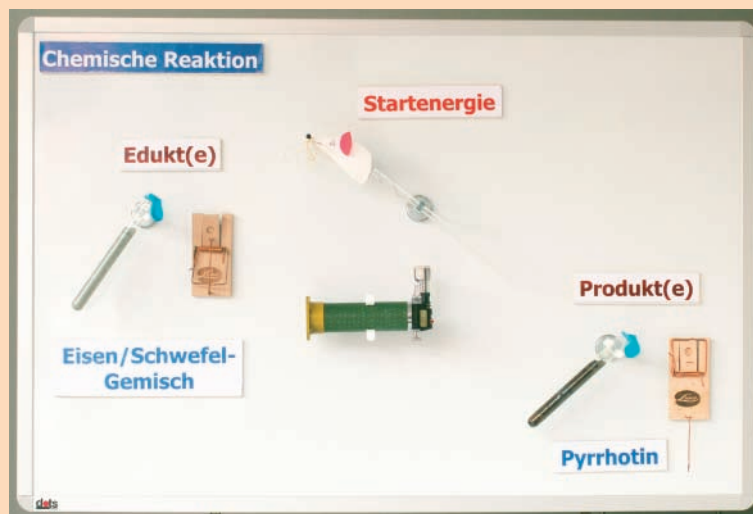
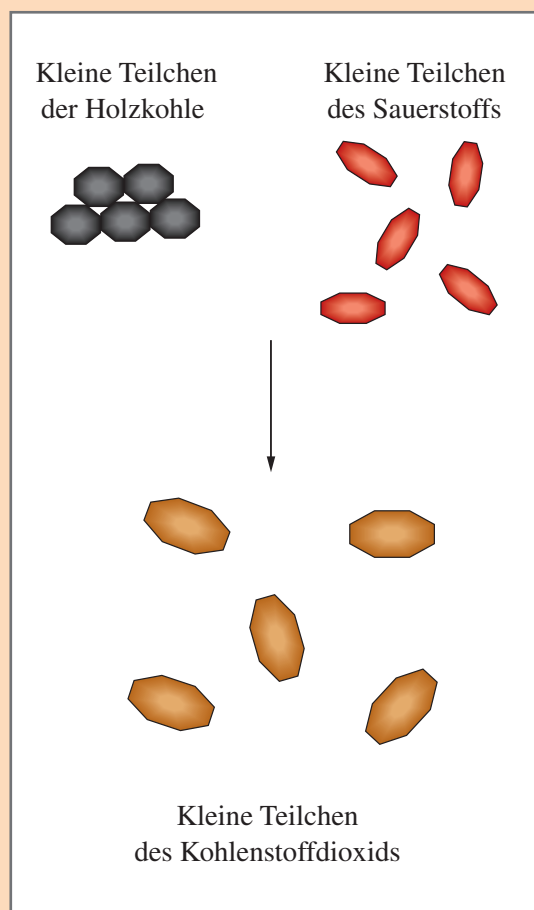


15. Fachleitertagung Chemie

Experiment



und

Modell

Herausgeber:

Deutscher Verein zur Förderung
des mathematischen
und naturwissenschaftlichen
Unterrichts e. V.

15. Fachleitertagung Chemie

22.-26. September 2008
Hessisches Institut für Lehrerbildung
Reinhardswaldschule
Fulda

Impressum

Herausgeber

MNU Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen
und naturwissenschaftlichen Unterrichts e. V.

Druck

Appel & Klinger Druck und Medien GmbH

Titelfotos

Cornelsen, Theo Grofe (mit freundlicher Genehmigung)

ISBN 978-3-9405 **16-08-4**

1. Auflage

© 2009, Verlag Klaus Seeberger
Vossenacker Straße 9, 41464 Neuss

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist
urheberrechtlich geschützt. Jede auch teilweise
Verwertung in anderen als den gesetzlich
zugelassenen Fällen bedarf der schriftlichen
Einwilligung des Verlages.

Vorwort

Die 15. Fachleitertagung für Chemie, veranstaltet vom Deutschen Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e. V. (MNU), fand vom 22. bis 26. September 2008 im Hessischen Institut für Lehrerbildung in der Reinhardswaldschule in Fuldatal statt.

Die Reinhardswaldschule bot mit ihren vielfältigen Möglichkeiten einen idealen Rahmen für diese Fachleitertagung. Gedankt sei an dieser Stelle für die gute und flexible Begleitung der Tagung durch das Personal.

Das Tagungsthema lautete „**Modularisierung in der Lehrerbildung**“ mit der in der Einladung beschriebenen Schwerpunktsetzung „**Experiment und Modell im Chemieunterricht – Entwicklung von Beispielen für die Nutzung von Synergieeffekten in der Ausbildung an Universität und Studienseminar**“. Konzipiert wurde die Fachleitertagung als Arbeitstagung.

Die Lehrerbildung wird zur Zeit in Anpassung an das Bachelor-Master-System in sehr unterschiedlicher Weise in den einzelnen Bundesländern novelliert. Gemeinsam ist allerdings allen Veränderungen, dass Ausbildungsinhalte, die bislang der zweiten Phase der Lehrerbildung vorbehalten waren, in die universitäre Ausbildung integriert werden müssen, da die Zeitdauer der Ausbildung an den Studienseminaren durchweg gekürzt wird oder bereits gekürzt worden ist.

Unter diesem Aspekt werden mit dem Experiment und dem Modell zwei für den Chemieunterricht charakteristische Elemente in den Fokus sowohl der Plenarvorträge wie auch der nachfolgenden Gruppenarbeitsphase gerückt.

Professor Ralle beleuchtet den Einsatz von Experimenten im Chemieunterricht. Das im Unterricht häufig praktizierte Experimentieren nach eng formulierten Arbeitsanleitungen ist nicht geeignet zur Entwicklung eines tiefergehenden und anwendbaren Wissens. Daraus erwächst die Forderung nach Fragestellungen, die bei Ergebnisoffenheit experimentell bearbeitet werden können. Um einen solchen von der Eigeninitiative der Lernenden abhängigen Unterricht zu gestalten, bedarf es einer Orientierung der zu untersuchenden Phänomene an der Erfahrungswelt der Lernenden und der Bereitstellung von strukturierenden Lernhilfen. Professor Ralle erläutert die Funktion solcher Strukturierungen am Vier-Phasen-Konzept von „Chemie im Kontext“. Ergänzend führt Professor Ralle aus, dass bekannte Experimente ohne große Veränderungen oder die Eigenplanung von Experimenten zur Leistungsbeurteilung herangezogen werden können. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Verankerung dieser neuen Aufgabekultur in der ersten Phase der Lehrerbildung.

Professor Eilks widmet sich dem zweiten Schwerpunkt der Tagung, dem Thema Modelle. In seinem Vortrag stellt er klar heraus, dass Modelle und Modellbildung wichtige Bausteine der Fachwissenschaft Chemie und der natur-

wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung sind. Vielfach wird jedoch das Modell nur als Mittel zur Erklärung auf submikroskopischer Ebene eingesetzt, während die Auseinandersetzung mit dem Modell selten Gegenstand des Unterrichts ist. Professor Eilks sieht einen der Gründe darin, dass sowohl angehende wie auch praktizierende Lehrer z. T. Defizite im Wissen über Modelle aufweisen. In seinem Vortrag setzt sich Professor Eilks mit Lehrmodellen und wissenschaftlichen Modellen auseinander und fordert die Entwicklung von Curriculum-Modellen für den adressatengerechten Unterricht, die auf geeigneter didaktischer Reduktion basieren. In einer Studie kann nachgewiesen werden, dass die teilnehmenden Lehrkräfte Modelle mehrheitlich auf einem Niveau eines die Realität nachempfindenden Modells nutzen. Eine Modellierung im eigentlichen Sinne findet nicht statt. Modelle werden als Erklärungswerkzeuge genutzt. So ist es nicht verwunderlich, dass bereits in der Sekundarstufe I zwischen 3 und 7 Modelle genutzt werden, die nicht konsekutiv aufeinander abgestimmt sind.

Professor Leisen stellt folgende Anforderungen an die neugestaltete Lehrerbildung: Sie soll kompetenzorientiert, standardorientiert, gestuft, anschlussfähig, kohärent und infolgedessen modularisiert sein. In diesem Zusammenhang wird formuliert, was ein guter Chemielehrer können muss. Wenn ein Chemielehrer kompetenzorientiert unterrichten soll, dann muss er auch kompetenzorientiert ausgebildet werden. Dies bedeutet letztendlich, dass Ausbildung in berufsnahen Situationen erfolgen muss. Die Standards konkretisieren diese Anforderungen weiter und beinhalten eine Stärkung der fachdidaktischen Aspekte schon in der ersten Phase der Lehrerbildung, wobei die Struktur der Lehrerbildung vom Ende her gedacht sein sollte. Diese Denkweise beeinflusst die curriculare Entwicklung von Modulen an Universität und Studienseminar. Die von Professor Leisen entwickelten Thesen sind ein prägendes Moment für die weitere Arbeit in den Gruppen.

Frau Haas berichtet in ihrem Vortrag von der praktischen Umsetzung der Modularisierung am Studienseminar in Göttingen. Module werden im sogenannten Göttinger Modell als Lehr- und Lerneinheiten zur Ausbildung von Kompetenzen verstanden. Die Module für das Fachseminar Chemie lauten „Lernprozesse durch Aufgaben steuern und Lernerfolge überprüfen“, „Methoden kennen und einsetzen“, „Naturwissenschaftliches Arbeiten und Denken fördern“, „Unterrichtseinheiten didaktisch konzipieren“, „Naturwissenschaftliches Lernen lehren und Kooperatives Lernen beim Experimentieren anleiten“. Die modular konzipierte Ausbildung wird begleitet von Ausbildungsgesprächen, die den Ausbildungsstand des Referendars beleuchten. Grundlage für dieses Gespräch ist die Standardisierung der Ausbildung.

Das Tagungsprogramm wurde bereichert durch einen eindrucksvollen Experimentalvortrag, in dem Herr Grofe vom Staatlichen Studienseminar Lüneburg die „Präsentation chemischer Experimente mit Hilfe von Magnettafeln“ vorstellte.

Der Nachmittag des Mittwochs wurde zu einer Exkursion an das CinSat in Kassel genutzt. Auf dieser Exkursion konnten die Teilnehmer neue und neueste Entwicklungen auf dem Gebiet der Nanotechnologie erleben.

Für die Tagungsleitung

Dr. Frank Schuler
Wöllstein

Robert Stephani
Kaiserslautern

Inhalt

15. Fachleitertagung Chemie 2008

Vorwort	3
Tagungsprogramm	6
01 Experiment und Erkenntnisgewinnung in Schule und Lehrerbildung – eine differenzierende Betrachtung – Bernd Ralle – David di Fuccia – Thomas Bremkes, TU Dortmund Fak. Chemie	7
02 Modelle und Modelldenken im Chemieunterricht Ingo Eilks – Janina A. Bindernagel, Universität Bremen, Fachdidaktik Chemie	12
03 Die Präsentation chemischer Experimente mit Hilfe von Magnettafeln Theodor Grofe, Staatl. Studienseminar Lüneburg	22
04 Leitlinien und Strukturen in einer neu gestalteten Lehrerbildung Josef Leisen, Staatl. Studienseminar Koblenz	26
05 Das Göttinger Modell – Modularisierung und Ausbildungscurriculum im Fachseminar Chemie Liane Haas, Staatl. Studienseminar Göttingen	42
06 Ergebnisse der Arbeitsgruppen	47
Professionalität der Chemielehrerin und des Chemielehrers bezüglich der Experimentierfähigkeit und problembezogenen Experimentauswahl	48
Professionalität der Chemielehrerin und des Chemielehrers bezüglich der Modellverständnisses und Modellvermittlung	52
Teilnehmerliste	57

15. MNU-Fachleitertagung Chemie von Montag 22.9. – Freitag 26.9.2008

In der Reinhardswaldschule des hessischen Instituts für Lehrerfortbildung in Fulda bei Kassel

Thema: **Modularisierung in der Lehrerbildung**

Experiment und Modell im Chemieunterricht – Entwicklung von Beispielen für die Nutzung von Synergieeffekten in der Ausbildung an Universität und Studienseminar

Leitung: Dr. Frank Schuler (Staatl. Studienseminar Bad Kreuznach)
Robert Stephani (MNU-Vorstand)

Programm

Montag, den 22. September 2008

Anreise bis 13.30 Uhr

14.30 Uhr

Begrüßung und Eröffnung (Dr. Frank Schuler, Robert Stephani)

15.00 Uhr

„Experiment und Erkenntnisgewinnung in Schule und Lehrerbildung – eine differenzierende Betrachtung“ (Prof. Dr. Bernd Ralle, TU Dortmund)

16.30 Uhr

„Modelle und Modelldenken im Chemieunterricht“ (Prof. Dr. Ingo Eilks, Uni Bremen)

19.30 Uhr

„Die Präsentation chemischer Experimente mit Hilfe von Magnettafeln“ (Theodor Grofe, Lüneburg)

Dienstag, den 23. September 2008

9.00 Uhr

„Leitlinien und Strukturen einer neu gestalteten Lehrerbildung“ (Prof. Josef Leisen, Staatl. Studienseminar Koblenz)

10.30 Uhr

„Das Göttinger Modell – Modularisierung und Ausbildungscurriculum im Fachseminar Chemie.“ (Liane Haas, Studienseminar Göttingen für das Lehramt an Gymnasien)

anschließend Vorbesprechung zur Gruppenarbeit

14.00 Uhr Arbeitsgruppen

- Bestandsaufnahme: Voraussetzungen der Lehramtsanwärter zu Beginn des Vorbereitungsdienstes
- **Gruppe A:** Experimentierfähigkeit und problembezogene Experimentauswahl
- **Gruppe B:** Modellverständnis und Modellvermittlung

Mittwoch, den 24. September 2008

9.00 Uhr Weiterführung der Arbeitsgruppen

- **Gruppe A:** Vergleich der Inhalte universitärer Module zum Thema Experiment
- **Gruppe B:** Vergleich der Inhalte universitärer Module zum Thema Modell

Halbtägige Exkursion zum

CINSA^T – Center for Interdisciplinary Nanostructure Science and Technology – an der Universität Kassel

Donnerstag, den 25. September 2008

9.00 Uhr Weiterführung der Arbeitsgruppen

- **Gruppe A:** Spezifische Ausbildungsaufgaben des Studienseminars in Bezug zum Thema Experiment
- **Gruppe B:** Spezifische Ausbildungsaufgaben des Studienseminars in Bezug zum Thema Modell

14.00 Uhr Weiterführung der Arbeitsgruppen

Freitag, den 26. September 2008

9.00–11.00 Uhr

Zusammenfassung der Tagungsergebnisse, Feedback durch die Teilnehmerinnen und Teilnehmer

01

Experiment und Erkenntnisgewinnung in Schule und Lehrerbildung – eine differenzierende Betrachtung

Bernd Ralle – David Di Fuccia – Thomas Bremkes

1 Einleitung

Es besteht wohl kein Zweifel daran, dass das Experimentieren die fundamentalste Denk- und Arbeitsweise der Naturwissenschaften ist. Das Ziel des Experimentierens besteht darin, durch theoriegeleitete Manipulation ausgewählter Phänomene Fragestellungen an die Natur zu richten. Experimente sollen also dazu dienen, unsere Umwelt zu verstehen und zu begreifen.

Vor der eingangs gemachten Feststellung muss die folgende Aussage jeden Naturwissenschaftslehrer und jede Naturwissenschaftslehrerin zum kritischen Nachdenken bringen: *„Schülerexperimente „an sich“ fördern weder das Verstehen naturwissenschaftlicher Inhalte sowie Denk- und Arbeitsweisen noch das Interesse“* (Bayrhuber et al. 2004). Tatsächlich ist seit einigen Jahrzehnten bekannt, dass die „klassischen“ Experimente in Schule und Hochschule das o. a. Ziel nur sehr begrenzt bedienen; auch führen sie nicht automatisch zu höheren Lernleistungen. Selbst das Interesse der Lernenden wird nur bedingt gesteigert. Dies ist durch zahlreiche Studien belegt und gilt sowohl für den Unterricht an Schulen als auch für die Studien an der Universität (vgl. Lunetta, Hofstein & Clough, 2007). Dass unseren deutschen Schülern das Interpretieren von experimentellen Beobachtungen und Ergebnissen besonders schwer fällt, haben die PISA Studien gezeigt.

Als wichtigste Ursache wird angeführt, dass mechanisch durchgeführte, von der Lehrperson vorgegebene Experimente, in denen die Versuchsdurchführungen Schritt für Schritt nach Kochbuchmanier abgearbeitet werden, wenig helfen, tiefes Verständnis zu fördern, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, wie es letztlich von der OECD gefordert wird. Die Bedingungen, unter denen Experimente dennoch sinnvoll und effektiv in den Unterricht integriert werden können, sind durchaus bekannt (Hofstein & Mamlok 2008; Meyer 2004):

- Die Fragestellungen, die experimentell untersucht werden, sollten so weit wie möglich ergebnisoffen formuliert sein. Sie sollten möglichst Beziehungen zur Lebenswelt der Schüler haben und die Alltagsvorstellungen der Schüler aufgreifen.
- Über Phänomene aus der Umwelt des Schülers kann kognitive Aktivierung erfolgen, wenn Schüler selbsttätig Hypothesen generieren und daraus hergeleitete Fragestellungen über experimentelle Designs eigenständig beantworten. Auf diese Weise lernen die Schüler die Problemlage einer Situation zu erfassen, Fragestellungen selbsttätig mit Hilfe von Experimenten zu lösen und manuelle mit kognitiven Fähigkeiten zu verknüpfen. Nur so werden ihnen kognitive Umstrukturierungsprozesse und Konzeptwechsel ermöglicht.
- Die Organisationsform und die Einbringung des Experiments in den Lernprozess in Schule und Hochschule sind genau zu planen und sicher – in Teilen – neu zu denken.

Für die Lehrperson bedeutet ein solcher, auf kognitive Eigenaktivität ausgerichteter Unterricht eine Gratwanderung zwischen offenen und vorstrukturierten Unterrichtsformen, zwischen Fremd- und Selbststeuerung. Es resultiert daraus für den Unterrichtsprozess jedoch kein höherer Zeitaufwand, sondern lediglich ein Umdenkprozess. Erfolgt beim Experimentieren eine zu starke Einführung des Lerners, gerät der Zweck des Experimentes häufig aus dem Blickfeld. Auf der anderen Seite verlangen Lernumgebungen, die sich durch eine zu große Offenheit und Komplexität sowie ein zu geringes Maß an Vorstrukturierung auszeichnen, vom Schüler – in Abhängigkeit vom Alter und der kognitiven Leistungsfähigkeit – ein zu hohes Maß an Selbststeuerung. Sie führen daher auf Seiten des Lernenden häufig zu Unsicherheiten und fehlendem Kompetenzerleben und sollten daher vermieden werden. Welches Maß an selbstgesteuertem Lernen mithilfe von Experimenten zu einer optimalen individuellen Förderung sowie zur Steigerung der Kompetenzen, der Kognition und des Interesses führt, ist noch ungeklärt; hier sind empirische fachdidaktische Forschungen erforderlich. Im Vortrag

werden zwei Forschungsschwerpunkte dargestellt, mit denen derzeit versucht wird, die hier angeführten Desiderate einzulösen: „Einsatz strukturierender Lernhilfen im Experimentalunterricht zur Förderung Selbstregulierten Lernens“ sowie „Schülerexperimente als Instrument der Leistungsbeurteilung“.

2. Einsatz strukturierender Lernhilfen zur Förderung Selbstregulierten Lernens im Experimentalunterricht

2.1 Vorüberlegungen

In der Literatur findet man verschiedene Erklärungsansätze für Selbstreguliertes Lernen (vgl. Boekaerts 1997). Nach Pintrich & de Groot (1990) ist der selbstregulierte Lerner ein aktiver Gestalter seines eigenen Lernprozesses. Er setzt eigenständig Lernstrategien ein und beeinflusst seine Lernumgebung aktiv. Er ist in der Lage, aus der Vogelperspektive auf den eigenen Lernprozess zu schauen und dabei zu erkennen, ob er seinen Lernprozess unverändert fortführen kann.

Die Fähigkeit zum Selbstregulierten Lernen im Schulunterricht kann recht aussagekräftig ausgehend von der Kompetenzdefinition nach Weinert und dem darauf aufbauenden Modell von Baumert beschrieben werden. Nach Weinert sind Kompetenzen ... „*bei Individuen verfügbare oder von ihnen erlernbare kognitive Fähigkeiten und Fertigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können*“. (Weinert 1999). Die Kompetenz zum Selbstregulierten Lernen ergibt sich demnach erst aus einem Zusammenspiel von kognitiven und metakognitiven

Faktoren mit motivationalen Aspekten. Erstere beschreiben die grundsätzlichen Fähigkeiten, Fertigkeiten und Strategien, die es einem Lerner *im Prinzip* erlauben, situationsbezogen auf gelernte, bereichsspezifische Kenntnisse, Strategien und Fertigkeiten zurückgreifen zu können. Die motivationale Ebene steuert die Qualität des Abrufs dieser Kompetenzen und sagt etwas über die Bereitschaft aus, mit welcher Genauigkeit, Intensität und Dauer diese eingesetzt werden können.

In Anlehnung an Weinert (1999) und Boekaert (1997) hat Baumert ein Modell für Selbstreguliertes Lernen entwickelt, welches wir für unsere Arbeit zugrunde legen. Selbstreguliertes Lernen ist ein demnach komplexer und vielschichtiger Prozess, da nicht allein kognitive und metakognitive Elemente, sondern auch motivationale Aspekte einen sehr zentralen Einfluss auf den Lernprozess haben.

2.2. Das Untersuchungsfeld: Unterricht nach Chemie im Kontext

In diesem Projekt wird der folgenden Frage nachgegangen:

Inwieweit können strukturierende Lernhilfen das Selbstregulierte Lernen im Experimentalunterricht nach Chemie im Kontext fördern?

Das Konzept von *Chemie im Kontext* (ChiK) sieht eine Strukturierung des Unterrichts in vier Phasen vor (Abb. 1) (Parchmann et al. 2006; Demuth et al. 2008). Der hohe Grad der geforderten eigenständigen Arbeit von Schülerinnen und Schülern sowohl bei der Problemfindung (Neugier- und Planungsphase) als auch bei der Problemlösung (Erarbeitungsphase) stellt vor dem Hintergrund individueller Förderung und dem Anspruch an Selbstreguliertes Lernen eine besondere Herausforderung für Lehrkräfte

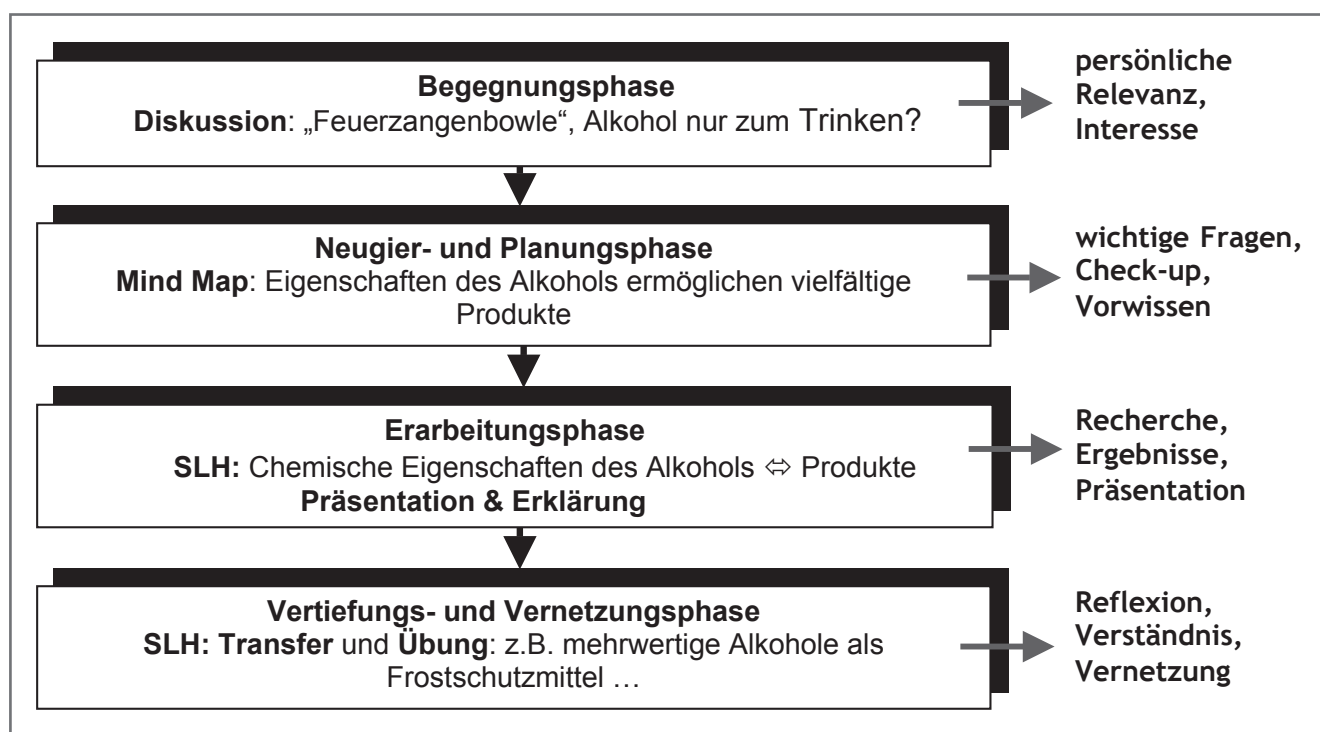


Abb. 1. Die vier Phasen eines Unterrichts nach Chemie im Kontext.

dar. Zwar genießen derartige individualisierte und kooperative Lernarrangements in der fachdidaktischen Community schon seit einigen Jahren national und international einen hohen Stellenwert und finden und mittlerweile auch in der Schulpraxis breite Unterstützung (vgl. z. B. Johnson et al. 1994; Lazarowitz et al. 1998; Eilks 2003). Betont wird jedoch immer wieder, dass klare Strukturierungshilfen für die Schüler eine unabdingbare Voraussetzung für erfolgreichen, lernintensiven Unterricht in offenen Lernumgebungen sind. Ein besonderes Augenmerk muss in diesem Zusammenhang darauf gelegt werden, dass die Entwicklung der Fähigkeiten von Schülern zum Selbstregulierten Lernen einen Lernprozess darstellt, der in geeigneter Weise gestaltet werden muss.

