staerkt-menschen.de/schule\\_2004/bildungsplan\\_kurz](http://www.bildung-staerkt-menschen.de/schule_2004/bildungsplan_kurz) (Zugriff 12.09.16)
- MKJS: Ministeriums für Kultus und Sport Baden-Württemberg (2016). Bildungsplan des Gymnasiums. In Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.), *Kultus und Unterricht, Lehrplanheft 3*.
- MKJS: Ministeriums für Kultus und Sport Baden-Württemberg (2016a). *Naturwissenschaft und Technik (NwT) – Profulfach*. Heft 38, Teildruck aus Kultus und Unterricht, Lehrplanheft 3. Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag.
- MKJS: Ministeriums für Kultus und Sport Baden-Württemberg (2016b). *Chemie*. Heft 25, Teildruck aus Kultus und Unterricht, Lehrplanheft 3. Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag.

- MKJS: Ministeriums für Kultus und Sport Baden-Württemberg (2016c). *Biologie*. Heft 26, Teildruck aus Kultus und Unterricht, Lehrplanheft 3. Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag.
- MKJS: Ministeriums für Kultus und Sport Baden-Württemberg (2016d). *Biologie, Naturphänomene und Technik (BNT)*. Heft 23, Teildruck aus Kultus und Unterricht, Lehrplanheft 3. Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag.
- MKJS: Ministeriums für Kultus und Sport Baden-Württemberg (2016e). *Physik*. Heft 24, Teildruck aus Kultus und Unterricht, Lehrplanheft 3. Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag.
- Mokhonko, S., Ștefănică, F. & Nickolaus, R. (2014). NwT-Unterricht: Herausforderungen bei der Einführung eines neuen Faches im Spiegel einer aktuellen Bestandsaufnahme. *Journal of Technical Education*, 2(1), 102–128.
- Möller, K. (2001). Genetisches Lehren und Lernen – Facetten eines Begriffs. In D. Cech, B. Feige, J. Kahlert, G. Löffler, H. Schreier, H.-J. Schwier & U. Stoltenberg (Hrsg.), *Die Aktualität der Pädagogik Martin Wagen-scheins für den Sachunterricht*, S. 15–30. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Moore, G. T. (1997). Initiating problem-based learning at Harvard Medical School. In D. Boud & G. E. Feletti (Hrsg.), *The Challenge of Problem-based Learning*, S. 73-80, (1. Aufl. 1991). London – New York: Routledge.
- Moser, H. (1995). *Grundlagen der Praxisforschung*. Freiburg: Lambertus Verlag.
- Moust, J. H. C., Bouhuijs, P. A. J. & Schmidt, H. G. (1999). *Problemorientiertes Lernen*. Wiesbaden: Ullstein Medical.
- Moust, J. H. C., Van Berkel, H. J. & Schmidt, H. G. (2005). Signs of erosion: reflections on three decades of problem-based learning at Maastricht University. *Higher Education*, 50, 665–683.
- Müller, C. (2007). *Implementation von Problem-based Learning – Eine Evaluationsstudie an einer Höheren Fachschule*. Bern: Hep-Verlag.
- Müller, C. (2008). Gestaltung von problembasierten Lernumgebungen (Problem-based Learning) Eine Analyse aus motivations- und kognitionspsychologischer Sicht. *Netzwerk*, 1, 20–33.
- Neber, H. (1978). Selbstgesteuertes Lernen (lern- und handlungspsychologische Aspekte), S. 33-44. In H. Neber, A. C. Wagner & W. Einsiedler (Hrsg.), *Selbstgesteuertes Lernen: psychologische und pädagogische Aspekte eines handlungsorientierten Lernens*. Weinheim - Basel: Beltz.
- Neu, C. & Melle, I. (1998). Die Fortbildung von Chemielehrerinnen und -lehrern – Gegenwärtige Situation und Möglichkeiten zur Veränderung. *Chemkon*, 5(4), 181–186.
- Neubert, S., Reich, K. & Voß, R. (2001). Lernen als konstruktiver Prozess. In T. Hug (Hrsg.), *Die Wissenschaft und ihr Wissen* (Band 1), S. 253–265. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Neufeld, K. (2008). *Evaluation der PBL-Unterrichtseinheit "Gummibälle" für den Chemieunterricht der Oberstufe*. Staatsexamensarbeit am Physikalisch-Chemischen Institut der Ruprecht-Karls-Universität zu Heidelberg.
- Neufeld, V. R. & Barrows, H. S. (1974). The 'McMaster Philosophy': An Approach to Medical Education. *Journal of Medical Education*, 49, 1040–1050.
- Neufeld, V. R., Woodward, C. A. & MacLEOD, S. M. (1989). The McMaster M.D. Program: A Case-Study of Renewal in Medical Education. *Academic Medicine*, 64(8), 423–432.
- Newman, M. (2003). *A pilot systematic review and meta-analysis on the effectiveness of problem based learning*. Newcastle: Learning & Teaching Subject Network.
- Noffke, S. (1994). Action research: towards the next generation. *Educational Action Research*, 2(1), 9–21.
- Norman, G. R. & Schmidt, H. G. (1992). The Psychological Basis of Problem-based Learning: A Review of the Evidence. *Academic Medicine*, 67(9), 557–565.

- Norman, G. R. & Schmidt, H. G. (2000). Effectiveness of problem-based learning curricula: theory, practice and paper darts. *Medical Education*, 34(9), 721–728.
- NRC: National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- NRC: National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Ochsmann, E., Drexler, H. & Schmid, K. (2010). Medizinstudium: Berufseinstieg bereitet vielen Absolventen Probleme. *Deutsches Ärzteblatt*, 107(14), 654–655.
- OECD (2005). *Definition und Auswahl von Schlüsselkompetenzen. Zusammenfassung*. Paris: OECD.  
Abrufbar unter: [www.oecd.org/pisa/35693281.pdf](http://www.oecd.org/pisa/35693281.pdf) (Zugriff: 04.06.2015)  
(Deutsche Zusammenfassung von: D. S. Rychen & L. H. Salganik (Hrsg.) (2001), *Defining and selecting key competencies*. Göttingen: Hogrefe & Huber.)
- OECD (2007). *PISA 2006: Schulleistungen im internationalen Vergleich: Naturwissenschaftliche Kompetenzen für die Welt von Morgen*. Bielefeld: Bertelsmann.
- Oelkers, J. & Kraus, P. A. (2014). Problembasiertes Lernen (PBL) in der rechtswissenschaftlichen Lehre – Ein Anwendungsbericht. *Zeitschrift für Didaktik der Rechtswissenschaft*, 2, 142–149.
- Oğuz-Ünver, A. & Arabacıoğlu, S. (2011). Overviews on Inquiry Based and Problem Based Learning Methods. *Western Anatolia Journal of Educational Sciences, Sonderausgabe*, 303–310.  
Online-Zeitschrift: [http://webb.deu.edu.tr/baed/giris/baed/index.php?lang=&menu\\_id=9](http://webb.deu.edu.tr/baed/giris/baed/index.php?lang=&menu_id=9) (Zugriff: 16.03.2016)
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What “Ideas-about-Science” Should Be Taught in School Science? - A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692–720.
- Osborne, J. (2007). Science Education for the Twenty First Century. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(3), 173–184.
- Ottitsch, J. & Zumbach, J. (2012). Erfolgreiches E-Tutoring beim Problembasierten Lernen online. In M. Mair, G. Brezowar, G. Olsowski & J. Zumbach (Hrsg.), *Problem-Based Learning im Dialog*, S. 363–370. Wien: facultas.
- Pant, H. A. (2016). Einführung in den Bildungsplan 2016. In Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.), *Bildungsplan 2016: Lehrerbegleitheft*, S. 4–15. Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag.  
Online abrufbar unter: [www.bildungsplaene-bw.de/Lde/3748176](http://www.bildungsplaene-bw.de/Lde/3748176) (Zugriff: 05.06.2016)
- Parchmann, I., Ralle, B. & Demuth, R. (2000). Chemie im Kontext, eine Konzeption zum Aufbau und zur Aktivierung fachsystematischer Strukturen in lebensweltorientierten Fragestellungen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 53(3), 132–137.
- Parchmann, I. & Gräsel, C. (2005). Lehrkräftefortbildung als Anregung und Unterstützung einer kooperativen Weiterentwicklung von Unterricht. In A. Wellensiek, M. Welzel & T. Nohl (Hrsg.), *Didaktik der Naturwissenschaften – Quo vadis?*, S. 168–182. Berlin: Logos.
- Platzmann, A. A. & Schmitt, G. (2007). *Lern-Psychologie*. Essen: Universität Duisburg-Essen, Campus Essen.  
Online-Ressource: <http://www.lern-psychologie.de> (Zugriff: 30.06.2016)
- Pavlov, I. P. (1927). *Conditioned Reflexes: An Investigation of the Physiological Activity of the Cerebral Cortex* (übersetzt von G. V. Anrep). London: Oxford University Press.



- Pavlov, I. P. (1928). *Lectures on conditioned reflexes: twenty-five years of objective study of the higher nervous activity (behaviour) of animals* (übersetzt von W. H. Gantt). New York: International Publishers.
- Peters, T. J. & Waterman, R. H. (<sup>9</sup>2003). *Auf der Suche nach Spitzenleistung: Was man von den bestgeführten US-Unternehmen lernen kann*, (1. Aufl. 1982, aus dem amerikanischen übersetzt von H. Reddmann unter Mitwirkung von G. E. Schlichting). Frankfurt/Main: Redline.
- Peterßen, W. H. (<sup>3</sup>2009). *Kleines Methoden-Lexikon*, (1. Aufl. 1999). München: Oldenbourg Schulbuchverlag.
- Piaget, J. (1928). *The Child's Conception of the World*. London: Routledge and Kegan Paul.  
[Original: La Représentation du monde chez l'enfant (1926).]
- Piaget, J. (1952). *The Origins of Intelligence in Children* (übersetzt von M. Cook). New York: International Universities Press.
- Pohl-Stiftung, Reinfried (2010). *Neues Lehrkonzept: Mit TV-Serie „Dr. House“ zu höchster deutscher Auszeichnung für exzellente Lehre in der Medizin*, Pressemitteilung vom 24.06.2010.  
Abrufbar unter: [www.uni-marburg.de/aktuelles/news/2010a/arslegendi](http://www.uni-marburg.de/aktuelles/news/2010a/arslegendi) (Zugriff: 16.03.16).
- Preckel, D. (2004). Problembasiertes Lernen: Löst es die Probleme der traditionellen Instruktion? *Unterrichtswissenschaft*, 32(3), 274–287.
- Prediger, S., Link, M., Hinz, R., Hußmann, S., Thiele, J. & Ralle, B. (2012): Lehr-Lernprozesse initiieren und erforschen – Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 65(8), 452–457.
- Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., Blum, W., Hammann, M., Klieme, E. & Pekrun, H. (Hrsg.) (2008). PISA 2006 in Deutschland. Die Kompetenzen der Jugendlichen im dritten Ländervergleich. Münster: Waxmann.  
Zusammenfassung abrufbar unter: [http://www.landeselternrat.de/archiv/PISA2006\\_national.pdf](http://www.landeselternrat.de/archiv/PISA2006_national.pdf) (06.04.16)
- Prenzel, M. (1993). Autonomie und Motivation im Lernen Erwachsener. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), 239–253.
- Prince, M. (2004). Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231.
- Prince, M. J. & Felder, R. M. (2006). Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123–138.
- Pyysalo, R., Kruppa, K. & Mandl, H. (2001). Problemorientiertes Lernen in computerunterstützten Lernumgebungen: Internationale best-practice Beispiele (Praxisbericht Nr. 25). München: LMU, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie.
- Quellmann, T. (2003). Problemorientiertes Lernen (POL) – Eine Lehr-/Lernmethode nicht nur für die Allgemeinmedizin. *Medizinische Ausbildung*, 20, 164–167.
- Ramsey, J., Hungerford, H. & Volk, T. (1989). A Technique for Analyzing Environmental Issues. *Journal of Environmental Education*, 24–29.
- Rautenhaus, H. (2007). Differenzierung und Individualisierung. In Bausch, Christ & Krumm (Hrsg.), *Handbuch Fremdsprachenunterricht*, 211–213. Tübingen: Francke.
- Reich, K. (2003): Problembasiertes Lernen. In K. Reich (Hrsg.): Methodenpool. Online-Ressource: [http://methodenpool.uni-koeln.de/problembased/frameset\\_vorlage.html](http://methodenpool.uni-koeln.de/problembased/frameset_vorlage.html) (Zugriff: 12.09.2016)
- Reich, K. (2012): Übersicht. In K. Reich (Hrsg.): Methodenpool. Online-Ressource: [http://www.methodenpool.uni-koeln.de/frameset\\_uebersicht.htm](http://www.methodenpool.uni-koeln.de/frameset_uebersicht.htm) (Zugriff: 06.06.16).
- Reich, K. (2014). Übersicht über Publikationen. Online-Ressourcen: <http://www.hf.uni-koeln.de/30899>, [http://www.uni-koeln.de/hf/konstrukt/reich\\_works/buecher/index.html](http://www.uni-koeln.de/hf/konstrukt/reich_works/buecher/index.html), [http://www.uni-koeln.de/hf/konstrukt/reich\\_works/aufsätze/index.html](http://www.uni-koeln.de/hf/konstrukt/reich_works/aufsätze/index.html) (Zugriff: 06.06.2016)

- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (1998). *Wissensvermittlung: Ansätze zur Förderung des Wissenserwerbs*. In F. Klix und H. Sparda (Hrsg.), *Wissen, C/II/6, Enzyklopädie der Psychologie*, S. 457-500. Göttingen – Bern – Toronto – Seattle: Hogrefe.
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 33(1), 52–69.
- Reinmann, G. & Mandl, H. (2006): Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In A Krapp & B. Weidemann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (1. Aufl. 1986), S. 613–658. Weinheim – Basel: Beltz.
- Repke, I. (2004). Universitäten: Ein ganz anderer Schlag. *Der Spiegel*, 43, 76–78.
- Reusser, K. & Messner, H. (2002). Das Curriculum der Lehrerinnen- und Lehrerbildung - ein vernachlässigtes Thema. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 20(3), 282–299.
- Reusser, K. (2005). Problemorientiertes Lernen – Tiefenstruktur, Gestaltungsformen, Wirkung. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 23(2), 159–182.
- Ribeiro, L. R. C. (2011). The Pros and Cons of Problem-Based Learning from the Teacher's Standpoint. *Journal of University Teaching & Learning Practice*, 8(1), 4.  
Online-Zeitschrift: <http://ro.uow.edu.au/jutlp/vol8/iss1> (Zugriff: 16.03.2016)
- Richter, E. (1896). *Politisches ABC-Buch: ein Lexikon parlamentarischer Zeit- und Streitfragen* (1. Aufl. 1880). Berlin: Fortschritt, Aktiengesellschaft.
- Rieck, F. (2005). Traditioneller Unterricht. Online-Ressource: [http://www.frank-rieck.de/Material\\_Pruefung/Traditioneller\\_%20Unterricht.doc](http://www.frank-rieck.de/Material_Pruefung/Traditioneller_%20Unterricht.doc) (Zugriff: 12.09.2016)
- Rieß, F. (1997). Defizite des naturwissenschaftlichen Unterrichts in Deutschland. In A. Dally, T. Nielsen & F. Rieß (Hrsg.), *Geschichte und Theorie der Naturwissenschaften im Unterricht - ein Weg zur naturwissenschaftlich-technischen Alphabetisierung?*, S. 14–32. (Loccumer Protokolle 53/96.)
- Roberts, D. A. (2007). Scientific Literacy/ Science Literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education*, S. 729–780. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). *Naturwissenschaftliche Erziehung JETZT: Eine erneuerte Pädagogik für die Zukunft Europas*. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
- Ross, B. (1997). Towards a Framework for Problem-based Curricula. In D. Boud & G. E. Feletti (Hrsg.), *The Challenge of Problem-based Learning*, (1. Aufl. 1991), S. 28–35. London: Kogan Page Limited.
- Ruhr-Universität in Bochum (2016). Online-Ressourcen: <http://www.zml.ruhr-uni-bochum.de/msm.html.de>, <http://www.ruhr-uni-bochum.de/msm/> (Zugriff: 02.07.2016).
- Rumann, S. (2004). *Kooperatives Experimentieren im Chemieunterricht - Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie zur Säure-Base-Thematik*. Dissertation an der Universität Duisburg - Essen.
- Sage, S. M. & Torp, L. P. (1997). What Does it Take To Become a Teacher of Problem-Based Learning?. *Journal of Staff Development*, 18(4), 32–36.
- Savery, J. R. & Duffy, T. M. (1995). Problem Based Learning: An Instructional Model and its Constructivist Framework. *Educational Technology*, 35(5), 31–37.
- Savery, J. R. (2006). Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 1(1), 9–20.  
Online-Zeitschrift: <http://docs.lib.purdue.edu/ijpbl/vol1/iss1> (Zugriff: 16.03.2016).

- Schallies, M., Wellensiek, A., & Lembens, A. (2002). The Development of Mature Capabilities for Understanding and Valuing in Technology through School Project Work: Individual and Structural Preconditions. *International Journal of Technology and Design Education*, 12, 41–58.
- Schallies, M. (2005). Naturwissenschaftlicher Unterricht im neuen Jahrhundert. In Pädagogische Hochschule Heidelberg, Institut für Weiterbildung (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht – quo vadis?* (Informationsschrift 68), S. 24-31. Nördlingen: Steinmeier.
- Scharf, V. (1994): Urteile und Vorurteile über Chemie. Zu den Problemen des Verstehens und Verständigens aus der Sicht eines Chemiedidaktikers. *ChemKON*, 1(1), 8–14.
- Schemme, D. (2006). Koproductive Wissensgenerierung zwischen Wissenschaft und Praxis in Modellversuchen. In Humboldt Universität (Berlin)/ Inst. f. Erziehungswissenschaften (Hrsg.), *Dokumentation Expertenworkshop „Forschung und Begleitung erwachsenenpädagogischer Modellprojekte im Strukturwandel“*, S. 101-109. Berlin: HU.
- Schmidkunz, H. & Lindemann, H. (2003). *Das Forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren. Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht: Mit aktuellen Unterrichtsbeispielen*, (1. Aufl. 1976). Hohenwarsleben: Westarp Wissenschaften.
- Schmidt, H. G. (1983). Problem-based Learning – rationale and description. *Medical Education*, 17, 11–16.
- Schmidt, H. G., De Volder, M. L., De Grave, W. S., Moust, J.H. & Patel, V. L. (1989). Explanatory Models in the Processing of Science Text: The Role of Prior Knowledge Activation Through Small-Group Discussion. *Journal of Educational Psychology*, 81(4), 610–619.
- Schmidt, H. G., Machiels-Bongaerts, M., Hermans, H., ten Cate, T. J., Venekamp, R. & Boshuizen, H. P. A. (1996). The development of diagnostic competence: Comparison of a problem-based, an integrated, and a conventional medical curriculum. *Academic Medicine*, 71, 658–664.
- Schmidt, H. G., Loyens S. M. M., van Gog, T. & Paas, F. (2007). Problem-Based Learning is Compatible with Human Cognitive Architecture: Commentary on Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 91–97.
- Schmidt, H. G., Cohen-Schotanus, J., van der Molen, H. A. T., Splinter, T. A. W., Bulte, J., Holdrinet, R. & van Rossum, H. J. M. (2010). Learning more by being taught less: a „time-for-selfstudy“-theory explaining curricular effects on graduation rate and study duration. *Higher Education*, 60, 287–300.
- Schmidt, H. G. (2016). *Problem-based learning: What works and why?* Vortrag auf dem Kongress „PBL – Kompetenzen fördern, Zukunft gestalten“, 16./17. Juni 2016 in Zürich, Schweiz.  
Abrufbar unter: <http://www.pbl2016.ch/de/deutsch/kongress-review/> (Zugriff: 04.07.2016)
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G. & Crawford, B. A. (2004). Developing Views of Nature of Science in an Authentic Context: An Explicit Approach to Bridging the Gap Between Nature of Science and Scientific Inquiry. *Science Teacher Education*, 88(4), 610–645.
- Seeberg, S., Jannack, V., Knemeyer, J.-P. & Marmé, N. (2011). Marmetics - ein Kosmetikprojekt in der virtuellen Lernstadt Lucycity. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*, S. 306–308. Münster: LIT-Verlag.
- Seidel, T., Prenzel, M., Wittwer, J. & Schwindt, K. (2007). Unterricht in den Naturwissenschaften. In M. Prenzel, C. Artelt, J. Baumert, W. Blum, M. Hammann, E. Klieme & R. Pekrun (Hrsg.), *PISA 2006 - Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie*, S. 147–180. Münster: Waxmann.
- Sennebogen, S., Wetsch, N. & Neuhaus B. J. (2010). Kooperatives Lernen und Wettbewerb im Biologieunterricht - Einfluss eines biologischen Egg-Races auf situationales Interesse, Leistung und Zufriedenheit der Lernenden. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 9, 89–102.

- Shuell, T. J. (1986). Cognitive Conceptions of Learning. *Review of Educational Research*, 56(4), 411–436.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Siebert, H. (1998). *Konstruktivismus: Konsequenzen für Bildungsmanagement und Seminargestaltung*. Deutsches Institut für Erwachsenenbildung (DIE), K. Meisel (Hrsg.). Frankfurt/Main: DIE.
- Simons, K. D. & Ertmer, P. A. (2005). Scaffolding disciplined inquiry in problem-based environments. *International Journal of Learning*, 12(6), 297–305.
- SIU: Southern Illinois University (2012). Homepage der Universität. Online-Ressource: <http://www.siumed.edu/dme/PBL-Home.html> (Zugriff: 02.07.2016)
- Sjøberg, S. & Schreiner, C. (2010). *The ROSE project: an overview and key findings*.  
Abrufbar unter: <http://roseproject.no/network/countries/norway/eng/nor-Sjoberg-Schreiner-overview-2010.pdf> (Zugriff: 12.09.2016)
- Skinner, B. F. (1935). Two Types of Conditiones Reflex and a Pseudo Type. *Journal of General Psychology*, 12, 66–77.
- Skinner, B. F. (1938). *The Behavior of Organisms: An Experimental Analysis*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Slavin, R. E. (1991). Synthesis og Research on Cooperative Learning. *Educational Leadership*, 48(5), 71–82.
- Smits, P., Verbeek, J. & de Buissonjé, C. (2002). Problem based learning in continuing medical education: a review of controlled evaluation studies. *British Medical Journal*, 324, 153–156.
- Spiegel (1978). „Nicht mal gelernt eine Wunde zu schließen“ – Ärzte-Ausbildung: Die Bonner Studienreform brachte die Heilkunde in Rückstand. *Der Spiegel*, 30, 40–45.
- Spöhring, W. (1989). *Qualitative Sozialforschung*. Stuttgart: Teubner.
- Stark, R., Herzmann, P. & Krause, U.-M. (2010). Effekte integrierter Lernumgebungen - Vergleich problematischer und instruktionsorientierter Seminarkonzeptionen in der Lehrerbildung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 56(4), 548–563.
- Stäudel, L. (2007). Guter Unterricht mit guten Aufgaben - Beispiele aus den naturwissenschaftlichen Fächern. *Friedrich Jahresheft 2007*, 47–49.
- Staudt, E., Kottmann, M. & Merker, R. (1999). Kompetenzdefizite von Naturwissenschaftlern und Ingenieuren behindern den Strukturwandel und verhindern Innovationen. *Zeitschrift für Politik*, 1, 5–28.
- Steiner, T., Jünger, J., Schmidt, J., Bardenheuer, H., Kirschfink, M., Kadmon, M., Schneider, G., Seller, H. & Sonntag, H.G. (2003). HEICUMED: Heidelberger Curriculum Medicinale – Ein modularer Reformstudiengang zur Umsetzung der neuen Approbationsordnung. *Zeitschrift für Medizinische Ausbildung*, 20, 87–91.
- Stenhouse, L. (1975). *An Introduction to Curriculum Research and Development*. London: Heinemann.
- Stepien, W. & Gallagher, S. (1993). Problem-based learning: As authentic as it gets. *Educational Leadership*, 50(7), 25–29.
- Stork, H. (1995). Was bedeuten die aktuellen Forderungen „Schülvorstellungen berücksichtigen, ‚konstruktivistisch‘ lehren!“ für den Chemieunterricht in der Sekundarstufe I? *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften*, 1(1), 15–28.
- Straka, G. A. & Macke, G. (2009). Berufliche Kompetenz: Handeln können, wollen und dürfen. Zur Klärung eines diffusen Begriffs. *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis*, 38(3), 14–17.

- Strobel, J. & van Barneveld, A. (2009). When is PBL More Effective? A Meta-synthesis of Meta-analyses Comparing PBL to Conventional Classrooms. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 3(1), 44–58. Online-Zeitschrift: <http://docs.lib.purdue.edu/ijpbl/vol3/iss1> (Zugriff: 16.03.2016)
- Sumfleth, E., Wild, E., Rumann, S. & Exeler, J. (2002). Wege zur Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung im Chemieunterricht - Kooperatives Problemlösen im schulischen und familialen Kontext zum Themenbereich Säure-Base. In M. Prenzel & J. Doll (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen*, S. 207–221. Weinheim : Beltz. (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft 45.)
- Sumfleth, E. & Fischer, H. (2005). Naturwissenschaftsdidaktische Forschung – Quo vadis? In A. Wellensiek, M. Welzel & T. Nohl (Hrsg.), *Didaktik der Naturwissenschaften – Quo vadis?*, S. 168–182. Berlin: Logos.
- Suwelack, W. (2010). Lehren und Lernen im kompetenzorientierten Unterricht - Modellvorstellungen für die Praxis: Vom Kompetenzmodell zum Prozessmodell (»Lernfermenter«). *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 63(3), 176–182.
- Szögedi, I., Zrínyi, M., Betlehem, J., Ujváriné, A.S. & Tóth H. (2010). Training nurses for CPR: support for the problem-based approach. *European Journal of Cardiovascular Nursing*, 9(1), 50–56.
- Terhart, Ewald (1999). Konstruktivismus und Unterricht. Gibt es einen neuen Ansatz in der Allgemeinen Didaktik? *Zeitschrift für Pädagogik*, 45(5), 629–647.
- Thomas, G. & Durant, J. (1987). Why should we promote the public understanding of science? *Scientific Literacy Papers*, 1, 1-14.
- Thorndike, E. L. (1911). *Animal Intelligence: experimental studies*. New York: Macmillan.
- Thumann, P. (2003). Unterrichtsmethoden. Online-Ressource: [www.peterthumann.de/uni/Downloads/Methodenebersicht.pdf](http://www.peterthumann.de/uni/Downloads/Methodenebersicht.pdf) (Zugriff: 12.09.16)
- Tillmann, K.-J. (1997). Brauchen Lehrer Lehrpläne? *Neue Sammlung*, 37, 585-601.
- Tillmann, K.-J. (2009). Die Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz – Zur bildungspolitischen Entwicklung seit 2000. In R. Wernstedt & M. John-Ohnesorg (Hrsg.), *Bildungsstandards als Instrument schulischer Qualitätsentwicklung*. Berlin: Friedrich-Ebert-Stiftung.
- Torp, L. P. & Sage, S. M. (1998). *Problems as Possibilities: Problem-Based Learning for K-12 Education*. Alexandria, VA: Association for Supervision & Curriculum Development.
- Torp, L. P. & Sage, S. M. (2002). *Problems as Possibilities: Problem-Based Learning for K-16 Education*. Alexandria, VA: Association for Supervision & Curriculum Development.
- Tsou, K.-I., Cho, S.-L., Lin, C.-S., Sy, L. B., Yang, L.-K., Chou, T.-Y. & Chiang, H.-S. (2009). Short-term Outcomes of a Near-full PBL Curriculum in a New Taiwan Medical School. *Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, 25(5), 282-292.
- UM: Maastricht University, Niederlande (2016). Online-Ressource: [www.maastrichtuniversity.nl/web/Main/AboutUM.htm](http://www.maastrichtuniversity.nl/web/Main/AboutUM.htm) (Zugriff: 07.07.2016)
- Unger, H. von (2014). *Partizipative Forschung – Einführung in die Forschungspraxis*. Wiesbaden: Springer VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Urahn, D., Kremer, K. & Mayer, J. (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? Entwicklung und erste Schritte zur Validierung eines Fragebogens. *Unterrichtswissenschaft*, 36(1), 71–93.
- UW/H: Universität Witten/Herdecke (2013). Chronik. In UW/H (Hrsg.), *30 Jahre Zukunftsbildung! Wittener Wirkungsgeschichten*, S. 194-197.

- Vermaasen, W. (2000). Modellstudiengang Medizin startet. *Neue Perspektiven 4*. Abgedruckt in Universität Witten/Herdecke (Hrsg.), *30 Jahre Zukunftsbildung! Wittener Wirkungsgeschichten*, S. 128–129, (2013).
- Vernon, D. T. A. & Blake, R. L. (1993). Does problem-based learning work? A meta-analysis of evaluative research. *Academic Medicine*, 68(7), 550–563.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Vygotsky, L. S. (1986). *Thought and Language* (übersetzt und überarbeitet von Alex Kozulin, engl. Erstauf. 1962). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Wadsworth, Y. (1998). *What is Participatory Action Research?* Melbourne: Action Research International. Ab-  
rufbar unter: <http://www.aral.com.au/ari/p-ywadsworth98.html> (Zugriff: 16.03.2016)
- Wagenschein, M. (1968). *Verstehen lehren – genetisch, sokratisch, exemplarisch*. Weinheim – Basel: Beltz.
- Wagner, B. (2005). Didaktik der Technik – Kap. 5 Sozial- und Aktionsformen. Online-Ressource: [www.zdt.uni-hannover.de/images/1/1e/DT-5-Sozial-Aktionsformen.pdf](http://www.zdt.uni-hannover.de/images/1/1e/DT-5-Sozial-Aktionsformen.pdf) (Zugriff: 13.01.15)
- Wahser, I. & Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 219–241.
- Walker, A. & Leary, H. (2009). A Problem Based Learning Meta Analysis: Differences Across Problem Types, Implementation Types, Disciplines, and Assessment Levels. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 3(1), 6–28.  
Online-Zeitschrift: <http://docs.lib.purdue.edu/ijpbl/vol3/iss1> (Zugriff: 16.03.2016)
- Wang, F. & Hannafin, M. J. (2005). Design-Based Research and Technology-Enhanced Learning Environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5–23.
- Watson, J. B. (1907). Studying the Mind of Animals. *The World Today*, 12, 421–426.
- Watson, J. B. (1913). Psychology as the Behaviorist Views it. *Psychological Review*, 20, 158–177.
- Watzlawick, P., Weakland, J. H. & Fisch, R. (1979). *Lösungen: Zur Theorie und Praxis menschlichen Wandels*. Bern - Stuttgart - Wien: Hans Huber.
- Weber, A. (2004). *Problem-based Learning – Ein Handbuch für die Ausbildung auf der Sekundarstufe II und der Tertiärstufe*. Bern: h.e.p.-Verlag.
- Weber, A. (2005). Problem-Based Learning – Ansatz zur Verknüpfung von Theorie und Praxis. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 23(1), 94–104.
- Weber, A. (2007). Problem-Based Learning – Eine Lehr- und Lernform gehirngerechter und problemorientierter Didaktik. In J. Zumbach, A. Weber & G. Olsowski (Hrsg.), *Problembasiertes Lernen – Konzepte, Werkzeuge und Fallbeispiele aus dem deutschsprachigen Raum*, S. 15–32, Bern: h.e.p.-Verlag.
- Weber, A. (2007a). Mit Problem-Based Learning die Problemlösefähigkeit fördern. *Profil – Magazin für das Lehren und Lernen*, 3, 20–21.
- Weber, A. (2012). Problemorientiertes Lernen. Was ist das, und wie geht das? *Pädagogik*, 64(7/8), 32–35.
- Weber, A. (2014). Mit Problem-Based Learning (PBL) zum Erfolg. *Didaktiknachrichten*, 10, 3–11.
- Weidhase, S. & Heimann, R. (2015). Wie überprüft man Hypothesen? Förderung des naturwissenschaftlichen Denkens in Stufe 7. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 64(6), 17–22.

- Weinert, F. E. (1998). Vermittlung von Schlüsselqualifikationen. In S. Matalik & D. Schade (Hrsg.), *Entwicklungen in Aus- und Weiterbildung: Anforderungen, Ziele, Konzepte; Beiträge zum Projekt „Humanressourcen“ [Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg]*, S. 23–43. Baden-Baden: Nomos.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F.E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen*, S. 17–31. Weinheim - Basel: Beltz.
- Weinert, F. E. (2001a). Ansprüche an das Lernen in der heutigen Zeit. Online-Ressource: <http://blk.mat.uni-bayreuth.de/material/weinert/index.html> (Zugriff: 12.09.2016)
- Wellensiek, A. (2005). Lernsinn im naturwissenschaftlichen Unterricht. In Pädagogische Hochschule Heidelberg, Institut für Weiterbildung (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht – quo vadis?*, Informationsschrift 68, S. 24–31. Nördlingen: Steinmeier.
- Wernstedt, R. & John-Ohnesorg, M. (2009). 10 Fragen – 10 Antworten. In R. Wernstedt & M. John-Ohnesorg (Hrsg.), *Bildungsstandards als Instrument schulischer Qualitätsentwicklung*. Berlin: Friedrich-Ebert-Stiftung.
- Weyrauther, U. (2016). Homepage der AG-NwT. Online-Ressource: [www.nwt-bw.de](http://www.nwt-bw.de) (Zugriff: 01.07.2016)
- Whyte, W. F., Greenwood, D. J. & Lazes, P. (1989). Participatory Action Research. , Participatory action research: Through practice to science in social research. *American Behavioral Scientist*, 32(5), 513–551.
- Wiedersheim, R. (1984). Ärztliche Ausbildung: Neue Ärzte braucht das Land! *Themen 3/4*. Gekürzte Version in Universität Witten/Herdecke (Hrsg.), *30 Jahre Zukunftsbildung! Wittener Wirkungsgeschichten*, S. 22–25, (2013).
- Wilder, S. (2015). Impact of problem-based learning on academic achievement in high school: a systematic review. *Educational Review Volume*, 67(4), 414–435.
- Wilhelm, M. & Brovelli, D. (2009). Problembasiertes Lernen (PBL) in der Lehrpersonenbildung: Der Drei-Phasen-Ansatz der Naturwissenschaften *Beiträge zur Lehrerbildung*, 27(2), 195–203.
- Wilhelm, M. (2007). Was ist guter Naturwissenschafts-Unterricht? *Chimica et ceterae artes rerum naturae didacticae*, 98(33), 71–91.
- Wilhelm, T., Tobias, V., Waltner, C, Hopf, M. & Wiesner, H. (2012). Design-Based Research am Beispiel der zweidimensional-dynamischen Mechanik. In S. Bernholt (Hrsg.): *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*, S. 31–47. Münster: Lit-Verlag.
- Willems, J. (1981). Problem-based (group) teaching: a cognitive science approach to using available knowledge. *Instructional Science*, 10, 5–21.
- Windhösel (2016). Homepage der fiktiven Firma *Windhösel-Kraftwerke*. Online-Ressource: <http://www.windhoesel-kraftwerke.lucycity.de> (Zugriff: 03.03.2016)
- Wolf, K., Kamper, A. & Nissler, A. (2013). Problembasiertes Lernen (PBL) in Mathematik und Technik – Ein Ansatz für mehr Anwendungsbezug und Praxisnähe. In *MINTTENDRIN Lehre erleben – Tagungsband zum 1. HDMINT Symposium*, Nürnberg, 07./08.11.2013, S. 19–27. (Didaktiknachrichten, Sonderausgabe)
- Wolff, D. (1994). Der Konstruktivismus: Ein neues Paradigma in der Fremdsprachendidaktik. *Die Neueren Sprachen*, 93(5), 407–429.
- Wong, K. K. H. & Day, J. R. (2009). A comparative study of problem-based and lecture-based learning in junior secondary school science. *Research in Science Education*, 39(5), 625–642.
- WWU: Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Medizinische Fakultät (2015). Studienführer Medizin. Online-Ressource: <http://ecampus.uni-muenster.de/infobroschuere> (Zugriff: 12.09.2016).

- Xian, H. & Madhavan, K. (2013). Building On and Honoring Forty Years of PBL Scholarship from Howard Barrows: A Scientometric, Large-Scale Data, and Visualization-based Analysis. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 7(1), 132–156.  
Online-Zeitschrift: <http://docs.lib.purdue.edu/ijpbl/vol7/iss1> (Zugriff: 16.03.2016)
- Yew, E. H. J., Chng, E. & Schmidt, H. G. (2011). Is learning in problem-based learning cumulative? *Advances in Health Sciences Education*, 16, 449–464.
- ZUM: Zentrale für Unterrichtsmedien im Internet e. V., Online-Enzyklopädie.  
ZUM 2007: [http://wikis.zum.de/zum/Kumulatives\\_Lernen](http://wikis.zum.de/zum/Kumulatives_Lernen) (Zugriff: 12.09.16)
- Zumbach, J. (2003). *Problembasiertes Lernen*. Internationale Hochschulschriften, Band 424. Münster: Waxmann Verlag.
- Zumbach, J., Kumpf, D., & Koch, S. C. (2004). Using Multimedia to Enhance Problem-based Learning in Elementary School. *Information Technology in Childhood Education Annual*, 25–37.
- Zumbach, J., Olsowski, G. & Weber, A. (2007). Problembasiertes Lernen – Konzepte, Werkzeuge und Fallbeispiele aus dem deutschsprachigen Raum. In J. Zumbach, G. Olsowski & A. Weber (Hrsg.), *Problembasiertes Lernen – Konzepte, Werkzeuge und Fallbeispiele aus dem deutschsprachigen Raum*, S. 9–11. Bern: hep.
- Zumbach, J. (2008). Problembasiertes Lernen in der Hochschuldidaktik. *Journal für LehrerInnenbildung*, 8(4), 8–14.
- Zumbach, J. (2011). Der Einfluss von Fachexpertise bei Tutoren und Lernenden beim Problembasierten Lernen. In M. Krämer, S. Preiser & K. Brusdeylins (Hrsg.), *Psychologiedidaktik und Evaluation VII*, S. 221–230. Aachen: Shaker.
- Zumbach, J. (2012). Problem-Based Learning in Österreich: Eine Bestandsaufnahme. In M. Mair, G. Brezowar, G. Olsowski & J. Zumbach (Hrsg.), *Problem-Based Learning im Dialog*, S. 15–25. Wien: facultas.
- Zumbach, J. & Moser, S. (2012) Problembasiertes Lernen: Ein Fall für die Rechtsdidaktik?. In J. Brockmann, J.-H. Dietrich & A. Pliniok (Hrsg.), *Methoden des Lernens in der Rechtswissenschaft: Forschungsorientiert, problembasiert und fallbezogen*, S. 125–136. Baden-Baden: Nomos.
- Zumbach, J., Moser, S., Unterbruner, U. & Pfligersdorffer, G. (2014). Problemorientiertes Online-Lernen im Biologieunterricht: Fähigkeitsselbstkonzept, mentale Anstrengung und Vorwissen als Prädiktoren für Wissenserwerbsprozesse zwischen Instruktion und Konstruktion. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften*, 20, 45–56.



# ANHANG



## Überblick über die Inhalte

Materialien	XXXIX
Anschreiben der Firmen	XL
Fragebögen	XLV
Ausgewählte praktische Ergebnisse	XC
Ausgewählte Daten	XCIX



Materialien

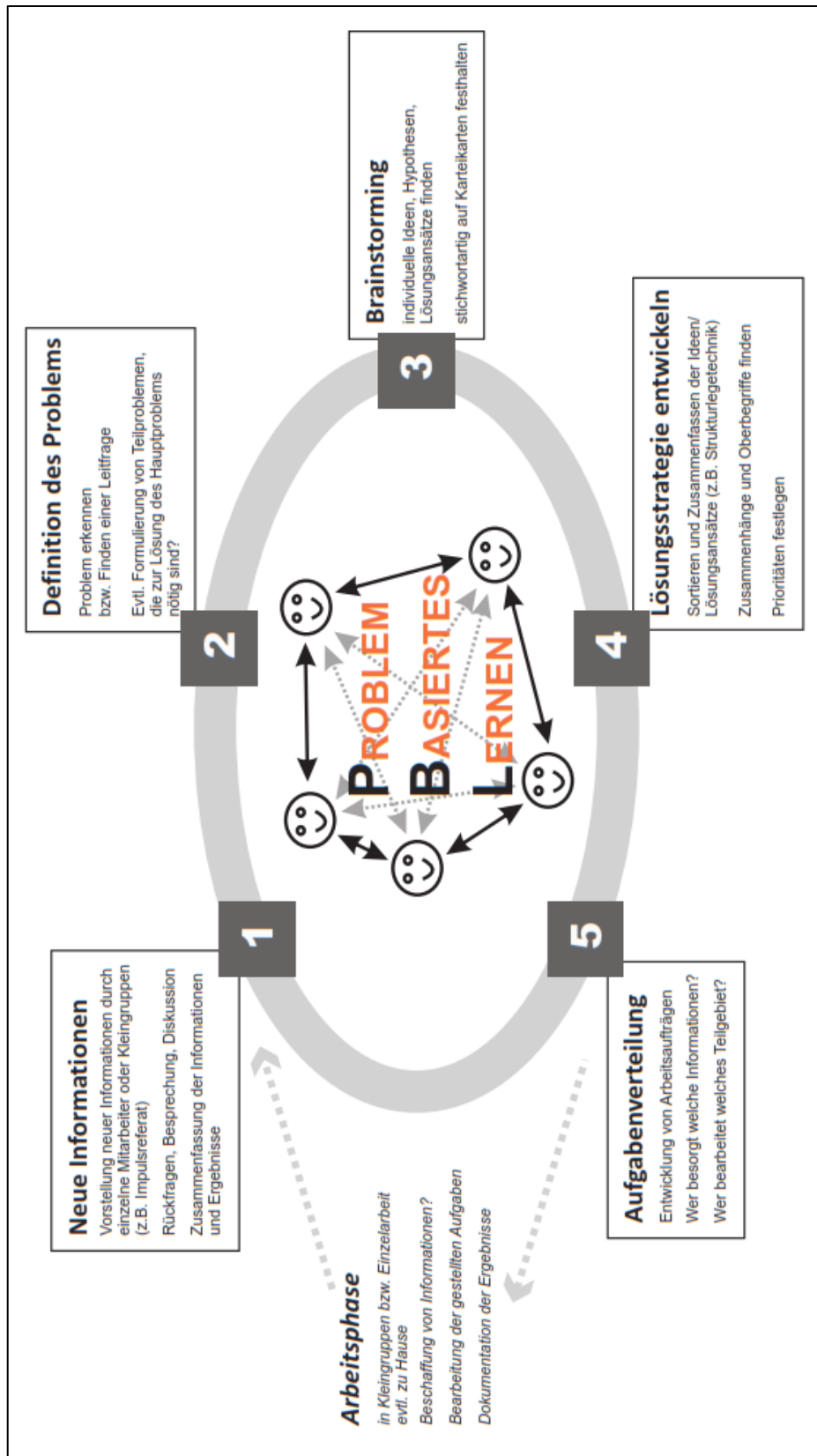


Abbildung 1: Kreisprozess mit Stichworten und Leitfragen (Arbeitsblatt für Schülerinnen und Schüler) (in Anlehnung an [Jannack et al. 2015; Marmé 2009], von Nicole Marmé persönlich erhalten)

## Anschreiben der Firmen



**Windhösel Kraftwerke AG** — Grobianstr. 9 — Telefon: (0 62 21) 32 87 369  
300700 LucyCity — Telefax: (0 12 12 0) 17 54 86  
www.windhoesel-kraftwerke.lucycity.net

An die Abteilungsleiter  
der Forschungsabteilungen

im Hause LucyCity, 07.04.2011

Liebe Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter,

aufgrund unserer starken Expertise auf dem Gebiet der regenerativen Energien hat die Windhösel Kraftwerke AG einen Großauftrag für die Planung und den Bau eines Aufwindkraftwerkes erhalten. Mit diesem Auftrag ergibt sich die Möglichkeit unser Angebots- und Servicespektrum nachhaltig zu erweitern und die Arbeitsplätze unserer Mitarbeiter langfristig zu sichern. Wir beauftragen Sie, ein Modell eines Aufwindkraftwerkes zu planen und zu bauen. Anhand dieses Modells sollen Sie Messreihen zur Optimierung der Energieeffizienz durchführen. Die gewonnenen Daten sollen in der Zeitschrift *Lucycity Science Magazine* publiziert werden. Die Artikel werden in deutscher Sprache veröffentlicht, zusätzlich wird eine englische Zusammenfassung benötigt.


Wir möchten Sie bitten Ihr Aufwindkraftwerkmodell und Ihre wissenschaftliche Arbeit am 9.06.2011 ab 7.45 Uhr dem Vorstand in einem 20 minütigen Vortrag vorzustellen. Bitte bedenken Sie, dass Sie in Konkurrenz zu weiteren Forschungsabteilungen stehen. Nur eines der vorgestellten Modelle kann als Grundlage für den Auftrag herangezogen und nur ein wissenschaftlicher Beitrag zur Publikation angenommen werden.

Viel Erfolg.

Mit freundlichen Grüßen

*Verena Jannack*  
Vorstandsmitglied der Windhösel Kraftwerke AG

Abbildung 2: Anschreiben der Firma Windhösel-Kraftwerke



LUCY'S  
DINER

Lucy's Diner ♦ 28th St & Canyon Blvd ♦ Boulder, CO 80302, USA

An die/den Chefköchin/Chefkoch  
Und das Küchenteam

12. Mai 2011

**Eröffnung einer neuen Filiale in Boulder, CO**

Sehr geehrte Damen und Herren,

im kommenden Jahr soll in Boulder, Colorado, USA die erste Filiale der Restaurantkette Lucy's Diner eröffnet werden.