2.3 Strukturierende Lernhilfen

Die Erstellung der strukturierenden Lernhilfen erfolgte im vorliegenden Projekt in mehreren Schritten in Zusammenarbeit von Schülern und Lehrer. In einer ersten Phase der Entwicklung stellt der Lehrer die Ausgangslage für den Unterricht fest. Er wählt die verpflichtenden Aspekte des Lehrplans und wählt die Kompetenzen, deren Erreichen angestrebt wird. Auf dieser Basis plant er eine geeignete Begegnungsphase und Neugier-/Planungsphase als Unterrichtseinstieg. Diese Phasen sollen dem Lehrer wichtige Informationen zum Vorwissen der Schüler liefern, sowie deren Interessen und Fragen herauskristallisieren. Auf dieser Basis erstellt der Lehrer detaillierte Arbeitspläne, die die fachlichen Ziele sowie die Fragenhorizonte der Schüler erfassen. Eine weitere zentrale Aufgabe des Lehrers besteht in dieser Phase darin, zusätzliches Informations- und Lernmaterial bzw. Hinweise auf andere Quellen und Medien bereit zu stellen, die dem Schüler helfen, die fachlichen Inhalte zu erarbeiten.

In der ChiK-Erarbeitungsphase kommen diese Pläne zum Einsatz. Die erstellten Pläne strukturieren den Unterrichtsinhalt inhaltlich und methodisch und geben den Schülern einen gemeinsamen Einstieg und ein gemeinsames Ziel vor. Der Lernweg des einzelnen Schülers entwickelt sich jedoch über die verschiedenen Zwischenstationen sehr individuell. Die Arbeitspläne dienen dabei als strukturierende Elemente, die verschiedene Unterrichtsmethoden beinhalten können. So ist es möglich Kleingruppenvorträge, Lehrervorträge, Experimente, Hot Chairs, Stationen oder Expertenkongresse ... in den Plan zu integrieren. Die Leitidee ist jedoch immer, dass das Erreichen der Zwischenziele im Plan individuell definiert sein soll. Konkret bedeutet dies, dass der einzelne Schüler zwei oder drei weitere Schüler sucht, die seinen Wissensstand bzw. seine Interessen teilen, um zum Beispiel ein Experiment oder eine Recherche durchzuführen. Der Lehrer hat in den Unterrichtsphasen die Aufgabe der Beratung bzw. der Hilfe, falls kein anderer Schüler diese Hilfe leisten kann. Die Selbstlernmaterialien, die der Schüler benötigt, sind in den Plan integriert oder werden zum Beispiel über das Schulbuch, Zusatzinformationen, Arbeitsblätter und das Internet ergänzt. Die Pläne offerieren den Schülern Lernwege mit unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden. Je nach Eigenständigkeit bzw. Komplexität kann der Schüler hier relativ allein gelassen werden oder wird durch konkrete Verweise unterstützt. Diese Lernform gibt den Schülern somit über einen längeren Zeitraum sowohl eine feste Zielorientierung mit klaren Vorgaben als auch Möglichkeiten zum Selbstregulierten Lernen in einer kooperativ gestalteten Lernumgebung. Im Rahmen einer solchen

Vorgehensweise erhalten die Experimente einen anderen Stellenwert im Lernprozess.

Als vorläufiges Ergebnis einer Untersuchung mit fünf Lerngruppen (N = 94) kann festgehalten werden, dass strukturierende Lernhilfen der beschriebenen Art Selbstreguliertes Lernen unterstützen. Die Schülerinnen und Schüler profitierten von dieser Lernumgebung, weil sie ihnen eine gewisse Sicherheit beim Lernen vermittelte, wodurch die Selbständigkeit der Schülerarbeit im Beobachtungszeitraum deutlich erhöht werden konnte. Im Vortrag wird über Ergebnisse der Begleitforschung berichtet, in der die Lernfortschritte sowie die Entwicklung der Lernstrategien im Fokus stehen.

3 Schülerexperimente als Instrument der Leistungsbeurteilung

Es erscheint folgerichtig, vor dem oben ausgeführten Hintergrund den Blick darauf zu richten, Selbstreguliertes Lernen auch dadurch zu unterstützen, dass Schülerexperimente als Instrument der Leistungsbeurteilung im naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzt werden. Für eine solche Verwendung von Schülerexperimenten spricht zum einen ihr theoretisch-didaktischer Stellenwert an der Schlüsselposition vieler Erkenntnisprozesse im Chemieunterricht, zum anderen die Erwartung, dass mit ihnen auch überfachliche Kompetenzbereiche angesprochen werden (Ralle 1993).

Bei einer Verwendung als Instrument der Leistungsbeurteilung sind die Kompetenzen der Schüler sowie ihre Durchdringung des dem Experiment zugrunde liegenden Erkenntnisprozesses nicht mehr nur Voraussetzung für die Beschäftigung mit dem Experiment. Vielmehr soll umgekehrt versucht werden, aus der Art und Weise, wie die Schüler im Zusammenhang eines Experimentes agieren und argumentieren, Informationen darüber zu erhalten, inwieweit sie den Erkenntnisprozess nachvollziehen können und bis zu welchem Grad sie Kompetenzen auch über das Fachwissen hinaus erworben haben. Bereits TAMIR (1974) fasst dies zusammen, indem er konstatiert, Schülerexperimente seien nicht nur eine einzigartige Lernmethode sondern auch eine einzigartige Beurteilungsmethode, und Hofstein & Mamlok-Naaman (2008) fordern darauf aufbauend, dass Mittel und Wege gefunden werden müssten, wie die großen Diagnosemöglichkeiten, die Schülerexperimente bieten, auch im Unterrichtsalldag genutzt werden könnten. Die Komplexität eines solchen Vorhabens ist jedoch bereits früh erkannt worden. So wiesen z. B. Bryce & Robertson (1985) darauf hin, dass im Zusammenhang mit wissenschaftlichem Arbeiten im Allgemeinen und mit Schülerexperimenten im Besonderen so viele verschiedene Fähigkeiten und Kompetenzen angesprochen würden, dass sie keinesfalls durch eine einzige neue Beurteilungsmethode abgebildet werden könnten. Eine ganze Fülle von Instrumenten sei dafür notwendig.

Im Zusammenhang mit dem Wunsch, Schülerexperimente als Instrument zur Leistungsbeurteilung einzusetzen, ist also untrennbar die Frage verbunden, welche Folgen ein solcher Einsatz auf die Art, die Wirkung und die Sicht der Schüler auf Schülerexperimente mit sich bringen wird. Dies erscheint insbesondere vor dem Hintergrund bedeutsam, dass Tests durchaus einen wichtigen Einfluss auf die Motivation der Schüler im Unterricht ausüben können (Bolte 2004).

Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen wurden im Rahmen des Projektes den folgenden beiden Forschungsfragen nachgegangen:

- a. *Wie kann mit Hilfe von Schülerexperimenten im Chemieunterricht eine Leistungsbeurteilung geschehen, die neben fachlichen auch überfachliche und soziale Kompetenzen berücksichtigt?*
- b. *Welche Auswirkungen hat die Beurteilung anhand von Schülerexperimenten auf die Art und die Wirkung ihres Einsatzes?*

3.1 Aktionsforschungsphase

Das Projekt wurde nach dem Modell der partizipativen fachdidaktischen Aktionsforschung angelegt (Eilks & Ralle 2004). In einer ersten Entwicklungsphase wurden Materialien erarbeitet, die eine Beurteilung durch Schülerexperimente ermöglichen sollten. Es konnten sechs Lehrer mit acht Lerngruppen und insgesamt 162 Schülern von Gymnasien und Realschulen aus Bayern und Nordrhein-Westfalen für die Teilnahme an dieser Phase der Arbeit gewonnen werden, wobei ein Leistungskurs des zwölften Jahrgangs sowie eine siebente Klasse eines Gymnasiums beteiligt waren, der Rest der Kurse erwuchs den Jahrgängen 9 und 10.

3.2 Instrumente – Entwicklungen und Erfahrungen

Bei der Entwicklung der Instrumente wurde besonderer Wert darauf gelegt, dass die Vorschläge sich flexibel für den alltäglichen Unterricht planen und täglich einsetzen lassen. Gemeinsam mit den Lehrkräften wurde intensiv darüber nachgedacht, in welcher Art und Weise das bereits vorhandene Material der Lehrer so abgewandelt werden könne, dass eine Leistungsbeurteilung anhand von Schülerexperimenten möglich wird. Die folgenden Instrumente kamen zum Einsatz.

3.2.1 Abgewandelte und unvollständige Versuchsvorschriften

Es wurden die bereits bei den Lehrern vorhandenen Versuchsvorschriften durch Einbringung von Lücken in einer Weise abgeändert, dass sie als Instrumente zur Leistungsbeurteilung herangezogen werden konnten. Nach Angaben der Lehrer ermöglichen Lücken-Versuchsanleitungen eine gute und differenzierte Einschätzung der Fähigkeiten der Schüler: Sie berichten übereinstimmend davon, dass an der Bearbeitung des Materials durch die Schüler gut zu erkennen sei, ob diese verstanden haben, warum der Versuch durchgeführt wird. Besonders positiv bemerkten die Lehrer, dass das Instrument der Lücken-Versuchsvorschrift sich flexibel im Schwierigkeitsgrad anpassen ließe, etwa durch die unterschiedliche Platzierung der Lücken. Außerdem wurde berichtet, dass die Lücken-Versuchsanleitungen die Schüler zu einer deutlich aufmerksameren Lektüre der Vorschrift veranlassen.

3.2.2 Eigenständige Planung eines Experiments

Bei diesem Instrument wird im Unterricht (oder im Rahmen einer schriftlichen Aufgabe) ein fachliches Problem präsentiert und die Schüler sollen Vorschläge unterbrei-

ten, wie dieses mit Hilfe eines Versuchs bearbeitet werden könnte.

Als Ergebnis der Erprobung dieses Instruments ist zunächst festzuhalten, dass die Maßgabe, die Planung eines Experiments unter dem Gesichtspunkt der Leistungsfeststellung durchzuführen, nach Aussagen der Lehrer merkliche Auswirkungen auf das Verhalten der Schüler hatte. So nahmen die Lehrer eine deutliche Aufmerksamkeitssteigerung und eine klare Interessenzunahme der Schüler wahr. Ebenso kam es zu einem erkennbaren sozialen Druck auf diejenigen, die keinen oder einen zu kleinen Beitrag zur Versuchsplanung geleistet hatten. Darüber hinaus berichteten die Lehrer, dass an den Schülervorschlägen sehr gut abzulesen gewesen sei, ob ein Schüler den fachlich-theoretischen und den unterrichtlichen Hintergrund eines Versuches verstanden habe.

3.2.3 Zwang zur Prognose

Als weiteres Instrument wurde der „Zwang zur Prognose“ eingesetzt. Es besteht darin, dass Schüler vor Durchführung eines Experiments befragt werden, welche Beobachtung sie bei dem Experiment erwarten und warum. Ein solches Vorgehen wird als ein wichtiger Indikator für ein Verständnis naturwissenschaftlicher Zusammenhänge gesehen (vgl. z. B. Hamann 2006).

Die Lehrer, die dieses Instrument in einer der beiden Varianten (mündliche Abfrage der Prognosen oder schriftliche Fixierung derselben) eingesetzt haben, berichten von einer hohen Diagnosekraft. Sie konnten gut abschätzen, ob der Schüler den Weg vom Problem zum Experiment überhaupt nachvollziehen konnte und wenn ja, welche Vorstellungen er über die zu Grunde liegenden fachlichen Zusammenhänge hat. Besonders hilfreich und zum Zwecke der Leistungsbeurteilung nützlich wurde dieses Instrument dann, wenn die Schüler vor Beginn des Versuches ihre Erwartungen schriftlich fixierten und nach Durchführung des Experiments dann die Aufgabe erhielten, ihre eigenen Erwartungen mit den realen Beobachtungen abzugleichen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die entwickelten und vorgestellten Ideen zur Leistungsbeurteilung anhand von Schülerexperimenten für die Lehrer ohne eine zu große Mehrbelastung als Diagnoseinstrumente realisierbar waren und vor allem flexibel auf die jeweilige Lehr- und Lernsituation hin angepasst werden konnten. Eine Leistungsbeurteilung anhand von Schülerexperimenten im alltäglichen Chemieunterricht zu etablieren, erscheint demnach realisierbar und eine wertvolle Ergänzung im Rahmen von Leistungsbeurteilungen zu sein.

Im Vortrag werden ausgewählte Ergebnisse der empirischen Begleitforschung vorgestellt, wie sie in der Schule durchgeführt wurde. Darüber hinaus wird thematisiert, auf welche Weise die Ergebnisse auch in der Lehrerbildung der 1. Phase zum Tragen kommen können.

Literatur

- Baumert, J. (1999). Fähigkeit zum selbstregulierten Lernen als fächerübergreifende Kompetenz. In: PISA-Konsortium Deutschland <http://www.mpib-berlin.mpg.de/pisa/CCCDt.pdf>

- Baumert, J., et al. (Eds.) (2001). PISA 2000. *Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen, Leske + Budrich.
- Bayrhuber, H.; Ralle, B.; Reiss, K.; Schön, L.-H.; Vollmer, H. J. (Hrsg.): *Konsequenzen aus PISA – Perspektive der Fachdidaktiken*. – Innsbruck: Studienverlag 2004, 36.
- Boekaerts, M. (1997). Self-regulated learning: A new concept embraced by researchers, policy makers, educators, teachers, and students. *Learning and Instruction*, 7(2), 161–186.
- Bryce, T. G. K & Robertson, I. J. (1985): What can they do? A review of practical assessment in Science. *Studies in Science Education* 1985, Nr. 12, 1–24.
- Demuth, R.; Gräsel, C.; Parchmann, I.; Ralle, B. (Hrsg.) (2008). *Chemie im Kontext – Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts*. Münster, Waxmann.
- Eilks, I. & Ralle, B. (2002). Partizipative Fachdidaktische Aktionsforschung – Ein Modell für eine begründete und praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik. *Chemie Konkret* 1/9, 13–18
- Eilks, I. (2003). Kooperatives Lernen im Chemieunterricht – Teil 1. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 56/1.
- Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. *MNU* 4/57, 196–203.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundation for the 21st century. *Science Education*, 82 (1).
- Hofstein, A. & Mamlok-Naaman, R. (2008): Learning and teaching in inquiry-type chemistry laboratories, In: B. Ralle – I. Eilks: *Promoting Successful Science of Science Education – The Worth of Science Education Research*. – Aachen: Shaker.
- Johnson, D. W.; Johnson, R. T. & Holubec, E. (1994). *The new circles of learning. Cooperation in the classroom and school*. Alexandria: ASCD : s.n.
- Lazarowitz, R. & Hertz-Lazarowitz, R. (1998). Cooperative learning in the science curriculum. In: Fraser, B. J.; Tobin, K. G. (Hg.). *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer
- Lunetta, V. N.; Hofstein, A. & Clough, M. P. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory, and practice. In: S. Abell – K., N. H. Lederman (Eds.): *Handbook of research on science education*. – Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates 2007.
- Meyer, H. (2004). *Was ist guter Unterricht?*. Berlin 2004.
- Parchmann, I.; Gräsel, C.; Baer, A.; Nentwig, P.; Demuth, R.; Ralle, B. (2006). „Chemie im Kontext“: A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education*, Vol. 28, No. 9, 14 July 2006, pp. 1041–1062.
- Pintrich, P. R. & de Groot, E. V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82, 33–40
- Ralle, B. (1993). Das chemische Experiment – fachdidaktische Diskussion und unterrichtliche Praxis. – *Chem. Schule* 1, 2–8.
- Tamir, P. (1974). An Inquiry oriented Laboratory Examination. – 11 (1974) Nr. 1, 52–33.

02

Modelle und Modelldenken im Chemieunterricht¹

Ingo Eilks und Janina A. Bindernagel

Erkenntnisgewinnung ist eine der vier Kompetenzen der Bildungsstandards (KMK, 2004). Zur naturwissenschaftlichen Kompetenz der Erkenntnisgewinnung gehört unbestritten ein reflektierter Umgang mit naturwissenschaftlichen Modellen und dem Prozess der Modellierung. Modelle werden aber auch für die Kommunikation von Chemie genutzt und sind vor dem Hintergrund ihrer Erklärungsmächtigkeit zu bewerten. Daher bilden Modelle und Modellierung ganz wesentliche Säulen der prozessbezogenen Kompetenzen. Viele Modelle gehören ebenso unbestritten aber auch zum wichtigen Fachwissen der Chemie.

Der Vortrag auf der MNU-Fachleitertagung 2008 greift die Diskussion um Modelle und Modelldenken im Chemieunterricht auf und fasst einige aktuelle Forschungs- und Diskussionsbeiträge zusammen. Es wird der Versuch unternommen, unklare Trennlinien bei der Diskussion über Modelle und Modelldenken, sowie die Bedeutung eines reflektierten Modellbegriffs für den Chemieunterricht auf der Basis einer ganzen Reihe von Beiträgen der internationalen fachdidaktischen Forschung der letzten Jahre herauszuarbeiten. Verbunden wird dies mit Ergebnissen einer Fallstudie aus einem Projekt forschungsorientierten Lernens über die Nutzung des Modellbegriffs von erfahrenen Chemielehrkräften bei ihrer Reflektion über eigene Unterrichtskonzepte zum einfachen Teilchenkonzept, dem Zugang zur chemischen Reaktion und zum differenzierten Atombau.

1 Einleitung

Modelle und Modelldenken sind unbestritten wichtige Bestandteile des Chemieunterrichts und der Chemiedidaktik. Gerade jüngst, mit Erscheinen der nationalen Bildungsstandards (KMK, 2004), sind die prozessbezogenen Kompetenzen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung stärker in den Blick gerückt. Naturwissenschaftliche Modelle spielen bei naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung eine zentrale Rolle (Boulter und Gilbert, 2000). Sie helfen aber auch, Chemie zu veranschaulichen und damit zu kommunizieren. Auch ist es notwendig, den Einsatz und die Grenzen von Modellen bewerten zu können. So bilden Modelle und Modellierung eine wesentliche Säule der prozessbezogenen Kompetenzen im Chemieunterricht. Wichtige Modelle und entsprechende

Konzepte und Begrifflichkeiten sind aber unstrittig auch Bestandteil des Kompetenzbereiches Fachwissen. Regelmäßig erscheinen daher in der deutschsprachigen wie internationalen fachdidaktischen Literatur zu diesem Thema konzeptionelle wie empirische Arbeiten. Das Thema ist präsent in allen Standardwerken zur Chemiedidaktik (z. B. Gilbert und Boulter, 1998; Lutz und Pfeifer, 2002) und in der Zeit entwickeln sich sogar ganz eigene Reihen, die sich nahezu ausschließlich mit dieser Thematik befassen. Ein Beispiel ist die Buchreihe *Models and Modelling in Science Education* (Gilbert, Treagust, van Driel, Justi und Gobert, 2005 ff.).

Auf der anderen Seite ist zu beobachten, dass es in der unterrichtsbezogenen chemiedidaktischen Literatur in Deutschland zwar immer wieder Beiträge zu curricularen Vorschlägen und den erkenntnistheoretischen Grundlagen von Modellen gibt (z. B. Lutz und Pfeifer, 2002; Graf, 2002b; Saborowski, 2006). Eine Diskussion aber, wie das Lernen über Modelle abläuft und welche Schwierigkeiten dabei vorhanden sind, wird in der deutschen Chemiedidaktik der letzten Jahre ungleich weniger intensiv diskutiert, als etwa in der internationalen fachdidaktischen Literatur (z. B. van Driel und Verloop, 1999; Gilbert und Boulter, 2000; Treagust, Chittleborough und Maniala, 2002; Taber, 2008) oder der Physikdidaktik (z. B. Mikelskis-Seifert und Fischler, 2003). (Einige ältere Beiträge zur Thematik, auch aus Deutschland, finden sich u. a. in der Literaturliste zu Saborowski, 2006). So gab es in der jüngeren deutschen Chemiedidaktik zwar eine Vielzahl von praktischen Vorschlägen für den Umgang mit Modellen und Modellversuchen im Chemieunterricht (z. B. Graf, 2002a; Duvinage, 2003), die allerdings (von Ausnahmen abgesehen, z. B. Saborowski, 2000) häufig nicht vor dem Hintergrund diskutiert wurden, wie diese Ansätze zu einer Kompetenz in der reflektierten Nutzung von Modellen und einer Bewertung von Modellen beitragen. Sie wurden auch nur selten mit den umfangreich vorhandenen empirischen Befunden zum Lernen über Modelle (z. B. Gilbert und Boulter, 1998; Justi und Gilbert, 2002) oder auch den Erkenntnissen über Defizite angehender (z. B. de Jong, van Driel und Verloop, 2005) oder praktizierender Lehrkräfte (z. B. van Driel und Verloop, 1999) beim Umgang mit Modellen in Beziehung gesetzt. Die Diskussion über Modelle im Chemieunterricht findet nicht selten fast ausschließlich fokussiert auf submikroskopische Deutungen statt und wird auf den Bereich der

¹ Dieser Beitrag ist eine überarbeitete und erweiterte Fassung des Aufsatzes J. A. Bindernagel, I. Eilks: Modelle und Modelldenken im Chemieunterricht und ein Einblick in das Verständnis von erfahrenen Chemielehrkräften. *Chemie konkret*, im Druck.

historischen Abfolge verschiedener Modelle reduziert, um die Begrenztheit von Modellen zu zeigen. Gerade dieser Weg ist allerdings nicht unumstritten (Eilks und Möllering, 2001). Fast möchte man meinen, das Lernen über die Natur von Modellen an sich ist einfach, da es so wenig diskutiert wird. Die empirische Forschung zeigt aber, dass gerade das Lernen über Modelle äußerst schwierig für die Lernenden ist (z. B. Gilbert und Boulter, 1998; Justi und Gilbert, 2002). Die Physikdidaktik in Deutschland ist sich dieses Problems scheinbar bewusster und widmet diesem Thema ganz erhebliche Aufmerksamkeit (z. B. Mikelskis-Seifert und Fischler, 2003) und fordert zum Teil einen expliziten Unterricht über Modelle in den Naturwissenschaften (z. B. Mikelskis-Seifert, 2004). Auch die internationale Diskussion verlangt immer lauter danach, neben einem sich vertiefenden Verständnis der fachlichen Konzeptentwicklung, auch der Schulung eines Verständnisses der *Nature of Science* bei der Gestaltung eines Curriculums mehr Aufmerksamkeit zu schenken (z. B. McComas, 1998; Hößle, Höttecke und Kircher, 2004). Dies schließt ausdrücklich die Schulung eines Umgangs mit Modellen in einem systematischen und aufeinander aufbauenden Prozess mit ein (z. B. Taber, 2008). Einzelne Lehrwerke versuchen auch bereits dies systematisch und spiralcurricular umzusetzen und dabei das explizite Reflektieren über die Natur von Modellen immer wieder aufzugreifen (z. B. Eilks und Bolte, 2008).

Wie naiv häufig die durch Schule geprägten Vorstellungen sind, zeigt sich auch immer wieder, wenn man Studierende, sowohl im Hauptfachstudium der Chemie als auch im Lehramt, danach befragt, was eigentlich ein wissenschaftliches Modell ausmacht. Ein wissenschaftliches Modell ist für die Studierenden vorrangig etwas, was reale Dinge veranschaulichen soll. Dieses ist aber nur eine Facette der Aufgabe von Modellen in den Naturwissenschaften und vielleicht nicht ihre wichtigste (vgl. zur Sicht von Lehramtsstudierenden auch de Jong, van Driel und Verloop, 2005).

Leider scheint es so, dass sich dies nicht auf Schülerinnen und Schüler oder Studierende beschränkt. Auch bei voll ausgebildeten Lehrkräften wird eine sehr breite Spanne von Kompetenz beschrieben, mit Modellen im Unterricht sinnvoll und reflektiert umzugehen (z. B. de Jong, van Driel und Verloop, 2005; Justi und Gilbert, 2002). So ist die Frage nach Kompetenzen von Lehrkräften im Umgang mit Modellen und dem Modellieren international keine neue Frage. Verschiedene Studien haben hierbei immer wieder Defizite beschrieben, die etwa bei Justi und Gilbert (2002) diskutiert sind. Auch van Driel und Verloop (1999) haben wiederholt das Wissen von Lehrkräften über Modelle als eingeschränkt und zum Teil inkongruent beschrieben, was sich bis hin zu fragwürdigen Lehrkonzepten in manchen Schulbüchern fortführt (z. B. Eilks, Leerhoff und Möllering, 2002; Mikelskis-Seifert, 2004).

Der Vortrag auf der MNU-Fachleitertagung 2008 möchte für dieses Problem sensibilisieren. Hierzu werden ausgewählte Diskussionsbeiträge aus den letzten Jahren und vorrangig aus der internationalen Fachdidaktik diskutiert. Ergänzt wird dies durch einen Blick in ein aktuell laufendes Forschungsprojekt. In diesem Projekt wird u. a. der Umgang von erfahrenen Chemielehrkräften mit dem Modellbegriff bei der Reflexion über eigenen Unterricht beschrieben. Es werden aber auch Unterrichtswege zur Vermittlung eines einfachen Teilchenkonzepts, des ersten Zugangs zur chemischen Reaktion und die Einführung des differenzierten Atombaus untersucht.