Das wunderschöne Städtchen Boulder liegt in Colorado, am Fuße der Rocky Mountains, auf ca. 1600 m Höhe. Die besondere Lage bietet insbesondere Ausdauersportlern ideale Trainingsbedingungen. Hierdurch hat sich Boulder zu einem Mekka für Sportler, Sportinteressierte und Naturverbundene entwickelt. Weiterhin ist die Stadt durch eine renommierte Universität mit zahlreichen Nobelpreisträgern und einer jungen Bevölkerung (ca. 28 000 Studenten) geprägt. Die neue Filiale soll in der Twenty Ninth Street Mall ([www.twentyninthstreet.com](http://www.twentyninthstreet.com)) im Herzen von Boulder eröffnet werden.

Sie haben, gemeinsam mit Ihrem Küchenteam, die Aufgabe eine vollständige Speisekarte zu kreieren. Am 04.07.2011 haben Sie die Gelegenheit ihre Speisekarte und ein ausgewähltes Gericht (Vorspeise, Hauptgericht und Nachspeise) einer Jury vorzustellen. Dabei treten Sie in Konkurrenz zu weiteren Teams an. Die Jury bewertet jeweils die Speisekarte (Inhalt, Design, etc.), das vorgestellte Essen und die Präsentation des Marketing-Konzeptes.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg bei der Verwirklichung Ihrer kulinarischen Ideen.  
Mit freundlichen Grüßen

*Verona Jancack*  
Vorstandsmitglied Lucy's Diner

Abbildung 3: Anschreiben der Firma *Lucy's Diner* zur Eröffnung einer neuen Restaurantfiliale

**INSTITUTE OF FOOD SCIENCE  
LUCYCITY UNIVERISTY**

Lucycity, Mai 2014

***Wissenschaftliche Studie zum effizienten Einsatz von Vitamin C-Teststäbchen***

Sehr geehrte Damen und Herren,  
liebe Mitarbeiter,

das *Institute of Food Science* der *Lucycity University* wurde 2013 gegründet und beherbergt zahlreiche Arbeitsgruppen, die in den hochkarätig ausgestatteten Forschungslaboren Arbeiten zur Lebensmittelanalytik durchführen. Hierfür stehen Ihnen modernste Analysegeräte zur Verfügung.

Das Forscherteam „Angewandte Vitaminforschung“ unter der Leitung von Frau Flechsig untersucht derzeit die Effektivität, Einsatzbereiche und Praktikabilität von Vitamin C-Teststäbchen. Hierzu werden im Rahmen einer Firmenförderung Vitamin C-Teststäbchen zur Verfügung gestellt, die dann in einer wissenschaftlichen Studie eingesetzt werden sollen.


Sie haben gemeinsam mit Ihrem Forschungsteam die Aufgabe, ein wissenschaftliches Forschungsprojekt zum Vitamin C-Gehalt in Lebensmitteln zu planen. Dazu sollten Sie sich zuerst eine Forschungsfrage zur Thematik „Vitamin C-Gehalt in Lebensmitteln“ überlegen, z.B. Welche Paprika (rot, grün oder gelb- frisch/gekocht) hat einen höheren Vitamin C-Gehalt? Unter Einsatz der Vitamin C-Teststäbchen sollen Sie nun versuchen ihre Forschungsfrage zu beantworten.

Hierbei ist es egal, welche Lebensmittel von Ihnen untersucht werden, vielmehr geht es darum, aussagekräftige wissenschaftliche Ergebnisse zu erhalten und diese der Fachwelt verständlich zu kommunizieren.

Die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen sollen anschließend in einem wissenschaftlichen Aufsatz zusammengefasst werden. Bei guter Qualität wird der Artikel im *Lucycity Science Magazine*, einer international anerkannten Online-Fachzeitschrift, veröffentlicht.


Wir wünschen Ihnen viel Erfolg bei der Durchführung und Dokumentation der Studie.

Mit freundlichen Grüßen



PD Dr. Nicole Marmé





Lucy's Diner ♦ INF 561 ♦ 69120 Heidelberg

An die/den Chefköchin/Chefkoch  
Und das Küchenteam

**Eröffnung eines Partyservice in Heidelberg, Deutschland**

Sehr geehrte Damen und Herren,

Ende des Jahres soll in Heidelberg (Deutschland) ein Partyservice der Restaurantkette *Lucy's Diner* eröffnet werden.

*Lucy's Diner* ist eine Restaurantkette, die bisher überwiegend Restaurants in den USA eröffnet hat. Dabei ist es ein besonderes Merkmal der Kette, dass die Gestaltung des Angebots gezielt auf die örtlichen Gegebenheiten angepasst wird. So wurde in der eher unspektakulären Kleinstadt Cortez in Colorado ein Restaurant eröffnet, dessen Angebot speziell auf die vielen Touristen ausgerichtet ist, die Cortez als Zwischenstopp bei ihren Ausflügen zum *Mesa Verde Nationalpark*, zum *Monument Valley* und dem *Four Corners* nutzen.

Nun möchte das Management den ersten Versuch starten die Restaurantkette zunächst in Deutschland und später in Europa bekannt zu machen. Wegen den derzeit begrenzten räumlichen Möglichkeiten soll zunächst ein Partyservice in Heidelberg eröffnet werden.

Heidelberg ist eine Stadt im Süden von Deutschland mit 150.000 Einwohnern. Sie ist vor allem bekannt für die wunderschöne Altstadt und die Schlossruine sowie die renommierte Universität. Dadurch zieht sie Wissenschaftler und Touristen aus aller Welt an. Aber auch viele Einwohner der umliegenden Ortschaften und Städte nutzen das vielfältige Angebot der Stadt.

Sie haben, gemeinsam mit Ihrem Küchenteam, die Aufgabe eine vollständige Speisekarte zu kreieren. In KW 29 haben Sie die Gelegenheit ihre Speisekarte und eine Auswahl von Speisen einer kleinen Jury vorzustellen. Dabei treten Sie in Konkurrenz zu weiteren Teams an. Die Jury bewertet jeweils die Speisekarte (Angebot, Design, etc.), die vorgestellten Speisen und die Präsentation des Marketing-Konzeptes. Ein erfolgreiches Konzept sollte der besonderen Lage von Heidelberg Rechnung tragen.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg bei der Verwirklichung Ihrer kulinarischen Ideen.  
Mit freundlichen Grüßen

*Verena Jannack*  
Vorstandsmitglied Lucy's Diner

Abbildung 5: Anschreiben der Firma *Lucy's Diner* zur Eröffnung eines Partyservices

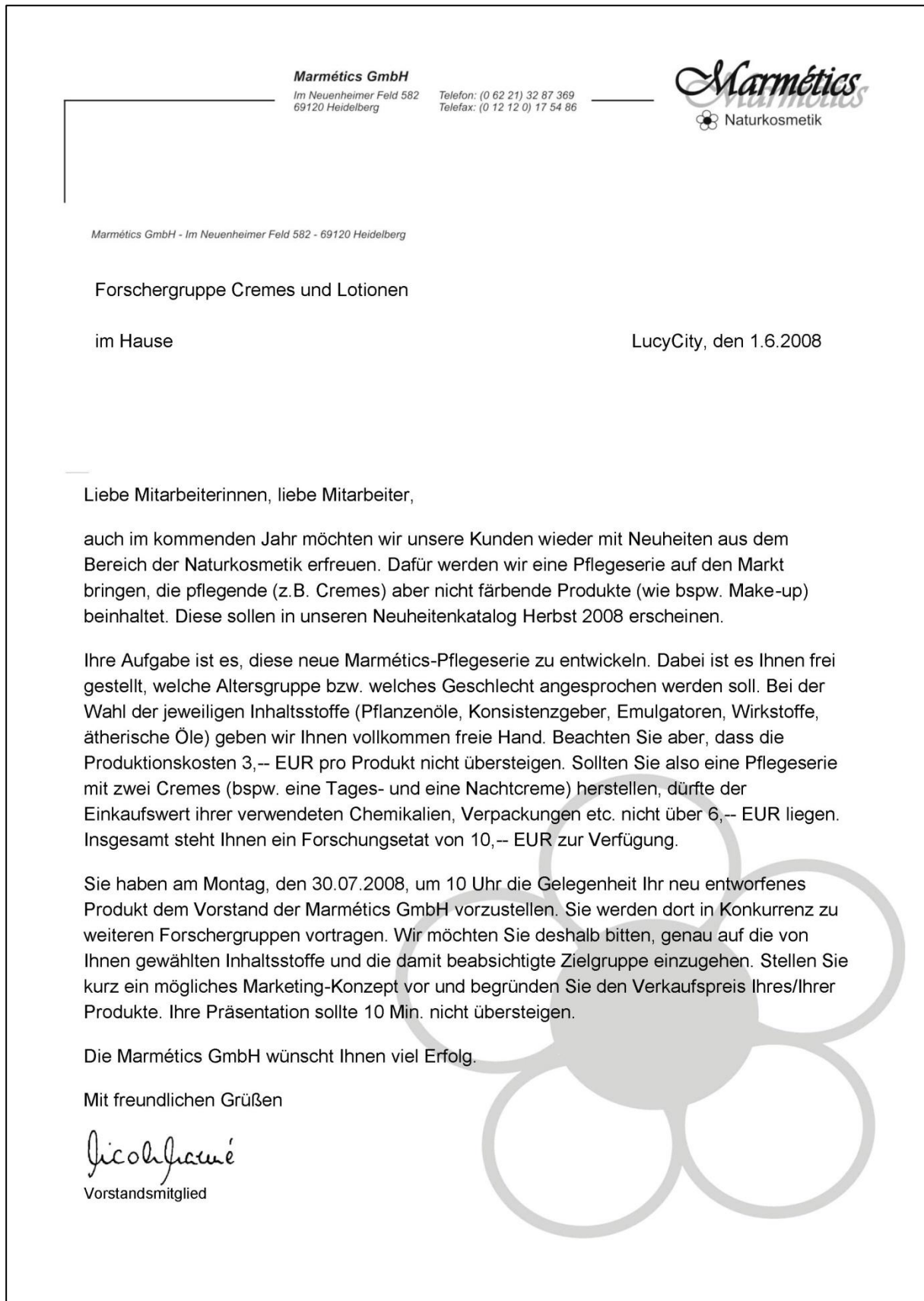


Abbildung 6: Auftrag der Firma Marmétics

## Fragebögen

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Fragebogen zum NwT-Projekt „Ernährung“</div>			
Geschlecht: <input style="width: 100%;" type="text"/>	Alter: <input style="width: 100%;" type="text"/>		
<p><i>In diesem Fragebogen gibt es keine richtigen oder falschen Antworten. Bitte kreuze an, was deiner Meinung nach zutrifft. Bitte in jeder Zeile nur einen Kreis ankreuzen und keine Kreuze zwischen die Felder setzen. Wenn du dir nicht sicher bist, setze das Kreuz in das Feld, das deiner Meinung am ehesten entspricht. Bei den frei formulierten Fragen wirst du jeweils um eine kurze Stellungnahme gebeten. Bitte beschränke dich hierbei auf die wesentlichen Punkte.</i></p>			
<hr/> <b>I. Erwartungen und Interessen</b> <hr/>			
<p>1. Gib an, was du dir unter dem Projekt Ernährung vorstellst und welche Erwartungen du an diese Unterrichtseinheit stellst.</p>			
<input style="width: 100%; height: 15px;" type="text"/> <input style="width: 100%; height: 15px;" type="text"/> <input style="width: 100%; height: 15px;" type="text"/>			
<p>2. Gib an, welche Themen und Inhalte dich im Bereich Ernährung interessieren würden.</p>			
<input style="width: 100%; height: 15px;" type="text"/> <input style="width: 100%; height: 15px;" type="text"/> <input style="width: 100%; height: 15px;" type="text"/>			
<p>3. Beurteile folgende Aussagen.</p>			
	Trifft zu	Trifft nicht zu	weiß nicht
<p>3.1. Ich interessiere mich für ...</p>			
(a) die Bestandteile der Nahrung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(b) verschiedene Ernährungsformen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(c) verschiedene Garmethoden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(d) die Funktionsweise von Küchengeräten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(e) Kochen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3.2. Ich kenne mich mit Ernährung aus.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3.3. Ich habe schon einmal gekocht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3.4. Ich koche gerne	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 7a: Fragebogen „Ernährung“ Gruppe 8.1 vorher (Seite 1/2)

II. Essgewohnheiten		Trifft zu	Trifft nicht zu	weiß nicht
1. Meistens esse ich ...				
(a)	allein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(b)	mit meiner Familie.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(c)	mit Freunden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(d)	vor dem Fernseher.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Ich esse meistens ...				
(a)	schnell.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(b)	langsam.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(c)	nebenher.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(d)	mit Genuss.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Beim Essen sind meine Gefühle ...				
(a)	überwiegend positiv.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(b)	überwiegend negativ.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(c)	weder positiv noch negativ.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Ich esse besonders gern und viel ...				
(a)	wenn es mir gut geht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(b)	wenn es mir schlecht geht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Meine Essgewohnheiten werden bestimmt durch ...				
(a)	meine Eltern.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(b)	meine Freunde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(c)	Werbung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(d)	Angebote in Geschäften.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(e)	meine Stimmung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(f)	<input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Wie wichtig sind Essen und Trinken für dich? Beurteile dazu folgende Aussagen.				
6.1.	Essen und Trinken sind mir sehr wichtig.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6.2.	Man muss ja Essen und Trinken.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Ich interessiere mich				
	<input type="radio"/> sehr			
	<input type="radio"/> nicht besonders			
	<input type="radio"/> überhaupt nicht	für gesunde Ernährung,		
weil <input type="text"/>				

Abbildung 7a: Fragebogen „Ernährung“ Gruppe 8.1 vorher (Seite 2/2)

## Fragebogen zum NwT-Projekt „Ernährung“

Geschlecht: Alter: 

*In diesem Fragebogen gibt es keine richtigen oder falschen Antworten. Bitte kreuze an, was deiner Meinung nach zutrifft. Bitte in jeder Zeile nur einen Kreis ankreuzen und keine Kreuze zwischen die Felder setzen. Wenn du dir nicht sicher bist, setze das Kreuz in das Feld, das deiner Meinung am ehesten entspricht. Bei den frei formulierten Fragen wirst du jeweils um eine kurze Stellungnahme gebeten. Bitte beschränke dich hierbei auf die wesentlichen Punkte.*

### I. Allgemeine Fragen zur Aufgabe

	ja	nein	weiß nicht
1. Ich fand das Thema interessant.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Das Projekt hat Spaß gemacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Das Kochen hat Spaß gemacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Das Projekt hat mein Interesse am Kochen gesteigert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Ich werde künftig auch zu Hause öfter kochen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. In diesem Projekt konnte ich kreativ arbeiten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Ich habe mich auch außerhalb des Unterrichts mit dem Thema beschäftigt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Manchmal fand ich es schade, wenn es klingelte und die Stunde vorbei war.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Kochen ist nur was für Mädchen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. Jungen müssen nicht kochen können.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### II. Aktive Mitarbeit

	ja	nein	weiß nicht
1. Ich habe mich aktiv an der Planung beteiligt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Ich habe zusammen mit meinen Mitschülern ein Konzept erarbeitet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Ich konnte meine Ideen beim Erstellen der Speisekarte und des Vortrages einbringen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Ich habe die Anderen machen lassen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Ich konnte mich am besten beim Kochen einbringen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 8a: Fragebogen „Ernährung“ Gruppe 8.1 nachher (Seite 1/4)

III. Ernährung	ja	nein	weiß nicht
1. Ich kenne mich mit Ernährung aus.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Ich achte jetzt beim Einkaufen auf das Etikett und die Nahrungsbestandteile.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Ich achte beim Kochen auf die Vor- und Nachteile der verschiedenen Garungsarten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Ich überwache mich und meine Ernährung selbst.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Ich habe meine Essgewohnheiten geändert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Ich esse bewusster.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

IV. Kompetenzen	Abteilungsleiter	Angestellter
1. Ordne folgende Fähigkeiten der Position zu, wo sie eher passt. <span style="float: right;">(Nur ein Kreuz!)</span>		
(a) Selbstbewusstsein	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(b) Selbstständigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(c) Zuverlässigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(d) Leistungsbereitschaft	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(e) Kritikfähigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(f) Einfühlungsvermögen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(g) Rücksichtnahme	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(h) Teamfähigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(i) Kommunikationsfähigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(j) Argumentationsfähigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(k) Problemlösefähigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(l) Denken in Zusammenhängen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(m) Lernbereitschaft	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(n) <span style="background-color: #cccccc; display: inline-block; width: 150px; height: 1em;"></span>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(o) <span style="background-color: #cccccc; display: inline-block; width: 150px; height: 1em;"></span>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Folgende Kompetenzen konnte ich während dem Projekt lernen oder stärken:		
<span style="background-color: #cccccc; display: inline-block; width: 500px; height: 1.2em;"></span>		
<span style="background-color: #cccccc; display: inline-block; width: 500px; height: 1.2em;"></span>		

Abbildung 8b: Fragebogen „Ernährung“ Gruppe 8.1 nachher (Seite 2/4)

V. Problemlösen	ja	nein	weiß nicht
1. Ich sehe die Vorteile die sich durch den Einsatz von PBL beim Problemlösen ergeben können.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Wenn ich künftig vor einem Problem stehe, das mir schwer erscheint, werde ich die Schritte von PBL einsetzen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Durch den Einsatz von PBL hat jeder seine Ideen in die Diskussion eingebracht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Durch den Einsatz von PBL konnten wir beim Lösen auftretender Probleme strategisch besser vorgehen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Problemlösen klappt in der Gruppe besser.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
VI. Gruppenarbeit	ja	nein	weiß nicht
1. In meiner Gruppe fühlte ich mich wohl.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Ich fühlte mich in die Gruppe integriert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Das Arbeitsklima war angenehm.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Meine Anregungen wurden vom Rest der Gruppe beachtet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Die Zusammenarbeit mit den anderen Gruppenmitgliedern fiel mir schwer.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Unsere Gruppe arbeitete			
a) ... produktiv.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) ... engagiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) ... nachlässig.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Ich war mit der Arbeitsweise unserer Gruppe zufrieden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Ich hätte lieber allein gearbeitet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Ich war der Gruppe eine Hilfe.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. Ich habe die Gruppe eher aufgehalten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11. Ich würde gern öfters in Gruppen arbeiten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 8c: Fragebogen „Ernährung“ Gruppe 8.1 nachher (Seite 3/4)

---

Platz für Anregungen

---



Abbildung 8d: Fragebogen „Ernährung“ Gruppe 8.1 nachher (Seite 4/4)



## Fragebogen zum NwT-Projekt „Aufwindkraftwerk“

Geschlecht: Alter: 

*In diesem Fragebogen gibt es keine richtigen oder falschen Antworten. Bitte kreuze an, was deiner Meinung nach zutrifft. Bitte in jeder Zeile nur einen Kreis ankreuzen und keine Kreuze zwischen die Felder setzen. Wenn du dir nicht sicher bist, setze das Kreuz in das Feld, das deiner Meinung am ehesten entspricht. Bei den frei formulierten Fragen wirst du jeweils um eine kurze Stellungnahme gebeten. Bitte beschränke dich hierbei auf die wesentlichen Punkte.*

### I. Technisches Interesse

	ja	nein	weiß nicht
1. Ich habe schon einmal ein Gerät auseinander gebaut, um dessen Funktionsweise zu erkennen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Wenn etwas zu reparieren ist, versuche ich es zuerst selbst.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Der Umgang mit Baukästen (Physik, Chemie, Elektronik, Lego) ist mir zu kompliziert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Bei handwerklichen Arbeiten zu Hause helfe ich gerne mit.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Ich sitze häufig am Computer.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Ich habe schon einmal etwas repariert oder gebaut.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Wenn ja, was? (Beispiele: Fahrrad, Gegenstände im Haus oder für Tiere, Spielzeug aus Holz oder Papier, ...)			
8. Folgende Werkzeuge habe ich schon einmal benutzt.			

Abbildung 9a: Fragebogen „Aufwindkraftwerk“ Gruppe 10.1 vorher (Seite 1/4)

<hr/>			
II. Aufwindkraftwerk	ja	nein	weiß nicht
<hr/>			
1. Ich weiß was ein Aufwindkraftwerk ist.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Die Aufgabenstellung klingt interessant.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Die Konstruktion eines Aufwindkraftwerkmodells macht bestimmt Spaß.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Ich traue mir zu ein Aufwindkraftwerkmodell zu bauen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<hr/>			
III. Problemlösen	ja	nein	weiß nicht
<hr/>			
1. Wenn ich vor einem Problem stehe, kann ich dieses irgendwie lösen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Bei der Lösung eines Problems verfolge ich eine bestimmte Strategie.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Bei der Lösung eines Problems gehe ich immer ziemlich chaotisch vor.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Wenn ich beim ersten Versuch der Problemlösung scheitere, muss ich immer ganz von vorne beginnen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Problemlösen klappt in der Gruppe besser.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<hr/>			
IV. Gruppenarbeit	ja	nein	weiß nicht
<hr/>			
1. Ich arbeite am liebsten alleine.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Ich arbeite am liebsten in Gruppen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Ich arbeite lieber in gemischten Gruppen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Ich arbeite lieber mit Jungen in einer Gruppe.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Ich finde es am besten, wenn der Lehrer experimentiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 9b: Fragebogen „Aufwindkraftwerk“ Gruppe 10.1 vorher (Seite 2/4)

---

### V. Mädchen und Jungen in NwT

---

Jungen...