2 Ausgewählte Beiträge zur Diskussion über den Modellbegriff

2.1 Lehr-Modelle und Wissenschaftliche Modelle

Für den Chemieunterricht ist der Umgang mit Modellen untrennbar mit der Erklärung makroskopischer Phänomene auf der submikroskopischen Ebene verbunden. Dies ist ein wesentliches Charakteristikum chemischen Denkens, die Verbindung von *makroskopischer*, *submikroskopischer* und *symbolhafter* Domäne herzustellen (Abb. 1) (Johnstone, 1991). Durch die Einführung von Teilchen-, Atom- und Bindungsmodellen werden Aggregatzustandswechsel, chemische Formeln oder Molekülgeometrien erklärt und symbolhaft dargestellt. Die verwendeten Konzepte bzw. Modelle sind komplex und können von Schülerinnen und Schülern nicht selber erfunden, sondern höchstens nach-erfunden oder gar nur aufgenommen werden. Allerdings wird von den Lernenden hierbei häufig gar nicht erkannt, dass es sich um das modellhafte Deuten von Phänomenen handelt (Driver, Leach, Miller und Scott, 1996) und man sollte gut überlegen, wann und wie die modellhafte Natur submikroskopischer Deutungen einzuführen ist (Eilks, Möllering, Leerhoff und Ralle, 2001).

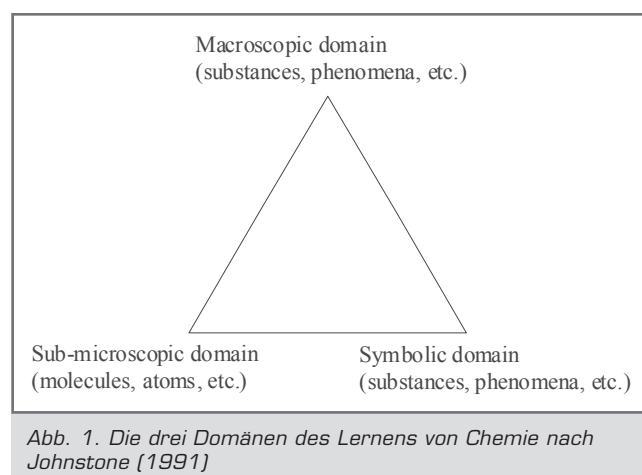


Abb. 1. Die drei Domänen des Lernens von Chemie nach Johnstone (1991)

Die Einführung dieser Konzepte bzw. Modelle geschieht im Unterricht zumeist informativ-darlegend. Die Modelle selber erhalten den Status einer Illustration zum besseren Verständnis. Justi und Gilbert (2002) bezeichnen derart genutzte Modelle als *Lehr-Modelle* („teaching models“). Sie unterscheiden ausdrücklich zwischen *Lehr-Modellen* und *wissenschaftlichen Modellen*.

Ein wissenschaftliches Modell ist ein Denkkonstrukt, das benutzt wird, forschungsrelevante Phänomene zu erklären, aufzuklären oder neue Hypothesen für die Forschung zu generieren. Ist ein solches Modell in der wissenschaftlichen Gemeinschaft konsensfähig und akzeptiert, spricht man von einem Konsensmodell. Lehr-Modelle dienen als Hilfe bei der Erklärung von Konsensmodellen an Personen außerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft. Weitergehend weisen de Jong und Taber (2007) noch auf einen dritten Bereich hin, der zwischen den wissenschaftlichen und den Lehrmodellen liegt. Sie unterscheiden:

- *wissenschaftliche Modelle* zur Entwicklung, Überprüfung und Erklärung von Theorien,

- *Curriculum-Modelle* als didaktisch reduzierte wissenschaftliche Modelle zur Vermittlung an eine bestimmte Zielgruppe und
- *Lehr-Modelle* zur Kommunikation von Curriculum-Modellen.

Wissenschaftliche Modelle haben damit zunächst nicht den vorrangigen Zweck, bereits erlangte Erkenntnis zu visualisieren. Der Vorgang der Modellierung wird vorgenommen, um wissenschaftliche Hypothesen einer modellhaften Testung zu unterziehen oder neue Hypothesen zu generieren.

Beide Vorgänge kann man sich gut an der Wirkstoffforschung beim *Molecular Modelling* deutlich machen, wo Moleküle im Modell entworfen und berechnet werden, um ihre mögliche Wirkung vor der Synthese bereits abschätzen zu können. Hierbei spielen weder die Schlüssel-Schloss-Analogie zur Veranschaulichung, noch die physische Manifestation der Modelle, etwa als Kunststoffmodell oder auch nur als Bildschirmdarstellung, eine wirkliche Rolle. Das Modell an sich ist ein Gedankenkonstrukt und dessen mathematische Entsprechung im Computer. Eine Trennung zwischen wissenschaftlichen und Curriculum-Modellen ist allerdings nicht in jedem Fall leicht. Dennoch finden sich gerade im Zusammenhang der submikroskopischen Deutungen häufig solche Curriculum-Modelle. Zu nennen wären etwa das einfache Teilchenmodell, das viele Aspekte des Massepunktmodells aus der kinetischen Gastheorie vernachlässigt, oder das in Schulbüchern weit verbreitete Schalenmodell der Atomhülle, in dem ebenfalls deutliche Verkürzungen und Vereinfachungen der Bohr'schen Überlegungen vorgenommen werden.

Die Ideen aus Justi und Gilbert (2002) sowie de Jong und Taber (2007) zusammenführend und ergänzend, weist Taber (2008) auch auf die Ebene der in den Schülerköpfen entstehenden Modelle hin. Er verbindet dies mit einer Übersicht, die auch jeweils den Personenkreis einbezieht, der das entsprechende Modell entwickelt. Abb. 2 kann ein guter Anlass zur Reflektion über Modelle in der Lehr- amtsausbildung sein. Hierbei sollte dann auch am Beispiel reflektiert werden, wie sich der Charakter eines Modells bzw. Modellgegenstands beim Vermittlungsprozess von der Wissenschaft bis hin in die Schülerköpfe verändern kann.

Taber (2008) weist in diesem Zusammenhang ausdrücklich auch noch einmal darauf hin, dass es bei jedem Schritt dieses Transformationsprozesses absichtliche, häufig aber auch unbeabsichtigte Veränderungen gibt:

- Bei den absichtlichen Veränderungen werden fachliche Inhalte etwa durch den Curriculumentwickler vereinfacht oder durch die Lehrkraft strukturiert, sequenziert, mit angenommenem Vorwissen und der Erfahrung aus dem Unterrichten absichtsvoll in Beziehung gesetzt.
- Bei den unbeabsichtigten Veränderungen werden in diesem Prozess in Abhängigkeit von der fachlichen Kompetenz und Sorgfalt der Lehrkraft dann aber auch Verkürzungen und Verzerrungen vorgenommen, die u. U. den Gehalt, aber auch die Verständlichkeit beeinflussen. Dass solche Verzerrungen und Verkürzungen dann noch einmal bei der Aufnahme der Informationen durch die Lernenden vorkommen, ist eine zusätzliche und leider wohl kaum zu verhindernde weitere Hürde.

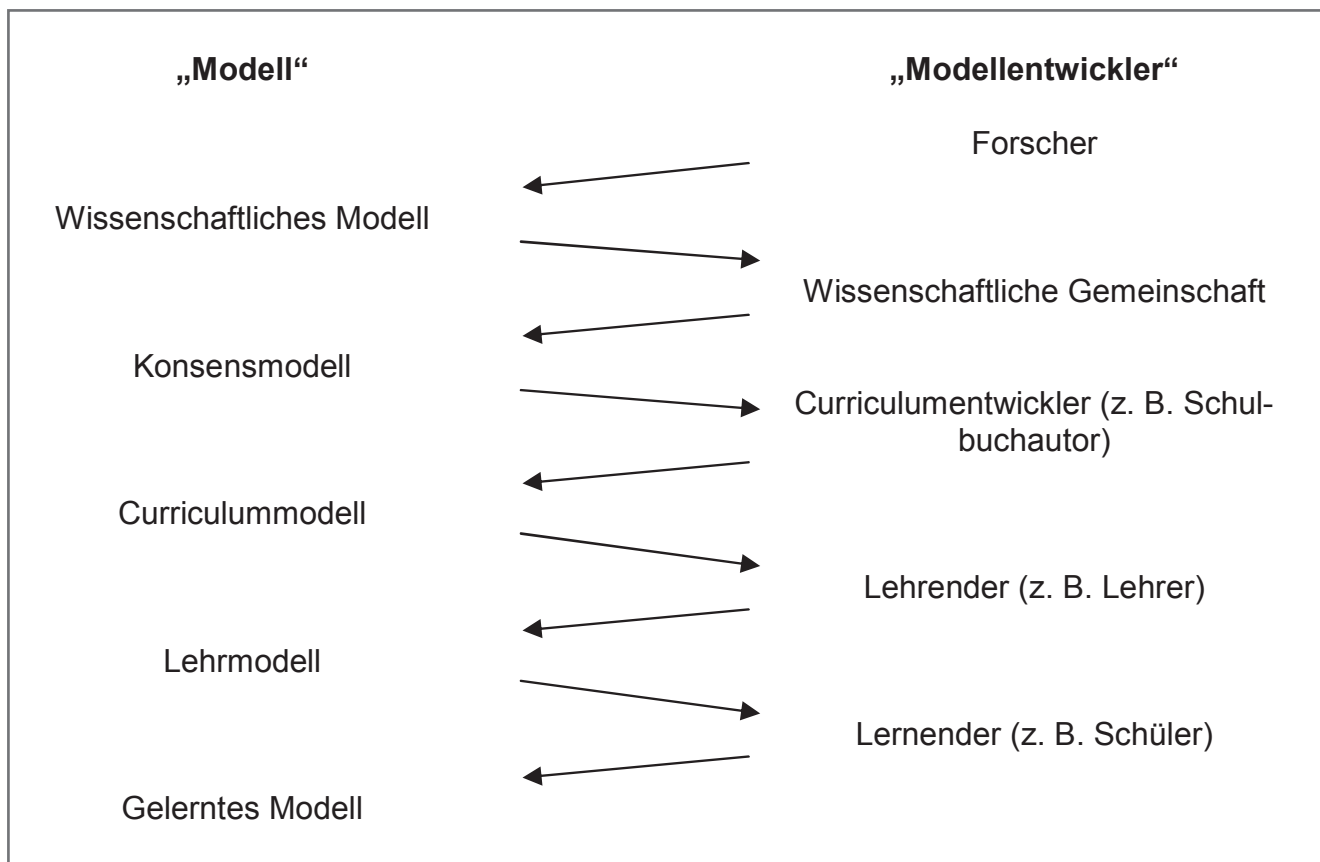


Abb. 2. Verschiedene Modellebenen in Anlehnung an Taber (2008)

2.2 Definitionen und Charakteristika von Modellen

Ausgehend von dem Bewusstsein, dass der naturwissenschaftliche Unterricht eine deutliche Unterscheidung zwischen wissenschaftlichen Modellen und solchen vornehmen sollte, die zu Lehrzwecken entworfen sind und illustrativen Charakter haben, gibt es in der internationalen fachdidaktischen Literatur verschiedene Versuche, wissenschaftliche Modelle abstrakt zu definieren.

Eine sehr häufig genutzte Definition stammt von van Driel und Verloop (1999), die fünf Punkte umfasst:

- Ein Modell bezieht sich auf einen Zielbereich (ein Modellobjekt oder einen zu modellierenden Prozess), der durch das Modell repräsentiert wird.
- Ein Modell ist ein Forschungswerkzeug, das benutzt wird, um Informationen über den Zielbereich zu erhalten, die nicht direkt beobachtet oder gemessen werden können.
- Ein Modell ist charakterisiert durch bestimmte Analogien zum Zielbereich. Dies ermöglicht Forschern, Hypothesen über den Zielbereich aus dem Modell abzuleiten. Diese Hypothesen können dann am Zielbereich überprüft werden.
- Ein Modell wird durch das absichtsvolle Weglassen von bestimmten Aspekten so einfach wie möglich gehalten.
- Ein Modell wird durch einen interaktiven Prozess entwickelt, in dem empirische Daten aus dem Zielbereich zu einer Revision des Modells führen können.

Mindestens ebenso viel Einfluss wie die von van Driel und Verloop vorgeschlagene Definition hat in den vergangenen 15 Jahren eine empirische Studie auf die Diskussion um den Modellbegriff gehabt. Diese Studie von Grosslight, Unger, Jay und Smith (1991) hat das Modellverständnis von Schülerinnen und Schülern untersucht und, ausgehend von den Ergebnissen, drei Niveaus zur Beschreibung des Modellverständnisses entwickelt:

Niveau 1: Modelle werden entweder als Spielzeuge oder einfache Abbilder der Realität gesehen, die hilfreich sind, weil sie Abbilder realer Objekte oder Vorgänge darstellen. Wenn erkannt wird, dass einzelne Aspekte der Realität im Modell weggelassen werden können, ist der Grund hierfür unklar.

Niveau 2: Modelle werden bewusst für einen bestimmten Zweck entwickelt, der die Entwicklung bestimmt. Damit beginnen die Ideen des Modellentwicklers eine Rolle zu spielen und man erkennt, dass der Modellentwickler bewusste Entscheidungen trifft, wie der Zweck des Modells zu erreichen ist. Das Modell muss nicht exakt mit dem realen Modellobjekt korrespondieren. Reale Objekte und Vorgänge können begrenzt verändert und neu verpackt werden (z. B. durch Hervorhebung, Vereinfachung, Verdeutlichung bestimmter Aspekte, ergänzende und klärende Symbole oder die Entwicklung verschiedener Versionen). Dennoch liegt der Fokus immer auf dem Nachempfinden der Realität, nicht auf der Seite modellierter Ideen. Die Modelltestung bezieht sich nicht auf die Testung der zu Grunde liegenden Ideen, sondern auf die Praktikabilität des Modells.

Niveau 3: Drei wichtige Komponenten machen ein entwickeltes Modellverständnis aus:

- Modelle werden zur Entwicklung und Testung von Ideen entwickelt, mehr als dass sie als Abbild von Realität dienen.
- Der Modellentwickler spielt eine aktive Rolle bei der Konstruktion des Modells. Er bewertet, welches der verschiedenen Designs genutzt werden kann, um dem Zweck des Modells nachzukommen.
- Modelle können manipuliert und Tests unterworfen werden, um Ideen zu entwickeln. Sie liefern damit in einem zyklisch-konstruktiven Prozess Informationen.

Hiervon ausgehend, kann man ein entwickeltes Verständnis wissenschaftlicher Modelle mit folgenden Charakteristika umschreiben:

- Das Bewusstsein, dass Modelle primär dazu entwickelt werden, Ideen zu prüfen, und nicht, dass sie lediglich ein Abbild von Realität darstellen sollen,
- die Akzeptanz, dass der Modellierer eine aktive Rolle in der Konstruktion eines Modells zu einem bestimmten Aspekt spielt und
- die Wahrnehmung, dass Modelle geprüft und revidiert werden können, um die Entwicklung von Ideen zu unterstützen.

Darauf aufbauend haben de Jong und Taber (2007) allerdings deutlich gemacht, dass für Curriculum-Modelle andere Charakteristika gelten müssen:

- Ein Curriculum-Modell muss mit einem Grad an Komplexität und Abstraktion präsentiert werden, das dem Entwicklungsstand der Lernenden entspricht,
- es muss ausgehen von der bereits vertrauten konzeptuellen Basis, womit eine genaue Analyse der Lernvoraussetzungen und eine auf das Individuum abgestimmte Lehrstrategie notwendige Voraussetzung für den Lernerfolg wird, und
- es muss Teil einer anschlussfähigen Entwicklung sein, die ein schrittweises Lernen immer weiter entwickelter Modelle erlaubt.

2.3 Wissenschaftliche Modelle und wissenschaftliche Theorien

In der internationalen Diskussion um Modelle wird der Begriff des Modells durchaus breiter gebraucht als im deutschen Sprachgebrauch. Ein Nachdenken über diesen breiteren Gebrauch kann auch in der Lehramtsausbildung helfen, sich der Natur wissenschaftlicher Modelle besser bewusst zu werden. In Anlehnung an Drechsler (2007) soll dies hier entlang der Säure-Base-Chemie illustriert werden.

Drechsler (2007) hat das Verständnis verschiedener Säure-Base-Theorien bei Schülerinnen und Schülern und Lehrkräften in Schweden untersucht. Die Studie basiert auf der auch in der deutschsprachigen Literatur üblichen Unterscheidung verschiedener historischer Säure-Base-Theorien: (I) einer eher phänomenologischen Definition bzw. der Beschreibung von Lavoisier, (II) der Theorie nach Arrhenius und Ostwald und der (III) Brønsted-Säure-Base-Theorie. Drechsler benutzt aber bewusst nicht, wie im deutschsprachigen Raum üblich, die Bezeichnungen 'Theorie' oder 'Konzept'. Er wählt bewusst den Begriff des Modells.

Betrachtet man die Säure-Base-Theorie von Brønsted vor dem Hintergrund der oben diskutierten Definition nach van Driel und Verloop (1999), so ist diese Bezeichnung

durchaus passend. Sie macht deutlich, dass die Theorien, die wir unseren Schülerinnen und Schülern beizubringen versuchen, in diesem Sinne Modelle sind. Damit kommen eine ganze Reihe von ‚Theorien‘ in den Fokus des Chemieunterrichts und der Chemiedidaktik, die neben den Teilchen- und Atommodellen oder in deren Erweiterung ebenfalls den Charakter von wissenschaftlichen Modellen haben. Eine Diskussion hierüber kann deutlich machen, was ein Modell im wissenschaftlichen Sinne ist und dass das, was häufig unter einem Modell (im Sinne eines Curriculum- oder Lehr-Modells) verstanden wird, oftmals nur die curriculare Ableitung bzw. physische Manifestation dieser Ideen ist.

Dieser Aspekt sollte in der fachdidaktischen Diskussion und auch in der Lehrerbildung stärker aufgegriffen und in seinen Konsequenzen diskutiert werden. Dies kann explizit deutlich machen, dass wissenschaftliche Modelle mehr sind, als Abbilder von Realität.

3 Ein Fallstudie zur Nutzung des Modellbegriffes von erfahrenen Chemielehrkräften in der eigenen Unterrichtsreflexion

3.1 Untersuchungen zum PCK von erfahrenen Chemielehrkräften im Umfeld des Teilchenkonzepts

In einem aktuell laufenden Projekt untersuchen wir das *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) deutscher Chemielehrkräfte im Zusammenhang des Teilchenkonzepts (Sprotte und Eilks, 2008) (Zur Definition und möglichen Bedeutung des PCK vgl. Shulman (1986) oder z. B. die Diskussion in Eilks und Markic (2007)). Das Projekt ist konzipiert als Projekt forschungsorientierten Lernens in der Lehramtsausbildung (Wildt, 2006). Hierbei nehmen Lehramtsstudierende aktiv an Interviewstudien teil und lernen durch ihre Teilhabe an fachdidaktischer Forschung in methodischer wie inhaltlicher Sicht. In diesem Fall lernen die Studierenden über Lehrervorstellungen, die Hinterfragung von Unterrichtswegen und Methoden, solche Fragestellungen zu untersuchen.

Durch die Interviews, die die Studierenden mit erfahrenen Lehrkräften führen, werden das erfahrungsbasierte Wissen und die Vorstellungen von erfahrenen Chemielehrkräften über den Umgang mit dem einfachen Teilchenkonzept, der chemischen Reaktion und dem Übergang zum differenzierten Atombau im Sinne von Einzelfällen untersucht, dokumentiert, verglichen und systematisiert (Zur Bedeutung der Dokumentation solcher Einzelfälle im Zusammenhang der Forschung über Lehrer, vgl. u. a. Loughran und Berry (2006)). Diese Ergebnisse werden dann in Beziehung gesetzt mit empirischen Erkenntnissen über Schüler- und Lehrervorstellungen und Lernprozesse, mit dem Stand der fachdidaktischen Diskussion und mit Unterrichtsmedien (z. B. Schulbüchern).

Die Beschreibung und Analyse des PCK, ausgehend von den Interviewdaten, orientiert sich an der Systematisierung von PCK, wie es von Loughran, Mulhall und Berry (2006) vorgeschlagen wurde. Loughran et al. (2006) unterteilen das PCK in den Bereich der *Content Representation* (CoRe) und der *Pedagogical and Professional experience Repertoires* (PaP-eRs). Die CoRe umfasst dabei das Wissen von Lehrkräften über wichtige inhaltliche Ideen, unterschiedliche Herangehensweisen im Unterricht und

über Fehlvorstellungen und Lernprobleme von Schülerinnen und Schülern. Die PaP-eRs hingegen beschreiben die persönliche Herangehensweise einer Lehrkraft im Unterricht bei einem bestimmten Inhalt im Zusammenhang mit einem bestimmten thematischen und unterrichtlichen Kontext.

Neben einer Beschreibung bevorzugter Unterrichtskonzepte und dem Wissensstand der Lehrkräfte zu verschiedenen Aspekten des Teilchenkonzepts spielt aus thematischen Gründen natürlich auch der Umgang mit dem Teilchen- und Atommodell in diesem Zusammenhang eine große Rolle. Aus diesem Grund wird hier über eine Teilstudie berichtet, die, ausgehend von den Interviewdaten, das Modellverständnis von Lehrkräften im Sinne der CoRe hinterfragt, wie diese Lehrkräfte es benutzen, wenn sie über ihren Unterricht und ihre didaktischen Ansichten berichten (Sprotte und Eilks, 2007). In die Frage der inhaltlichen Gestaltung von Unterricht (z. B. Bindernagel und Eilks, 2009) wird nur insofern ein Einblick gegeben, wie sich das Modellverständnis der Lehrkräfte in konkreter Praxis manifestiert.

2.2 Stichprobe und Methodik

Die hier beschriebene Studie wurde durchgeführt in einem fachdidaktischen Seminar des Hauptstudiums für Studierende im Lehramt Chemie. Je zwei Studierende haben, entlang eines Interviewleitfadens, eine erfahrene Lehrkraft interviewt. Der Interviewleitfaden strukturierte die Interviews so, dass folgende Aspekte besprochen wurden: Unterrichtsgestaltung und -erfahrungen zu den Themen ‚Einführung des ersten Teilchenmodells‘, ‚Einführung der chemischen Reaktion‘ und ‚Übergang zum differenzierten Atombau‘, eine Bewertung von Schulbuchabildungen über die Teilchenebene (wie sie etwa in Eilks und Möllering, 2001, diskutiert sind), die Frage nach erfahrenen Lernschwierigkeiten und nach Empfehlungen an junge Kollegen. Tab. 1 gibt eine Übersicht über den Interviewleitfaden.

Der Zugang über die Studierenden wurde gewählt, um eine möglichst authentische Interviewsituation zu schaffen, in der erfahrene Kolleginnen und Kollegen von angehenden Lehrkräften befragt werden. Wir gehen davon aus, dass in einer solchen Situation spontaner und offener berichtet wird, als dies bei einer klassischen Interviewsituation der Fall gewesen wäre.

Durchgeführt wurden in zwei Fallstudien zusammen 28 Interviews von je etwa 45 Minuten Dauer. Befragt wurden 8 Chemielehrerinnen und 20 Chemielehrer. Die meisten Lehrer sind zwischen 40 und 60 Jahren alt und haben durchschnittlich mehr als 15 Jahre Unterrichtserfahrung. Im Durchschnitt unterrichten sie mehr als 15 Stunden Chemie in der Woche. Die Interviews wurden transkribiert und mit Blick auf verschiedene Fragestellungen ausgewertet. Diese Ausrichtung betrifft die Frage des Modellbegriffs und in weiteren Analysen eine Charakterisierung des PCK der Lehrkräfte bzgl. der Vermittlungswege des einfachen Teilchenkonzepts und des differenzierten Atombaus bzw. einer Gesamtbetrachtung der Unterrichtswege zu submikroskopischen Deutungsmustern im Chemieunterricht der Sekundarstufe I (Sprotte und Eilks, 2008; Bindernagel und Eilks, 2009).

Zur Charakterisierung des von den Lehrkräften in dieser Gesprächssituation benutzten Modellverständnisses wurde im Vorfeld ein Auswertungsraster entlang der Studie

von Grosslight et al. (1991) entwickelt. Dieses Raster beschreibt in den sechs von Grosslight et al. benannten Dimensionen des Modellverständnisses jeweils drei Ausprägungen entsprechend den Niveaus aus Grosslight et al. (Tabelle 2). Alle Interviews der ersten Teilstudie (14 Interviews) wurden unabhängig von zwei Personen analysiert und jede Lehrkraft wurde in den sechs Kategorien

eingestuft. Die Übereinstimmung war von Beginn an hoch, bei wenigen Fällen der Abweichung wurde ein Konsens im Sinne der Suche nach intersubjektiver Übereinstimmung gefunden (Swanborn, 1996).

In weiteren Teilstudien wurden die Unterrichtswege bei der Einführung eines ersten Teilchenkonzepts, beim ersten Modell-basierten Zugang zur chemischen Reaktion

1. Erhebung persönlicher Daten (Alter, Geschlecht, Ausbildung, Unterrichtserfahrung, etc.)
2. Fragen zur Bedeutung von Modellen im Chemieunterricht; dem Verständnis, was ein Modell ist; welcher Modellbegriff im Chemieunterricht vermittelt werden sollte; welche Schülerschwierigkeiten dabei auftauchen könnten und wie diesen zu begegnen ist.
3. Fragen zum Zeitpunkt und den Gründen für die Einführung eines ersten Teilchenmodells; dem unterrichtlichen Zugang (Versuche, Methoden, Medien); Gründen für die Wahl gerade dieses Zugangs; möglichen Schülerschwierigkeiten und deren Vermeidung/Überwindung.
4. Fragen zum Zeitpunkt des Übergangs zum differenzierten Atombau; dem unterrichtlichen Zugang (Versuche, Methoden, Medien); Gründen für die Wahl gerade dieses Zugangs; möglichen Schülerschwierigkeiten und deren Vermeidung/Überwindung.
5. Fragen zur erstmaligen Einführung einer Teilchendeutung der chemischen Reaktion und zur Einführung des Elementbegriffes.
6. Fragen über die Bewertung von Abbildungen aus Schulbüchern, ähnlich denen, die in Eilks und Möllering (2001) diskutiert sind.

Tab. 1. Übersicht über den Interviewleitfaden

	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Rolle der Ideen	Das Modell ist Abbild der Realität. Die Ebene der Ideen (Theorien) ist nicht direkt relevant.	Das Modell modelliert direkt Realität. Es konzentriert sich auf die Darstellung bestimmter Ideen der modellierten Realität.	Das Modell wird konstruiert, um Ideen zu entwickeln und zu prüfen. Ein direkter Bezug zu Realität ist nicht notwendig vorhanden.
Gebrauch von Symbolen	Symbole sind nicht Bestandteil des Modells.	Die Nutzung von Symbolen kann bewusst vorgenommen werden, um dem Zweck des Modells nachzukommen.	Der Modellentwickler hat einen Einfluss auf das Design des Modells und die Festlegung und Nutzung von Symbolen.
Rolle des Modellentwicklers	Der Modellentwickler spielt keine entscheidende Rolle.	Der Modellentwickler trifft bewusste Entscheidungen mit Blick auf den Zweck des Modells.	Der Modellentwickler konstruiert, verändert, prüft aktiv das Modell, um Ideen zu testen.
Kommunikation	Das Modell illustriert abbildhaft ein reales Objekt oder einen Vorgang.	Das Modell veranschaulicht bestimmte Teilaspekte von Realität und erleichtert Verständnis und Kommunikation dieser Teilaspekte.	Modelle werden kritisch diskutiert und gegeneinander abgewogen. Unterschiedliche Modelle haben unterschiedliche Zwecke.
Modelltestung	Modelle als Abbilder von Realität bedürfen keiner Testung.	Modelle werden an der Realität auf ihre Funktionalität (Erklärungsmächtigkeit) hin überprüft, was zur Ablösung eines Modells führen kann.	Modelle werden systematisch getestet, um in einem zyklischen Prozess wissenschaftliche Erkenntnis zu verbessern.
Vielfältigkeit und Veränderung von Modellen	Modelle verändern sich als Abbilder von Realität nicht. Es kann unterschiedliche Modelle (vereinfachte Abbilder) geben.	Es gibt Grenzen von Modellen in ihrer Funktionalität (Erklärungsmächtigkeit), was zur Ablösung oder Erweiterung eines Modells führen kann.	Modelle werden systematisch variiert und verändert, um in einem zyklischen Prozess wissenschaftliche Erkenntnis zu verbessern.

Tab. 2. Auswertungsraster in Anlehnung an Grosslight, Unger, Jay und Smith (1991) (auch Sprotte und Eilks (2007))

und bei der Behandlung des Atombaus untersucht. Hier konnten die Daten aus beiden Teilstudien über einen an den Grundideen der Gegenstandsbezogenen Theoriebildung (Strauss und Corbin, 1996) derart kategorisiert werden, dass eine Charakterisierung der Lehrkräfte nach bestimmten Typen möglich wurde (Bindernagel und Eilks, 2009). Im Rahmen dieser Charakterisierung können auf qualitativer Ebene auch weitere Aussagen gemacht werden, die den Umgang mit Modellen betreffen.

3.3 Ergebnisse

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse der Teilstudie über das Modellverständnis. Entlang der Tabelle erkennt man, dass einzelne Lehrkräfte (T2 oder T8) in der hier generierten Situation über Modelle nur im Sinne des Niveaus 1 nach Tabelle 2 erzählen. Diese Lehrkräfte benutzen den Begriff des Modells ausdrücklich im Sinne des Abbildgedankens. Modelle werden nur im Sinne von Lehrmodellen angesprochen, Grundgedanken der Natur wissenschaftlicher Modelle werden nicht expliziert.

Bereits hier sei darauf hingewiesen, dass dies nicht notwendig meint, dass ein tieferes Modellverständnis nicht vorhanden ist. Es wird nur deutlich, dass es entweder nicht vorhanden ist oder es als nicht wichtig angesehen wird, ein entwickeltes Modellverständnis hier zu benutzen bzw. anzusprechen.

Mehrheitlich nutzen die Lehrkräfte in dieser Interviewsituation mit den Lehramtsstudierenden ein Modellverständnis zwischen Niveau 1 und 2 oder auf Niveau 2 im Sinne der oben beschriebenen Stufung. Der Fokus der Äußerungen liegt in den Bereichen der Rolle von Ideen, Kommunikation, Modelltestung und Vielfaltigkeit von Modellen. Im Gegensatz hierzu werden die Dimensionen des Modellierers und insbesondere der Symbolik kaum oder auf niedrigem Niveau angesprochen. Neun der vierzehn

Lehrkräfte berühren nicht den Punkt der Symbolik im Zusammenhang des Umgangs mit Modellen. Viele erwähnen zwar den Modellierer, weisen ihm aber keine bedeutsame Rolle zu.

Insgesamt werden Modelle überwiegend im Sinne von Lehrmodellen diskutiert. Fast alle Lehrkräfte betonten, dass Modelle dazu da seien, etwas zu illustrieren und zu erklären. Grundsätzlichere Gedanken wurden fast ausschließlich nur dahingehend erwähnt, dass es in der Geschichte verschiedene Modelle gegeben habe, die unterschiedliche Erklärungsmächtigkeiten hätten und ihre Abgrenzung voneinander wichtig sei. Einige Lehrkräfte verneinten sogar ausdrücklich, dass sie eine explizite Auseinandersetzung mit der Natur wissenschaftlicher Modelle im Chemieunterricht für sinnvoll und notwendig erachteten:

„Eine Definition für ein Modell mache ich mit den Kleinen eigentlich nie. Ich benutze die Modelle, um ihnen etwas daran zu zeigen. Und wir erarbeiten daran wesentliche Gesetzmäßigkeiten – an diesem Modell – und übertragen das dann auf die Chemie. Für die Kleinen würde ich aber nie den Modellbegriff definieren. Macht für mich keinen Sinn. Da können die sowieso nichts mit anfangen.“

Lediglich zwei der vierzehn Lehrkräfte (T1 und T10) benutzten in der hier erzeugten Situation explizit verschiedene Elemente im Sinne eines vertieften Modellverständnisses.

3.4 Einblick in die Vorstellungen zum Unterrichtsverlauf

In der Charakterisierung der Lehrervorstellungen zu Vermittlungswegen von Teilchenkonzept, chemischer Reaktion und Atombau favorisieren die 28 Lehrkräfte aus beiden Teilstudien weitgehend unabhängig von Alter, Erfahrung

	Rolle von Ideen			Symbolik			Rolle des Modellierers			Kommunikation			Modelltestung			Vielfältigkeit von Modellen		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
T 1			x		x			x				x		x				x
T 2		x		x			x			x			x			x		
T 3		x					x				x			x			x	
T 4			x				x				x			x			x	
T 5		x		x			x											
T 6		x					x				x			x			x	
T 7		x						x			x							
T 8	x						x			x						x		
T 9	x				x		x			x							x	
T10			x						x			x		x				x
T11		x					x				x			x			x	
T12		x					x				x			x			x	
T13		x					x							x			x	
T14	x				x			x			x			x			x	

Tab. 3 Ergebnisse der Fallstudie (T1–T14 = Lehrkräfte der Studie) (Sprotte und Eilks, 2007)

oder Schulform zu zwei Dritteln einen stark historisch ausgerichteten Ablauf der Abfolge verschiedener Modelle. Die meisten Lehrerinnen und Lehrer beschreiben, dass sie selber einem sehr stark historisch geprägten Unterrichtsverlauf folgen wollen. Sie sehen diesen als ausgehend von einer einfachen Teilchenvorstellung z. T. mit Bezug zur griechischen Antike, über das Atommodell von Dalton zu immer weiter differenzierten Atom- und Bindungsmodellen aus der Geschichte. Hierbei werden unterschiedliche Auswahl, Auslassungen und Sprünge unternommen. Die Passung der Unterrichtswege und des wirklichen Verlaufs der Geschichte ist nicht immer ganz kohärent. Die Lehrkräfte führen in ihrem Unterricht zwischen 3 bis 7 verschiedene Modelle bereits in der Sekundarstufe I ein. Dessen sind sich manche allerdings nicht bewusst. Auch sind sich die Lehrerinnen und Lehrer in ihrer nahezu paradigmatischen Sicht auf den Wechsel verschiedener historischer Modelle der Kritik an einer zu großen Vielfalt an Modellen (z. B. Carr, 1984; Eilks und Möllering, 2001) nicht bewusst und können auch auf Nachfrage in der überwiegenden Mehrheit keine Probleme angeben, die ein solcher Weg, empirisch erwiesen, mit sich bringen kann (z. B. Solomonidou und Stavridou, 2000; Drechsler, 2007). Abb. 3 gibt einen Überblick über die von 28 Lehrkräften beschriebenen Unterrichtswege (Bindernagel und Eilks 2009).

Die meisten Lehrerinnen und Lehrer beginnen im Chemieanfangsunterricht mit einem ersten einfachen Teilchenmodell, d. h. mit einem undifferenzierten Teilchenmodell oder einem Kugelteilchenmodell. Nur eine Lehrkraft beginnt bereits mit einem Atommodell nach Dalton. In den Interviews war auffällig, dass der Unterschied zwischen dem Kugelteilchenmodell und dem Dalton-Atommodell von den Lehrerinnen und Lehrern kaum nachvollziehbar dargestellt wurde. In vielen Fällen wurden offensichtlich Hybridmodelle beschrieben oder es wurde gar kein Unterschied zwischen dem einfachen Teilchenmodell als Modell diskreter Teilchen und dem Dalton-Modell als Modell der Atome gemacht. In Eilks, Leerhoff und Möllering (2002) und Eilks, Möllering und Valanides (2007) ist beschrieben, welche Konsequenzen dies für die Erklärung der chemischen Reaktion im Anfangsunterricht haben kann. Dieses Unterschieds und der daraus möglicherweise resultierenden Probleme waren sich die meisten Lehrkräfte ebenfalls nicht bewusst.

Fast alle Lehrerinnen und Lehrer benutzen zu einer bestimmten Zeit des Unterrichtsverlaufes ein Atommodell im Umfeld der historischen Arbeiten von Bohr (Schalenmodell oder Planetenbahnenmodell). Für die meisten Lehrkräfte ist ein Bohr-Modell das Ziel für den Unterricht in der Sekundarstufe I. Lediglich eine von 28 Lehrkräften erklärt als Ziel des Unterrichts das Erreichen des Dalton-Modells. Es gibt allerdings einzelne Lehrkräfte, die nach eigenen Aussagen ein Orbitalmodell bereits in der Sekundarstufe I vermitteln wollen, immerhin 4 von 28.

Diskussion und Ausblick

Insgesamt ist in den hier diskutierten Interviewsituationen (Abschnitt 3) überhaupt nicht zu erkennen, dass sich die hohe Bedeutung, die naturwissenschaftliche Fachdidaktik international dem Aspekt der Modelle und des Modellierens beimisst (z. B. de Jong und Taber, 2007; Abschnitt 2), in irgendeiner Form in diesen Interviews widerspiegelt hat. Für die hier zufällig ausgewählten Lehrkräfte und in dieser spezifischen Situation, spielten vertiefte Gedan-

ken und Aspekte wissenschaftlicher Modelle kaum eine Rolle. Modelle wurden nur in dem Sinne behandelt, dass sie Werkzeuge seien und das in der Regel im Sinne von Erklärungswerkzeugen.

Auch weitergehende Analysen (Sprotte und Eilks, 2008; Bindernagel und Eilks, 2009) zeigen, dass vielfach dem Aspekt der Modellierung und Modellentwicklung kein expliziter Raum gewährt wird. Zwar wird es als wichtig erachtet, verschiedene historische Modelle zu behandeln. Gründe hierfür werden aber wenig reflektiert und wenn, dann nur in dem Sinne, dass Modelle vorläufige Erklärungshilfen seien, die bei sich weiter entwickelnder Erkenntnis ablösen. Hier wird unterstellt, dass dieser Weg zum Verständnis der Natur wissenschaftlicher Modelle wesentlich beiträgt. Allerdings wird nur wenig reflektiert, ob und in wie weit dieser Weg erfolgreich ist. Die Ergebnisse aus Mikelskis-Seifert und Fischler (2003) zeigen zwar, dass ein solcher Weg Erfolge erzielen kann. Die Studie von Mikelskis-Seifert und Fischler deutet aber auch darauf hin, dass dies eine viel intensivere und stärker explizite Thematisierung des historischen Modellwechsels erfordern würde, als dies die Lehrkräfte beschreiben – und als diese vielleicht auch im Regelchemieunterricht möglich ist. Zudem traten bei den Beschreibungen der Lehrkräfte vielfach auch Vermischungen von Modellen auf, so genannte Hybridmodelle, die nicht selten als Lernhindernis für Schülerinnen und Schüler beschrieben werden (Justi und

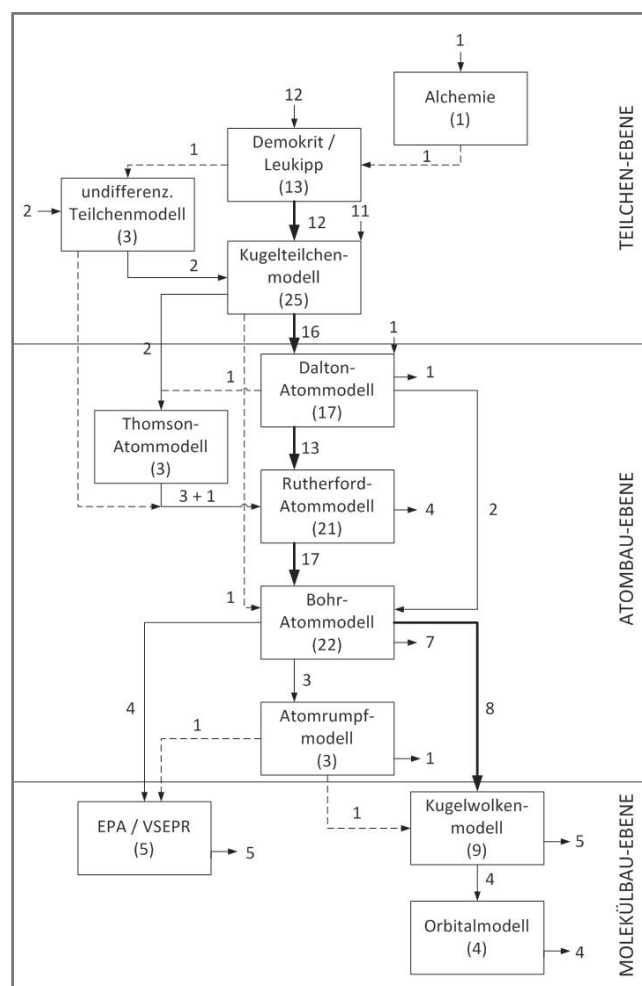


Abb. 4. Unterrichtswege durch verschiedene submikroskopische Modelle von 28 zufällig ausgewählten Lehrkräften.

Gilbert, 2002). Dies gilt insbesondere für den Übergang vom Kugelteilchenmodell zum Dalton-Atommodell (vgl. Eilks, Leerhoff und Möllering, 2002; Eilks, Möllering und Valanides, 2007).

Wie oben bereits einschränkend diskutiert, kann die vorliegende Studie keine definite Aussage machen, welche expliziten Kenntnisse Lehrkräfte über wissenschaftliche Modelle, das Modellieren und die Modellbildung besitzen. Deutlich ist nur, dass hier Lehrkräfte in der Erklärung von Unterrichtswegen, in denen Curriculum-Modelle eine zentrale Rolle spielen und die damit ganz wesentlich auf wissenschaftlichen Modellen basieren, ein vertieftes Modellverständnis entweder nicht besitzen, dieses nicht anwenden können oder in dieser Situation für verzichtbar halten. Auch lässt sich nicht sagen, inwieweit die Situation anders ist, wenn die Diskussion über diese Modelle nicht mit Lehramtsstudierenden, sondern mit Schülerinnen und Schülern stattfindet. Fraglich ist aber schon, warum in einem solchen Zusammenhang der Reflektion über Unterrichtspraxis so wenige Elemente eines vertieften Modellverständnisses zu Tage treten, in einer Situation, in der Lehramtsstudierende danach fragen, wie denn die Einführung des ersten Teilchenmodells oder ein Übergang zum differenzierten Atombau erfolgreich zu unterrichten seien.

Weitere Studien müssen diese Fragen klären. Setzt man die Ergebnisse aber mit anderen Studien in Beziehung, die die Kompetenz von Lehrkräften im Bereich der wissenschaftlichen Modelle beschreiben (z. B. Justi und Gilbert, 2002), ist fast zu befürchten, dass auch bei uns in diesem Bereich erhebliche Defizite bestehen.

Dies sollte Anlass sein, die intensive Diskussion um wissenschaftliche Modelle, die international in der Naturwissenschaftsdidaktik geführt wird, auch in der deutschen Chemiedidaktik intensiver aufzugreifen und zur Beantwortung vieler offener Fragen beizutragen. So lange kann es aber schon einmal helfen, wenn sich die Lehreraus- und -fortbildung dieses Bereiches auf der Basis der verfügbaren empirischen Forschungsevidenz stärker annimmt. Werkzeuge hierfür werden in dem hier dargestellten Projekt von uns derzeit entwickelt (z. B. Bindernagel und Eilks, eingereicht).

Literatur

- Bindernagel, J. A., & Eilks, I. (2009). Der „Roadmap-Ansatz zur Beschreibung des Pedagogical Content Knowledge von Lehrkräften zum Teilchenkonzept. In D. Hötter (Hrsg.), *Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung* (im Druck). Münster: LIT.
- Bindernagel, J. A., & Eilks, I. (eingereicht). The roadmap-approach to portray and to develop science teachers' Pedagogical Content Knowledge concerning the particulate nature of matter.
- Boulter, C. J., & Gilbert, J. K. (2000). Challenges and opportunities of developing models in science education. In J. K. Gilbert, & C. J. Boulter (Hrsg.), *Developing Models in Science Education* (S. 343–362). Dordrecht: Kluwer.
- Carr, M. (1984). Model confusion in chemistry. *Research in Science Education*, 14, 97–103.
- de Jong, O., & Taber, K. (2007). Teaching and learning the many faces of chemistry. In S. K. Abell, & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education*. (S. 631–652). Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- de Jong, O., van Driel, J. H., & Verloop, N. (2005). Pre-service teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 947–964.
- Drechsler, M. (2007). Models in chemistry education – A study of teaching and learning acids and bases in Swedish upper secondary schools, Dissertation, Karlstad.
- Driver, R., Leach, L., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University.
- Duvinage, B. (Hrsg.) (2003). Modelle und Modellexperimente. *Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule* 52 (2).
- Eilks, I., & Bolte, C. (2008). Chemie Interaktiv Gesamtband. Berlin: Cornelsen.
- Eilks, I., & Markic, S. (2007). Die Veränderung von Lehrerinnen und Lehrern in langzeitlichen Modellen partnerschaftlicher Unterrichtsentwicklung und -forschung durch Partizipative Aktionsforschung in der Chemiedidaktik. *Chimica et ceterae artes rerum naturae didacticae*, 33, 30–49.
- Eilks, I., Leerhoff, G., & Moellering, J. (2002). Was ist eigentlich eine chemische Reaktion?. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 55, 84–91.
- Eilks, I., & Möllering, J. (2001). Neue Wege zu einem fächerübergreifenden Verständnis des Teilchenkonzepts. *Mathematisch-Naturwissenschaftlicher Unterricht*, 54, 421–427.
- Eilks, I., Möllering, J., Leerhoff, G., & Ralle, B. (2001). Teilchenmodell oder Teilchenkonzept? – Oder: Rastertunnelmikroskopie im Anfangsunterricht. *Chemie im Kontext*, 8, 81–85.
- Eilks, I., Möllering, J., & Valanides, N. (2007). Seventh-grade students' understanding of chemical reactions – Reflections from an action research interview study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 3/4 (2007), 271–286.
- Gilbert, J. K., & Boulter, C. J. (1998). Learning science through models and modelling. In B. J. Fraser, & K. G. Tobin (Hrsg.), *International Handbook of Science Education* (S. 53–66). Dordrecht: Kluwer.
- Gilbert, J. K., & Boulter, C. J. (Hrsg.). *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Kluwer.
- Gilbert, J. K., Treagust, D. F., van Driel, J. H., Justi, R., & Gobert, J. (2005 ff.). *Models and modelling in science education* (Bücherreihe). Dordrecht: Kluwer. (Informationen unter www.springerlink.com).

- Graf, E. (Hrsg.) (2002a). Themenheft ‚Modelle‘. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 13 (67)
- Graf, E. (2002b). Modelle im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 13 (67), 4–9.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C. L. (1991). Understanding models and their use in science: conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 799–822.
- Höble, C., Höttecke, D., & Kircher, E. (2004). *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften*. Baltmannsweiler: Schneider.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Instruction*, 7, 75–83.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Models and modelling in chemistry education. In J. K. Gilbert et al. (Hrsg.), *Chemical Education: Towards Research-Based Practice* (S. 47–68). Dordrecht: Kluwer.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24, 1273–1292.
- KMK (2004). Bildungsstandards Chemie für den mittleren Schulabschluss. Bonn: KMK.
- Leerhoff, G., Möllering, J., & Eilks, I. (2002). Was ist eigentlich eine chemische Reaktion? *Mathematisch-Naturwissenschaftlicher Unterricht*, 55, 84–91.
- Loughran, J. J., & Berry, A. (2006). *Looking into practice: Cases of science teaching and learning*. Melbourne: Monash University.
- Loughran, J. J., Berry, A., & Mulhall, P. (2006). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge*. Rotterdam: Sense.
- Lutz, B., & P. Pfeifer, (2002). Modelle und Modellvorstellungen in der Chemie und im Chemieunterricht. In P. Pfeifer, B. Lutz, & H. J. Bader (Hrsg.), *Konkrete Fachdidaktik Chemie* (S. 49–56). München: Oldenbourg.
- McComas, W. F. (1998). *The Nature of Science in science education*. Dordrecht: Kluwer.
- Mikelskis-Seifert, S. (2004). Systematisches und bewusstes Lernen über Modelle. In C. Höble, D. Höttecke, & E. Kircher, *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften* (S. 130–147). Baltmannsweiler: Schneider.
- Mikelskis-Seifert, S., & Fischler, H. (2003). Die Bedeutung des Denkens in Modellen bei der Entwicklung von Teilchenvorstellungen – Stand der Forschung und Entwicklung einer Unterrichtskonzeption. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaft*, 9, 75–88.
- Saborowski, J. (2000). *Computervisualisierung und Modelldenken*. Köln: Saborowski.
- Saborowski, J. (2006). Unanschauliche Teilchen – anschaulich?. In H. Fischler, C. S. Reiners: *Die Teilchenstruktur der Materie im Physik- und Chemieunterricht* (S. 221–234). Berlin: Logos.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *The Educational Researcher*, 15 (2), 4–14.
- Solomonidou, C., & Stavridou, E. (2000). From inert object to chemical substance: Students' initial conceptions and conceptual development during an introductory experimental chemistry sequence. *Science Education*, 84, 382–400.
- Sprotte [Bindernagel], J. A., & Eilks, I. (2007). Introducing the particulate nature of matter – Results from a case study on experienced German science teachers' PCK of models and modelling. Manuskript präsentiert auf der ESERA-Konferenz Malmoe (CD-ROM).
- Sprotte [Bindernagel], J. A., & Eilks, I. (2008). Was Lehrer über die Vermittlung von Teilchenkonzept, chemischer Reaktion und Atombau denken. In D. Höttecke (Hrsg.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung* (S. 146–148). Münster: LIT.
- Strauss, A. L., & Corbin, J. (1996). *Grounded Theory: Grundlagen qualitativer Sozialforschung*. Weinheim: PVU.
- Swanborn, P. G. (1996). A common base for quality control criteria in quantitative and qualitative research. *Qualitative & Quantitative Interviews*, 30, 19–35.
- Taber, K. S. (2008). Towards a curricular model of the nature of science. *Science & Education*, 17, 179–218.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Maniala, T. J. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education* 24, 357–368.
- van Driel, J. H., & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education* 21, 1141–1153.
- Wildt, J. (2006). Research-oriented learning in teacher education. In I. Eilks, & B. Ralle (Hrsg.), *Towards research-based science teacher education* (S. 5–12). Aachen: Shaker.

Anschrift:

Prof. Dr. Ingo Eilks, Janina A. Bindernagel,
Universität Bremen,
FB Biologie/Chemie, IDN-Chemiedidaktik,
Leobener Str. NW 2, 28334 Bremen.

03

Die Präsentation chemischer Experimente mit Hilfe von Magnettafeln

Theodor Grofe

In einem Experimentalvortrag wurde auf der Tagung in der RWS die Präsentation chemischer Experimente mit Hilfe von Magnettafeln vorgestellt. Mit Hilfe dieses während der letzten Jahre entwickelten und in der Praxis erprobten Systems von Magneten, Federklammern und Weißwandtafeln lassen sich viele Probleme, die bei der Durchführung von Demonstrationsexperimenten auftreten können, auf beeindruckende Weise lösen. In den folgenden Ausführungen werden einige Vorteile des Systems dargestellt.

1) Die Weißwandtafeln stellen einen Rahmen und Hintergrund für das vorgeführte Experiment dar. Auf diese Weise gelingt die Fokussierung des Blickes (der Schüler) auf das Wesentliche.