- |  |                       |                       |                       |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| a) ... drängen sich bei den Versuchen vor.                                   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| b) ... sind technisch begabter als Mädchen.                                  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| c) ... sind hilfsbereit, wenn jemand Schwierigkeiten hat.                    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| d) ... versuchen immer besser zu sein als andere.                            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| e) ... kommt es darauf an, im Unterricht mehr zu wissen, als andere Schüler. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| f) ... streiten sich oft darum, wer die bessere Leistung gezeigt hat.        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

---

### VI. Erwartungen

---

ja      nein      weiß nicht

1. Meine Erwartungen am getrennten Unterricht sind...

---

---

---

---

---

2. Meine Befürchtungen am getrennten Unterricht sind...

---

---

---

---

---

---

Platz für Anregungen und Wünsche

---



Abbildung 9d: Fragebogen „Aufwindkraftwerk“ Gruppe 10.1 vorher (Seite 4/4)

## Fragebogen zum NwT-Projekt „Aufwindkraftwerk“

Geschlecht: Alter: 

*In diesem Fragebogen gibt es keine richtigen oder falschen Antworten. Bitte kreuze an, was deiner Meinung nach zutrifft. Bitte in jeder Zeile nur einen Kreis ankreuzen und keine Kreuze zwischen die Felder setzen. Wenn du dir nicht sicher bist, setze das Kreuz in das Feld, das deiner Meinung am ehesten entspricht. Bei den frei formulierten Fragen wirst du jeweils um eine kurze Stellungnahme gebeten. Bitte beschränke dich hierbei auf die wesentlichen Punkte.*

### I. Allgemeine Fragen zur Aufgabe

	ja	nein	weiß nicht
1. Ich fand das Thema interessant.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Der Bau des Aufwindkraftwerkes hat Spaß gemacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Der Bau eines Aufwindkraftwerks hat mein Interesse an Technik gesteigert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Bei handwerklichen Arbeiten werde ich künftig mehr zu Hause helfen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. In diesem Projekt konnte ich kreativ arbeiten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Ich habe mich auch außerhalb des Unterrichts mit dem Thema beschäftigt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Ich habe die Homepage der Windhösel Kraftwerke AG	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... mindestens einmal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... regelmäßig besucht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Ich habe eigenständig recherchiert, um mehr über den Treibhaus- und Kamineffekt zu erfahren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Manchmal fand ich es schade, wenn es klingelte und die Stunde vorbei war.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### II. Aktive Mitarbeit

	ja	nein	weiß nicht
1. Ich habe mich aktiv am Bau beteiligt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Ich habe zusammen mit meinen Mitschülern Lösungen für das Modell erarbeitet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Ich konnte meine Ideen beim Schreiben und der Vorbereitung des Vortrages einbringen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Ich habe die Anderen machen lassen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 10a: Fragebogen „Aufwindkraftwerk“ Gruppe 10.1 nachher (Seite 1/4)

III. Problemlösen	ja	nein	weiß nicht
1. Ich sehe die Vorteile die sich durch den Einsatz von PBL beim Problemlösen ergeben können.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Wenn ich künftig vor einem Problem stehe, das mir schwer erscheint, werde ich die Schritte von PBL einsetzen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Durch den Einsatz von PBL hat jeder seine Ideen in die Diskussion eingebracht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Durch den Einsatz von PBL konnten wir beim Lösen auftretender Probleme strategisch besser vorgehen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Problemlösen klappt in der Gruppe besser.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
IV. Gruppenarbeit	ja	nein	weiß nicht
1. In meiner Gruppe fühlte ich mich wohl.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Ich fühlte mich in die Gruppe integriert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Das Arbeitsklima war angenehm.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Meine Anregungen wurden vom Rest der Gruppe beachtet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Die Zusammenarbeit mit den anderen Gruppenmitgliedern viel mir schwer.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Unsere Gruppe arbeitete			
a) ... produktiv.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) ... engagiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) ... nachlässig.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Ich war mit der Arbeitsweise unserer Gruppe zufrieden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Ich arbeite lieber in gemischten Gruppen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Ich arbeite lieber mit Jungen in einer Gruppe.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. Ich hätte lieber alleine gearbeitet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11. Ich war der Gruppe eine Hilfe.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12. Ich habe die Gruppe eher aufgehalten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 10b: Fragebogen „Aufwindkraftwerk“ Gruppe 10.1 nachher (Seite 2/4)

V. Getrennter Unterricht	ja	nein	weiß nicht
1. In einer Jungengruppe wird man nicht ausgelacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Auch bei Nichtwissen fühlte ich mich akzeptiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Das Arbeitsklima war angenehm.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Jungen arbeiten kameradschaftlicher als Mädchen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Eine reine Jungengruppe arbeitet konzentrierter.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Ich habe mehr gelernt, wie in gemischten Gruppen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Das Thema war zu technisch.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Ich würde gerne öfter in gleichgeschlechtlichen Gruppen arbeiten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Die praktische Arbeit hat in dieser Form mehr Spaß gemacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. Welche Einstellungen zum getrennten Unterricht hattest du?			
positiv	<input type="radio"/>	neutral	<input type="radio"/>
negativ	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>
11. Wie haben sich die Einstellungen jetzt geändert?			
jetzt besser	<input type="radio"/>	unverändert	<input type="radio"/>
jetzt schlechter	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>
12. Wie hast du die Arbeitsatmosphäre erlebt?			
	<input type="text"/>		
	<input type="text"/>		
13. Hast du weniger Abwertung erfahren als in gemischten Gruppen?			
	<input type="text"/>		
	<input type="text"/>		
14. Hat sich dieser Unterricht auf das Klima in der Klasse ausgewirkt? Wenn ja, beschreibe deine Beobachtungen!			
	<input type="text"/>		
	<input type="text"/>		
	<input type="text"/>		

Abbildung 10c: Fragebogen „Aufwindkraftwerk“ Gruppe 10.1 nachher (Seite 3/4)

---

Platz für Anregungen

---



Abbildung 10d: Fragebogen „Aufwindkraftwerk“ Gruppe 10.1 nachher (Seite 4/4)



## Fragebogen zum NwT-Projekt „Ernährung“

Geschlecht: Alter: 

*In diesem Fragebogen gibt es keine richtigen oder falschen Antworten. Die gestellten Fragen stammen aus zwei Kategorien: Auswahlfragen und freie Fragen. Bei den Auswahlfragen werden verschiedene Antwortmöglichkeiten vorgegeben. Bitte kreuze an, was deiner Meinung nach zutrifft. Bitte in jeder Zeile nur einen Kreis ankreuzen und keine Kreuze zwischen die Felder setzen. Wenn du dir nicht sicher bist, setze das Kreuz in das Feld, das deiner Meinung am ehesten entspricht. Bei den frei formulierten Fragen wirst du jeweils um eine kurze Stellungnahme gebeten. Bitte beschränke dich hierbei auf die wesentlichen Punkte.*

I. Interessen	ja	nein	weiß nicht
1. Ich versuche oft, den Zusammenhang zwischen verschiedenen Geschnehnissen zu begreifen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Ich interessiere mich für alles Unbekannte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Wenn ich eine neue Erfindung sehe, versuche ich herauszufinden, wie sie funktioniert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Der Besuch einer technischen Messe würde mir Spaß machen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Ich habe schon überlegt, an einem naturwissenschaftlichen Wettbewerb für Jugendliche teilzunehmen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Wenn ich in eine schwierige Situation komme, fühle ich mich sehr unsicher.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Ich plane gerne.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. In kritischen Situationen steigern sich meine Leistungen meistens.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Ich halte es für wichtig, mein Vorgehen zu strukturieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. Ich stelle keine großen Anforderungen an meine Arbeit.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11. Ich habe große Angst vor Prüfungen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 11a: Fragebogen „Ernährung“ Gruppe 8.2 vorher (Seite 1/3)

II. Projekt und Problemlösen	ja	nein	weiß nicht
1. Das Projekt macht bestimmt Spaß.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. In diesem Projekt kann ich kreativ arbeiten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Ich interessiere mich für das Thema Ernährung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Bei der Lösung von Problemen gehe ich meist strukturiert vor.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Das Lösen von Problemen macht mir Spaß.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Ungelöste Probleme beschäftigen mich lange.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

III. Gruppenarbeit	ja	nein	weiß nicht
1. Ich arbeite am liebsten alleine.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Ich arbeite am liebsten in Gruppen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Ich arbeite lieber in gemischten Gruppen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Ich arbeite lieber			
(a) nur mit Jungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(b) nur mit Mädchen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
in einer Gruppe.			
5. Die Arbeit in Gruppen ist meist gut			
(a) strukturiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(b) organisiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(c) dokumentiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### IV. Inhalte

Diese Themen würden mich interessieren:

---

## V. Mein Kompetenzprofil

---

**1** = *das kann ich schon gut*, **2** = *das kann ich*,  
**3** = *da bin ich mir unsicher*, **4** = *das kann ich (noch) nicht*,  
**5** = *das habe ich gar nicht verstanden*

So schätze ich mich im  
Augenblick ein

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1. Planung naturwissenschaftlich-technischer Projekte im Team.					
2. Übernahme von Arbeiten und Aufgaben in einem Team.					
3. Durchhaltevermögen bei der Lösung komplexer Aufgaben.					
4. Anwenden naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen.					
5. Verstehen naturwissenschaftlich-technischer Texte.					
6. Verstehen naturwissenschaftlich-technischer Texte in englischer Sprache.					
7. Verfassen naturwissenschaftlich-technischer Texte.					
8. Modellierung eines technischen Ablaufes.					
9. Formulierung von Hypothesen und Prognosen im naturwissenschaftlich-technischen Bereich.					
10. Untersuchung von Hypothesen und Prognosen.					
11. Strukturierung meines Vorgehens bei einer naturwissenschaftlich-technischen Forschungsfrage.					
12. Dokumentation meines Vorgehens bei einer naturwissenschaftlich-technischen Forschungsfrage.					
13. Verwendung des Computers als Werkzeug.					
14. Kritische Nutzung des Internets.					
15. Entwicklung von Strategien zur Problemlösung.					
16. Reflektieren meiner Arbeit und meines Lernfortschritts.					

Meine Nummer:

Am Ende des Projekts darfst du deine Kompetenzen erneut einschätzen. Um einen Vergleich anstellen zu können, wird diese Nummer benötigt. Du kannst dich im Anschluss auch über das Ergebnis informieren.

## Fragebogen zum NwT-Projekt „Ernährung“

Geschlecht: Alter: 

*In diesem Fragebogen gibt es keine richtigen oder falschen Antworten.  
Die gestellten Fragen stammen aus zwei Kategorien: Auswahlfragen und freie Fragen. Bei den Auswahlfragen werden verschiedene Antwortmöglichkeiten vorgegeben. Bitte kreuze an, was deiner Meinung nach zutrifft. Bitte in jeder Zeile nur einen Kreis ankreuzen und keine Kreuze zwischen die Felder setzen. Wenn du dir nicht sicher bist, setze das Kreuz in das Feld, das deiner Meinung am ehesten entspricht.  
Bei den frei formulierten Fragen wirst du jeweils um eine kurze Stellungnahme gebeten. Bitte beschränke dich hierbei auf die wesentlichen Punkte.*

I. Interessen	ja	nein	weiß nicht
1. Das Projekt hat mein Interesse an wissenschaftlichen Fragestellungen gesteigert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Der Besuch einer technischen Messe würde mich jetzt interessieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Ich könnte mir vorstellen, jetzt einmal an einem naturwissenschaftlichen Wettbewerb teilzunehmen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Wenn ich in eine schwierige Situation komme, fühle ich mich sehr unsicher.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Ich plane gerne.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. In kritischen Situationen steigern sich meine Leistungen meistens.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Ich halte es für wichtig, mein Vorgehen zu strukturieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Ich stelle keine großen Anforderungen an meine Arbeit.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Ich habe große Angst vor Prüfungen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 12a: Fragebogen „Ernährung“ Gruppe 8.2 nachher (Seite 1/4)

II. Projekt und Problemlösen	ja	nein	weiß nicht
1. Das Projekt hat Spaß gemacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. In diesem Projekt konnte ich kreativ arbeiten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Das Projekt hat mein Interesse an Ernährung gesteigert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Ich werde mich weiterhin mit dem Thema Ernährung beschäftigen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Bei der Lösung von Problemen gehe ich meist strukturiert vor.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Das Lösen von Problemen macht mir Spaß.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Ungelöste Probleme beschäftigen mich lange.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Bei der Lösung von Problemen sind die 5 Schritte des Kreisprozesses hilfreich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Ich würde gerne öfter PBL-Fälle im Unterricht bearbeiten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bitte begründe Deine Antwort kurz.			
<input type="text"/>			
10. Bitte formuliere noch ein abschließendes Statement zu den PBL-Stunden.			
<input type="text"/>			
III. Gruppenarbeit	ja	nein	weiß nicht
1. Ich hätte lieber alleine gearbeitet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Die Arbeit in Abteilungen hat Spaß gemacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Ich arbeite lieber in gemischten Gruppen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Ich hätte lieber in einer Abteilung			
(a) nur mit Jungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(b) nur mit Mädchen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
gearbeitet.			
5. Die Arbeit in der Abteilung war gut			
(a) strukturiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(b) organisiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(c) dokumentiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 12b: Fragebogen „Ernährung“ Gruppe 8.2 nachher (Seite 2/4)

---

#### IV. Mein Kompetenzprofil

---

**1** = *das kann ich schon gut*, **2** = *das kann ich*,  
**3** = *da bin ich mir unsicher*, **4** = *das kann ich (noch) nicht*,  
**5** = *das habe ich gar nicht verstanden*

So schätze ich mich im  
 Augenblick ein

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1. Planung naturwissenschaftlich-technischer Projekte im Team.					
2. Übernahme von Arbeiten und Aufgaben in einem Team.					
3. Durchhaltevermögen bei der Lösung komplexer Aufgaben.					
4. Anwenden naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen.					
5. Verstehen naturwissenschaftlich-technischer Texte.					
6. Verstehen naturwissenschaftlich-technischer Texte in englischer Sprache.					
7. Verfassen naturwissenschaftlich-technischer Texte.					
8. Modellierung eines technischen Ablaufes.					
9. Formulierung von Hypothesen und Prognosen im naturwissenschaftlich-technischen Bereich.					
10. Untersuchung von Hypothesen und Prognosen.					
11. Strukturierung meines Vorgehens bei einer naturwissenschaftlich-technischen Forschungsfrage.					
12. Dokumentation meines Vorgehens bei einer naturwissenschaftlich-technischen Forschungsfrage.					
13. Verwendung des Computers als Werkzeug.					
14. Kritische Nutzung des Internets.					
15. Entwicklung von Strategien zur Problemlösung.					
16. Reflektieren meiner Arbeit und meines Lernfortschritts.					

Meine Nummer:

Am Ende des Projekts darfst du deine Kompetenzen erneut einschätzen. Um einen Vergleich anstellen zu können, wird diese Nummer benötigt. Du kannst dich im Anschluss auch über das Ergebnis informieren.

---

V. Feedback zum Unterricht

---

Das hat mir gut gefallen:

---

---

---

Das hat mir nicht gefallen:

---

---

---

Wünsche und Tipps:

---

---

---

*Vielen Dank für Deine Teilnahme !!!*

## Fragebogen zum NwT-Projekt „Aufwindkraftwerk“

Geschlecht: Alter: 

*In diesem Fragebogen gibt es keine richtigen oder falschen Antworten.  
Die gestellten Fragen stammen aus zwei Kategorien: Auswahlfragen und freie Fragen. Bei den Auswahlfragen werden verschiedene Antwortmöglichkeiten vorgegeben. Bitte kreuze an, was deiner Meinung nach zutrifft. Bitte in jeder Zeile nur einen Kreis ankreuzen und keine Kreuze zwischen die Felder setzen. Wenn du dir nicht sicher bist, setze das Kreuz in das Feld, das deiner Meinung am ehesten entspricht. Bei den frei formulierten Fragen wirst du jeweils um eine kurze Stellungnahme gebeten. Bitte beschränke dich hierbei auf die wesentlichen Punkte.*

I. Interessen	ja	nein	weiß nicht
1. Ich versuche oft, den Zusammenhang zwischen verschiedenen Geschehnissen zu begreifen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Ich interessiere mich für alles Unbekannte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Wenn ich eine neue Erfindung sehe, versuche ich herauszufinden, wie sie funktioniert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Der Besuch einer technischen Messe würde mir Spaß machen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Ich habe schon überlegt, an einem naturwissenschaftlichen Wettbewerb für Jugendliche teilzunehmen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Wenn ich in eine schwierige Situation komme, fühle ich mich sehr unsicher.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Ich plane gerne.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. In kritischen Situationen steigern sich meine Leistungen meistens.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Ich halte es für wichtig, mein Vorgehen zu strukturieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. Ich stelle keine großen Anforderungen an meine Arbeit.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11. Ich habe große Angst vor Prüfungen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 13a: Fragebogen „Aufwindkraftwerk“ Gruppe 10.2 vorher (Seite 1/3)



<hr/>			
II. Projekt und Problemlösen	ja	nein	weiß nicht
<hr/>			
1. Das Projekt macht bestimmt Spaß.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. In diesem Projekt kann ich kreativ arbeiten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Ich interessiere mich für das Thema erneuerbare Energien.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Bei der Lösung von Problemen gehe ich meist strukturiert vor.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Das Lösen von Problemen macht mir Spaß.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Ungelöste Probleme beschäftigen mich lange.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<hr/>			
III. Gruppenarbeit	ja	nein	weiß nicht
<hr/>			
1. Ich arbeite am liebsten alleine.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Ich arbeite am liebsten in Gruppen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Ich arbeite lieber in gemischten Gruppen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Ich arbeite lieber			
(a) nur mit Jungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(b) nur mit Mädchen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
in einer Gruppe.			
5. Die Arbeit in Gruppen ist meist gut			
(a) strukturiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(b) organisiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(c) dokumentiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<hr/>			
IV. Inhalte			
<hr/>			
Diese Themen würden mich interessieren:			

Abbildung 13b: Fragebogen „Aufwindkraftwerk“ Gruppe 10.2 vorher (Seite 2/3)

## V. Mein Kompetenzprofil

**1** = *das kann ich schon gut*, **2** = *das kann ich*,  
**3** = *da bin ich mir unsicher*, **4** = *das kann ich (noch) nicht*,  
**5** = *das habe ich gar nicht verstanden*

So schätze ich mich im  
Augenblick ein

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1. Planung naturwissenschaftlich-technischer Projekte im Team.					
2. Übernahme von Arbeiten und Aufgaben in einem Team.					
3. Durchhaltevermögen bei der Lösung komplexer Aufgaben.					
4. Anwenden naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen.					
5. Verstehen naturwissenschaftlich-technischer Texte.					
6. Verstehen naturwissenschaftlich-technischer Texte in englischer Sprache.					
7. Verfassen naturwissenschaftlich-technischer Texte.					
8. Modellierung eines technischen Ablaufes.					
9. Formulierung von Hypothesen und Prognosen im naturwissenschaftlich-technischen Bereich.					
10. Untersuchung von Hypothesen und Prognosen.					
11. Strukturierung meines Vorgehens bei einer naturwissenschaftlich-technischen Forschungsfrage.					
12. Dokumentation meines Vorgehens bei einer naturwissenschaftlich-technischen Forschungsfrage.					
13. Verwendung des Computers als Werkzeug.					
14. Kritische Nutzung des Internets.					
15. Entwicklung von Strategien zur Problemlösung.					
16. Reflektieren meiner Arbeit und meines Lernfortschritts.					

Meine Nummer:

Am Ende des Projekts darfst du deine Kompetenzen erneut einschätzen. Um einen Vergleich anstellen zu können, wird diese Nummer benötigt. Du kannst dich im Anschluss auch über das Ergebnis informieren.

## Fragebogen zum NwT-Projekt „Aufwindkraftwerk“

Geschlecht: Alter: 

*In diesem Fragebogen gibt es keine richtigen oder falschen Antworten.  
Die gestellten Fragen stammen aus zwei Kategorien: Auswahlfragen und freie Fragen. Bei den Auswahlfragen werden verschiedene Antwortmöglichkeiten vorgegeben. Bitte kreuze an, was deiner Meinung nach zutrifft. Bitte in jeder Zeile nur einen Kreis ankreuzen und keine Kreuze zwischen die Felder setzen. Wenn du dir nicht sicher bist, setze das Kreuz in das Feld, das deiner Meinung am ehesten entspricht.  
Bei den frei formulierten Fragen wirst du jeweils um eine kurze Stellungnahme gebeten. Bitte beschränke dich hierbei auf die wesentlichen Punkte.*

I. Interessen	ja	nein	weiß nicht
1. Das Projekt hat mein Interesse an wissenschaftlichen Fragestellungen gesteigert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Der Besuch einer technischen Messe würde mich jetzt interessieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Ich könnte mir vorstellen, jetzt einmal an einem naturwissenschaftlichen Wettbewerb teilzunehmen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Wenn ich in eine schwierige Situation komme, fühle ich mich sehr unsicher.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Ich plane gerne.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. In kritischen Situationen steigern sich meine Leistungen meistens.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Ich halte es für wichtig, mein Vorgehen zu strukturieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Ich stelle keine großen Anforderungen an meine Arbeit.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Ich habe große Angst vor Prüfungen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 14a: Fragebogen „Aufwindkraftwerk“ Gruppe 10.2 nachher (Seite 1/4)

II. Projekt und Problemlösen	ja	nein	weiß nicht
1. Das Projekt hat Spaß gemacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. In diesem Projekt konnte ich kreativ arbeiten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Das Projekt hat mein Interesse an Erneuerbaren Energien gesteigert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Ich werde mich weiterhin mit dem Thema Erneuerbare Energien beschäftigen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Bei der Lösung von Problemen gehe ich meist strukturiert vor.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Das Lösen von Problemen macht mir Spaß.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Ungelöste Probleme beschäftigen mich lange.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Bei der Lösung von Problemen sind die 5 Schritte des Kreisprozesses hilfreich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Ich würde gerne öfter PBL-Fälle im Unterricht bearbeiten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bitte begründe Deine Antwort kurz.			
10. Bitte formuliere noch ein abschließendes Statement zu den PBL-Stunden.			
III. Gruppenarbeit	ja	nein	weiß nicht
1. Ich hätte lieber alleine gearbeitet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Die Arbeit in Abteilungen hat Spaß gemacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Ich arbeite lieber in gemischten Gruppen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Ich hätte lieber in einer Abteilung			
(a) nur mit Jungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(b) nur mit Mädchen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
gearbeitet.			
5. Die Arbeit in der Abteilung war gut			
(a) strukturiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(b) organisiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(c) dokumentiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 14b: Fragebogen „Aufwindkraftwerk“ Gruppe 10.2 nachher (Seite 2/4)

---

#### IV. Mein Kompetenzprofil

---

**1** = *das kann ich schon gut*, **2** = *das kann ich*,  
**3** = *da bin ich mir unsicher*, **4** = *das kann ich (noch) nicht*,  
**5** = *das habe ich gar nicht verstanden*

So schätze ich mich im  
Augenblick ein

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1. Planung naturwissenschaftlich-technischer Projekte im Team.					
2. Übernahme von Arbeiten und Aufgaben in einem Team.					
3. Durchhaltevermögen bei der Lösung komplexer Aufgaben.					
4. Anwenden naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen.					
5. Verstehen naturwissenschaftlich-technischer Texte.					
6. Verstehen naturwissenschaftlich-technischer Texte in englischer Sprache.					
7. Verfassen naturwissenschaftlich-technischer Texte.					
8. Modellierung eines technischen Ablaufes.					
9. Formulierung von Hypothesen und Prognosen im naturwissenschaftlich-technischen Bereich.					
10. Untersuchung von Hypothesen und Prognosen.					
11. Strukturierung meines Vorgehens bei einer naturwissenschaftlich-technischen Forschungsfrage.					
12. Dokumentation meines Vorgehens bei einer naturwissenschaftlich-technischen Forschungsfrage.					
13. Verwendung des Computers als Werkzeug.					
14. Kritische Nutzung des Internets.					
15. Entwicklung von Strategien zur Problemlösung.					
16. Reflektieren meiner Arbeit und meines Lernfortschritts.					

Meine Nummer:

Am Ende des Projekts darfst du deine Kompetenzen erneut einschätzen. Um einen Vergleich anstellen zu können, wird diese Nummer benötigt. Du kannst dich im Anschluss auch über das Ergebnis informieren.

---

V. Feedback zum Unterricht

---

Das hat mir gut gefallen:

---

---

---

Das hat mir nicht gefallen:

---

---

---

Wünsche und Tipps:

---

---

---

*Vielen Dank für Deine Teilnahme !!!*

Eine wissenschaftliche Studie  
der Abteilung Chemie an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg

## Verbreitung von Lehrmethoden im Unterricht

**Pädagogische Hochschule Heidelberg**

Verena Jannack  
Abteilung Chemie  
Im Neuenheimer Feld 561  
69120 Heidelberg  
E-Mail: [verenajannack@web.de](mailto:verenajannack@web.de)

Liebe Lehrkräfte,

ich möchte Sie bitten, sich etwas Zeit zu nehmen, um an einer **anonymen Umfrage** über die **Verbreitung von Lehrmethoden im Unterricht** teilzunehmen.

Bitte lassen Sie sich nicht durch die Vielzahl der aufgezählten Methoden verunsichern. Höchstwahrscheinlich sind diese mehrheitlich eher unbekannt und auch nicht für alle Fächer geeignet. Insbesondere soll darauf hingewiesen werden, dass nicht das Nutzen verschiedener Methoden, sondern in erster Linie Ihre Lehrerpersönlichkeit die Qualität des Unterrichts bestimmt.

**In dieser Umfrage geht es hauptsächlich darum, mit Ihrer Meinung herauszufinden, wo noch Fortbildungswünsche bestehen und wie diese am besten erfüllt werden können.**

**Lesen Sie bitte jede Frage sorgfältig durch und füllen Sie den Fragebogen vollständig aus.** Sie können ausgefüllte Bögen entweder über den austeilenden Lehrer oder direkt per Post zurückgeben.

**Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!**

**1. Welche der folgenden Lehrmethoden kennen Sie und welche der Methoden wenden Sie in Ihrem Unterricht an?**

(Bitte machen Sie in jeder Zeile nur ein Kreuz.)

Lehrmethoden	Das kenne ich.				Das kenne ich nicht, ...	
	Ich wende es ... an.  ...regelmäßig...	...nicht regelmäßig (an), habe es aber schon ausprobiert.	Ich habe es noch nie angewendet ...  ...und möchte es in Zukunft ausprobieren	...und werde es nicht einsetzen.	... es würde mich aber interessieren.	... es interessiert mich nicht.
(1) Demonstrationsexperiment	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(2) Egg Races	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(3) e-Learning, Lernprogramme	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(4) Entdeckendes Lernen	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(5) Fächerübergreifend-integrativer Unterricht	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(6) Fallstudie, Fallanalyse	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(7) Forschend-entwickelnder Unterricht	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(8) Fragend-entwickelnder Unterricht	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(9) Freiarbeit	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(10) Frontalunterricht, Präsentation	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(11) Handlungsorientierter Unterricht	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(12) Immersiv-reflexiver Unterricht	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(13) Lernen durch Lehren (LdL)	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(14) Lernen am Modell	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(15) Offener Unterricht	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(16) Partner-, Gruppenarbeit	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(17) PING (Praxis integrierter naturwissenschaftlicher Grundbildung)	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(18) Planspiel	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(19) Portfolio	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(20) Präsentation durch Schüler, Referate	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(21) Problembasiertes Lernen (PBL), Problemorientiertes Lernen (POL)	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(22) Projektarbeit	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(23) Rollenspiel	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(24) Schülerexperimente	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(25) Selbstorganisiertes Lernen	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(26) Stationen lernen	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
(27) Werkstattunterricht	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

Abbildung 15b: Lehrerfragebogen zur Verbreitung von Methoden und zum Fortbildungsverhalten (Seite 2/4)



2. Gibt es weitere Methoden, die Sie regelmäßig anwenden und die Sie uns gerne mitteilen möchten?

---

3. Welche drei Methoden setzen Sie am häufigsten in ihrem Unterricht ein?  
Geben Sie die Methoden und deren Anteil am Gesamtunterricht (in %) an.

Methoden	Anteil am Gesamtunterricht
	%
	%
	%

4. Wie lernen Sie neue Methoden kennen?

(Mehrfachnennungen möglich.)

- Fortbildungen  Internet  
 Bücher, Fachzeitschriften  Kollegengespräch  
 Sonstiges, nämlich \_\_\_\_\_

5. Hätten Sie Interesse an einer Fortbildung zum Einsatz einer der oben genannten Methoden im Schulunterricht teilzunehmen?

- Nein.  
 Ja. **Welche Methode?** (Bitte Nummer(n) aus der Tabelle angeben.)

---

6. Wie häufig besuchen Sie (durchschnittlich) Lehrerfortbildungen?

(Bitte kreuzen Sie an, was am besten auf Sie zutrifft.)

- Mindestens 3 pro Schuljahr.  1-2 mal pro Schuljahr.  
 Alle 2-3 Jahre.  Höchstens alle 4 Jahre.

7. Welches Verfahren ist Ihrer Meinung nach am besten geeignet, um neue Methoden zu erlernen?

(Bitte machen Sie nur ein Kreuz!)

- Fortbildungen besuchen  im Internet recherchieren  
 Bücher, Fachzeitschriften lesen  Kollegengespräch  
 Sonstiges, nämlich \_\_\_\_\_

---

8. Welcher „Informationskanal“ müsste Ihrer Meinung nach am stärksten ausgebaut werden?  
(Bitte machen Sie nur ein Kreuz!)

- Fortbildungen  Internet  
 Bücher, Fachzeitschriften  Kollegengespräch  
 Sonstiges, nämlich \_\_\_\_\_

Bitte geben Sie abschließend noch folgende statistische Daten an.

Geschlecht	w	m
	[ ]	[ ]

Alter	<30	30-35	36-40	41-45	46-50	51-55	>55
	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

Zeit im Schuldienst	<5	5-10	11-15	16-20	21-25	26-30	>30
	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

Schulart	Grundschule	Hauptschule	Werkrealschule	Realschule	Gymnasium	Berufliche Schule

Bundesland		Zuständiges Regierungspräsidium	
------------	--	---------------------------------	--

Fächer	
--------	--



Eine wissenschaftliche Studie  
der Pädagogischen Hochschule Heidelberg

## Verbreitung von Lehrmethoden im Unterricht

**Pädagogische Hochschule Heidelberg**

Alexandra Grub / Verena Jannack

Im Neuenheimer Feld 561

69120 Heidelberg

E-Mail: [alexgrub89@gmail.com](mailto:alexgrub89@gmail.com)

Liebe Lehrkräfte,

ich möchte Sie bitten, sich etwas Zeit zu nehmen, um an einer **anonymen Umfrage** über die **Verbreitung von Lehrmethoden im Unterricht** teilzunehmen.

Insbesondere soll darauf hingewiesen werden, dass nicht das Nutzen verschiedener Methoden, sondern in erster Linie Ihre Lehrerpersönlichkeit die Qualität des Unterrichts bestimmt.

**In dieser Umfrage geht es hauptsächlich darum, mit Ihrer Meinung herauszufinden, wo noch Fortbildungswünsche bestehen und wie diese am besten erfüllt werden können.**

Lesen Sie bitte jede Frage sorgfältig durch und füllen Sie den Fragebogen vollständig aus.

**Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!**

Abbildung 16a: Lehrerfragebogen zur Verbreitung von handlungsorientierten Methoden und zum Fortbildungsverhalten (Blatt 1/4)

**1. Welche der folgenden Methoden kennen Sie? (Mehrfachnennung möglich.)**

Forschendes Lernen.

Inquiry based learning (ibse).

Problembasiertes Lernen (PBL)/ Problemorientiertes Lernen (POL).

**2. Die Methoden, die Ihnen in der letzten Frage zur Auswahl standen, haben alle die Gemeinsamkeit, dass ein Problem als Ausgangspunkt der Schülerarbeitsphase dient.**

(Ein Problem ist hierbei nach Weber eine Aufgabe mittleren Schwierigkeitsgrades, die nicht durch Routine zu lösen ist, sondern eine Herausforderung im Denkprozess darstellt. Die Aufgabe sollte eine gewisse Offenheit enthalten und verschiedene Lösungswege zulassen.)

Quelle: Agnes Weber „Problem based Learning“2004

**2.1 Kennen Sie weitere Methoden, die in diese Kategorie passen?**

Ja, nämlich \_\_\_\_\_

Nein.

**2.2 Verwenden Sie solche Methoden in Ihrem Unterricht?**

Ja. (weiter mit 3)

Nein. (weiter mit 4)

3. Denken Sie zurück an eines Ihrer Projekte, das Sie mit solch einer Methode durchgeführt haben.

3.1 In welcher Klasse und in welchem Fach haben Sie dieses Projekt durchgeführt?

Klasse: \_\_\_\_\_ Fach: \_\_\_\_\_

3.2 Welches Thema haben Sie mit diesem Projekt bearbeitet?

\_\_\_\_\_

3.3 Woher haben Sie die Idee für dieses Projekt bezogen?

Internet  Kollegen

Zeitschriften  Bücher

Ich habe die Idee selbst entwickelt.

Sonstiges, nämlich \_\_\_\_\_

3.4 Woher haben Sie das Material für dieses Projekt bezogen?

Internet  Kollegen

Zeitschriften  Bücher

Ich habe das Material selbst erstellt.

Sonstiges, nämlich \_\_\_\_\_

3.5 Wie war der Unterricht organisiert? (Bitte beschreiben Sie den Verlauf in wenigen Worten.)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3.6 Wurde die Problemstellung erarbeitet?

Ja, sie wurde von den Schülerinnen und Schülern selbst erarbeitet.

Nein, sie wurde vom Lehrer vorgegeben.

Abbildung 16c: Lehrerfragebogen zur Verbreitung von handlungsorientierten Methoden und zum Fortbildungsverhalten (Seite 3/7)

**3.7 Wie lange haben die Schülerinnen und Schüler selbstständig an der Problemlösung gearbeitet?**

Weniger als 15 Minuten innerhalb einer Schulstunde.

15-30 Minuten innerhalb einer Schulstunde.

Ungefähr eine Schulstunde.

Kurze Phasen (bis 15 Minuten) während mehrerer Schulstunden.

Bitte geben Sie auch die Anzahl der Schulstunden an: \_\_\_\_\_

Längere Phasen (bis 30 Minuten) während mehrerer Schulstunden.

Bitte geben Sie auch die Anzahl der Schulstunden an: \_\_\_\_\_

2-4 Schulstunden.

4-8 Schulstunden.

Über einen längeren Zeitraum, nämlich \_\_\_\_\_ Schulstunden.

Sonstiges, \_\_\_\_\_

**3.8 Welche Erfahrungen haben Sie beim Einsatz dieser Methoden in Ihrem Unterricht gemacht?**

---

**3.9 Bitte beurteile Sie Ihre Erfahrungen mit diesen Methoden.**

Positiv

Neutral

Negativ

Je nach Klasse unterschiedlich.

Bemerkung: \_\_\_\_\_ *(freiwillige Angabe)*

**3.10 Warum setzen Sie diese Methoden in Ihrem Unterricht ein?**  
*(Mehrfachnennung möglich.)*

Schülerinnen und Schüler arbeiten eigenständig.

Förderung von Schlüsselkompetenzen, nämlich \_\_\_\_\_

Förderung von Problemlösekompetenzen.

Sonstiges, nämlich \_\_\_\_\_

Abbildung 16d: Lehrerfragebogen zur Verbreitung von handlungsorientierten Methoden und zum Fortbildungsverhalten (Seite 4/7)

**3.11** Im Folgenden können Sie noch abschließende Bemerkungen zu diesen Methoden, dem damit verbundenen Unterricht oder Ihren Erfahrungen damit machen. *(freiwillig)*

---

(weiter mit 5)

*(Frage 4 nur bearbeiten, wenn Sie Frage 2.2 mit NEIN beantwortet haben.)*

**4. Probleme im Sinne der zu Beginn genannten Methoden können zum Beispiel sein:**

1. Die Schüler sollen auf Grundlage einer Forschungsfrage eigenständig Versuche planen, diese durchführen, auswerten und ihre Arbeit reflektieren. (Konkretes Beispiel: Wie wirken sich verschiedene Konservierungsarten auf den Vitamin-C-Gehalt von Lebensmitteln aus?)
2. Die Schüler sollen mit selbstgewählten Materialien ein funktionierendes Modell eines Kraftwerkes bauen und dessen Effektivität in Abhängigkeit eines selbstgewählten Parameters testen. (Konkretes Beispiel: Bau einer Windanlage und Test des Einflusses der Rotorblattanzahl)

**4.1 Haben Sie eine ähnliche Problemstellung schon einmal in Ihrem Unterricht eingesetzt?**

Ja. (zurück zu 3)

Nein. (weiter mit 4.2)

**4.2 Warum setzen Sie diese Methoden in Ihrem Unterricht nicht ein?** *(Nur bei Beantwortung von 4.1 mit „nein“.)*

Benötigt zu viel Zeit.

Es gibt keine Materialien.

Die Klassen sind zu groß.

Passt nicht zu meinen Fächern.

Sonstiges, nämlich \_\_\_\_\_

Abbildung 16e: Lehrerfragebogen zur Verbreitung von handlungsorientierten Methoden und zum Fortbildungsverhalten (Seite 5/7)



**5. Wie erfahren Sie von der Existenz neuer Methoden? (Mehrfachnennung möglich.)**

- Fortbildungen  Internet  
 Bücher, Fachzeitschriften  Kollegengespräch  
 Sonstiges, nämlich \_\_\_\_\_

**5.1 Hätten Sie Interesse an einer Fortbildung zu einer der oben genannten Methoden (Forschendes Lernen, ibse, POL, PBL) und ihrem Einsatz im Schulunterricht teilzunehmen?**

- Ja. Welche Methode? \_\_\_\_\_  
 Nein.

**5.2 Welches Verfahren ist Ihrer Meinung nach am besten geeignet, um neue Methoden zu erlernen? (Bitte machen Sie nur ein Kreuz!)**

- Fortbildung besuchen.  Im Internet recherchieren.  
 Bücher, Fachzeitschriften lesen.  Kollegengespräch.  
 Sonstiges, nämlich \_\_\_\_\_

**6. Wie häufig besuchen Sie Lehrerfortbildungen? (Bitte kreuzen Sie an, was am besten auf Sie zutrifft.)**

- Mindestens 3 pro Schuljahr.  1-2-mal pro Schuljahr.  
 Alle 2-3 Jahre.  Höchstens alle 4 Jahre.

**6.1 Zu welchen Inhalten besuchen Sie Lehrerfortbildungen?**

\_\_\_\_\_



## Fragebogen zum Problembasierten Lernen (PBL)

Schulort:  Fächer:

RP:  Alter:

Datum:  Geschlecht:

*Danke, dass Sie an dieser Evaluation teilnehmen !*

*Der folgende Fragebogen ist in 5 Kapitel unterteilt. Zuerst werden Ihnen Fragen zu Ihrem Vorwissen gestellt, dann allgemeine Fragen zum vorgestellten Fall, zur Methode und zur besuchten Fortbildung. Abschließend werden Sie um ein persönliches Fazit gebeten, insbesondere ob sie sich vorstellen könnten PBL in Ihren eigenen Unterricht zu integrieren.*

*Die gestellten Fragen stammen aus zwei Kategorien: Auswahlfragen und freie Fragen.*

*Bei den Auswahlfragen werden Ihnen verschiedene Antwortmöglichkeiten vorgegeben. Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur einen Kreis an und setzen Sie keine Kreuze zwischen die Felder. Wenn Sie sich nicht sicher sind, setzen Sie das Kreuz in das Feld, das Ihrer Meinung am ehesten entspricht. Es gibt in diesem Fragebogen keine richtigen oder falschen Antworten. Bei den frei formulierten Fragen werden Sie jeweils um eine kurze Stellungnahme gebeten. Bitte beschränken Sie sich hierbei auf die wesentlichen Punkte.*

Bitte nehmen Sie einleitend Stellung zu folgender Frage:

**Wie gefällt Ihnen PBL/TOP im Vergleich zum normalen Unterricht?**

I. Vorwissen	ja	nein	weiß nicht
1. Kannten Sie PBL/TOP bereits vor dieser Fortbildung?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Würden Sie sich als aufgeschlossen gegenüber neuer Methoden bezeichnen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Haben Sie PBL-ähnliche Unterrichtsformen (z.B. POL, Projekte,...) schon einmal durchgeführt?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Wenn ja, welche?	<input type="text"/>		
5. Welche positiven Erfahrungen haben Sie dabei gemacht?	<input type="text"/>		
6. Welche negativen Erfahrungen haben Sie dabei gemacht?	<input type="text"/>		

Abbildung 17a: Lehrerfragebogen zur Evaluation der *Marmétics*-Fortbildung (Seite 1/5)

II. Kosmetikfall	ja	nein	weiß nicht
1. Empfinden Sie das Thema als geeignet für den Schulunterricht?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Denken Sie, dass das Thema bei Mädchen ein größeres Interesse weckt, als bei Jungen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Denken Sie, auch Jungen werden durch diesen Themenaspekt motiviert?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Vermuten Sie, dass Jungen in diesem Thema eher ein "Mädchentema" sehen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Denken Sie, Jungen arbeiten auf Grund des Themas weniger mit als im normalen Unterricht?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Vermuten Sie, dass das Interesse der Schülerinnen und Schüler an Kosmetik im Laufe der Unterrichtseinheit steigt?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Denken Sie, dass die Schülerinnen und Schüler Spaß daran haben, selbst eine Creme herzustellen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Denken Sie, die Schülerinnen und Schüler passen bei den Mitarbeiterseminaren auf und arbeiten mit?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Glauben Sie, dass mehr Mitarbeiterseminare nötig sind?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
III. Methode	ja	nein	weiß nicht
1. Empfinden Sie PBL/TOP als schultaugliche Methode?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Denken Sie PBL/TOP motiviert die <u>Schüler</u> mehr als normaler Unterricht?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Denken Sie PBL/TOP motiviert die <u>Schülerinnen</u> mehr als normaler Unterricht?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Denken Sie, dass die Schülerinnen und Schüler die selbstgestellten Hausaufgaben in PBL/TOP-Fällen zuverlässiger bearbeiten als im normalen Unterricht?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Denken Sie PBL/TOP ist ein geeignetes Mittel für fächerübergreifende Themen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Denken Sie, dass sich Schülerinnen und Schüler auch außerhalb des Unterrichts weiter mit dem PBL/TOP-Fall befassen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Denken Sie, dass sich <u>Schüler</u> öfter am Unterricht beteiligen als sonst?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 17b: Lehrerfragebogen zur Evaluation der *Marmetics*-Fortbildung (Seite 2/5)

	ja	nein	weiß nicht
8. Denken Sie, dass sich <u>Schülerinnen</u> öfter am Unterricht beteiligen als sonst?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Sehen Sie die Möglichkeit <u>Schülerinnen</u> mit Hilfe von PBL/TOP im naturwissenschaftlichen Unterricht besser zu fördern/integrieren?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. Ab welcher Klasse finden Sie es sinnvoll PBL/TOP in der Schule einzusetzen?			
11. Bitte begründen Sie ihre Einschätzung kurz!			
12. Welche Chancen oder Vorteile sehen Sie für den Einsatz von PBL/TOP im naturwissenschaftlichen Unterricht?			
13. Welche Nachteile oder Probleme sehen Sie beim Einsatz von PBL/TOP im naturwissenschaftlichen Unterricht?			
	ja	nein	weiß nicht
14. Denken Sie PBL/TOP könnte die positiven Aspekte, die Sie unter I.5. angegeben haben, ebenfalls bewirken?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
15. Denken Sie PBL/TOP hat das Potential die negativen Erfahrungen, die Sie unter I.6. angegeben haben, zu vermeiden bzw. diesen entgegen zu wirken?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 17c: Lehrerfragebogen zur Evaluation der *Marmétics*-Fortbildung (Seite 3/5)

---

#### IV. Fortbildung

---

1. Wie sind sie auf diese Fortbildung aufmerksam geworden?

2. Hat Ihnen die Fortbildung gefallen?

Ja  Nein

Bitte begründen Sie Ihre Antwort kurz!



	zu viel	genau richtig	zu wenig
3. Wie beurteilen Sie den Anteil der Praxisphasen in dieser Fortbildung?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Wie beurteilen Sie den Anteil an Theoriephasen in dieser Fortbildung?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Wie beurteilen Sie den Erfahrungsaustausch zwischen den Fortbildungsteilnehmern?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Wie beurteilen Sie den Zeitrahmen dieser Fortbildung?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	oft	gelegentlich	selten
7. Ich empfand die Atmosphäre während der Fortbildung als...			
gut	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
entspannt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
locker	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
stressig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
angespannt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
freundlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gewinn bringend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
schlecht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sonstiges _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 17d: Lehrerfragebogen zur Evaluation der *Marmétics*-Fortbildung (Seite 4/5)

8. Bitte formulieren Sie hier ein finales Statement zur PBL/TOP-Fortbildung "Kosmetik"!

---



---

V. Fazit	ja	nein	weiß nicht
1. Haben Sie Interesse eine weitere Fortbildung auf diesem Gebiet zu besuchen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn ja: <i>(Die folgenden Fragen nur beantworten, wenn in der letzten Frage JA angekreuzt wurde.)</i>			
Würden Sie eine ganztägige Fortbildung bevorzugen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Können Sie sich vorstellen, das heute Gelernte in Ihren Unterricht zu integrieren, indem Sie selbst einen PBL/TOP-Fall unterrichten?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Könnten Sie sich vorstellen PBL/TOP nach einer weiteren Fortbildung in Ihren Unterricht zu integrieren?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Sind Sie an weiteren Beispielen für PBL/TOP im naturwissenschaftlichen Unterricht interessiert?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Würden Sie sich Materialien zu PBL/TOP im naturwissenschaftlichen Unterricht kaufen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Könnten Sie sich vorstellen selbst PBL/TOP-Fälle für Ihren Unterricht zu entwickeln?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Könnten Sie sich vorstellen PBL/TOP in den Fachunterricht ihres Zweitfaches zu integrieren?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn ja, welches Fach?	<input type="text"/>		

8. Hier können Sie ein abschließendes, allgemeines Statement abgeben!  
(z.B. zur Methode, dem Fall, Anregungen, Kritik, ... )

---



---

**VIELEN DANK FÜR IHRE TEILNAHME !!!**

## Ausgewählte praktische Ergebnisse

### Beispiele für Restaurantkonzepte von Achtklässlerinnen und Achtklässlern zur Eröffnung einer neuen Filiale von *Lucy's Diner*

<p>Dekoration „Schwäbische Alb“ mit Alb, Bodensee und Eisenbahn</p>	<p>... sowie den heimischen Waldbewohnern und dem „Erdbeerfeld“ im Hintergrund.</p>	
		
		
<p>Swabian Ravioli in Vegetable Soup with a spinach-meat-filling <i>Maultaschensuppe</i></p>	<p>Roast venison with Swabian Noodles, Carrots and spicy sauce <i>Rehbraten mit Spätzle</i></p>	<p>Yoghurt-fruits-dream <i>Früchtetraum</i></p>

Abbildung 18: Ideen zur Eröffnung eines schwäbischen Restaurants.