Ebenso ist die Beschriftung des Versuchsaufbaus durch vorbereitete Schildchen oder handschriftlich mit Boardmarkern problemlos und schnell möglich. Die Übersichtlichkeit wird so weiter gesteigert. Zusätzlich lassen sich

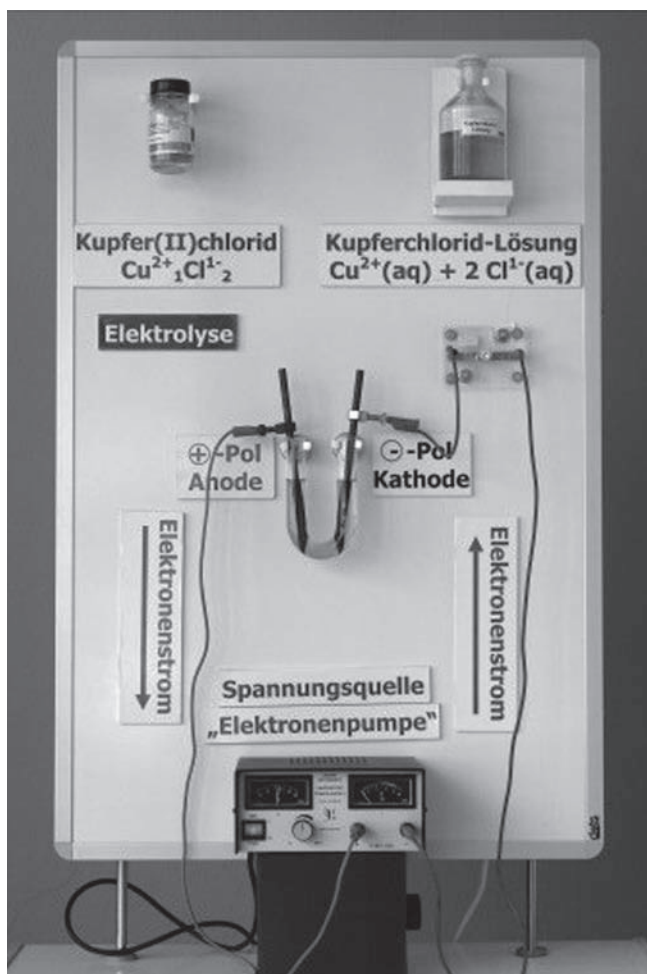


Abb. 1. Elektrolyse von Kupferchlorid

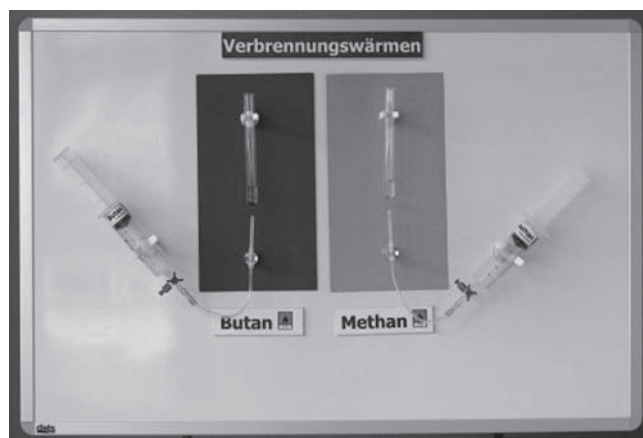


Abb. 2. Verbrennungsenthalpien



Abb. 3. Verbrennung von Diamanten

verschiedenfarbige Hintergründe schnell auswechseln, so dass die einzelnen Teile einer Apparatur hervorgehoben werden können.

Wegen der magnetischen Befestigung ist auch der Versuchsaufbau selbst schnell veränderbar. Das System ist sehr variabel und flexibel.

An der Weißwandtafel können sämtliche Laborgeräte oder auch z. B. Reagenzglasstände angeheftet werden, selbst der Laborbrenner. Hohe Temperaturen stellen kein Problem dar, das hat der Praxistest gezeigt. Größere

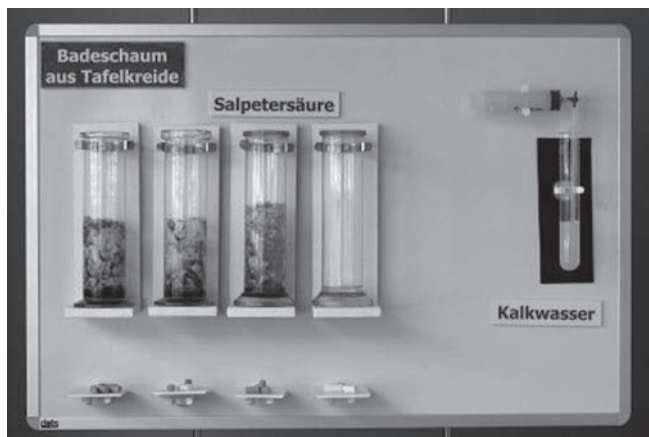


Abb. 4. Carbonatkreide in Säure

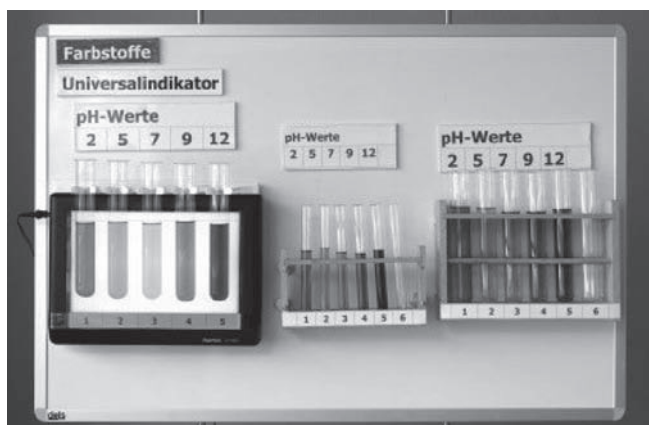


Abb. 5. Einsatz des Leuchtpultes, Reagenzglasstände



Abb. 6. Einsatz der Kamera und des Beamers

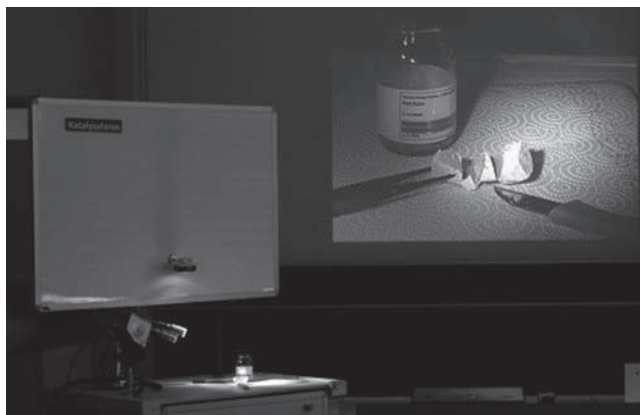


Abb. 7. Schneiden von Natrium vor der Kamera



Abb. 8. Whiteboards verschiedener Größe (45 x 60 cm und kleiner)

und schwerere Geräte, z. B. Standzylinder, Magnetrührer oder Waagen werden mit Hilfe von „Tischen“ bzw. Winkeln fixiert. Medizintechnik-Geräte, wie Spritzen, Dreiwegehähne, Heidelberger Verlängerungen, Kanülen usw. ergänzen die Aufbauten optimal.

Eine ästhetische Ergänzung stellt ein Leuchtpult dar, durch welches farbige Lösungen und Reaktionen mit diesen besonders eindrucksvoll demonstriert werden können.

Parallel zur normalen Demonstration bietet sich für viele Versuche der Einsatz einer Kamera an. Diese ist fertig angeschlossen, mit dem Beamer verbunden und kann auf Grund einer speziellen Stativkonstruktion sekundenschnell aufgebaut werden. Mit ihr können Experimente aufgenommen werden, die an der senkrechten Weißwandtafel durchgeführt werden, z. B. Reagenzglasversuche. Ebenso Experimente, die auf der waagerechten Tischfläche des fahrbaren Wagens durchgeführt werden, z. B. das Schneiden von Alkalimetallen.

Die Weißwandtafeln gibt es in unterschiedlichen Größen. Relevant sind die Maße 45 x 60 cm, 60 x 90 cm und 90 x 120 cm. Die kleinen Tafeln (45 x 60 cm) lassen sich mit Hilfe von Magneten an ein oder zwei Stativen befestigen, die auf den Experimentiertisch gestellt werden. Sie werden für weniger aufwändige Experimente benutzt. Als



Abb. 9. Whiteboard (60 x 90 cm) an Tisch befestigt

Standardgröße haben sich Tafeln der Größe 60 x 90 cm bewährt, die an zwei Stativen befestigt sind. Sie werden entweder auf den Experimentiertisch gestellt oder mit Hilfe von zwei Schraubzwingen auf einem fahrbaren Wagen fixiert.

Als optimale Lösung hat sich bewährt, die Tafeln auf einem selbst gebauten fahrbaren Wagen anzubringen. Diese Lösung hat mehrere Vorteile: Die Position des Wagens kann geändert werden. Man kann beispielsweise mit dem

Versuchsaufbau durch den Chemieraum fahren oder den Wagen seitlich positionieren, damit der Blick auf die Tafel frei ist. Im Wagen können sämtliche Geräte, Hilfsmittel und Chemikalien, die für die Experimente benötigt werden, aufbewahrt und transportiert werden. Durch magnetische Fixierung ist der Transport sicher. Beispielsweise sind sämtliche Magnete, Reagenzglasständer oder das Leuchtpult an den senkrechten Wänden fixiert, die Kamera steht auf dem Boden der umgebauten Kommode. Die Versuche können (für die Schüler versteckt) im Wagen vorbereitet werden.

Der obere Boden (die „Tischfläche“) des Wagens ist magnetisierbar und ausreichend groß, so dass Geräte und Hilfsmittel auf ihm fixiert werden können und große Geräte, wie ein Spektralphotometer, eine Spannungsquelle, ein Demonstrationsmultimeter (wie der „All-Chem-Misst“) sowie ein Laptop dort Platz finden. Als Standardgröße der Weißwandtafel auf diesem Wagen ist das Maß 60 x 90 cm geeignet, in Einzelfällen, z. B. für den Aufbau einer kompletten Destillationsapparatur, ist der Einsatz einer Tafel des Formats 90 x 120 cm günstiger bzw. nötig.

2) An den Weißwandtafeln können selbstverständlich auch Poster und Schildchen sowie räumliches Anschauungsmaterial magnetisch angeheftet und gegebenenfalls schnell verschoben werden.

Eine Variante ist der Einsatz der Whiteboards für die Präsentation von Gruppenarbeitsergebnissen. Hierzu werden



Abb. 10. Ansicht von hinten: Vorräte

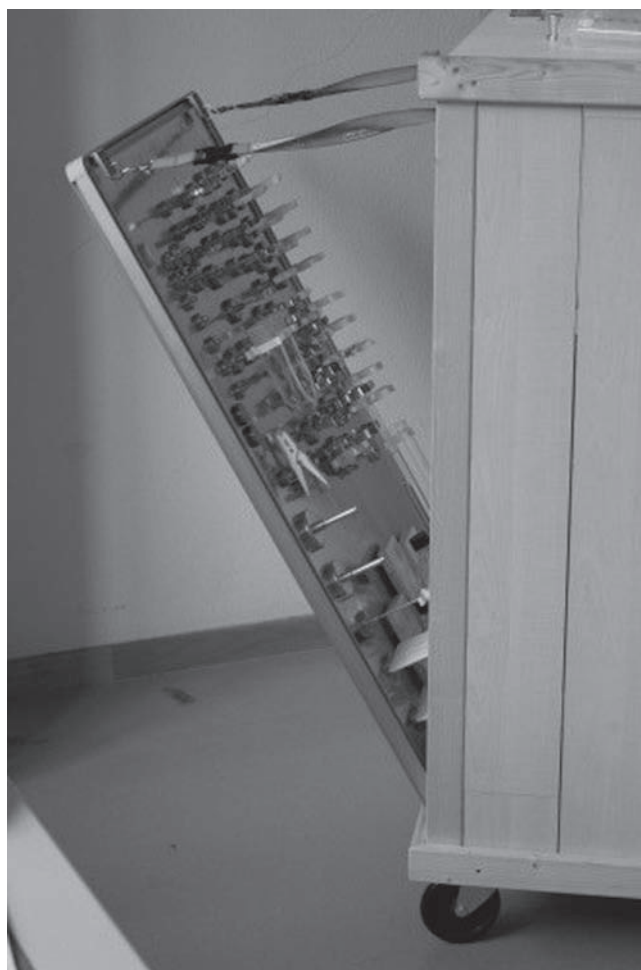


Abb. 11. Seitenansicht: Vorräte

mehrere Tafeln mit Hilfe von Magnetscheiben an den Wänden des Fachraumes angebracht. Auf diese Weise lassen sie sich abnehmen und wieder anheften, die Schü-

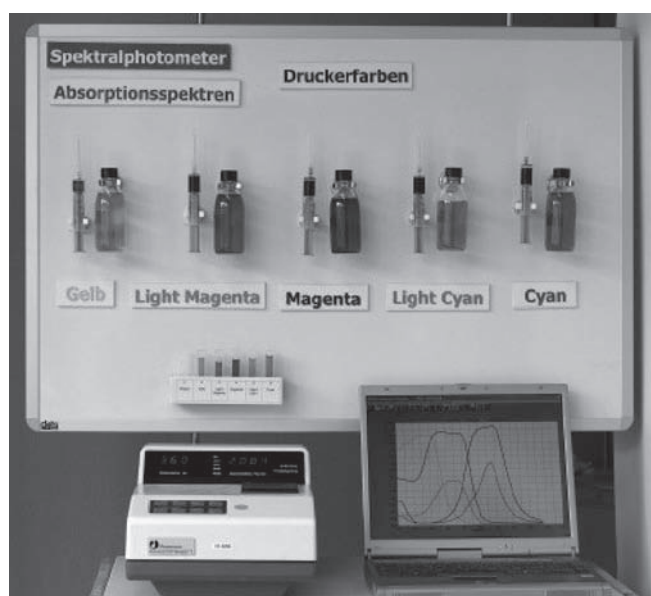


Abb. 12. Aufnahme eines Absorptionsspektrums



Abb. 13. Gefahrensymbole



Abb. 14. Ableitung des PSE

Beispiele zur tödlichen Dosis (LD 50)

Die folgenden Substanzmengen sind die tödliche Dosis für ein etwa 8 kg schweres Kleinkind

Sehr giftig	Giftig	Gesundheitsschädlich	kein Gefahrstoff
LD 50 oral, Ratte: < 25 mg/kg	LD 50 oral, Ratte: 25-200 mg/kg	LD 50 oral, Ratte: 200-2000 mg/kg	LD 50 oral, Ratte: > 2000 mg/kg
40 mg Kaliumcyanid („Zyanalkal“)	0,4 g Natriumfluorid	13,5 g Ammoniumchlorid („Salmiak“)	24 g Natriumchlorid („Kochsalz“)
LD 50 oral, Ratte: 3 mg/kg	LD 50 oral, Ratte: 52 mg/kg	LD 50 oral, Ratte: 1490 mg/kg	LD 50 oral, Ratte: 3000 mg/kg

Abb. 15. Stoffproben zur LD 50

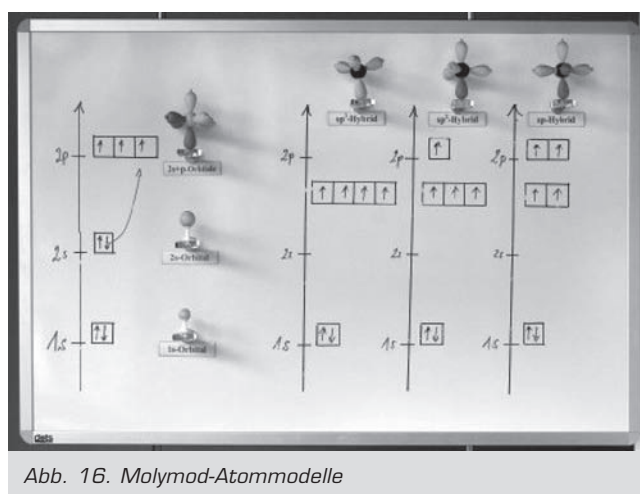


Abb. 16. Molymod-Atommodelle

ler können sie an ihre Tische holen und dort ihre Präsentation vorbereiten. Für die Präsentation selbst werden die vorbereiteten Tafeln am Wagen magnetisch fixiert, damit sie für alle Schüler gut sichtbar sind. Gegebenenfalls bleiben die Präsentationsergebnisse anschließend auf den Tafeln und zieren die Wände des Raumes. Auf diese Weise ersetzen die Weißwandtafeln die weniger ästhetischen Pinnwände, durch die Magnete wird das Ankleben und Ablösen von Plakaten mit Klebeband oder dergl. deutlich vereinfacht.

Die fahrbaren Experimentierwagen, die fertig zusammengesetzten Federklammern und die übrigen Hilfsmittel sind bisher nicht als Komplett-Set im Handel erhältlich. Der Zusammenbau erfordert zwar Zeit, spart aber Kosten. Mehrere interessierte Kolleginnen und Kollegen haben bereits ihre Wagen selbst zusammengebaut. Andere nahmen an einem Workshop teil, auf dem sie gemeinsam mit dem Autor alles angefertigt haben. Listen der benötigten Materialien, der Bezugsquellen und Preise, eine Kostenaufstellung und eine ausführliche Bauanleitung sind auf einer CD enthalten, die beim Autor angefordert werden kann.

Kontakt: th.grofe@t-online.de.

04

Leitlinien und Strukturen einer neu gestalteten Lehrerausbildung

Josef Leisen



Studienseminar Koblenz

JOHANNES
GUTENBERG
UNIVERSITÄT
MAYNZ



Leitlinien und Strukturen in einer
neu gestalteten Lehrerausbildung

Vortrag auf der MNU-
Fachleitertagung Chemie in
Kassel am 23.9.2008

Lehrerausbildung in den Dekaden

- **1970er Jahre:** Lernzielorientierung, Operationalisierung, Unterrichtsplanung nach Heimann-Otto-Schulz
- **1980er Jahre:** Lehrerberg, Stillstand in der Lehrerausbildung
- **1990er Jahre:** Öffnung von Unterricht, Konstruktivismus, Methodenvielfalt
- **2000er Jahre:** Standards, Modularisierung, Strukturreformen, Kompetenzorientierung

Die zukünftige Lehrerbildung ist

1. **Kompetenzorientiert:** Die Ausbildung ist auf die Kompetenzen ausgerichtet, die zur Bewältigung der beruflichen Anforderungssituationen erforderlich sind.
2. **Standardorientiert:** Die Ausbildung orientiert sich an den in den Standards beschriebenen Kompetenzen.
3. **Gestuft:** Die Kompetenzen werden von Anfang an in allen Ausbildungsphasen gestuft aufgebaut.
4. **Anschlussfähig:** Die Ausbildungsphasen sind aufeinander abgestimmt.
5. **Kohärent:** Standards, Erwerbs-, Performanzsituationen und Qualitätskriterien sind zueinander kohärent.
6. **Modularisiert:** Die gestufte Ausbildung findet in curricular aufeinander abgestimmten Ausbildungsmodulen statt.

Zwischenbilanz zur bisherigen Ausbildung

1. **Kompetenzorientiert** wurde schon immer ausgebildet, wenn es auch nicht so genannt wurde.
2. **Standardorientiert** wurde auch ausgebildet, aber jeder Ausbilder hatte seine eigenen Standards und diese waren weder definiert noch transparent noch valide.
3. **Gestuft** wurde aus dem Bauch heraus ausgebildet.
4. **Anschlussfähig** war die Ausbildung nicht genug, weil jeder machte, was er wollte.
5. **Kohärent** war sie nicht, weil die Standards nicht offengelegt wurden.
6. **Modularisiert** war sie nicht, muss sie auch nicht sein.

Die zukünftige Lehrerbildung ist

1. **Kompetenzorientiert:** Die Ausbildung ist auf die Kompetenzen ausgerichtet, die zur Bewältigung der beruflichen Anforderungssituationen erforderlich sind.
2. **Standardorientiert:** Die Ausbildung orientiert sich an den in den Standards beschriebenen Kompetenzen.
3. **Gestuft:** Die Kompetenzen werden von Anfang an in allen Ausbildungsphasen gestuft aufgebaut.
4. **Anschlussfähig:** Die Ausbildungsphasen sind aufeinander abgestimmt.
5. **Kohärent:** Standards, Erwerbs-, Performanzsituationen und Qualitätskriterien sind zueinander kohärent.
6. **Modularisiert:** Die gestufte Ausbildung findet in curricular aufeinander abgestimmten Ausbildungsmodulen statt.

Kompetenzorientierung - ein Positivbegriff aus der Reformsemantik

„Der Geist weht, wo er will, der Zeitgeist, wo sich ein Markt auftut.“ (K. Marti, 1999)

- Wer ist schon gegen Kompetenzen?
- Führt eine nicht kompetenzorientierte Ausbildung zur Inkompetenz?
- Alle sind für Kompetenzen, nur wie erreicht man Sie?

Was muss der Chemielehrer können?

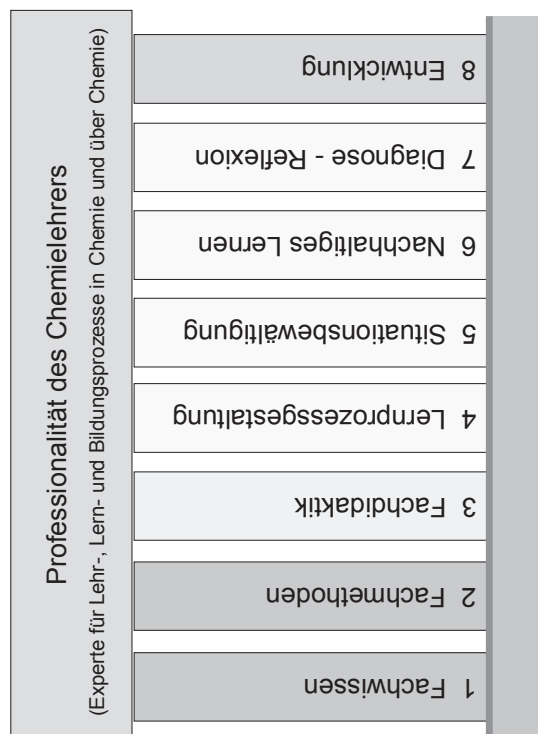
- Er beherrscht die **Chemie gut**
- Er kann Chemie **gut elementarisieren**
- Er kann Chemie **gut erklären**
- Er kann Chemie **gut kommunizieren**
- Er kann **gut experimentieren**
- Er kann sich in **gut in neue Gebiete** einarbeiten
- Er hat **Freude an der Vermittlung** von Chemie
- Er kann mit 10-jährigen wie mit 19-jährigen Schülern **gut umgehen**

Kompetenzorientierung - die doppelte Aufgabe der Ausbildung

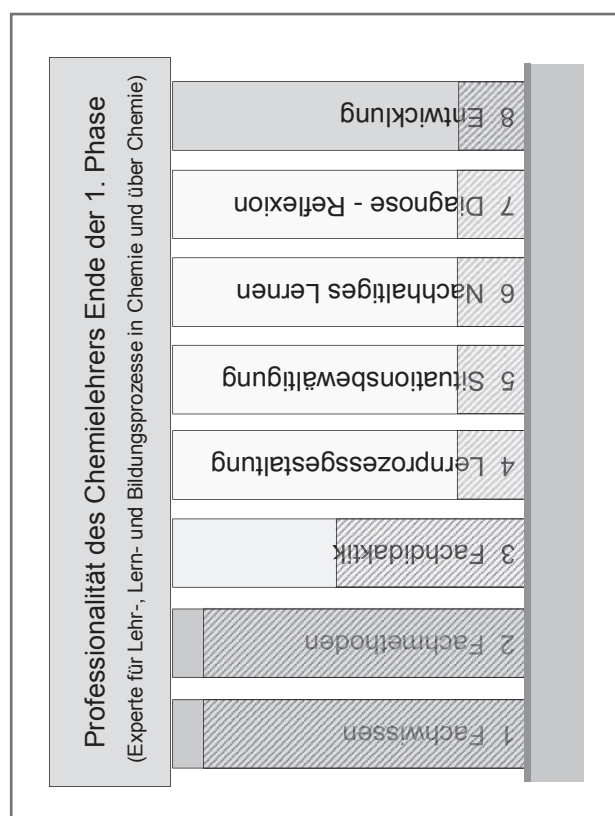
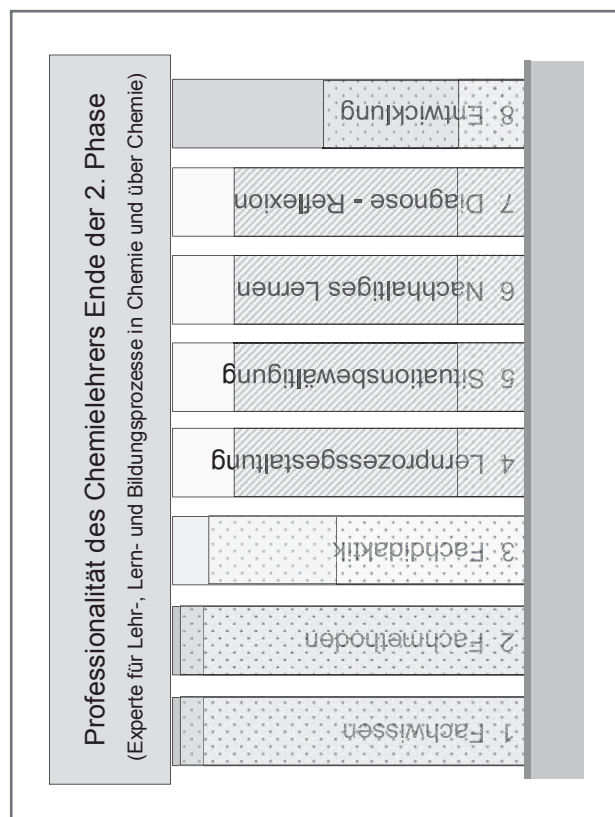
- Die Lehrkräfte müssen für das kompetenzorientierte Unterrichten selbst kompetenzorientiert ausgebildet werden.
- Die eigene Ausbildung als Modellfall für die eigene Unterrichtstätigkeit.
- Dilemma der Studienseminare: Es gibt kaum Konzepte für einen kompetenzorientierten Unterricht, geschweige denn für eine kompetenzorientierte Ausbildung.

Grundsätze für die kompetenzorientierte Lehrerbildung

- Lehrer erwerben ihre Kompetenzen in der Bewältigung beruflich authentischer Anforderungssituationen.
- Kompetenz = Wissen + Können + Handeln
- Standards beschreiben die Kompetenzen
- Die Chemielehrerbildung muss vom Ende, von der Professionalität des Chemielehrers her gedacht, formuliert und gestaltet werden.