Oben: Dekorationsvorschlag; Unten: dreigängiges Menü aus der Speisekarte zur Überzeugung der Jury



**Bewerbung von „Les maîtres“  
(Eröffnung eines mexikanischen Restaurants)**



Mexikanische Dekoration



Tacosalat



Burrito mit zweierlei Dip  
(gefüllte Teigtasche)



Heiße mexikanische Schokolade

**Bewerbung von „American Jamas“  
(Idee: Eventlokal, Heute: Thema Halloween)**



Cocktail Magensäure vor der Speisekarte



Kürbiscremesuppe



Spaghetti mit Augäpfeln



Glibberhände

Abbildung 19: Menüs zweier weiterer Küchenteams (Abteilungen) von Lucy's Diner

### Ausgewählte Aufwindkraftwerk-Modelle



Abbildung 20: Aufwindkraftwerke mit verschiedenen Kollektorstützen aus Holz.

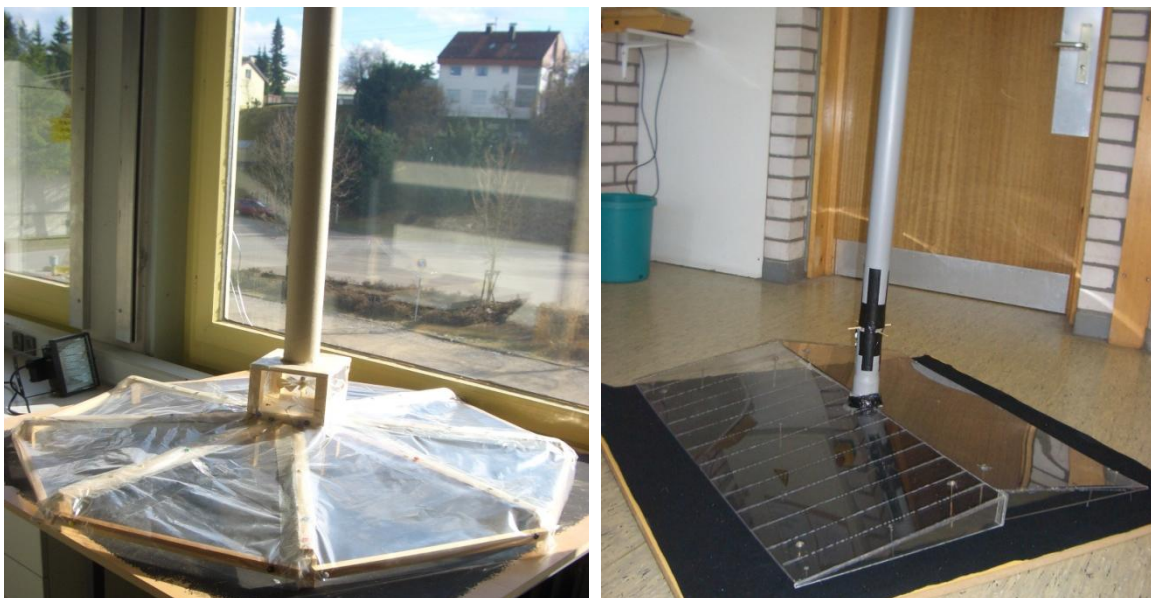
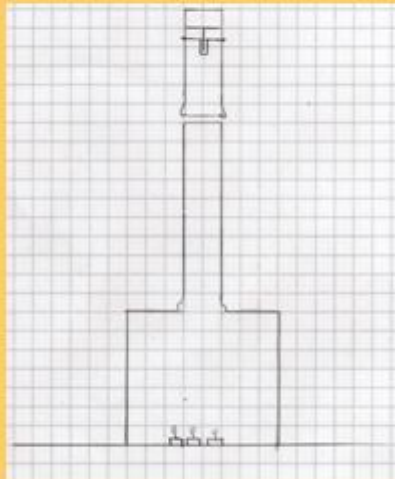


Abbildung 21: Aufwindkraftwerkmodelle von Zehntklässlerinnen und Zehntklässler aus Holz und Papier (links) sowie aus Kunststoff (rechts) \*.

\* Das rechte Modell bildet die Grundlage für das 2x2x2-Untersuchungsdesign, dessen Ergebnisse im ersten abgedruckten Artikel (Seite XXVIII) dargestellt werden.

Weiterführende Forschung und ihre Ergebnisse

# Vereinfachtes Kraftwerk



Skizze des vereinfachten Kraftwerks



Vereinfachtes Kraftwerk mit Teelichtern als Energiequelle

## Vereinfachtes Kraftwerk:

Anzahl Teelichter	1	2	3	4
Höhe in cm	Drehzahl in 1/s			
27	*1	*1	*1	0,81
51	*1	0,58	1,79	*2
77	0,98	1,54	*2	*2
99,5	1,05	1,79	*2	*2
149	0,38	1,61	*2	*2

\*1: zu wenig Energie,  
Turbine läuft nicht an  
\*2: zu viel Energie  
Turbine läuft zu schnell

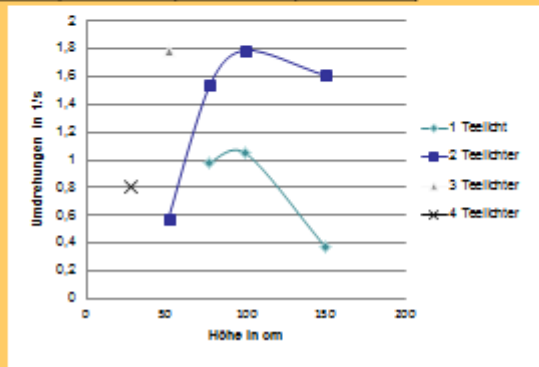


Abbildung 22: Auszug aus der Ergebnispräsentation einer Gruppe von Schülerinnen\*

\* Erklärung: Die Gruppe hatte eine Metallturbine, die sie mit Kerzen als „Antrieb“ getestet hatten. Leider reichte der Aufwind des Aufwindkraftwerk-Modells nicht aus, um diese Turbine in Drehung zu versetzen. Kurzerhand führte diese Gruppe ihre Forschungsfrage zum Einfluss der Turmhöhe auch mit dem „vereinfachten Kraftwerk“ mit „Kerzenantrieb“ durch. Überraschender Weise entsteht der Eindruck einer optimalen Turmhöhe von 100cm.

### Wissenschaftliche Artikel der Schülerinnen und Schüler

Tabelle 2: Analyse der wissenschaftlichen Artikel von 15 Abteilungen der *Windhösel-Kraftwerke*. Auswertung in Bezug auf den Forschungsbereich und typische gestalterische Elemente (die beiden gelb markierten Artikel sind im Folgenden abgedruckt)

Gruppe Mädchgr. (w) Junggr. (m)	Forschungsbereich	Artikel (Elemente vorhanden)						
		Formatvorlage	Quellenangaben	Begr. Material	Messwerte	Eigene Bilder	Diskussion Ergeb.	Ausblick/Einord.
	Bereich Turbine (47%) Bereich Turm (47%) Bestrahlung (20%) Andere Bereiche (20%)							
1 (w)	Rotorblattform Bestrahlungsentfernung	-	-	-	+	-	-	0
2 (w)	Turbinenmaterial Anzahl Rotorblätter (Turbinenaufhängung)	-	-	-	+	-	-	0
3 (m)	Mit/ohne Kamin Bestrahlungsstärke	-	+	-	+	+	+	+
4 (w)	Abstand Turm/Boden	-	+	+	+	-	-	-
5 (m)	Turbinenmaterial Kaminhöhe Luftzufluss unter Koll.	-	+	+	+	-	-	+
6 (m)	(keine Forschung)	-	-	-		-		+
7 (m)	Kaminhöhe (Turbinenaufhängung)	-	-	+	+	+	-	-
8	(keine Forschung)	0	+	+		-		-
9	Turbinenmaterial	0	-		0	-	-	-
10 (m)	Kaminhöhe	-	-	-	+	-	0	+
11	Kaminhöhe	+	+	+	+	+		-
12 (w)	Kollektormaterial	+	+	+	+	+	+	0
13	Farbe des Bodens Bestrahlungsstärke	+	-	+	+	+	+	-
14	Anzahl und Form der Rotorblätter	0	-	-	+	+	-	-
15 (w)	Kaminhöhe (Anlaufzeit) (Turbinenmaterial)	+	+	+	+	+	+	+

## Aufwindkraftwerk

*Mädchengruppe – Namen  
und Kontaktdaten wurden aus Datenschutzgründen entfernt.*

### Abstract

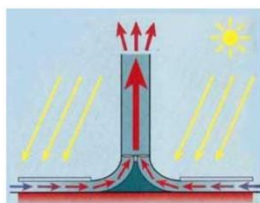
**Regenerative energy extraction fascinated us right from the beginning because the resources of the fossil fuels will run out soon. We chose solar energy and at the end a solar tower. In a group of four we built a solar tower from the materials wood and plastic. Our turbine was made of aluminium. We studied three different collectors to find out which material brings the best output power. Our tested materials have been a plastic bin liner, a first aid blanket and black pond liner. The pond liner had the best results.**

### 1. Einleitung

Durch die Problematik der Energiegewinnung aus fossilen Brennstoffen und den damit verbundenen Problemen wie Knappheit dieser Stoffe, was zu immensen Preiserhöhungen führt, kamen wir auf die Idee, regenerative Energie anzuwenden.

Es entstand die Diskussion, welche regenerative Energie wir zu diesem Zweck verwenden sollten. Die Entscheidung fiel auf Solarenergie und somit entschlossen wir uns ein kleines Aufwindkraftwerk zu bauen.

Ein Aufwindkraftwerk ist ein Solarkraftwerk, welches aus Sonnenstrahlen Energie gewinnt und diese in elektrische Energie umwandelt. Es ist aus einer Grundbodenfläche, einer leicht gewölbten Kollektorfläche, einem Turm (sog. „Kamin“) und einer Turbine im Inneren des Kamins zusammengesetzt. Durch Sonneneinstrahlung wird die Luft unter dem Kollektor erhitzt. Da warme Luft nach oben steigt, wird sie durch den einzigen möglichen Weg, den Kamin, geleitet und treibt somit die Turbine an. Diese Form der Windenergie wird in elektrische Energie umgewandelt. [1]



*Fig.1:  
Funktionsweise eines  
Aufwindkraftwerks [2]*



*Fig.2:  
Aufwindkraftwerk  
in Manzanares,  
Spanien [3]*

Wir entschlossen uns dazu, ein möglichst effektives Aufwindkraftwerk zu bauen. Dazu bauten wir das Modell unter Auflage einer Forschungsfrage. Die Entscheidung fiel auf die Frage:

Wie wirkt sich das Material des Kollektors auf die Effektivität des Aufwindkraftwerks aus?

### 2. Materialien und Methoden

Die Grundbodenplatte war eine quadratische Holzplatte mit der Seitenlänge 50cm, die wir mit schwarzem Lack bestrichen, damit die Sonnenstrahlen in der dunklen Farbe gespeichert wurden. Für den Kamin benutzten wir ein graues Baurohr, 95cm lang mit einem Durchmesser von 75mm. Wir entschieden uns für diesen Durchmesser, da wir davon ausgingen, dass die warme Luft in einem schmalen Rohr besser komprimiert werden und somit schneller aufsteigen kann.

Wir entschieden uns dafür, für unsere Forschungsfrage drei unterschiedliche Materialien für die Kollektoren zu benutzen. Der erste Kollektor bestand aus PVC-Folie (Rettungsfolie). Wir nahmen dieses Material, da es bekannt dafür ist, Sonnenstrahlen bzw. Wärme hinein, aber nicht wieder hinaus zu lassen. Für den zweiten Kollektor verwendeten wir schwarze Teichfolie, da die dunkle Farbe Wärme absorbiert und die Luft unter ihr sich somit erhitzen kann. Der dritte Kollektor war ein Müllsack aus Plastik. Wir gingen davon aus, dass ein erheblicher Unterschied zwischen den anderen Materialien und dem Müllsack bestehen würde. Beim Bau der Turbine achteten wir darauf, dass sie möglichst wenig Reibung hatte. Für diesen Zweck verwendeten wir einen Magneten und eine Nadel, an der die Turbine befestigt war. Die Turbine bauten wir aus einem Teelicht aus Aluminium, da uns klar war, dass wir ein leichtes Material und möglichst wenig Reibung brauchten.

Article

LCSM



Bild 1: Aufwindkraftwerk ohne Kollektorfolie

### 3. Ergebnisse

Nach dem Bau begannen wir zu forschen. Wir befestigten je einen Kollektor am Aufwindkraftwerk und bestrahlten ihn mit einem Baustrahler, da aufgrund der Jahreszeit keine natürliche Solarstrahlung möglich war. Die Umdrehungen der Turbine zählten wir selbstständig.

Um genauere Werte zu erlangen, bestrahlten wir die Kollektoren so lange, bis sich die Turbine bereits zügig drehte, bevor wir zu zählen begannen.

Tabelle 1: Messwerte

Material des Kollektors	Zeit der Beleuchtung vor der Messung	Umdrehungen pro Minute
Teichfolie	90 Sekunden	62
Müllsack (Plastik)	90 Sekunden	28
Rettungsfolie (goldene Seite oben)	180 Sekunden	0
Rettungsfolie (silberne Seite oben)	180 Sekunden	9 Umdrehungen, dann Halt

Wir waren sehr überrascht, dass das Aufwindkraftwerk mit der Rettungsfolie als Kollektor gar nicht funktionierte. Eigentlich hatten wir damit gerechnet, dass Rettungsfolie noch wirkungsvoller wäre als der Plastikmüllsack. Letzterer war aber ein recht guter Kollektor. Unsere anfängliche Vermutung, dass Teichfolie der beste Kollektor sei, hat sich voll und ganz erfüllt.



Bild 2/3: Aufwindkraftwerk mit Teichfolie bzw. Müllsack

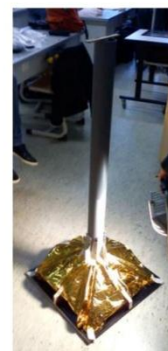


Bild 4/5: Aufwindkraftwerk mit Rettungsfolie gold / silber



### 4. Diskussion

Alles in Allem war der Bau unseres Aufwindkraftwerks ein voller Erfolg. Durch die minimale Reibung der Turbine funktionierte diese einwandfrei. Wenn die Firma Windhösel Kraftwerke AG unser Kraftwerk bauen möchte, sollte sie Teichfolie als Kollektor verwenden, da mit diesem Material die Turbine eindeutig am besten angetrieben wird. Die Turbine hat als Modell gut funktioniert, muss aber in der Realität eventuell geändert werden in größeres, haltbareres Material. Außerdem sollte die Turbine weniger Rotorblätter haben als unsere, da die Turbine sich dann viel schneller dreht.

### Referenzen

- [1] <http://ma.kantizug.ch/maturaprojects/Mark%20Schneider%20-%20Das%20Aufwindkraftwerk%20-%20Konstruktion%20eines%20Modells%20und%20Untersuchung%20dessen%20Leistung.pdf>
- [2] [http://www.solarserver.de/uploads/pics/lexikon\\_aufwindkraftwerk.jpg](http://www.solarserver.de/uploads/pics/lexikon_aufwindkraftwerk.jpg)
- [3] [http://www.heise.de/tp/r4/artikel/11/11777/11777\\_1.jpg](http://www.heise.de/tp/r4/artikel/11/11777/11777_1.jpg)

## Modell Aufwindkraftwerk

Jungengruppe – Namen

und Kontaktdaten wurden aus Datenschutzgründen entfernt.

### Abstract

In the following text, we will shortly summarize our whole project and take a look on every point of the main report. First of all we will tell you something about the solar chimney power plant in general.

The solar chimney power plant is a chance to win from the energy of the sun electric current. The main report is about how our group has tried to implement this principle in a model. We will tell you about the advantages and the disadvantages of a solar chimney power plant and present you a lot of information and how we were constructing our model.

### 1. Einleitung

Aufgrund der Tatsache, dass fossile Energiereserven wie Erdöl, Erdgas oder Kohle nur begrenzt vorhanden sind und ihre Vorkommen in nächster Zeit erschöpft sind, müssen neue Energiequellen erschlossen werden, welche den steigenden Energiebedarf decken.

Aus diesem Grund erarbeiteten wir ein Aufwindkraftwerk-Modell für die Windhösel Kraftwerke AG.

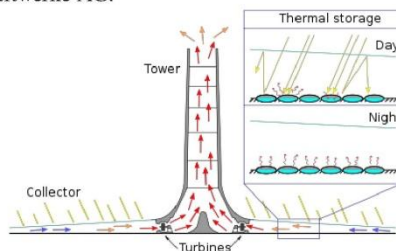


Abb. 1: Abbildung zeigt die Funktionsweise eines Aufwindkraftwerkes bei Tag und bei Nacht. [1]

Wie man auf der Abbildung erkennen kann, wird die Kollektorfläche von der Sonne bestrahlt. Die sich darunter befindende Luft wird erwärmt, wobei diese in Richtung des Turmes strömt. Durch die offenen Seiten strömt kalte Luft nach. Die aufsteigende Luft wird durch Turbinen geleitet, welche mithilfe eines Generators Strom erzeugen, der sofort ins Netz eingespeist werden kann. Wassertanks, die sich am Boden des Aufwindkraftwerkes befinden, nehmen tagsüber einen Teil der Sonnenenergie auf und geben die gespeicherte Wärme bei Nacht an die Luft ab. Somit kann das Aufwindkraftwerk auch bei Nacht betrieben werden.

### 2. Materialien und Methoden

Die allgemeine Anforderung an ein Aufwindkraft-

werk ist ein hoher Wirkungsgrad. Um dieser Anforderung möglichst gerecht zu werden haben wir uns für diese Materialien entschieden:

1. Bodenplatte im Format 100cm x 100cm aus Holz um eine einfache Bearbeitung zu gewährleisten
2. Plexiglas als Kollektor, für einen hohen Wirkungsgrad und eine hohe Stabilität
3. Hoher Turm, um den Kamineffekt optimal auszunutzen
4. Turbine aus Aluminium, um eine möglichst hohe Umdrehungszahl zu erreichen
5. Schwarzes Stofftuch als Grundlage, sodass die Luft schneller erwärmt wird
6. Heißkleber und Panzerband, um für Abdichtung und Stabilität zu sorgen
7. Schrauben und Nägel um die Plexiglasplatten stabil zu befestigen und um sie zu justieren

Zuerst haben wir die Holzplatte mit dem schwarzen Stofftuch bespannt, welches dazu dient die Sonnenstrahlen zu absorbieren und ihre Energie in Form von Wärme wieder abgibt. Danach haben wir die zwei Plexiglasplatten ausgerichtet und in jede Hälfte einen Halbkreis hineingesägt, sodass beim Zusammenfügen ein Loch entsteht in welches der Turm hineinpasst. Erst dann haben wir die Plexiglasplatten mithilfe von Nägeln und Schrauben fixiert, wobei wir einen Winkel von 20 Grad erreicht haben. Dann haben wir die Vorderseite und die Hinterseite mit weiteren Plexiglasplatten bestückt, sodass die Luft nur durch einen engen Spalt hinein gesogen wird. Dann wurde ein kleines Stück des Turms mithilfe von Klebeband auf dem Loch befestigt, und anschließend mit Heißkleber die Kanten abgedichtet. Anschließend wurden auch noch die restlichen undichten Stellen mithilfe von Klebeband und Heißkleber abgedichtet, um Luftverwirbelungen und Wärmeverluste zu unterbinden. Die Turbine haben wir aus dem Boden eines Teelichtes konstruiert,

Article

LCSM

wobei wir die Rotorblätter hinein geschnitten und gleich in eine entsprechende Form gebogen haben. Die Turbinenaufhängung wurde von einem externen Dienstleister zur Verfügung gestellt. Sie wurde gebaut aus zwei sich überkreuzenden Holzstäbchen, in deren Mitte sich ein Magnet befindet. Die Turbine ist über eine Nadel mit diesem verbunden, um eine möglichst geringe Reibung zu erzielen. Diese Vorrichtung wurde dann auf dem kurzen Stück des Turmes befestigt. Somit konnten wir gleich einen Test durchführen, und wenn möglich das längere Teil des Turmes aufsetzen um Versuchsreihen anzustellen.

### 3. Resultate

Nachdem wir unser Modell weitgehend fertig gestellt hatten, führten wir mehrere Tests durch. Wir testeten unser Modell mit großem beziehungsweise kleinem Turm, Papier- beziehungsweise Aluturbine, und geschlossenen beziehungsweise offenen Seiten.

Tabelle 1: Tabelle mit den Ergebnissen der Tests.

Test Nr.	Turbine	Seiten	Turm	Umdrehungen
1	Alu	offen	Klein	12
2	Papier	offen	Klein	0
3	Alu	geschl.	Klein	35
4	Papier	geschl.	Klein	0
5	Alu	offen	Groß	29
6	Papier	offen	Groß	0
7	Alu	geschl.	Groß	74
8	Papier	geschl.	Groß	27

Unseren Versuchen entnehmen wir folgende Ergebnisse:

- Eine Papierturbine ist ungeeignet, da sie immer wieder im Turm anstößt.
- Die Seiten müssen geschlossen sein, da sonst zu viel Luft entströmt.
- Der Turm muss groß sein, damit der Kamineffekt genutzt werden kann.

Daraus schließen wir dass die optimale Lösung ein Aufwindkraftwert mit Aluturbine, geschlossenen Seiten und einem großen Turm ist (um den Kamineffekt auszunutzen).

### 4. Diskussion

Da unsere fossilen Brennstoffe immer mehr ausgeschöpft werden, ist es für die Zukunft wichtig, dass wir uns mit regenerativen Energien auseinandersetzen. Ein gutes Beispiel hierfür ist das Aufwindkraftwerk. Unser Modell hat mithilfe einer Versuchsreihe gezeigt, dass es auch bei geringer

Sonneneinstrahlung gut funktioniert. Außerdem kann man mithilfe von Wassertanks, die sich im Boden des Aufwindkraftwerkes befinden, es auch bei Nacht betreiben. Das sich in den Wassertanks befindende Wasser wird tagsüber erwärmt und gibt seine Wärmeenergie bei Nacht wieder ab. Um ein solches Kraftwerk zu bauen, gibt es mehrere Kriterien zu beachten. Einerseits sollte der Turm groß sein, um den Kamineffekt effektiv zu nutzen. Andererseits sollte er dennoch stabil sein. Die Kollektorfläche sollte sehr groß sein, um möglichst viel Sonnenstrahlen einzufangen und die Luft, die sich darunter befindet, bestmöglich zu erwärmen. Als Standort sollte man einen Ort wählen, an dem die Sonneneinstrahlung sehr hoch ist. Ein gutes Beispiel hierfür ist die Sahara.

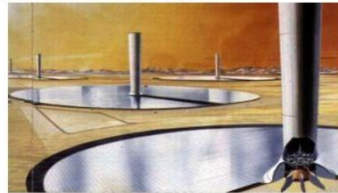


Abb. 2: Abbildung zeigt ein Aufwindkraftwerk der Zukunft. [2]

Wir selbst beurteilen unser Aufwindkraftwerk als gelungen, da wir alles gut durchdacht und geplant haben. Außerdem haben wir entsprechende Kriterien berücksichtigt, mithilfe von Versuchen bestätigt und unser Modell verbessert.

Auch wenn der Bau eines Aufwindkraftwerkes teuer und die Nutzung nur in Gebieten mit starker Sonneneinstrahlung möglich ist, halten wir ein Aufwindkraftwerk für wichtig, da es mithilfe einer regenerativen Energiequelle betrieben wird und, wenn man es erst mal gebaut hat, die Unterhaltskosten sehr gering sind.

### Danksagung

An diesem Punkt möchten wir all jenen danken, die geholfen haben dieses Projekt zu verwirklichen. Dazu gehören unsere Klassenkameraden und Klassenkameradinnen sowie unsere Lehrer Frau NAME1 und Herr NAME2.

### Quellen

- [1] [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/00/Solar\\_updraft\\_tower.svg/400px-Solar\\_updraft\\_tower.svg.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/00/Solar_updraft_tower.svg/400px-Solar_updraft_tower.svg.png)  
 [2] <http://img160.imageshack.us/img160/9991/aufwindkraftwerk5uj.jpg>



## Ausgewählte Daten der Schülerbefragung

Tabelle 3: Antworten der Schülerinnen (rot) und Schüler (blau) im Prä-Fragebogen der achten Klassen auf die Frage I.2 (N<sub>8.1</sub>=46, sortiert nach Gruppen)

Gib an, welche Themen und Inhalte dich im Bereich Ernährung interessieren würden.	
1	<u>Gesundheit, Krankheiten, gesundes Essen</u> <u>gesunde/ungesunde Ernährung, wie ernährt man sich richtig, gutes/schlechtes Essen, dicke Menschen</u>
2	<i>Keine Angaben</i> <u>gesunde Ernährung (2), was man essen sollte (2), Wie viele Süßigkeiten am Tag (2), Kochen (6), Essen und Braten, Garen, Inhaltsstoffe (2), Nährstoffe (3), alles, Schnitzel/Gemüse/Hähnchen, Cola/Pizza, künstl. Fraß</u>
3	<u>Ernährung in anderen Ländern, Vitamine, Ges. Ernährung (2), Magersucht/Fresssucht, Kalorien/ Ernährungspyramide</u> <u>Kochen (3), Essen, Gesunde Ernährung (6), Inhaltsstoffe, Nährwerte, Essen auf anderen Kontinenten</u>

Tabelle 4: Antworten von Schülerinnen (rot) und Schülern (blau) auf die offenen Fragen im Fragebogen „Ernährung“ Gruppe 8.1 nachher (N<sub>8.1</sub>=46)

Offene Frage IV-2: Folgende Kompetenzen konnte ich während dem Projekt lernen oder stärken:	Platz für Anregungen (am Ende des Fragebogens)
Keine Angabe IIIII	Keine Angabe IIIII
<u>Selbstbewusstsein</u>	<u>Smiley =)</u>
<u>Teamgeist</u>	<u>Smiley =)</u>
<u>Kochen</u>	<u>Keine Angabe</u>
<u>Teamfähigkeit, Problemlösefähigkeit</u>	<u>Keine Angabe</u>
<u>Zusammenarbeit, Kreativität</u>	<u>Keine Angabe</u>
<u>Keine Angabe</u>	<u>Das Projekt war sehr schön. Vor allem auch das Kochen, da wir das nicht als Unterrichtsfach haben. Auch die Gruppenarbeit hat sehr viel Spaß gemacht.</u>
<u>Keine Angabe</u>	<u>Das Projekt und vor allem das Kochen, hat Spaß gemacht.</u>
<u>Teamfähigkeit</u>	<u>Projekt war klasse! Wir mussten fast alles selbstständig machen und das fand ich gut. Man konnte seine eigenen Ideen einbringen ... usw.</u>
<u>Mich durchsetzen</u>	<u>Keine Angabe</u>
<u>Mich durchsetzen</u>	<u>Vielleicht früher alle Anforderungen auf einem Blatt zus.fassen.</u>
<u>Kochen, Zusammenarbeit, zusammen denken</u>	<u>Das Projekt gefiel mir sehr gut. Ich fänd's gut, wenn wir öfter in der Schule kochen würden, wie Hauptschule, Realschule oder Förderschule. Aber es hat Spaß gemacht.</u>
Keine Angabe IIIII III	Keine Angabe IIIII III
<u>Teamfähigkeit</u>	<u>Keine Angabe</u>
<u>Zusammen arbeiten &amp; Aufgaben teilen</u>	<u>Keine Angabe</u>
<u>Keine</u>	<u>Keine Angabe</u>
<u>Zuverlässigkeit, Selbstständigkeit</u>	<u>Keine Angabe</u>
<u>Teamarbeit</u>	<u>Keine Angabe</u>
Keine Angabe IIIII IIIII	Keine Angabe IIIII IIIII
<u>Teamfähigkeit, Kritikfähigkeit, Problemlösefähigkeit</u>	<u>Keine Angabe</u>
<u>Problemlösefähigkeit</u>	<u>Keine Angabe</u>
<u>Keine Angabe</u>	<u>Dass es auch gem. Gruppen geben hätte sollen, da die Jungen auf die Mädchen eifersüchtig waren, da diese besser bewertet wurden.</u>
<u>Mehr auf andere eingehen, gesundes Kochen macht Spaß</u>	<u>Auch Jungs können sehr gut Kochen, nicht nur Mädchen, es ist eine Aufgabe für beide Geschlechter.</u>
<u>Problemlösefähigkeit</u>	<u>Keine Angabe</u>
<u>Teamfähigkeit</u>	<u>Keine Angabe</u>

Tabelle 5: Erwartungen und Befürchtungen der Schülerinnen (rot) und Schüler(blau), die das Aufwindkraftwerk-Projekt in gleichgeschlechtigen Gruppen durchlaufen sollten (N=30, Antworten der Prä-Befragung)

Meine Erwartungen am getrennten Unterricht sind...	Meine Befürchtungen am getrennten Unterricht sind...
<p>Keine Angabe IIIII IIIII III</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Aufgabe wird wahrscheinlich nicht so schwer, da Mädchen nichts von Technik verstehen.</li> <li>- Nicht hoch. Ich arbeite lieber mit den Jungen zusammen. Vielleicht arbeiten wir auch schneller und zielstrebig. Wird man dann sehen.</li> <li>- dass die Aufgabe lösbar ist und dass andere Gruppen einem helfen. Gute Gruppeneinteilung und dass jeder die gleiche Stellung in der Gruppe hat.</li> <li>- bessere Konzentration und zielstrebig zu sein</li> <li>- Mädchen sind kreativer und Jungs technisch begabter</li> <li>- man wird sehen, wer technisch begabter ist</li> <li>- dass es viel Spaß machen wird</li> <li>- man konzentriert sich mehr auf das Projekt</li> <li>- bessere Arbeitsmoral (2) - guter Teamgeist</li> <li>- bessere Arbeitsatmosphäre, nicht so chaotisch</li> <li>- dass die Jungen besser sind</li> <li>- keine großen Änderung - nichts</li> <li>- neue Erfahrungen, andere Umgangsformen</li> <li>- es gibt weniger Meinungsverschiedenheiten</li> </ul>	<p>Keine Angabe IIIII III</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dass Mädchen nicht so gut mit Materialien wie z.B. Holz umgehen können und die Jungen technisch begabter sind. Ich glaube, dass gemischte Gruppen besser sind.</li> <li>- dass Mädchen nicht so viele Ideen haben und Jungen technisch begabter sind und dass bei Mädchen untereinander oft Spannungen, wird es schwierig in Gruppen zu arbeiten, die nur Mädchen enthalten</li> <li>- Spannungen zwischen Mädchen (2) - Klappst bestimmt alles!</li> <li>- dass Jungen ihre Ideen besser umsetzen können (2)</li> <li>- dass es langweilig werden könnte - dass wir uns nur anzicken</li> <li>- dass es nicht funktioniert nur unter Mädchen etwas zu bauen</li> <li>- dass es keine Vorteile bringt und ich nicht mit Leuten arbeiten darf, mit denen ich gerne arbeiten würde. - evtl. langweilig, stressig</li> <li>- dass die Gruppenmitglieder nicht zurechtkommen (2)</li> <li>- nichts, wird eintönig - wird langweilig (4)</li> <li>- Leistungen sind nicht gut zu vergleichen</li> <li>- dass die Jungen sich häufig streiten</li> <li>- dass die Jungen die Sachen der Mädchen sabotieren</li> <li>- bringt wahrscheinlich nichts</li> <li>- es gibt Streit, wenn Gruppenmitglieder zu stark auf ihren Meinungen beharren.</li> <li>- dass man sich nicht auf das Projekt konzentriert, sondern eher miteinander über andere Dinge redet.</li> </ul>

Tabelle 6: Einschätzungen der Schülerinnen (rot) und Schüler(blau), die das Aufwindkraftwerk-Projekt in gleichgeschlechtigen Gruppen durchlaufen haben (N=30, Antworten der Post-Befragung)

Wie hast du die Arbeitsatmosphäre erlebt?	Hast du weniger Abwertung erfahren als in gemischten Gruppen?	Hat sich dieser Unterricht auf das Klima in der Klasse ausgewirkt? Beschreibe deine Beobachtungen!
<p>Keine Angabe III</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- War entspannt. (2) - meistens freundlich</li> <li>- meistens angenehm, ab und zu etwas gereizt</li> <li>- manchmal angespannt, aber meistens locker</li> <li>- angespannt, komisch, unengagiert, manchmal bestimmten die anderen</li> <li>- konzentriert, aber manchmal zu sehr vom Thema abgelenkt</li> <li>- Wir waren meistens sehr produktiv, allerdings haben wir uns in zwei Stunden angezickt,</li> <li>- Da es jemand eifriges gab, der lieber alles alleine machte, war es mal so und mal so.</li> <li>- manchmal nicht konzentriert, manchmal lustig</li> <li>- Voll cool, wir hatten viel Spaß, es war locker.</li> <li>- sehr konzentriert und engagiert</li> <li>- ganz okay, man kommt mit Leuten, die man davor nicht mochte, besser aus</li> <li>- produktive Atmosphäre - gute Atmosphäre</li> <li>- angenehm, hilfsbereit - engagiert</li> <li>- entspannt und doch konzentriert - Gut (3)</li> <li>- sehr angenehm, chillig. - sehr gut</li> <li>- gut, spaßig (trotzdem produktiv) - locker (2)</li> <li>- gut, lief flüssig</li> </ul>	<p>Keine Angabe II</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nein (6),</li> <li>- weiß nicht (1)</li> <li>- ja (1)</li> <li>- ich denke nicht</li> <li>- weder jetzt noch sonst</li> <li>- weiß nicht (3)</li> <li>- Keine Ahnung</li> <li>- nein (5)</li> <li>- glaube nicht</li> <li>- ja (2)</li> <li>- Ja, Mädchen lästern mehr</li> <li>- wieso auch?</li> <li>- Nein, es gab nie wirklich Abwertung.</li> <li>- Nein, ich bekam keine Abwertung.</li> <li>- Nein, eher mehr, war aber trotzdem nicht viel.</li> <li>- Keine</li> </ul>	<p>Keine Angabe IIIII</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nein (3) - Ich glaube nicht.</li> <li>- Ich weiß es nicht. - Schwer zu sagen.</li> <li>- eigentlich nicht (2)</li> <li>- Man hat in der Gruppe gemerkt, wer in der Klasse integriert ist und wer nicht.</li> <li>- Keine Ahnung, wir Mädels haben öfters wir rumgezickt</li> <li>- nein (4) - Glaub nicht.</li> <li>- keine Ahnung (2)</li> <li>- ja es war besser - jeder war motivierter</li> <li>- Man hat mit Leuten zu tun, mit denen man zuvor noch nicht viel zu tun hatte.</li> <li>- Nein, ich habe keine Veränderung erkennen können.</li> <li>- Es hat allen mehr Spaß gemacht als normaler Unterricht</li> <li>- weiß nicht, wir haben uns mit dem Arbeitsauftrag beschäftigt</li> <li>- Kann ich nicht sagen, hab mich zwar mit den anderen gut verstanden, aber ob sich das Klima gebessert hat, weiß ich nicht. (andere Klasse)</li> <li>- Nein, da ich in einer anderen Klasse bin.</li> </ul>

Tabelle 7: Einschätzungen der Schülerinnen und Schüler im Kompetenzprofil im Vorher-Nachher-Vergleich nach Klasse und Geschlecht (Angaben in Prozent)

Siehe nächste Seite.

Tabelle 8: Kategorisierung der Antworten der Schülerinnen (rot) und Schüler (blau) im freien Feedback (V) des Post-Fragebogens zum Aufwindkraftwerk-Projekt (N<sub>10.2</sub>=49)

Das hat mir gefallen	Das hat mir nicht gefallen
Keine Angabe II	Keine Angabe IIIII IIIII II (24%)
Thema IIIII III (16%)	Zeitdruck IIIII II (14%)
Projekt IIII (8%)	Gestaltung Mitarbeiterseminare IIIII (10%)
Prakt. Arbeit IIIII IIII (18%)	Artikel, Portfolio, Abstract IIIII IIIII IIII (37%)
Selbstständigkeit IIIII IIII (18%)	Projekt II
Freiheiten II (4%)	Zu selbstständig III
Team, GA IIIII IIIII II (24%)	Theoretischer Stoff II
Einzelne Inhalte IIIII (10%)	Gruppenprobleme III
Gestaltung Mitarbeiterseminare IIIII IIIII I (22%)	Einzelne Inhalte II
Lehrerpersönlichkeit IIII (8%)	KA zu schwer IIIII
Kommentare: - Alles gut!	Kommentare: - Artikel weg (Vortrag, Portfolio weiter!) - Mehr selbstständiges Arbeiten!

Tabelle 9: Einschätzungen der PBL-Stunden durch Schülerinnen (rot) und Schüler (blau) im Post-Fragebogen (erste Zeile Klasse 8: N<sub>8.1</sub> und zweite Zeile Klasse 10: N<sub>10.2</sub>)

Kommentare, die einen klaren Bezug zum Problemlöseprozess haben, sind unterstrichen.

Bitte formuliere noch ein abschließendes Statement zu den PBL-Stunden.
<p>interessant (2)/ lustig und gut/ PBL macht Spaß/ PBL macht Spaß, wenn Problem und Gruppe gut sind./ Projekt gut, aber die Gruppe hat mich ausgeschlossen./ ich konnte kreativ sein/ Manchmal gut, manchmal schlecht. hat gefallen/ ok (2)/ einigermaßen/ unnötig/ nicht so gefallen/ interessant/ gut, da eigenständiges Arbeiten möglich (3)/ <u>gut, da man Probleme lösen konnte/ Spaß und eigene Meinung einbringen (2)/ Interessant/ hilfreich/ zu viel zu Hause/ gut, da Plan für Handeln/ Spaß und kreativ arbeiten/ strukturiert/ gut in Gruppe/ manchmal hilfreich, aber eher nicht/ viel Spaß - wenig Stress/ Note 2</u></p> <p>Keine Angabe (5) (23)</p>
<p><u>Praktischer Teil ok, schriftlicher Teil war zu aufwendig./ löst Probleme, aber zu aufwendig/ 5 Schritte bringen nicht viel./ PBL fand nicht wirklich statt, war aber interessant./ haben Struktur in die Sache gebracht/ interessant, aber nur bedingt hilfreich/ Es war sehr zeitaufwendig, hat aber auch viel Spaß gemacht./ abwechslungsreich, interessant/ stressig/ <u>Durch die PBL-Stunden konnte man sich alles besser vorstellen./ Es hat einen zum Lernen motiviert, da man beinahe unbemerkt dazu gelernt hat./ Haben wir nur einmal angewendet, aber ich kann mich kaum erinnern./ gut gefallen/ sehr selbstständiges Arbeiten/ Es war ein angenehmer Unterricht./ Jeder hat viel geleistet und es war sehr abwechslungsreich./ Wenn der Karren an die Wand gefahren ist, ist es zu spät um aus Fehlern zu lernen./ Man muss viel zu Hause machen, da man wenig Möglichkeiten in der Schule hat und dann sind die Arbeiten ungleich verteilt.</u></u></p> <p><u>Fand ich gut./ interessant, jedoch kaum hilfreich/ Insgesamt sehr interessant und hat viel Spaß gemacht./ Toll./ sehr gut/ gut, weil man später fast nur mit Problemen konfrontiert wird/ viele kamen nicht klar damit/ manchmal interessant, manchmal langweilig/ Fand ich gut!/ <u>Es ist schwer sie in einer großen Gruppe zu lösen, aber es ist eine schöne Herausforderung./ Ich mag es selbst zu planen und mich nicht an etwas zu orientieren./ Es war sehr interessant und man konnte viel lernen./ zu viel schriftliche Arbeit (Portfolio, Artikel)/ Zu wenig Zeit!</u></u></p> <p>Keine Angabe (5) (12)</p>

Ang. in Prozent	Vorher					Nachher					Vergleich					Vorher					Nachher					Vergleich																								
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	-2	-1	0	+1	+2	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	-2	-1	0	+1	+2	1	2	3	4	5	-2	-1	0	+1	+2										
KLASSE 8 Item.	7,7	84,6	7,7	0,0	0,0	7,7	53,8	38,5	0,0	0,0	0,0	69,2	30,8	0,0	0,0	13,0	56,5	21,7	8,7	0,0	13,0	65,2	21,7	0,0	0,0	0,0	52,2	17,4	0,0	0,0	13,0	65,2	21,7	0,0	0,0	4,3	26,1	52,2	17,4	0,0	13,0	65,2	21,7	0,0	0,0	4,3	26,1	52,2	17,4	0,0
Planung nawi- techn. Projekte im Team	13,0	65,2	19,6	2,2	0,0	19,6	73,9	6,5	0,0	0,0	0,0	32,6	58,7	8,7	0,0	11,5	65,4	23,1	0,0	0,0	23,1	65,4	11,5	0,0	0,0	0,0	26,9	57,7	11,5	0,0	18,4	65,3	16,3	0,0	0,0	4,1	26,5	55,1	14,3	0,0	18,4	65,3	16,3	0,0	0,0	4,1	26,5	55,1	14,3	0,0
Übernahme von Arbeiten/Auf- gaben im Team	23,1	69,2	7,7	0,0	0,0	30,8	61,5	7,7	0,0	0,0	0,0	15,4	76,9	7,7	0,0	47,8	39,1	8,7	4,3	0,0	69,6	26,1	4,3	0,0	0,0	0,0	17,4	13,0	60,9	8,7	0,0	0,0	17,4	13,0	60,9	8,7	0,0	0,0	17,4	13,0	60,9	8,7	0,0							
Durchhalteverm. bei der Lösung kompl. Aufg.	23,9	56,5	19,6	0,0	0,0	41,3	47,8	4,3	6,5	0,0	0,0	32,6	39,1	17,4	4,3	23,1	57,7	19,6	0,0	0,0	42,3	46,2	11,5	0,0	0,0	0,0	3,8	19,2	61,5	15,4	0,0	0,0	3,8	19,2	61,5	15,4	0,0	0,0	3,8	19,2	61,5	15,4	0,0							
Anwenden nawi- Arbeitsweisen	15,4	53,8	30,8	0,0	0,0	15,4	38,5	46,2	0,0	0,0	0,0	53,8	30,8	0,0	0,0	21,7	43,5	34,8	0,0	0,0	8,7	52,2	30,4	8,7	0,0	0,0	13,0	60,9	13,0	13,0	0,0	0,0	30,8	57,7	11,5	0,0	0,0	0,0	30,8	57,7	11,5	0,0								
Verstehen nawi- techn. Texte	10,9	50,0	34,8	4,3	0,0	19,6	52,2	23,9	2,2	2,2	2,2	4,3	19,6	50,0	19,6	6,5	5,0	19,6	50,0	19,6	6,5	5,0	19,6	50,0	19,6	6,5	5,0	19,6	50,0	19,6	6,5	5,0	19,6	50,0	19,6	6,5	5,0	19,6	50,0	19,6										
Verstehen nawi- techn. Texte in engl. Sprache	8,5	52,5	33,9	5,1	0,0	15,3	52,5	25,4	5,1	1,7	5,1	16,9	50,8	20,3	6,8	0,0	8,7	39,1	26,1	26,1	4,3	13,0	39,1	13,0	30,4	0,0	21,7	26,1	39,1	13,0	0,0	0,0	21,7	26,1	39,1	13,0	0,0													
Verfassen nawi- techn. Texte	8,7	23,9	54,3	6,5	6,5	2,2	21,7	58,7	15,2	2,2	4,3	19,6	39,1	30,4	6,5	4,3	30,4	46,2	23,1	3,8	0,0	42,3	50,0	7,7	0,0	0,0	7,7	38,5	34,6	15,4	3,8	0,0	7,7	38,5	34,6	15,4	3,8													
Modellierung eines techn. Ablaufes	0,0	46,2	53,8	0,0	0,0	7,7	23,1	46,2	23,1	0,0	0,0	15,4	46,2	30,8	7,7	11,5	19,2	53,8	11,5	3,8	23,1	23,1	50,0	0,0	3,8	15,4	23,1	42,3	11,5	7,7	6,1	12,2	44,9	36,7	4,1	12,2	44,9	36,7	4,1	2,0	12,2	44,9	36,7	4,1	2,0					
Formulierung v. Hyp./Progn. im nawi-techn. Ber.	0,0	23,1	69,2	7,7	0,0	15,4	53,8	15,4	0,0	0,0	0,0	7,7	38,5	46,2	7,7	0,0	30,4	52,2	8,7	8,7	8,7	26,1	56,5	4,3	4,3	17,4	21,7	30,4	26,1	4,3	0,0	30,4	52,2	8,7	8,7	4,3	34,8	47,8	8,7	4,3										
Untersuchung von Hypothesen und Prognosen	10,9	34,8	41,3	13,0	0,0	8,7	30,4	52,2	6,5	2,2	2,2	23,9	50,0	23,9	0,0	7,7	26,9	50,0	15,4	0,0	7,7	46,2	42,3	3,8	0,0	3,8	53,8	30,8	7,7	3,8	6,8	27,1	54,2	11,9	0,0	8,2	36,7	49,0	4,1	2,0	8,2	36,7	49,0	4,1	2,0					
Struktur. des Vorg. bei nawi- techn. Forsch.fr.	0,0	53,8	46,2	0,0	0,0	7,7	61,5	23,1	7,7	0,0	0,0	30,8	53,8	15,4	0,0	0,0	39,1	52,2	4,3	4,3	21,7	34,8	43,5	0,0	0,0	0,0	8,7	39,1	39,1	13,0	0,0	0,0	8,7	39,1	39,1	13,0	0,0													
Doku. des Vorg. bei nawi-techn. Forschungsfrage	6,5	50,0	39,1	4,3	0,0	0,0	56,5	37,0	6,5	0,0	2,2	13,0	56,5	28,3	0,0	11,5	42,3	26,9	19,2	0,0	3,8	50,0	34,6	7,7	3,8	7,7	26,9	34,6	23,1	7,7	8,2	40,8	30,6	18,4	2,0	10,2	46,9	36,7	4,1	2,0	16,3	22,4	40,8	16,3	4,1					
Verwendung des Computers als Werkzeug	38,5	46,2	15,4	0,0	0,0	53,8	30,8	15,4	0,0	0,0	7,7	15,4	61,5	7,7	7,7	39,1	56,5	4,3	0,0	0,0	47,8	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,4	17,4	0,0	0,0	0,0	17,4	17,4	0,0	0,0	0,0	17,4	17,4	0,0										
Kritische Nut- zung des Inter- nets	35,6	49,2	15,3	0,0	0,0	50,0	39,1	10,9	0,0	0,0	2,2	28,3	50,0	15,2	4,3	76,9	19,2	3,8	0,0	0,0	46,2	38,5	11,5	0,0	3,8	0,0	46,2	38,5	11,5	0,0	0,0	46,2	38,5	11,5	0,0	0,0	46,2	38,5	11,5	0,0										
Entwicklung von Strategien zur Problemlösung	7,7	61,5	30,8	0,0	0,0	7,7	53,8	38,5	0,0	0,0	0,0	23,1	46,2	30,8	0,0	0,0	47,8	43,5	8,7	0,0	13,0	34,8	43,5	4,3	4,3	0,0	43,5	26,1	4,3	0,0	43,5	26,1	4,3	0,0	0,0	43,5	26,1	4,3	0,0											
Reflektieren der Arbeit/ des Lernfortschritts	10,9	60,9	26,1	0,0	2,2	2,2	47,8	45,7	2,2	2,2	2,2	8,7	50,0	32,6	6,5	19,2	42,3	30,8	7,7	0,0	15,4	46,2	38,5	4,3	4,3	0,0	15,4	46,2	38,5	4,3	18,4	36,7	38,8	6,1	0,0	16,3	44,9	34,7	2,0	2,0	10,2	14,3	46,9	18,4	10,2					

Tabelle 10: Auszug aus der Analyse von 12 Arbeitsjournalen zum Aufwindkraftwerk-Projekt aus einer zehnten

	Gut gelungen	(teilweise) vorhanden	Fehlt oder we- nig gelungen
Zusammenfassung Internetrecherche AWK	10		1
Bildnachweis, Quellenangabe	2	1	8
Herausstellung der Probleme und/oder Abwägung ver- schiedener Alternativen	4	1	6
Forschungsergebnisse interpretiert	3	1	7
Visualisierung	6	1	4
Beschriftung von Bilder und Tabellen	1	6	4
Eigene Meinung, persönliche Kommentare	4	4	3
Persönliches Fazit am Ende	2	2	7
Besondere Gestaltung (Einleitung, Deckblatt, Fotos, ...)	4		
<b>Anmerkungen:</b>			
- Zwei Schüler haben eine „Nacherzählung“ geschrieben, ohne reflektierende Kommentare und Alternativen. - Eine Schülerin hat lediglich Stichworte notiert, so dass der Zusammenhang oft nicht klar wurde.			
<b>Nicht oben mit aufgenommen:</b>			
Ein Schüler hat ein Portfolio im eigentlichen Sinn erstellt. Rückblickende reflektierende Dokumentation des Projekts (leider ohne die Arbeit und deren Fortschritt zu dokumentieren).			