Leitlinien und Strukturen einer neu gestalteten Lehrerausbildung



KMK-Fachprofile für das Studium

Verfahren

- Entwurf eines Fachprofils durch zwei beauftragte Wissenschaftler
- Einbindung der Fachgesellschaften und Verbände mit ihren Empfehlungen
- Rückäußerungen der Ministerien
- Beratung der KMK-Fachprofile in der Konferenz der Amtschefs am 18.9.08 beraten und Beschluss am 4.12.08

Darstellungsformat

- Beschreibung der fachspezifischen **Kompetenzen** im lehramtsbezogenen Studium im Umfang einer knappen DIN A 4-Seite
- Beschreibungen der **Studieninhalte** im Umfang einer DIN A 4-Seite

Studieninhalte

- Konzentration auf die **konstitutiven** Inhalte des jeweiligen Fachs für ein Lehramtsstudium;
- Gliederung der inhaltlichen Anforderungen in möglichst ca. 5 bis 8 **Hauptbereiche**;
- Gliederung jedes Hauptbereiches in möglichst ca. 3 bis 5 **Teilbereiche**;

Standardorientierung - Kompetenz-
Standards der Ausbildung

- Standard 1: Über anschlussfähiges Fachwissen und Metawissen verfügen
- Standard 2: Über Erkenntnis- und Arbeitsmethoden des Faches verfügen
- Standard 3: Über anschlussfähiges fachdidaktisches Wissen verfügen
- Standard 4: Fachliches Lernen planen und gestalten
- Standard 5: Die Komplexität unterrichtlicher Situationen bewältigen
- Standard 6: Die Nachhaltigkeit von Lernen fördern
- Standard 7: Über fachspezifische Diagnose- und Evaluationsverfahren verfügen
- Standard 8: Sich in seiner Rolle als Fachlehrer bzw. Fachlehrerin entwickeln

Leitlinien und Strukturen einer neu gestalteten Lehrerausbildung

4.1 Fachspezifisches Kompetenzprofil Die Studienabsolventinnen und -absolventen verfügen über anschlussfähiges fachwissenschaftliches und fachdidaktisches Wissen in Chemie, das es ihnen ermöglicht, gezielte Vermittlungs-, Lern- und Bildungsprozesse im Fach Chemie zu gestalten und neue fachliche und fächerverbindende Entwicklungen selbstständig in den Unterricht und die Schulentwicklung einzubringen. Sie • verfügen über anschlussfähiges chemisches Fachwissen, das es ihnen ermöglicht, neuere chemische Forschung zu verstehen, • verfügen über anschlussfähiges Wissen über die Inhalte und Tätigkeiten chemienaher Forschungs- und Industrieeinrichtungen, • können chemische Sachverhalte in verschiedenen Anwendungsbezügen und Sachzusammenhängen erfassen, bewerten und in adäquater mündlicher und schriftlicher Ausdrucksfähigkeit darstellen, • können chemische Gebiete durch Identifizierung schlüssiger Fragestellungen strukturieren, durch Querverbindungen vernetzen und Bezüge zur Schulchemie und ihrer Entwicklung herstellen, • kennen die wesentlichen Arbeits- und Erkenntnismethoden der Chemie und können sicher experimentieren, • kennen die Ideengeschichte ausgewählter chemisch-naturwissenschaftlicher Theorien und Begriffe und wissen um deren Aussagekraft, • kennen den Prozess der Gewinnung chemischer Erkenntnisse (Wissen über Chemie) und können die individuelle und gesellschaftliche Relevanz der Chemie begründen, • können auf der Grundlage ihres Fachwissens Unterrichtskonzepte und -medien fachlich gestalten, inhaltlich bewerten, neuere chemische Forschung in Übersichtsdarstellungen verfolgen und neue Themen adressatengerecht in den Unterricht einbringen, • vermögen die Bedeutung des Prinzips der Nachhaltigkeit für das Fach Chemie darzustellen und zu begründen,
--

Studium für LA der Sek I	erweitert im Studium für LA an Gym / Sek II
Allgemeine anorganische und analytische Chemie	
• Chemie der Hauptgruppen • Chemie wässriger Lösungen • Molekül- und Festkörperchemie • Chemie der Metalle • Methoden der analytischen Chemie • Spektroskopie • Synthetische Methoden/industr. Anwendungen • Atome und Bindungen • Struktur-Eigenschaftsbeziehungen	• <i>Größerer Verteilungsgrad der für Sek.I genannten Inhaltsbereiche, dazu:</i> • Koordinationschemie • Metallorganische Chemie, homogene Katalyse • Bioanorganische Chemie • Spektroskopie: spezielle Methoden und theor. Grundlagen (u.a. NMR und MS) • Wellenmechanisches Atommodell
Organische/biologische Chemie	
• Stoffklassen, funktionelle Gruppen • Ausgewählte Reaktionsmechanismen und Synthesen • UV/Vis- und IR-Spektroskopie • Natürliche und synthetische Makromoleküle • Aromate • Farbstoffe und Färbeverfahren • Grundlagen des Stoff- und Energiewechsels • Struktur-Eigenschaftsbeziehungen, auch in der biologischen Chemie • Nachhaltigkeit als Grundprinzip chemischer Forschung und Produktion	• <i>Größerer Verteilungsgrad der für Sek.I genannten Inhaltsbereiche, dazu:</i> • Stereochemie, Isomerte • Reaktionsmechanismen und Zwischenstufen • Grundlagen der Photochemie • Heterocyclen und Polyzyklen • Synthese und Katalyse • Biopolymere, Coenzyme, Naturstoffe

4.2 Studieninhalte

Physikalische Chemie	
• Energie und Entropie • Reaktionsgeschwindigkeit und Gleichgewicht (MWG) • Elektrochemie • Kinetische Gastheorie	• <i>Größerer Verteilungsgrad der für Sek.I genannten Inhaltsbereiche, dazu:</i> • Makroskopische Eigenschaften der Stoffe (Hauptsätze der Thermodynamik, Phasengleichgewichte und Chemisches Gleichgewicht) • Mikroskopische Struktur der Materie (Atome, Moleküle, Molekülspektroskopie, Statistik) • Kinetik und Dynamik chemischer Reaktionen (Reaktionsgeschwindigkeit, Reaktionsmechanismen, Transporteigenschaften) • Math. Beschreibungen und Herleitungen der Gesetze in den grundständigen Kapiteln
Chemiedidaktik	
• Fachdidaktische Reflexion von Basiskonzepten der Chemie • Fachdidaktische Forschung und Positionen • Konzeptionen und Curricula • Lernprozesse, Diagnose von Lernschwierigkeiten, Motivation und Interesse • Schulfachrelevante Aspekte der Geschichte der Chemie • Schulorientiertes Experimentieren	

Standard 1: Über anschlussfähiges Fachwissen verfügen

Ausgebildete Chemielehrkräfte

- verfügen über ein strukturiertes Fachwissen (Verfügungswissen) zu den grundlegenden - und hier insbesondere zu den schulrelevanten - Teilgebieten der Chemie;
- verfügen über ein Überblickswissen (Orientierungswissen) zu den aktuellen grundlegenden Fragestellungen der Chemie;
- verfügen über ein reflektiertes Wissen über das Fach (Metawissen) und kennen wichtige ideengeschichtliche und wissenschaftstheoretische Konzepte;
- verfügen über hinreichendes Wissen (fachübergreifendes Wissen) aus den Nachbardisziplinen, um fächerübergreifenden Unterricht zu gestalten.

Standard 3: Über anschlussfähiges fachdidaktisches Wissen verfügen

Ausgebildete Chemielehrkräfte

- verfügen über ein solides und strukturiertes Wissen von fachdidaktischen Positionen und Strukturierungsansätzen und vertreten diese begründend;
- haben fundierte Kenntnisse von nicht belastbaren Schülervorstellungen und von den typischen Verständnishaften in den verschiedenen Themengebieten des Chemieunterrichts;
- kennen und nutzen fachdidaktische Erkenntnisse sowie Ergebnisse der Lehr- und Lernforschung zum Lernen von naturwissenschaftlichen Inhalten und im Speziellen zum Lernen im Fach Chemie;
- kennen Wirkung und Einsatz von Fachmedien (Unterrichtsmaterialien, Präsentationsmedien, Lehr-Lernsoftware, Informationssysteme etc.).

Standard 4: Fachliches Lernen planen und gestalten

Ausgebildete Chemielehrkräfte

- verfügen über Erfahrungen in der didaktischen Reduktion, der Elementarisierung und der Versprachlichung komplexer und abstrakter Sachverhalte;
- haben Erfahrungen im Planen und Gestalten strukturierter Lernvorgänge (Unterrichtseinheiten) mit angemessenem fachlichen Niveau, die auf Kumulativität und Langfristigkeit hin angelegt sind;
- haben Erfahrungen im Planen und Gestalten von Lernumgebungen im Rahmen selbst gesteuerten fachlichen Lernens (Projekte, Lernstationen, Freiarbeit);
- sind geübt in der Planung und Gestaltung von Unterrichtsstunden mit verschiedenen Kompetenzbereichen (Breite) und allen Anforderungsbereichen (Tiefe).

Standard 6: Die Nachhaltigkeit von Lernen fördern

Ausgebildete Chemielehrkräfte

- verfügen über ein Repertoire zur Gestaltung von Lernumgebungen mit hoher Selbstständigkeit und Selbsttätigkeit;
- machen Kompetenzzuwächse bewusst durch Verknüpfungen von früheren, aktuellen und zukünftigen Lerninhalten (z.B. Spiralcurriculum, kumulatives Lernen);
- schaffen Zugänge zur Chemie über Alltags-, Kontext- und Handlungsorientierung;
- haben Erfahrungen in der Individualisierung von Lernprozessen (z.B. Binnendifferenzierung, Könnensbewusstsein, Nutzung von Expertenwissen);
- verfügen über vielfältige Strategien zur Sicherung und Vertiefung (z.B. Wiederholen und Üben, Strukturieren und Vernetzen, Übertragen und Anwenden).

Lehramtsspezifische Veranstaltungen

- zur Experimentalphysik ab dem 2. Studienjahr
Orientierung an Themenbereichen statt an der Fachstruktur
- zu gebietsübergreifenden Konzepten
Verdeutlichung struktureller Querverbindungen, z.B. Dimensionsanalysen, Feldkonzept, Strukturbestimmung
- zu Anwendungen der Physik in der Technik und in der naturwissenschaftlichen Forschung
Informations- und Kommunikationstechnik, Medizin- und Energietechnik, Klima und Wetter, Geowissenschaften

Sechs Thesen der DPG zur Lehramtsausbildung

1. Orientierung am späteren Beruf
2. Ausbildung für schülerorientiertes statt fachsystematisches Unterrichten
3. Lehr- und Lernformen wie im späteren Beruf
(*Teachers teach as they were taught, not as they were taught to teach*)
4. Zwei-Fächerstudium mit optimaler Zeitnutzung
5. Lehramtsstudium ist ein Studium *sui generis*
6. Verzahnung der fachwissenschaftlichen und der fachdidaktischen Lehre

Beispiel: Das Lernen und Lehren der Basiskonzepte

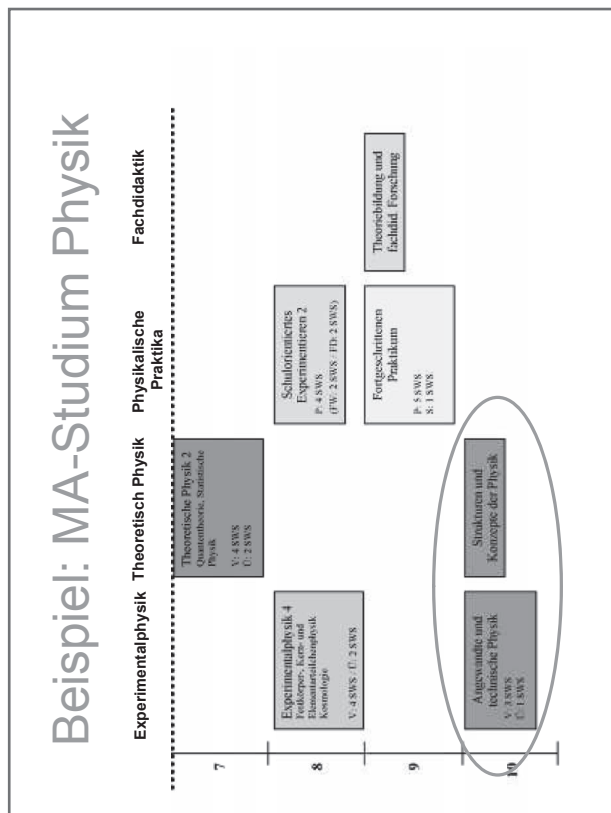
- Ich kann nur die Konzepte als Basiskonzepte lehren, von denen ich absolut überzeugt bin, dass sie die Basis sind.
- Basiskonzepte werden erst nach vielen Einzelfällen im Verlauf des Fachlernens gelernt und erst allmählich in ihrer Tragweite und strukturierenden Bedeutung verstanden.
- Die fachbezogene Lehrerbildung ist von Anfang an auf Basiskonzepte hin auszurichten.

Was sind Basiskonzepte?

Drei „Definitionen“ unterschiedlichen Ausschärfungsgrades:

1. „Als Basiskonzept versteht man in der Didaktik die strukturierte Vernetzung aufeinander bezogener (naturwissenschaftlicher) Begriffe, Theorien und erklärender Modellvorstellungen, die sich aus der Systematik eines Faches zur Beschreibung elementarer Prozesse und Phänomene historisch als relevant herausgebildet haben.“ (*Demuth/ Ralle/ Parchmann, ChemKon 2/2005*)
2. „Basiskonzepte sind Leitideen des (fachlichen) Denkens.“
3. „Basiskonzepte sind das, was übrig bleiben soll, wenn alles andere vergessen ist.“

Leitlinien und Strukturen einer neu gestalteten Lehrerausbildung



Modul 18: Gebietsübergreifende Konzepte und Anwendungen

Im Mittelpunkt stehen wichtige Konzepte und Anwendungen, die in für die Physik konstitutiver Weise Querverbindungen zwischen deren Teilgebieten und mit anderen Nat unwissenschaften herstellen.

Wichtige Inhalte:

- Strukturen und Konzepte: Dimensionsanalyse, Skalierung, Ähnlichkeitstheorie; Felder; Wechselwirkungen Symmetrien und Erhaltungsgroßen; Wellengleichung, Wellen; Multiple Lila; Moden-Analyse; nichtlineare Dynamik, Selbstorganisation, deterministisches Chaos; Analogien bei Transportphänomenen; Virialsatz als Strukturtheorem; mikroskopische Modellierung makroskopischer Phänomene; Streuung und Strukturbestimmung; Aspekte der Ideengeschichte wichtiger Konzepte und ihrer Kontroversen (z. B. Atomismus; Determinismus)
- Angewandte und technische Physik: Physik und Informations- und Kommunikationstechnik; Regel- und Prozesstechnik; Sensorik; medizinische Technik; Klima und Wetter; Biophysik; Ökologie; Energie; Himmelsmechanik, Satelliten, GPS, Messgeräte etc.; Lichtquellen; Displays.

Qualifikationen, erwartete Kompetenzen:

Die Studierenden

- sind fähig, verschiedene Teilgebiete der Physik nach Verständnis wichtiger gemeinsamer Konzepte strukturell zu verknüpfen, und verfügen über ein vertieftes Verständnis dieser Konzepte durch Kenntnis der Gemeinsamkeiten und Unterschiede in verschiedenen Verwendungszusammenhängen und können einschlägige Probleme auf dem Niveau der Theoretischen Physik mathematisch beschreiben und behandeln;
- verstehen komplexe Systeme aus Natur und Technik und können das eigene physikalische Wissen im Nachvollzug der Lösungen ausgewählter komplexer Probleme synergetisch verknüpfen und haben die Fähigkeit zur Erläuterung des Zusammenwirkens von Wissen aus verschiedenen Disziplinen bei der Lösung komplexer Probleme an ausgewählten Beispielen;
- sind mit komplexen Versuchsaufbauten vertraut, haben Einblick in moderne physikalische Forschung und deren Methoden erworben und Einarbeitung eigenständig den Gehalt physikalisch-theoretischer und experimentell-technischer Versuche.

Lehr- und Lernformen: Praktikum und Seminar

Teilnahmevoraussetzungen: Modul 15

Begründung für das Modul

- Explizite Thematisierung von Querverbindungen (*Orientierungswissen, Metawissen*)
- Denken in Analogien und Nicht-Analogien (*Potenzial und Grenzen von Analogien und Konzepten*)
- Querschnittsthemen per se (z.B. *Nichtlineare Dynamik, Harmonischer Oszillator*)
- Lerntheoretische Begründung (*große Lerneffekte und Aha-Erlebnisse durch Wiederholung von Wissen in einem neuen Kontext und Zusammenhang*)
- Vertrautheit mit disziplinären „Querfäden“ (*Lehrpläne, Bildungsstandards und EPAs strukturieren die Inhalte des Physikunterrichts nach Basiskonzepten*)

Module der ersten Phase im Fach Chemie in Rheinland-Pfalz

Studienteil	Modul	Titel
Bachelor-Studiengang 1. – 4. Semester	1	Allgemeine und anorganische Chemie 1 - Grundlagen
	2	Allgemeine und anorganische Chemie 2 – Umgang mit Stoffen
	3	Fachdidaktik 1 - Schülergerechtes Experimentieren
	4	Organische Chemie 1 - Grundlagen
Bachelor-Studiengang 5 – 6. Semester	5	Organische Chemie 2 - Organische Synthesechemie
	6	Physikalische Chemie - Grundlagen
	7	Fachdidaktik 2 - Methoden im Chemieunterricht
	8	Alltags- und Umweltchemie
Master-Studiengang	9	Experimentelle Alltags- und Umweltchemie
	10	Aktuelle Themen und vertiefende Fachdidaktik
	11	Organische Chemie - Reaktionsmechanismen
	12	Anorganische Chemie - Chemie der Haupt- und Nebengruppenelemente
	13	Aktuelle Themen der modernen Chemie und vertiefende Fachdidaktik
	14	Physikalische Chemie - Vertiefung

Wie lernen die Lerner die Basiskonzepte?

1. Lerner machen an vielen Einzelfällen unbewusst Erfahrungen mit impliziten Basiskonzepten.
2. Lerner gleichen ihre eigenen Strukturierungs- und Bedeutungsvorstellungen mit denen des Faches immer wieder ab.
3. Lerner wird die Tragweite und strukturierende Bedeutung der Basiskonzepte allmählich bewusst.
4. Gegen Ende der Lernprozesse werden Basiskonzepte explizit bewusst gemacht.
5. Lerner sehen ihr Fachwissen durch die Brille der Basiskonzepte (neu).

Die Bedeutung des eigenen Fachlernens für das eigene Lehren

- „Teachers teach as they were taught, not as they were taught to teach“ (Altman)
- Das eigene Lernen von Chemie hat Modellcharakter für das spätere Lehren von Chemie
- Hier ist die Fachdidaktik besonders gefordert

Das eigene Lernen von Physikdidaktik als Modell für das Lehren von Physik

- Im Seminar werden vier Themen aus dem Spektrum fachdidaktischer Fragestellungen behandelt
- *Beispiel SS 2008:*
 1. *Anfangsunterricht in der Optik*
 2. *Quantenphysik in der Schule*
 3. *Ein alternatives Konzept (KPK)*
 4. *Astronomie und Astrophysik*

Was lernen die Studierenden?

- Weltbilddenken = Modelldenken
- Transformation bekannter Phänomene in ein anderes Modell
- Übung im Erklären verfremdeter Phänomene
- Verteidigung gegen Gegenargumente
- Wissenschaftstheoretischer Disput (Metawissen)

Abb. 1: Das Weltbild der Hellenistik (14. S. 38)

$$F = \frac{mMG}{R^2} \cdot r \cdot x.$$

(1) (2)

Das eigene Lernen von Physikdidaktik als Modell für das Lehren von Physik

- 4 Studierende gestalten als Gruppe gemeinsam in 3 Sitzungen ihr Thema als Modellfall „guten Physiklehrens und -lernens“
- Seminarmethoden: Gruppenarbeit, Kurzreferate, Erfahrungsberichte, Diskussionen, Rollenspiele, Stillarbeit, Erarbeitungsphasen, Experimente, Präsentationen, Untersuchungen, Reader, ...
- Das Seminar hat Werkstattcharakter!

Die zukünftige Lehrerausbildung ist

1. **Kompetenzorientiert:** Die Ausbildung ist auf die Kompetenzen ausgerichtet, die zur Bewältigung der beruflichen Anforderungssituationen erforderlich sind.
2. **Standardorientiert:** Die Ausbildung orientiert sich an den in den Standards beschriebenen Kompetenzen.
3. **Gestuft:** Die Kompetenzen werden von Anfang an in allen Ausbildungsphasen gestuft aufgebaut.
4. **Anschlussfähig:** Die Ausbildungsphasen sind aufeinander abgestimmt.
5. **Kohärent:** Standards, Erwerbs-, Performanzsituationen und Qualitätskriterien sind zueinander kohärent.
6. **Modularisiert:** Die gestufte Ausbildung findet in curricular aufeinander abgestimmten Ausbildungsmodulen statt.

Lehrerbildung vom Ende her denken und gestuft angehen

- Das Ziel der Chemielehrausbildung ist die Berufsfähigkeit, die sich über verschiedene Stufen hin entwickelt.
- Die jeweils nachfolgende Phase muss auf der vorangehenden aufbauen und diese erweitern und fortführen.
- Die Kompetenzen werden ungeteilt aber im Ausprägungsgrad gestuft erworben.

Gestufte Ausbildung in Physik				
Standard	Master of Education, 1. Staatsexamen	Referendariat, 2. Staatsexamen	Ende Berufseingangsphase (5 Jahre)	
1. Fachwissen (Verfügenswissen, Orientierungswissen, Metawissen, fachübergreifendes Wissen)	- verfügen über strukturiertes Fachwissen zu den grundlegenden Teilgebieten und Fragestellungen der Physik - können an Beispielen ideengeschichtliche und wissenschafts-darstellende theoretische Konzepte haben - haben Einblicke in Denkweisen und Wissensbestände benachbarter Disziplinen	- verfügen über ein stärker auf Unterrichtsthemen fokussiertes und dort weiter fundiertes Fachwissen - verfügen über Wissen in ausgewählten schulrelevanten Themenbereichen	- haben fachübergreifendes Wissen für die Kooperation mit Lehrkräften anderer Fächer genutzt und vertieft - haben ihr Fachwissen im Sinne von Orientierungswissen über aktuelle Fragestellungen der Physik ausgebaut	

Zielsetzungen der einzelnen Phasen in der gestuften Ausbildung	
Ziel der Ausbildung am Ende	
- des BA-Lehramtsstudiums: die <i>ausbildungsfähige</i> Lehrkraft - des MA-Lehramtsstudiums: die <i>lehramtsfähige</i> Lehrkraft - des Vorbereitungsdienstes: die <i>berufsfähige</i> Lehrkraft - der Berufseinstiegsphase: die <i>professionelle</i> Lehrkraft (nach 5 Jahren Berufserfahrung)	

Gestufte Ausbildung in Physik				
Standard	Master of Education, 1. Staatsexamen	Referendariat, 2. Staatsexamen	Ende Berufseingangsphase (5 Jahre)	
7. Diagnostik, Evaluation (Lernschwierigkeiten erkennen, mit Schülerfehlern umgehen, Diagnose und Rückmeldung, Leistungsmessung)	- kennen typische Schulervorstellungen, Lernschwierigkeiten und darauf basierende Unterrichtsansätze - können in Unterrichtsvideos und Wortprotokollen Schülervorstellungen identifizieren, charakterisieren und entwickeln mögliche Lehrerreaktionen darauf	- erkennen Fortschritte und Probleme der Schüler <i>in der Unterrichtssituation</i> - reagieren angemessen auf Schülerverhalten (lernförderliche Rückmeldungen) - sehen Leistungsmessung und Bewertung als integralen Bestandteil der Aufgaben von Lehrkräften	- reagieren inhaltlich und formal flexibel auf Schülerbeiträge und unterrichtliche Konflikte - gehen souverän mit Leistungsmessungen und Bewertungen um und vertreten diese defensiv, sind sich dabei der Konsequenzen für die Schüler und ihren Lernprozess bewusst	

Gestufte Ausbildung in Physik				
Standard	Master of Education, 1. Staatsexamen	Referendariat, 2. Staatsexamen	Ende Berufseingangsphase (5 Jahre)	
2. Erkenntnis- und Arbeitsmethoden der Physik (Induktion/ Deduktion/ Modellierung/... Beobachten/ Messen/... Experimentieren, Informationsbeschaffung)	- können die Erkenntnismethoden der Physik an Beispielen veranschaulichen - sind mit den Arbeitsmethoden des Faches vertraut, insbesondere mit physikalischen Experimenten	- können Erkenntnismethoden der Physik, die im Unterricht zum Tragen kommen, einordnen und Schülern verdeutlichen - strukturieren ihren Unterricht auch nach den Arbeitsmethoden der Physik	- verfügen über umfangreiche Erfahrungen in der Nutzung vielfältiger Medien im Unterricht - beteiligen sich an der Weiterentwicklung der Physiksammlung	

Leitlinien und Strukturen einer neu gestalteten Lehrerbildung

	1. Ausbildungshalbjahr	2. Ausbildungshalbjahr	3. Ausbildungshalbjahr
Stundenkonzept	erkennbar, fachlich korrekt	tragfähig	kohärent, interdependent
Umgang mit der Planung	plankonform	ansatzweise flexibel	situativ flexibel
Standardsituationen	bewältigen	sicher bewältigen	routiniert bewältigen
Anspruchsniveau	erprobend	fachadäquat	fach- und lerngruppenadäquat
Arbeitsformen	erprobender Einsatz	begründeter Einsatz	ermöglichten Selbsttätigkeit
Lernprozess	klare Phasierung	Phasenübergänge, Progression	transparent für die Schüler
Unterrichtsertrag / Lernzuwachs	Ertrag erkennbar	Ertrag angemessen	nachhaltiger Ertrag
Gesprächsführung	elementare Steuerungstechniken	arbeitet mit Schülerbeiträgen	bindet Schülerbeiträge diskursiv ein
Überblick über die Klasse	Streuung erkennbar	Einbindung erkennbar	differenzierte Unterstützung erkennbar
Reflexion	Kritik annehmen	kritisch wahrnehmen	kritisch austauschen

Progressionsstufen im Fach Mathematik

Progressionsstufen im Referendariat

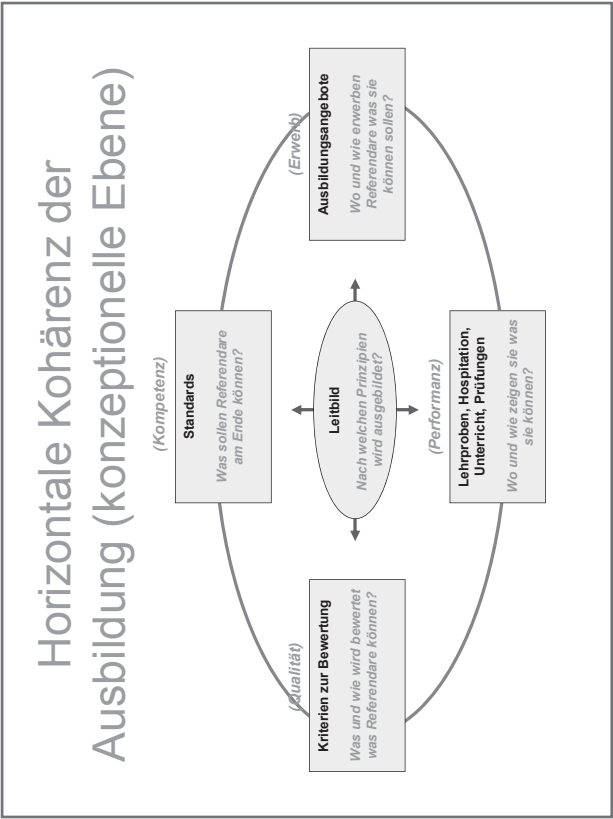
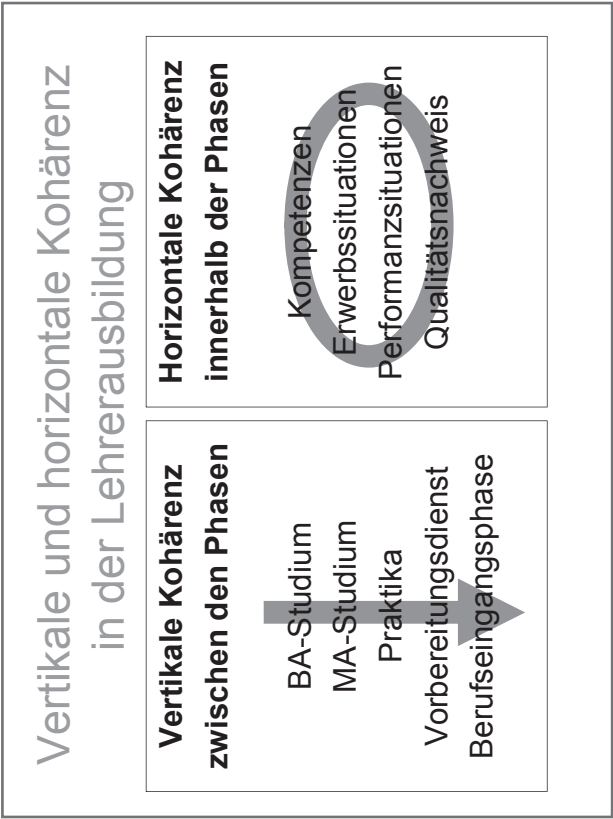
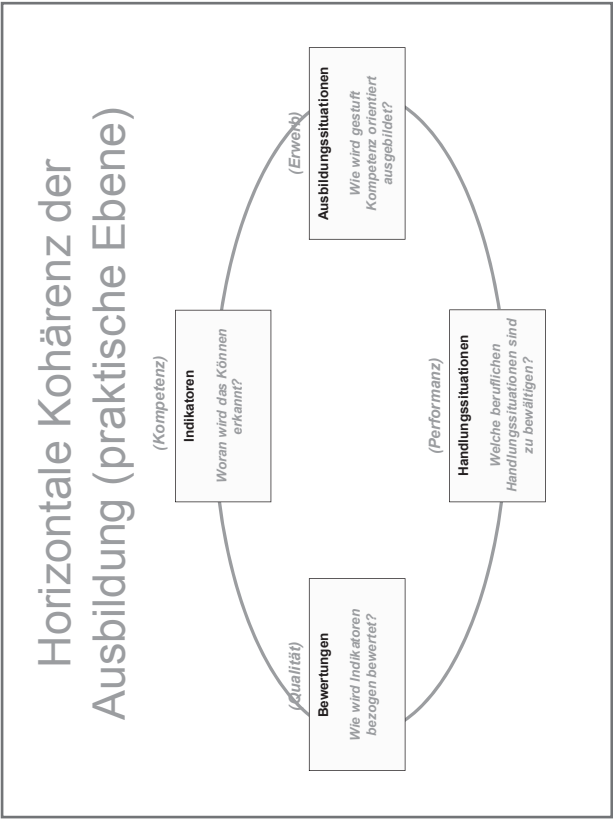
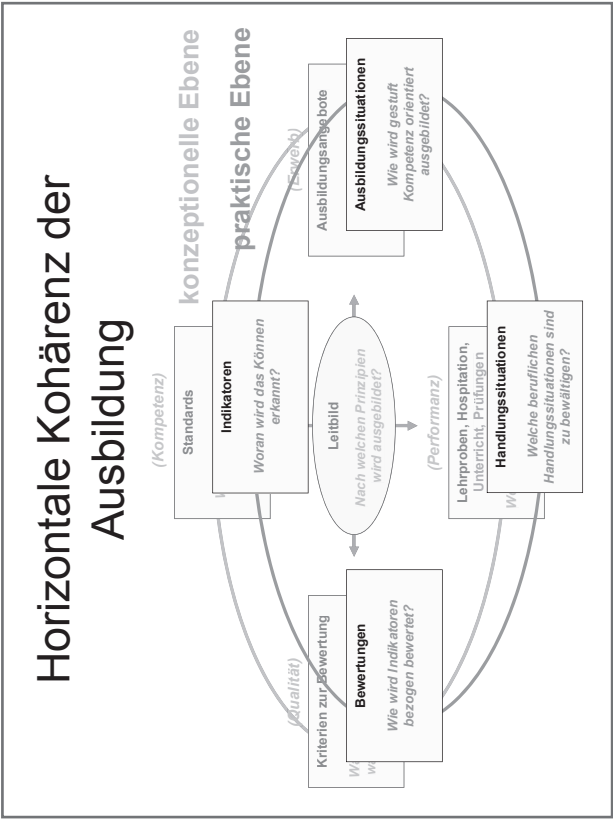
- Die Progression im Ausbildungsverlauf zeigt sich als zunehmende Selbstständigkeit in der Planung, Durchführung und Evaluation von Unterricht.
- Im Verlauf der Ausbildung werden die grundlegenden Fähigkeiten *gefestigt, erweitert und vertieft*.
- Die Progressionstabelle zeigt
 - eine zunehmende Differenziertheit der Unterrichtsplanung,
 - eine zunehmende Flexibilität und Souveränität in der Unterrichtsdurchführung.

Die zukünftige Lehrerbildung ist

- Kompetenzorientiert:** Die Ausbildung ist auf die Kompetenzen ausgerichtet, die zur Bewältigung der beruflichen Anforderungssituationen erforderlich sind.
- Standardorientiert:** Die Ausbildung orientiert sich an den in den Standards beschriebenen Kompetenzen.
- Gestuft:** Die Kompetenzen werden von Anfang an in allen Ausbildungsphasen gestuft aufgebaut.
- Anschlussfähig:** Die Ausbildungsphasen sind aufeinander abgestimmt.
- Kohärent:** Standards, Erwerbs-, Performanzsituationen und Qualitätskriterien sind zueinander kohärent.
- Modularisiert:** Die gestufte Ausbildung findet in curricular aufeinander abgestimmten Ausbildungsmodulen statt.

Stundenkonzept	1. Ausbildungshalbjahr	2. Ausbildungshalbjahr	3. Ausbildungshalbjahr
Thema: Erweiterung des Wurzebegriffs Gesucht ist die Lösung von Potenzgleichungen der Form $x^a = b$, $h(x) = N$ und $a(x) = R$.	erkennbar, fachlich korrekt Es wird die Schreibweise für $a < 0$ eingeführt. Für den Fall $a < 0$ wird diese Schreibweise in Analogie zur Quadratwurzel ausgedrückt.	tragfähig mit den Potenzgesetzen thematisiert.	kohärent, interdependent Zahlbereichserweiterungen im Zusammenhang mit der Lösbarkeit. Dieses Prinzip wird hier aufgegriffen. Potenzgleichungen und höhere Wurzeln können als Schritt zur Verallgemeinerung der Potenzgesetze betrachtet werden.
Umgang mit der Planung Thema: Höhenatz mit Beweis (Stand Str.: Erkläre mir alleher! Teilrechte. Die Schüler möchten den Satz von Pythagoras anwenden.	plankonform Bringt die Schüler durch kleine Schritte Fragen auf den gewünschten Weg.	ansatzweise flexibel Lässt die Schüler zunächst wählen. Da dies aber so nicht funktioniert, greift der Lehrer auf den gewünschten Weg der Teilrechte geföhrt.	situativ flexibel Erkennt, dass hier auch ein gangbarer, wenn auch nicht optimaler Weg möglich ist. Hilft den Schölen durch Impulse, auf ihrem Weg zum Ziel zu kommen.
Standardsituationen Thema: Binomische Formeln (Stand Str.: Erkläre mir alleher! Warum 2ab?)	bewältigen Erklärt noch mal aufdrehlich den bisherigen Gedankengang.	sicher bewältigen Wählt eine alternative Erklärung durch Wechsel der Darstellungsebene (z.B. grafische Darstellung).	routiniert bewältigen Bindet zur Klärung andere Schüler mit ein bzw. greift auf deren bisherige Beiträge zurück.
Anspruchsniveau Thema: Verknüpfung von Achsenspiegungen (7. Klasse) Die Schüler sollen erkennen, dass die Spiegelung an zwei verschiedenen Geraden eine Verschiebung darstellt.	erprobend Die Schüler sollen auf einem Abstand Dreiecke an parallelen Geraden (Abstand 4cm) spiegeln. Anschließend sollen sie ein zweites Dreieck (parallel zu den Geraden verschoben) um 8cm senkrecht zu den Geraden verschieben. Sie sollen erkennen, dass dies begründet.	fachadäquat Die Schüler sollen durch eigene Konstruktionen (hier ist Einsatz von DGS sinnvoll) vermuten, dass es sich um eine Verschiebung handelt. Der anschließende Beweis wird im fragend-entwickelnden Unterricht durchgeführt.	fach- und lerngruppenadäquat Die Schüler sollen durch eigene Konstruktionen (hier ist Einsatz von DGS sinnvoll) vermuten, dass es sich um eine Verschiebung handelt. Anschließend sollen sie in Gruppen für ein konkretes Beispiel mit einem Geogebra-Modell das Bild-Ubild-Verhältnis bestätigen. Ebenso sollen die Schüler eine Begründung finden, warum alle Bild-Urbild-Verbindungen parallel sind.

Leitlinien und Strukturen einer neu gestalteten Lehrerausbildung



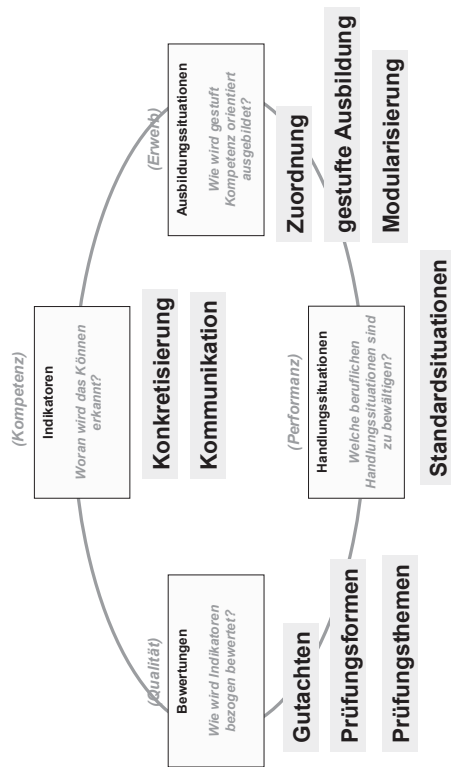
Die zukünftige Lehrerbildung ist

1. **Kompetenzorientiert:** Die Ausbildung ist auf die Kompetenzen ausgerichtet, die zur Bewältigung der beruflichen Anforderungssituationen erforderlich sind.
2. **Standardorientiert:** Die Ausbildung orientiert sich an den in den Standards beschriebenen Kompetenzen.
3. **Gestuft:** Die Kompetenzen werden von Anfang an in allen Ausbildungsphasen gestuft aufgebaut.
4. **Anschlussfähig:** Die Ausbildungsphasen sind aufeinander abgestimmt.
5. **Kohärent:** Standards, Erwerbs-, Performanzsituationen und Qualitätskriterien sind zueinander kohärent.
6. **Modularisiert:** Die gestufte Ausbildung findet in curricular aufeinander abgestimmten Ausbildungsmodulen statt.

Die Modularisierung

- Konfektion entsprechender Erwerbsituationen in Theorie und Praxis.
- Der Erwerb erfolgt in den jeweiligen Ausbildungsorten Universität, Studienseminar, Schule gemäß den curricularen Vorgaben.
- Diese werden in ein abgestimmtes System passend portionierter aufeinander abgestimmter studierbarer (= bewältigbarer) Module gebracht.
- Alle Module sowohl jene in den theoretischen und praktischen Erwerbsituationen müssen sich an den festgelegten Kompetenz-Standards der jeweiligen Phase orientieren.

Horizontale Kohärenz der Ausbildung (praktische Ebene)



Die Modularisierung

- „**Module** bezeichnen ein Cluster bzw. einen **Verbund** von Lehrveranstaltungen, die sich einem bestimmten thematischen oder inhaltlichen Schwerpunkt widmen. Ein Modul ist damit eine inhaltlich und zeitlich abgeschlossene **Lehr- und Lerneinheit**, die sich aus verschiedenen Lehrveranstaltungen zusammensetzen kann. Es ist qualitativ (Inhalte) und quantitativ (Anrechnungspunkte) beschreibbar und muss bewertbar (Prüfung) sein.“

Ein Modul als Lehr- und Lerneinheit

- In einem Modul werden **Ausbildungselemente** konzeptuell vernetzt und didaktisch auf einen gestuften Kompetenzerwerb hin angelegt.
- Keine lose Folge unabhängiger Einzelveranstaltungen, sondern ein **abgestimmtes Curriculum**.
- An einem Modul nimmt eine Lerngruppe über einen **längeren Zeitraum** teil.
- Die **Gruppe** als Ganzes ist an der Gestaltung und Durchführung beteiligt.
- **Erprobungen** in der Praxis, Übungen und Aufgabenstellungen erhöhen die **Nachhaltigkeit** der Ausbildung in diesem Bereich.

Konfektion von Modulen für den Vorbereitungsdienst

Gemäß den KMK-Profilen für die 2. Phase:

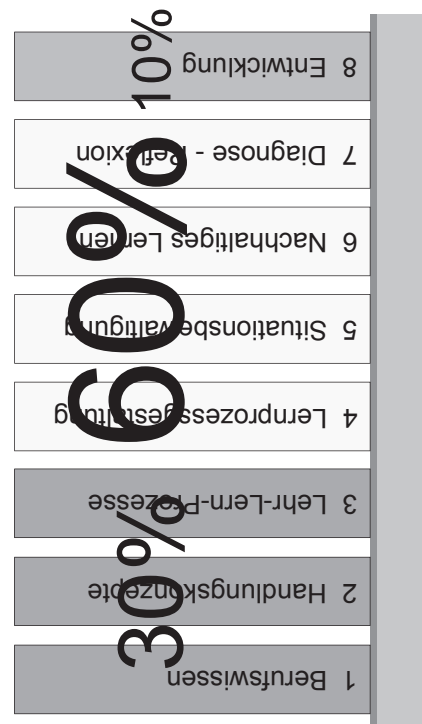
4. Fachliches Lernen planen und gestalten
5. Komplexität unterrichtlicher Situationen bewältigen
6. Nachhaltigkeit von Lernen fördern
7. Fachspezifische Leistungsbeurteilung beherrschen

Professionalität des Chemielehrers

(Experte für Lehr-, Lern- und Bildungsprozesse in Chemie und über Chemie)



Qualitätsfrage: Was und wie wird bewertet, was sie können?



05

Das Göttinger Modell Modularisierung und Ausbildungscurriculum im Fachseminar Chemie

Liane Haas



Einleitung

Das Motto „theoria cum praxi“ steht für die Ausbildung am Göttinger Studienseminar für das Lehramt an Gymnasien, da es für das Referendariat bedeutsam ist. In der 2. Phase der Lehrerbildung geht es nicht um ein Nebeneinander von Theorie und Praxis oder eine Umsetzung von Theorie in Praxis, sondern um das Erreichen von Handlungsroutinen und Handlungssicherheit auf der Basis des im Studium erworbenen Wissens wie auch um eine Ergänzung und Vertiefung dieses Wissens [1]. Die 2. Phase der Lehrerbildung und die ersten Berufsjahre sind entscheidend für die Entwicklung einer Professionalität, die eine sichere Basis für die dauerhafte Bewältigung beruflicher Anforderungen und Belastungen bietet. Deshalb darf die Studentenrolle nicht unendlich verlängert werden. Das „Lernen im Beruf“ ist zunehmend weniger Instruktion, dafür immer mehr Konstruktion und Reflexion im Rahmen einer Arbeit, für deren Ergebnisse Verantwortung zu übernehmen ist

und zu der vorrangig die Bereitschaft zum lebenslangen Lernen gehört [2].

Die Modularisierung der Ausbildung am Studienseminar ist eine sinnvolle Möglichkeit, die Lernangebote zu strukturieren, zwischen den pädagogischen und fachdidaktischen Seminaren zu verzahnen, in curricular aufeinander abgestimmten Sequenzen anzuordnen und die Verbindlichkeit sowohl für die Auszubildenden als auch die Ausbildenden zu erhöhen. Modularisierung bedeutet auch, dass die Ausbildung nicht mehr durch eine Art „Lehrgang“, d. h. durch den inhaltlichen Input, sondern durch das gewünschte Ergebnis, den Output, gesteuert wird [3].

Bei der Neugestaltung der Lehrerausbildung am Studienseminar Göttingen für das Lehramt an Gymnasien ist es mithilfe der Modularisierung gelungen, die Inhalte in den pädagogischen und fachdidaktischen Seminaren zu vernetzen und die kollegiale Kooperation der Auszubildenden zu institutionalisieren. Das modularisierte Ausbildungs-

konzept im Fachseminar Chemie stellt exemplarisch vor, wie in der zweiten Phase der Ausbildung professionelle Kompetenzen von Referendarinnen und Referendaren inhaltlich und methodisch wirksam aufgebaut und reflektiert werden können.

Zielvorgaben durch Standards für die Lehrerbildung

Die Ausbildung orientiert sich an den von der Kultusministerkonferenz beschlossenen Standards für die Lehrerbildung [4].

Die Standards

- ermöglichen den Auszubildenden aufgrund ihrer Struktur und Verständlichkeit, sich im Rahmen ihrer beruflichen Entwicklung zu orientieren und Verantwortung für das eigene Lernen zu übernehmen [5].
- beschreiben grundlegende Kompetenzen des Lehrberufs.
- zeigen Schwerpunkte der Ausbildung auf der Basis von Kompetenzbereichen (Unterrichten, Erziehen, Beurteilen, Innovieren) auf.
- stellen Teile eines Ganzen dar und beziehen sich auf eine Gesamtqualifikation [6].

Außerdem benennen sie Kompetenzen im direkten Umgang mit den Schülerinnen und Schülern, die eine Lehrerin bzw. ein Lehrer während der Ausbildung erwerben muss, um den Berufsauftrag, nämlich die Bildung und Erziehung von Kindern und Jugendlichen, erfüllen zu können („Situationsbewältigung“).

Ausbildungsmodell am Studienseminar Göttingen

Module

Module sind

- Lehr- und Lerneinheiten zur Ausbildung von Kompetenzen.
- keine Themensammlungen, wie beispielsweise *Modelle*, *Fachsprache* oder *Experimente im Chemieunterricht*.
- performanzorientiert, d. h. die erworbenen Kompetenzen müssen beobachtbar sein, um von den Auszubildenden nachgewiesen werden zu können.
- aufeinander bezogen, indem in ihnen gleiche oder ähnliche Kompetenzen an unterschiedlichen Inhalten erworben werden können.
- curricular aufeinander abgestimmt.

Modularisierung im Pädagogikseminar

Die Pflicht-Module des pädagogischen Ausbildungscurriculums (Diagnostizieren und Lernen lehren, Gespräche führen und beraten, Erziehen und Klassen führen, Unterrichtsmethoden begründet einsetzen) beinhalten die Grundqualifikationen für die Qualifizierungsbereiche der PVO-Lehr II und berücksichtigen vor allem Problemlösefähigkeiten in berufstypischen Situationen und sind auf das Absolvieren eines 18-monatigen Vorbereitungsdienstes abgestimmt. Auf diese Weise können die für das Lehren an der Schule vielfältigen und notwendigen Teilkompetenzen (berufsfeldbezogene Kompetenzen) – das *Unterrichten, Erziehen, Diagnostizieren, Beurteilen, Beraten, Inno-*

vieren, Selbstkonzept entwickeln, Mitwirken, Organisieren und Verwalten – auf die Modulanforderungen bezogen werden.

Darüber hinaus ist ein „Crash-Kurs“, der direkt nach der Einführungswoche beginnt, konzeptionell untrennbar als wesentliches Teilelement in das modularisierte Ausbildungskonzept eingebaut, in dem die folgenden Themen bzw. Kompetenzen behandelt werden:

- Von der Unterrichtsbeobachtung zur Unterrichtsplanung
- Rahmenpläne und Kurzentwürfe erstellen
- Lernerfolge bestimmen und Leistungen messen
- Recht in der Schule
- Klassenführung
- Unterrichtsentwürfe erstellen

Die Inhalte befähigen die Referendarinnen und Referendare, den Einstieg in den Schulalltag so zu bewältigen, dass möglichst viele positive Erfahrungen gemacht werden können. Die Inhalte des „Crash-Kurses“ werden während des Ausbildungsprozesses sowohl in den pädagogischen Seminaren als auch in den Fachseminaren vertieft [7].

Die Module sind kompetenz- und standardorientiert, d. h. sie bieten den einzelnen Auszubildenden Lernimpulse für ihren Kompetenzbereich und das Erreichen der Standards, sind also für die individuelle Entwicklung der Referendarin bzw. des Referendars bedeutsam und erlauben eine Aussage über die Berufstüchtigkeit. Darüber hinaus leiten sie Ausbildungsinhalte aus dem Berufsfeld ab und ermöglichen eine nachhaltige fachliche Lehrkompetenz. Daher werden von den Referendarinnen und Referendaren in den Modulen berufstypische Handlungssituationen bearbeitet, die es den Auszubildenden ermöglichen, etwas im oder über Unterricht herauszufinden bzw. auszuprobieren. Zusätzlich sind Wahl-Module (z. B. Rhetorik, Lions Quest, Mental Health, Schulentwicklung, Recht in der Schule) vorgesehen, die von den Auszubildenden je nach gewünschtem Profil belegt werden können.

Die Module sind weitgehend nach dem *Prinzip der vollständigen Handlung* (Abb. 1) strukturiert und methodisch dem Erwachsenenlernen angepasst, z. B. selbst organisiertes Lernen, Leittextarbeit, Gruppenpuzzle, Präsentation. Bei diesen praxisbezogenen Ausbildungsaufgaben handelt es sich in der Regel um Leittexte, die zu einem „Modul-Produkt“ (vgl. Abb. 2) führen. Die Bearbeitung der Aufgaben wird von den Auszubildenden beratend betreut. Jeder Auszubildende erhält daher dasselbe Angebot, in dem das pädagogische Handeln im Berufsfeld theoriegeleitet erprobt und geschärft werden kann. Die Unterschiede liegen

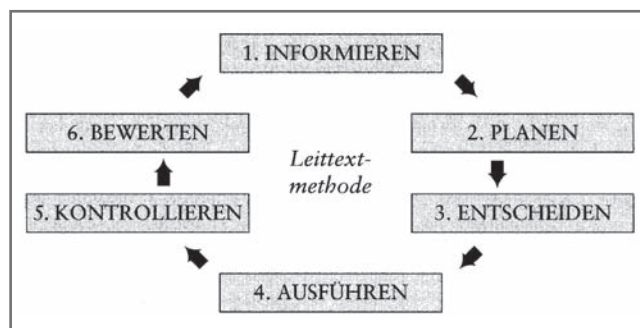


Abb. 1. Leittextmethode [11, S. 170–173]

in der Nutzung dieser Angebote durch die Auszubildenden. Die Module werden nicht bewertet und ermöglichen eine Trennung von Lern- und Leistungssituation, da nur so eine Entwicklungszeit und allgemeine Professionalisierung während der Ausbildung berücksichtigt werden kann [8].

Außerdem besteht die Möglichkeit, besondere während der Ausbildung erbrachte Leistungen in dem von jedem Auszubildenden im Studienseminar geführten **Bewerbungs-Portfolio** zu dokumentieren. Die Portfolioarbeit stellt einen entscheidenden Paradigmenwechsel dar, da hierdurch der Blick mehr auf das Erreichte und weniger auf die Defizite gerichtet wird.

Modularisierung im Fachseminar Chemie

Die Arbeitsschwerpunkte und Module des BLK-Modellversuchs [9] eignen sich nicht nur, um die Konzeptionen für

die Lehrerbildung kritisch zu analysieren, zu akzentuieren und zu ergänzen, sondern sie können auch als Prüfsteine für die Vorbereitung auf eine anspruchsvolle Berufstätigkeit verstanden werden [10]. Diese Module sind auf Kompetenzen bezogen und erlauben es, die zur Bewältigung der komplexen Unterrichtsrealität notwendigen Fähigkeiten und Fertigkeiten in in sich abgeschlossene, aber auch vernetzte Teilaspekte zu zerlegen, an denen konkret gearbeitet werden kann.