Klasse

## Ausgewählte Daten der Lehrkräftebefragung

Tabelle 11: Verfahren zum Kennenlernen neuer Methoden nach Alter und Schulart (Angaben in Prozent)

Wie lernen Sie neue Methoden kennen? (Angaben in %, Auswertung nach Alter)										
Fortbildung	<30	30-35	36-40	30-40	41-45	46-50	41-50	51-55	>55	>50
Gym	<b>40</b>	75	83	<b>79</b>	67	100	<b>78</b>	86	60	<b>71</b>
Real	<b>64</b>	89	50	<b>73</b>	100	100	<b>100</b>	60	100	<b>78</b>
gesamt	<b>56</b>	80	72	<b>77</b>	78	100	<b>85</b>	75	71	<b>73</b>
<b>Internet</b>	<b>&lt;30</b>	30-35	36-40	<b>30-40</b>	41-45	46-50	<b>41-50</b>	51-55	>55	<b>&gt;50</b>
Gym	<b>40</b>	13	25	<b>18</b>	33	0	<b>22</b>	14	10	<b>12</b>
Real	<b>45</b>	44	83	<b>60</b>	0	0	<b>0</b>	60	0	<b>33</b>
gesamt	<b>44</b>	24	44	<b>33</b>	22	0	<b>15</b>	33	7	<b>19</b>
<b>Bücher</b>	<b>&lt;30</b>	30-35	36-40	<b>30-40</b>	41-45	46-50	<b>41-50</b>	51-55	>55	<b>&gt;50</b>
Gym	<b>60</b>	50	58	<b>54</b>	50	0	<b>33</b>	71	60	<b>65</b>
Real	<b>27</b>	22	50	<b>33</b>	0	0	<b>0</b>	60	75	<b>67</b>
gesamt	<b>38</b>	40	56	<b>47</b>	33	0	<b>23</b>	67	64	<b>65</b>
<b>Kollegen</b>	<b>&lt;30</b>	30-35	36-40	<b>30-40</b>	41-45	46-50	<b>41-50</b>	51-55	>55	<b>&gt;50</b>
Gym	<b>100</b>	81	50	<b>68</b>	67	67	<b>67</b>	71	50	<b>59</b>
Real	<b>45</b>	78	67	<b>73</b>	100	100	<b>100</b>	60	100	<b>78</b>
gesamt	<b>63</b>	80	56	<b>70</b>	78	75	<b>77</b>	67	64	<b>65</b>

Tabelle 12: Verfahren zum Kennenlernen neuer Methoden nach Dienstalter und Schulart (Angaben in Prozent)

Wie lernen Sie neue Methoden kennen? (Angaben in %, Auswertung nach Dienstalter)									
Fortbildung	<5	5-10	11-15	16-20	21-25	11-25	26-30	>30	>26
Gym	<b>56</b>	<b>86</b>	88	50	100	<b>86</b>	100	67	<b>80</b>
Real	<b>75</b>	<b>100</b>	71	100	100	<b>83</b>	0	100	<b>71</b>
gesamt	<b>64</b>	<b>89</b>	80	80	100	<b>85</b>	50	88	<b>75</b>
<b>Internet</b>	<b>&lt;5</b>	5-10	11-15	16-20	21-25	11-25	26-30	>30	>26
Gym	<b>31</b>	<b>9</b>	38	25	0	<b>29</b>	0	33	<b>20</b>
Real	<b>42</b>	<b>83</b>	57	0	67	<b>50</b>	50	0	<b>14</b>
gesamt	<b>36</b>	<b>25</b>	47	20	33	<b>38</b>	25	13	<b>17</b>
<b>Bücher</b>	<b>&lt;5</b>	5-10	11-15	16-20	21-25	11-25	26-30	>30	>26
Gym	<b>50</b>	<b>50</b>	63	50	67	<b>64</b>	100	67	<b>80</b>
Real	<b>33</b>	<b>33</b>	29	0	33	<b>25</b>	100	60	<b>71</b>
gesamt	<b>43</b>	<b>46</b>	47	40	50	<b>46</b>	100	63	<b>75</b>
<b>Kollegen</b>	<b>&lt;5</b>	5-10	11-15	16-20	21-25	11-25	26-30	>30	>26
Gym	<b>75</b>	<b>68</b>	63	50	33	<b>57</b>	50	100	<b>80</b>
Real	<b>50</b>	<b>83</b>	71	100	67	<b>75</b>	50	100	<b>86</b>
gesamt	<b>64</b>	<b>71</b>	67	80	50	<b>65</b>	50	100	<b>83</b>

Tabelle 13: Blitzfeedback am Ende einer der beiden Lehrkräftefortbildungen (N=21)  
(mündliches Feedback, stichwortartig mitprotokolliert, hier bereits kategorisiert)

Zum Projekt und den Materialien	
-	Viel mitzunehmen (und neue Methode s. u.)
-	Unterrichtsorganisation gut
-	„Zettelwirtschaft“ (viele verschiedene Formulare)
-	Mikrobiologisch bedenklich (Allergien) (Verbot der Verwendung der Creme, Bestätigung der Eltern bei Mitnahme nach Hause)
-	KA nicht spannend
-	Idee: Kostenkalkulation als Mitarbeiterseminar (Beispiel an Tafel vorrechnen)
-	Rückfrage: Wie kann das Projekt im Lernlabor <i>explo</i> durchgeführt werden?
Zur Methode	
-	Projektmanagement als Methode ist gut
-	Neue Methode kennen gelernt (3x)
-	Problemorientierter Ansatz gut, auch um Schüler aus der Reserve zu locken
-	Anregende Methode
Zur Fortbildung	
-	Stress, aber schön
-	Selbstbeteiligung und Moderatorin gut
-	Diskussion in Gruppen gut
-	Anders als gedacht
-	„Der Nachmittag hat sich gelohnt!“
-	„Es war schön selbst Schüler zu sein!“ (und neue Methode s. o.)
-	Locker, hat Spaß gemacht
-	Lebhafte Art der Moderatorin
-	Theorie und Praxis
-	Besser als Nachmittagsunterricht

Tabelle 14: Einschätzung der Lehrkräfte zum Einsatz des Kosmetikfalls im Schulunterricht (absolut und relativ)

II. Kosmetikfall	ja	nein	weiß nicht
1. Empfinden Sie das Thema als geeignet für den Schulunterricht?	34 (89,5%)	0 (0%)	4 (10,5%)
2. Denken Sie, dass das Thema bei Mädchen ein größeres Interesse weckt, als bei Jungen?	24 (63,2%)	10 (26,3%)	4 (10,5%)
3. Denken Sie, auch Jungen werden durch diesen Themenaspekt motiviert?	24 (63,2%)	0 (0%)	14 (36,8%)
5. Denken Sie, Jungen arbeiten aufgrund des Themas weniger mit als im normalen Unterricht?	0 (0%)	27 (71,1%)	11 (28,9%)
6. Vermuten Sie, dass das Interesse der Schülerinnen und Schüler an Kosmetik im Laufe der Unterrichtseinheit steigt?	30 (78,9%)	1 (2,6%)	7 (18,5%)
7. Denken Sie, dass die Schülerinnen und Schüler Spaß daran haben, selbst eine Creme herzustellen?	38 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
8. Denken Sie, die Schülerinnen und Schüler passen bei den Mitarbeiterseminaren auf und arbeiten mit?	25 (65,8%)	0 (0%)	13 (34,2%)
III. Methode	ja	nein	weiß nicht
2. Denken Sie PBL/TOP motiviert die <u>Schüler</u> mehr als normaler Unterricht?	23 (60,5%)	2 (5,3%)	13 (34,2%)
3. Denken Sie PBL/TOP motiviert die <u>Schülerinnen</u> mehr als normaler Unterricht?	27 (71,1%)	2 (5,3%)	9 (23,7%)
4. Denken Sie, dass die Schülerinnen und Schüler die selbstgestellten Hausaufgaben in PBL/TOP-Fällen zuverlässiger bearbeiten als im normalen Unterricht?	8 (21,1%)	10 (26,3%)	20 (52,6%)
6. Denken Sie, dass sich Schülerinnen und Schüler auch außerhalb des Unterrichts weiter mit dem PBL/TOP-Fall befassen?	6 (15,8%)	14 (36,8%)	18 (47,4%)
7. Denken Sie, dass sich <u>Schüler</u> öfter am Unterricht beteiligen als sonst?	15 (39,5%)	8 (21,1%)	15 (39,5%)
8. Denken Sie, dass sich <u>Schülerinnen</u> öfter am Unterricht beteiligen als sonst?	20 (52,6%)	5 (13,1%)	13 (34,2%)

Tabelle 15: Antworten der Fortbildungsteilnehmenden auf die offenen Fragen des Fragebogens  
(Antwortkategorisierung farblich abgehoben. Zweite Zeile enthält das zusammenfassende Ergebnis.)

Chancen/Vorteile	Probleme/Nachteile	Warum hat Ihnen die Fortbildung gefallen?	Abschließendes Statement: PBL -Fortbildung "Kosmetik"
34% Selbstst. Arbeiten 20% Teamarbeit 26% Inhalt/Thema 20% Schüleraktivierung Spezielle Einzelnennungen	23% Zeitproblematik 23% Ergebnissicherung 17% Gruppenprobleme	33% Neue Arbeitsweise 27% Praxisbezug 27% praktische Anwendbark. 12% Inhalt/ Thema	Kritische Anmerkungen.
trainiert selbstständiges Arbeiten und Teamfähigkeit	-	sehr abwechslungsreich, praktisch arbeiten	sehr umfassendes Konzept, deckt viele UE ab.
Hoffnung, dass durch NwT der entsprechende Rahmen und Gelder vorhanden sind	Transfer wichtig! Abstraktion!	Der Inhalt macht Spaß!	Hat Spaß gemacht, ABER was mich sehr gestört hat: Ordner mit mittelmäßigen Folien für 50€ zu verkaufen.
Schüler lernen selbstorganisiert. Lernen, nachhaltigeres Lernen durch intensivere Beschäftigung mit dem Inhalt	Stofffülle <-> Zeitproblematik Raumproblematik (Internetrecherche), Meth.wechsel wichtig, aber Ermüdung mögl., Projekte in anderen Fächern -> Überforderung	Anregung für method.-didakt. Neuorientierung, realitätsnaher Inhalt	
Projektorientierte, realitätsnahe Gruppenarbeit	PBL braucht für ein Thema mehr Zeit, Sicherung am Ende könnte langweilen	engagierter Vortrag, sehr gute, anschauliche Vorbereitung	bitte weitere Themen im PBL-Format
Schüler lernen selbstständig zu Arbeiten, Stärkung sozialer + personaler Kompet. Teamfähigkeit wird gefordert	es gibt Schüler, die nicht für GA zu begeistern sind (egal welche Mühe....)	sehr informativ (kannte PBL nicht, aber Projektmanagement) und durch eigenst. Arbeiten sehr kurzweilig	Ich bin froh, neue Möglichkeit zu "Herstellen eines Prod." in NwT kennen gelernt zu haben und werde diese bestimmt im Unterricht (Kl. 10) integrieren
eigenständiges Arbeiten	Gruppenfindung (manche gute Zusammenarb./ manche nicht -> kein Erfolg)	neue Methode kennen gelernt, informativ	kann diese Fortbildung nur weiterempfehlen, habe viele Anregungen bekommen
Andere U-form ist immer gut im Wechsel zu Lernzirkel, Gruppenunterricht, usw.	wesentliche Dinge können von schwachen Schülern nicht verstanden werden.	-	-
höhere Motivation stärkeres Einbringen der einzelnen Schüler	Keine	ich bin im Laufe der Veranstaltung emotional gut eingestiegen.	Ich könnte mir vorstellen, dass man mit Vorinformationen im Internet schneller den Einstieg bekommt.
Schüler lernen sehr selbstständig sich mit naturwissenschaft. Sachverh. zu beschäftigen	in gewisser Zeitspanne weniger Stoff vermittelbar, wie in Prüfung erwartet	neue Unterrichtsart	brachte neue, interessante Aspekte
Schüleraktivität, -initiative	starrer Stundenplan	-	Weiter so!
stärkere Akt. ruhiger SuS, Teamarb./Selbstst. gefördert, Fächerübergreifende Aspekte	Organisation, wenn keine Doppelstunden, Stress für Lehrer (alle Gr. gleichz. Hilfe)	neue Unterrichtsform kennen gelernt	sehr interessant wegen neuer Methode
Die Stillen kommen auch zum Zug, stärkt die Eigenverantwortung	oft nutzen die SuS es aus in Gruppen zu arbeiten (Schwätzchen,...)	sehr interessant, hat mir Spaß gemacht, konnte mich in die Schüler hinein versetzen	sehr gut, dass ich alles selbst ausprobieren durfte; Materialien erhalten, die ich direkt einsetzen kann
Fächerverb. Unterrichten -> Schüler verlieren Kategorie, sehen ganzes Problem	kategoriendenken der Lehrer/ sehen alles durch die Fachbrille	Sehr schöne Anregungen für eigenen Unterricht	Ein tolles Projekt, das ich gerne einmal ausprobieren würde.
keine Erfahrung	keine Erfahrung	Theorie und Praxis ausgewogen	Andere Themen sollten auch in Fortbildungen vorgestellt werden. Materialien sollten zur Fortbildung gehören.
Schüler zu eigener Problemlösung anregen	Manche Schüler entziehen sich der GA => Arb. läuft aus dem Ruder, auf Ergebnissicherung muss geachtet werden	wenige Angebote/Kenntnisse zu NwT; interessant etwas zu sehen	Fortbildung war gut, ohne Explo-Labor auf Grund zu hoher Kosten für Schule nicht durchführbar



Tabelle 10: Antworten der Fortbildungsteilnehmenden auf die offenen Fragen des Fragebogens (Fortsetzung)  
(Antwortkategorisierung farblich abgehoben. Zweite Zeile enthält das zusammenfassende Ergebnis.)

Chancen/Vorteile	Probleme/Nachteile	Warum hat Ihnen die Fortbildung gefallen?	Abschließendes Statement: PBL -Fortbildung "Kosmetik"
34% Selbstst. Arbeiten 20% Teamarbeit 26% Inhalt/Thema 20% Schüleraktivierung Spezielle Einzelnennungen	23% Zeitproblematik 23% Ergebnissicherung 17% Gruppenprobleme	33% Neue Arbeitsweise 27% Praxisbezug 27% praktische Anwendbark. 12% Inhalt/ Thema	Kritische Anmerkungen.
realistisch zu „forschen“, als Gruppe motivierter zu lernen	Material ist auf Fächer verteilt od. nicht vorhanden, hoher Anfangsaufwand	getestete Anwendungen könnten direkt umgesetzt werden, Praktische Übungen	gute Vorstellung kürzere Versuche, dafür mehr
Wecken von größerem Interesses am naturwissensch. Unterricht, Praxisbezug	Zeitaufwand ist groß		guter Einstieg in Projektunterricht
Selbstst., prakt. Arb., Teamwork, Verantw.-bewusstsein, Nachdenken, m.o.w. realist.	aufwendig, diese Reihe hier sehr teuer	anschaulich, unterhaltsam, lehrreich	Lohnenswerte Fortbildung!
Themenübergreifend, Praktische Erfahrung sammeln	Zeitfaktor!	Viele praktischen Erfahrungen wurden vermittelt.	Ich werde diese Fortbildung als sehr wertvoll den Kollegen weiter empfehlen.
Beleuchtung e. Themas von vielen versch. Seiten, nicht nur Naturwi. sondern auch Wirtschaftskennnisse zu lernen eigenständiges Arbeiten kann Interesse wecken	Es gibt einige Schüler, die ihre Mitschüler für sich arbeiten lassen und sich zurücknehmen und nur das Nötigste machen zu wenig Vorkenntnisse, Gefahrstoffverordnung beachten	gute Mischung aus Praxis und "Theorie" neues Thema, interessante Methode	Bekommen wir Arbeitsmaterialien? Thema und Aufbau der Fortb. Sehr interessant, theoretische Infos kamen etwas zu kurz
Selbstständigkeit, Eigeninitiative, Effizient, größerer Lernerfolg, Nachhaltigkeit, soziale Komponente	Zeitintensität	neue Idee, motivierend, aktivierend, Austausch unter Kollegen	würde gerne wiederkommen, da gewinnbringen, für Umsetzung in Schule gut geeignet
Starke Eigenaktivität, dauerhafter Lernerfolg	hoher Zeitbedarf, wenig Output, der direkt greifbar und überprüfbar ist	Ich sehe den Einsatz eher in Form einer AG oder als Einstiegsprojekt in NwT in Kl. 8	
Stärkung des selbstständigen Arbeiten und der kritischen Hinterfragung von Themen	Evaluation, Leistungsmessung	Sammeln von Ideen für eigenen Unterricht	Interessante Konzeption einer NwT-Einheit
		Wirkt für mich sehr interessant und informativ	Interessante Fortbildung, die gerne länger hätte dauern dürfen (evtl. ganztägig)
sehr hoch	Lehrerkapazität, Leistungsüberprüfung	sehr schulnah	regt zum Nachahmen an
Abwechslung	hohes Chaos, Frustrationspotential	z.T. unbefriedigend organisiert (Kopien), Anfahrt steht in keinem Verhältnis	
Einblick Produktion/Vertrieb eines Produkts	nur einmal durchführbar	Materialausstattung zielt auf Absatz des Ordners ab. Schade!	
Freude beim lernen, Schülerzentriert	Leistungsfeststellung im klassischen Sinn, ressourcenintensive U-form (Personal, Material)	Interessant und lustig mit Kollegen im Team zu arbeiten	Bitte als Ganztagsfortbildung anbieten!
SuS beschäftigen sich mit Themen beschäftigen, die isoliert zu theoretisch und nicht ansprechend wären.	oberflächliches Bearbeiten von Inhalten, dass SuS den Eindruck gewinnen: Das muss man nicht wissen.	informativ, anregend, Mut machend	Für Anfänger wie mich interessant, bei Vorerfahrung viele bekannte Elemente.
SuS macht diese Form des Unterrichts Spaß => lernen viel mehr.	Fachwissen kommt evtl zu kurz		Wenn die Unterlagen geliefert sind, hat man die Grundlage für eine ganze UE! Sehr gut!
selbstständiges, eigenverantwortl. Lernen wird gefördert	ungleiche Arbeit der SuS am Projekt	-	-

Tabelle 10: Antworten der Fortbildungsteilnehmenden auf die offenen Fragen des Fragebogens (Fortsetzung)  
(Antwortkategorisierung farblich abgehoben. Zweite Zeile enthält das zusammenfassende Ergebnis.)

Chancen/Vorteile	Probleme/Nachteile	Warum hat Ihnen die Fortbildung gefallen?	Abschließendes Statement: PBL -Fortbildung "Kosmetik"
34% Selbstst. Arbeiten 20% Teamarbeit 26% Inhalt/Thema 20% Schüleraktivierung Spezielle Einzelnennungen	23% Zeitproblematik 23% Ergebnissicherung 17% Gruppenprobleme	33% Neue Arbeitsweise 27% Praxisbezug 27% praktische Anwendbark. 12% Inhalt/ Thema	Kritische Anmerkungen.
- noch keine Erfahrung -	- noch keine Erfahrung -	Praxis, neue Methode, angenehme Atmosphäre gut im Unterricht anwendbar	
„Firmenprojekt“ als realitätsnahes Projekt, kann Einblick in professionelle Arbeitsmethoden liefern	Evtl zu wenig Anteile an originalem naturwissenschaftlichen Arbeiten, dafür zu viel firmenorganisatorische Anteile	neue Arbeitsweise, auch wenn nur zur Abwechslung in der Schule Verwendung findet	gute Möglichkeit neue Methode kennen zu lernen. Nachteil der Methode: Organisatorischer Aufwand
S-Aktivierung, Förderung besonders Begabter, Möglichkeit der Differenzierung	z.T. hoher Arbeitsaufwand, z.T. von SuS nicht Ernst genommen.	Mehr Info direkt an die Hand	Ich werde es selber durchführen!
		dankbar für Anregung gerade bzgl. neuer Arbeitsformen	
Abwechslung		Infomappe für alle. Problembearbeitung   gemeinsam ausfüllen, dann erst GA.	