Auf den Modulen des BLK-Modellversuchs basiert das Ausbildungscurriculum Chemie, das seit 01.05.2004 in modularisierter Form am Studienseminar Göttingen durchgeführt wird. Es besteht aus sechs Modulen, die sich über sechs Quartale erstrecken und deren Zielsetzung und Zeitpunkt festgelegt sind:

- Lernprozesse durch Aufgaben steuern und Lernerfolge überprüfen
- Methoden kennen und einsetzen

Modul: Lernprozesse durch Aufgaben steuern und Lernerfolge überprüfen

Termine:

Kompetenzen:

Die Referendarinnen und Referendare

- schätzen den individuellen Lernstand und das individuelle Lernniveau einzelner Schülerinnen und Schüler (z. B. Abstraktionsvermögen, manuelle Geschicklichkeit beim Experimentieren, kommunikative und soziale Kompetenzen) hinsichtlich der Leistungsdimensionen des Faches Chemie ein und planen und führen danach Differenzierungsmaßnahmen durch,
- geben differenzierte Leistungsrückmeldungen,
- sichern Lernergebnisse durch „intelligentes Üben“,
- geben Zensuren sowohl nach sozialer als auch individueller Bezugsnorm,
- konzipieren lerngruppenangemessene schriftliche Überprüfungen (Klassenarbeiten, Klausuren, Tests), korrigieren und geben diese fristgerecht zurück,
- erheben ordnend und nutzen verantwortungsvoll Daten von Schülerinnen und Schülern.

Modul- und kompetenzorientierte Kernthemen:

- ✓ Aufgaben: im Handeln lernen – das Zusammenspiel von Aufgaben und Unterricht
- ✓ Ergebnisse im Chemieunterricht sichern
- ✓ Üben im Chemieunterricht
- ✓ Lernerfolgs- und Leistungsbewertung:
 - Mitarbeit im Chemieunterricht
 - Diagnostizieren und Fördern im Chemieunterricht
 - Chemiearbeiten zusammenstellen, schreiben lassen, korrigieren und zurückgeben
 - Zentralabitur

Produkt:

- ✎ Erarbeitung, ggf. Überarbeitung und Korrektur einer schriftlichen Leistungskontrolle (Klassenarbeit oder Klausur), Vorlage von drei korrigierten Schülerarbeiten
oder
- ✎ Diagnose von Schülerleistungen/Förderung einzelner Schülerinnen und Schüler (in Zusammenarbeit mit dem pädagogischen Modul *Diagnostizieren und Lernen lehren*)

Arbeitsform:

Seminararbeit/-diskussion
Praktische Übungen

Workload:

□□ Stunden

Abb. 2. Übersicht eines Moduls aus dem Fachseminar Chemie

- Naturwissenschaftliches Arbeiten und Denken fördern
- Unterrichtseinheiten didaktisch konzipieren
- Naturwissenschaftliches Lernen lehren
- Kooperatives Lernen beim Experimentieren anleiten

Die Module beziehen sich aufeinander, indem in ihnen gleiche oder ähnliche Kompetenzen an unterschiedlichen Inhalten individuell erworben werden können, und sind mit den Inhalten der Lern-Bausteine in den Pädagogikseminaren verlinkt.

Die Lernbausteine im Fachseminar Chemie sind als berufsfelderforschende Module gestaltet und umfassen entweder 2-stündige Veranstaltungen (sog. kollektive Präsenzsitzungen) oder Phasen individueller häuslicher Arbeit. Sie leiten die Ausbildungsinhalte aus dem Berufsfeld ab und ermöglichen eine nachhaltige fachliche Lehrkompetenz. Zu jedem Lern-Baustein gibt es – wie in den Pädagogikseminaren – die folgenden Informationen bzw. Materialien:

- Termine der Präsenzsitzungen und deren Verlauf
- Kurzbeschreibung des Moduls durch einen *advance organizer* in Form einer Mindmap (Abb. 3)
- Textmaterial und Ausbildungsaufgaben
- Literaturhinweise

Die Module werden mithilfe der Auszubildenden evaluiert, optimiert und aktualisiert.

Die modularisierte Ausbildung wird im 1. Quartal ebenfalls durch einen zum „Crash-Kurs“ zeitlich parallel verlaufenden Kurs ergänzt, der von den Ausbildern der naturwissenschaftlichen Fächer durchgeführt wird (Abb. 4). Dieser dient – neben der fachspezifischen Einführung und synergetischen Effekten – im Wesentlichen zur Vorbereitung auf den eigenverantwortlichen Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik.

Ausbildungsstandards und -anforderungen im Fachseminar

Die Definition der Arbeit mit Standards als Selbstlernprozess erfordert die Formulierung von Anforderungen, die als Grundlage für die Dokumentation des Lern- und Erfahrungsprozesses während der Ausbildung dienen. Diese Anforderungen können daher zu jedem Zeitpunkt der Ausbildung zur Selbstvergewisserung über den Ausbildungsstand und für die daraus ableitbare Festlegung weiterer Lernvorhaben genutzt werden.

Diese Qualifikationen bilden zugleich die Einschätzungsgrundlage in den **Gesprächen zum Ausbildungsstand**, die zweimal im Ausbildungsverlauf stattfinden und in denen die individuelle Entwicklung von dem Ausbilder und der oder dem Auszubildenden gemeinsam in den Blick genommen wird.

Unterricht beobachten und eigenverantwortlich unterrichten

- Allgemeine Informationen
- Unterricht beobachten und erste eigene Aktivitäten an der Ausbildungsschule entwickeln
- Eine Unterrichtsstunde konzipieren
- Sicher im naturwissenschaftlichen Unterricht experimentieren
- Medien kennen und einsetzen
- Mit den Bildungsstandards unterrichten und einen Kurzentwurf schreiben
- Chemieunterricht mithilfe der Kerncurricula konzipieren, Unterrichtseinheiten sequenzieren
- Lernerfolg bestimmen und Lernerfolgskontrollen durchführen

Abb. 4. Einführungsphase Naturwissenschaften (Biologie, Chemie, Physik)

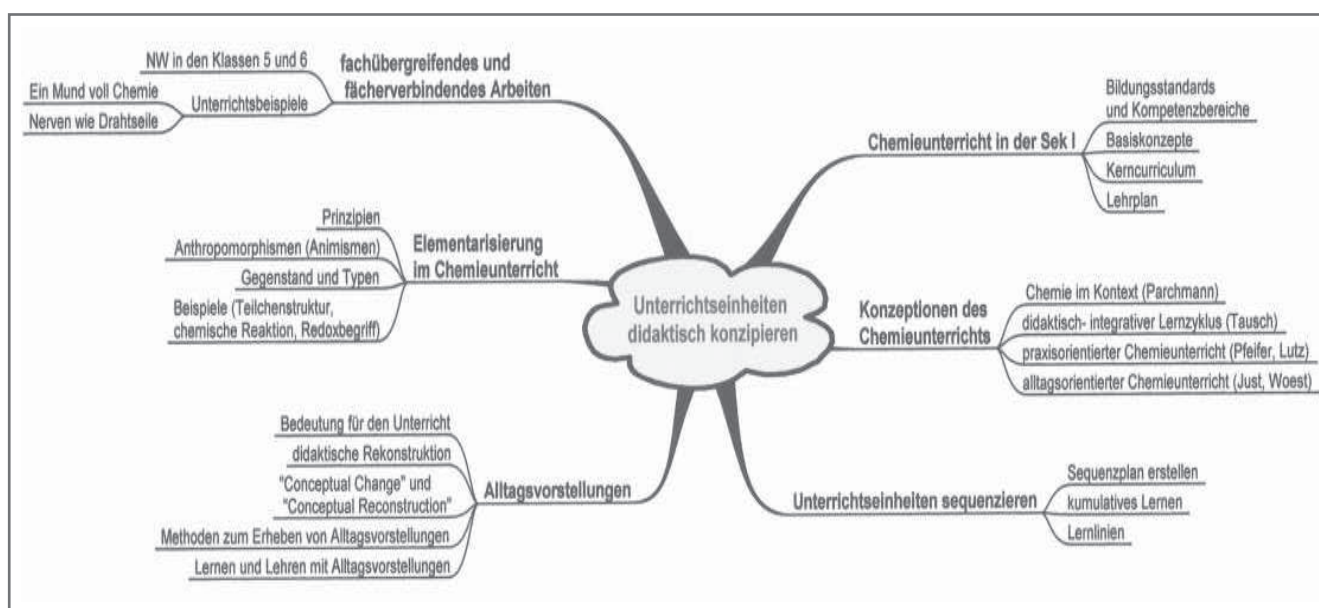


Abb. 3. Fachseminar Chemie – Mind Map zum Modul Unterrichtseinheiten didaktisch konzipieren

Zusammenfassung und Ausblick

Das Ausbildungsangebot am Göttingen Studienseminar für das Lehramt an Gymnasien wird in Form von Modulen organisiert, durch die berufsfeldbezogene Kompetenzen erworben und nachgewiesen werden können. Ausbildungsziele mit transparenten Kompetenzstufen sowie klar definierten Ausbildungsabschnitten steuern den Ausbildungsprozess. Berufstypische Aufgaben mit schrittweise steigendem Schwierigkeitsniveau stärken die Mitverantwortung der Auszubildenden für den Ausbildungsprozess und tragen sowohl zur Selbstkonzeptentwicklung wie auch zur Profilbildung bei.

Auf der Grundlage der bisherigen Erfahrungen und Ergebnisse wird das modularisierte Ausbildungskonzept am Studienseminar Göttingen für das Lehramt an Gymnasien in den nächsten Jahren weiter ausgebaut und erprobt werden. Zurzeit zeichnen sich die folgenden Aufgabenfelder ab:

- Herausarbeiten weiterer Verknüpfungsmöglichkeiten zwischen den Fach- und Pädagogikseminaren
- Formulierung der Kompetenzen
- Organisation und Gestaltung der Modul-Produkte
- Neugestaltung der mündlichen Prüfung
- Workload-Berechnungen

Literatur

- [1] Huwendiek, V.: Theorie und Praxis in der Lehrerbildung. Seminar 12 (2) , 37–47 (2006)
- [2] Lange, H.: Es rührt sich etwas in der Lehrerbildung. Pädagogik 11 (9), 44–48 (2005)
- [3] Vogel, S.: „Lehrerbildung – ein „duales“ System?“. Seminar 8 (2), 117 (2002)
- [4] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland: Standards für die Lehrerbildung (Bildungswissenschaften) vom 16. 12. 2004 (www.kmk.org/doc/beschl/standards_lehrerbildung.pdf)
- [5] Hascher, T.: Pädagogische Standards in der Lehrerbildung. Pädagogik 11 (9), 35–38 (2005)
- [6] Merkle, M.: Das „Modell“ der Modularisierung in der Lehrerbildung: Übertragbarkeit und Konsequenzen für die „Zweite Phase“. Seminar 9 (2) , 62–73 (2003)
- [7] Vogel, S., Juraschek, B., Heidborn, U.: Dem eigenverantwortlichen Unterricht gelassen entgegen ... Der „Crash-Kurs“ im Ausbildungskonzept des Studienseminars Göttingen für das Lehramt an Gymnasien. Seminar 10 (3) , 23–30 (2004)
- [8] Vogel, S.: Die modularisierte Ausbildung im Studienseminar Göttingen für das Lehramt an Gymnasien. Seminar 11 (2) , 103–109 (2005)
- [9] Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (Hrsg.): Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Materialien zur Bildungsplanung und zur Forschungsförderung, Heft 60, Bonn 1997
- [10] Prenzel, M., Drechsel, B.: Schulleistungsforschung und Lehrerbildung. Die Deutsche Schule, 7. Beiheft, 32 (2003)
- [11] Peterßen, W. H.: Kleines Methoden-Lexikon. Oldenbourg, München 1999

Anschrift der Verfasserin:
StD' Liane Haas
Fachleiterin für Chemie
Studienseminar für das Lehramt an Gymnasien
Waldweg 26
37073 Göttingen
sts.goe@studienseminar-goettingen-gymnasium.de

06

Ergebnisse der Arbeitsgruppen

Angeregt von den am Montag und Dienstag gehaltenen Vorträgen befassten sich insgesamt vier Gruppen von Mittwoch bis Freitag mit der „Professionalität der Chemielehrerin und des Chemielehrers bezüglich der Experimentierfähigkeit und problembezogenen Experimentauswahl“ und „Modellverständnis und Modellvermittlung“ im Rahmen der gestuften Lehrausbildung.

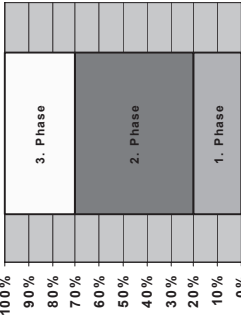
Nach Bilanzierung der an den unterschiedlichen Institutionen (Universität, Studienseminar) vermittelten Inhalte zum Thema Experiment und Modell haben die Gruppen in einem Konsensgespräch versucht, die Ausbildung der Chemielehrerinnen und -lehrer von Beginn der universitären Ausbildung bis zur Berufseingangsphase homogen zu

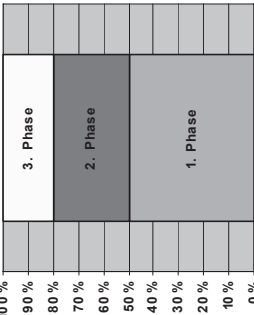
strukturieren. Ein wesentlicher Aspekt war dabei die in dem Vortrag von Professor Leisen vertretene Forderung, die Lehrerausbildung vom Ende her zu denken.

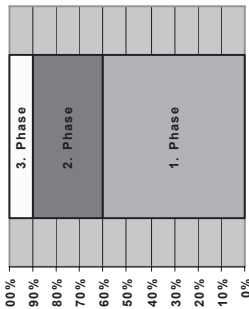
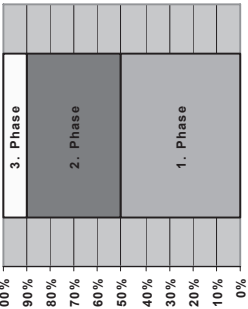
Die Ergebnisse intensiver Diskussionen sind auf den nachfolgenden Seiten tabellarisch wiedergegeben und sollen mit der Beschreibung der jeweils erreichbaren Kompetenzen Anreize und Anregungen für die zukünftig stärker in den Fokus rückende Zusammenarbeit zwischen Universität und Studienseminar geben. Die ausgewiesenen Kompetenzen erheben demzufolge nicht den Anspruch auf Endgültigkeit, sondern bieten Möglichkeiten zur weiteren Auseinandersetzung auf dem Weg zu einer verbesserten Chemielehrerausbildung.

PROFESSIONALITÄT DES CHEMIELEHRERS
BEZÜGLICH DER EXPERIMENTIERFÄHIGKEIT UND PROBLEMBEZOGENEN EXPERIMENTAUSWAHL

Die Tabelle zeigt die Kompetenzen am Ende der jeweiligen Phase, dabei werden jeweils nur die neu erworbenen Kompetenzen genannt, so dass sich innerhalb einer Zeile eine Progression ergibt.
Einmal erworbene Kompetenzen werden in der Übersicht nicht erneut aufgeführt.

	1. PHASE		2. PHASE	3. PHASE
	UNIVERSITÄT Die Studentinnen und Studenten ...	SCHULPRAKTIKUM/PRAXISSEMESTER Die Praktikantinnen und Praktikanten ...	REFERENDARIAT Die Referendarinnen und Referendare ...	BERUFSEINGANGSPHASE Die Chemielehrerinnen und -lehrer ...
Persönliche Einstellungen und Haltungen 	• besitzen Neugier und Freude beim Experimentieren sowie Durchhaltevermögen • verfügen über grundlegende Kenntnisse des professionellen Arbeitens und entwickeln einen Sinn für Funktionalität und Ästhetik	• zeigen Neugier und Freude beim Experimentieren • zeigen die Bereitschaft unter Anleitung Experimente vor- und nachzubereiten	• wecken bei den Lernenden Neugier und Freude am Experimentieren • planen langfristig und vorausschauend • bereiten selbstorganisiert und effektiv Experimente vor und nach • arbeiten professionell, sauber, ordentlich, umsichtig und angstfrei und besitzen einen Sinn für Funktionalität und Ästhetik • kooperieren im Sammlungsbetrieb • erkennen die Bedeutung und Notwendigkeit interdisziplinärer Zusammenarbeit	• motivieren langfristig die Lernenden und das Fachkollegium z.B. Wahlverhalten, Arbeitsgemeinschaften, Wettbewerbe, Multiplikation von Fortbildungen • zeigen Engagement bei der Weiterentwicklung experimenteller und methodischen Fertigkeiten • kooperieren interdisziplinär

	1. PHASE		2. PHASE	3. PHASE
	UNIVERSITÄT Die Studentinnen und Studenten ...	SCHULPRAKTIKUM/PRAXISSEMESTER Die Praktikantinnen und Praktikanten ...	REFERENDARIAT Die Referendarinnen und Referendare ...	BERUFSEINGANGSPHASE Die Chemielehrerinnen und -lehrer ...
Experimentierfertigkeiten 	- beherrschen Standardexperimente z. B. Nachweisreaktionen, Elektrolyse, Analyse, Synthese, galvanische Zelle, molare Masse ermitteln - beherrschen den Umgang mit ausgewählten schultypischen Experimentiermaterialien z. B. Glasgeräten, Gasflaschen, elektrischen Schaltungen, Ansetzen von Lösungen, Bearbeiten von Glas - kennen Schulversuche und führen diese im chemischen Praktikum durch - können Demonstrationsexperimente unter Berücksichtigung der Wahrnehmungsregeln aufbauen und durchführen - beherrschen die exakte Durchführung und Auswertung quantitativer Versuche - kennen Möglichkeiten der Miniaturisierung - experimentieren mit low-cost-Geräten	führen Demonstrations- und Schülerexperimente unter Anleitung durch	- beherrschen Standardexperimente und entwickeln Variationen - beherrschen den Umgang mit verwendeten Experimentiermaterialien souverän z. B. Glasgeräten, Gasflaschen, elektrischen Schaltungen, Ansetzen von Lösungen, Bearbeiten von Glas - führen selbstständig Demonstrations- und Schülerexperimente durch - beherrschen die exakte Durchführung und Auswertung quantitativer Versuche, auch unter Einsatz von z.B. GTR/CAS/neuen Medien - nutzen die Möglichkeiten der Miniaturisierung - setzen low-cost-Geräte ein	- beherrschen Standardexperimente und ihre Variationen - erweitern das Spektrum der verwendeten Experimentiermaterialien kontinuierlich - verfügen über ein umfangreiches Repertoire an Demonstrations- und Schülerexperimenten

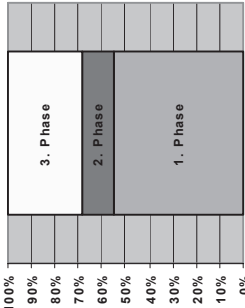
	1. PHASE		2. PHASE	3. PHASE
	UNIVERSITÄT Die Studentinnen und Studenten ...	SCHULPRAKTIKUM/PRAXISSEMESTER Die Praktikantinnen und Praktikanten ...	REFERENDARIAT Die Referendarinnen und Referendare ...	BERUFSEINGANGSPHASE Die Chemielehrerinnen und -lehrer ...
Sicherheitsaspekte beim Experimentieren 	• können sicher experimentieren: Gefahrstoffverordnung, beachten, Entsorgung, Kennen der Substitutionsprüfung • schätzen das Risikopotenzial der Experimente ab	• beachten die Sicherheitsbestimmungen für die durchgeführten schulchemischen Experimente • schätzen mit Anleitung das Risikopotenzial der Experimente unter Berücksichtigung der Lerngruppe ab	• setzen die gesetzlichen Vorgaben um • beurteilen das Risikopotenzial der Experimente unter Berücksichtigung der Lerngruppe	
Fachwissen und Didaktik 	• kennen die Bedeutung und Funktion von Experimenten im Erkenntnisprozess, z. B. induktives/deduktives Vorgehen, Blindprobe, Kontrollversuch • differenzieren zwischen wissenschaftlichen und schulischen Experimenten • kennen Kriterien zur begründeten Auswahl von Experimenten • beherrschen und reflektieren die Fachsprache	• strukturieren einen Lernprozess nach einem naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg • berücksichtigen unter Anleitung Kriterien zur begründeten Auswahl von Experimenten	• vermitteln den Lernenden die Funktion und Bedeutung von Experimenten im Erkenntnisprozess • werten Experimente sachgerecht und kritisch aus • leiten Schüler zum Planen von Experimenten an • erproben Experimente zur Diagnose und Leistungsbeurteilung • wählen Experimente begründet aus, z. B. unter Berücksichtigung lernpsychologischer Aspekte, offener Experimente und von Experimenten zum Falsifizieren von Hypothesen, Einsatz von Alltagschemikalien • beherrschen, reflektieren und vermitteln die Fachsprache konsequent und adressatengerecht	• behalten den Überblick über aktuelle fachdidaktische Entwicklungen • nutzen auch Experimente zur Diagnose und Leistungsbeurteilung

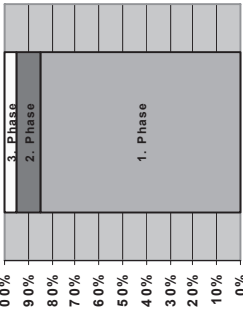
	1. PHASE		2. PHASE	3. PHASE
	UNIVERSITÄT Die Studentinnen und Studenten ...	SCHULPRAKTIKUM/PRAXISSEMESTER Die Praktikantinnen und Praktikanten ...	REFERENDARIAT Die Referendarinnen und Referendare ...	BERUFSEINGANGSPHASE Die Chemielehrerinnen und -lehrer ...
Methodik 	- kennen methodische Varianten von Experimenten, z. B. Lehrer-, Schülerdemonstrationsversuch, Schülerversuche und ihre Organisationsformen - beherrschen verschiedene Präsentationsformen von Experimenten, z. B. sinnvolle Dimensionierung von Versuchen, Einsatz von Kamera, Beamer, Projektionsversuchen	- setzen Präsentationsformen von Experimenten ein - kennen Beispiele für die effiziente Organisation der Experimentierphase, z. B. Bereitstellen der Materialien, Zeitmanagement	- treffen begründete Entscheidungen für den methodischen Einsatz von Experimenten, z. B. Lehrer-, Schülerdemonstrationsversuch, Schülerversuche und ihre Organisationsformen - wählen geeignete Präsentationsformen von Experimenten aus - beherrschen die effiziente Organisation der Experimentierphase, z. B. Bereitstellen der Materialien, Zeitmanagement - kommunizieren sach- und adressatengerecht, z. B. Formulieren klarer Arbeitsanweisungen, Protokollführung, korrekte Auswertung und Schlussfolgerungen	

**PROFESSIONALITÄT DES CHEMIELEHRERS
BEZÜGLICH DES MODELLVERSTÄNDNISSES UND DER MODELLVERMITTLUNG**

	1. PHASE		2. PHASE	3. PHASE
	UNIVERSITÄT Die Studentinnen und Studenten ...	SCHULPRAKTIKUM/PRAXISSEMESTER Die Praktikantinnen und Praktikanten ...	REFERENDARIAT Die Referendarinnen und Referendare ...	BERUFSEINGANGSPHASE Die Chemielehrerinnen und -lehrer ...
Modelle 	diskutieren den Modellbegriff anhand von Beispielen	diskutieren den Modellbegriff an unterrichtsrelevanten Beispielen	diskutieren den Modellbegriff in seiner vielschichtigen Bedeutung innerhalb des CU	setzen sich interdisziplinär mit Modellbegriffen auseinander
	kennen die Reichweite unterschiedlicher Modelle	beschreiben und vergleichen Modellvorstellungen unterschiedlicher Reichweite sowie deren Stärken und Schwächen	reflektieren Modellvorstellungen unterschiedlicher Reichweite sowie deren Stärken und Schwächen	beurteilen neu vorgeschlagene Modelle hinsichtlich ihrer Erklärungsmächtigkeit
	setzen sich angeleitet kritisch mit Darstellungen von Modellen auseinander	setzen sich kritisch mit unterrichtsrelevanten Darstellungen von Modellen in Medien auseinander	setzen sich kritisch mit Darstellungen von Modellen in Medien auseinander	pflegen bewusst die kritische Auseinandersetzung von Modellen in den Medien im CU
Funktion von Modellen 	kennen und reflektieren die erkenntnistheoretische und veranschaulichende Funktion von Modellen	setzen sich mit der Bedeutung und Funktion von Modellen und Modellvorstellungen in Forschung und Unterricht auseinander	sind sich der Bedeutung und Funktion von Modellen und Modellvorstellungen in Forschung und Unterricht bewusst	

	1. PHASE		2. PHASE	3. PHASE
	UNIVERSITÄT Die Studentinnen und Studenten ...	SCHULPRAKTIKUM/PRAXISSEMESTER Die Praktikantinnen und Praktikanten ...	REFERENDARIAT Die Referendarinnen und Referendare ...	BERUFSEINGANGSPHASE Die Chemielehrerinnen und -lehrer ...
Modelltypen Stacked bar chart for 'Modelltypen'. The y-axis represents percentage from 0% to 100% in 10% increments. The bar is divided into three segments: 1. Phase (bottom, light gray, ~40%), 2. Phase (middle, dark gray, ~40%), and 3. Phase (top, white, ~20%).	• charakterisieren verschiedene Modelle von ihrem Abstraktionsniveau her	• prüfen zusammen mit Lehrkräften den Einsatz von verschiedenen Modelltypen	• gehen mit Modellen und Modellvorstellungen auf verschiedenen Abstraktionsniveaus sachlich angemessen um	• beherrschen den Einsatz von Modellen und Modellvorstellungen in ihrem Abstraktionsniveau
	• klassifizieren unterschiedliche Modelle nach vorgegebenen Modelltypen	• begründen die Wahl eines Modells vom Modelltyp her	• erklären chemische Phänomene mit schulisch adäquaten Modellen verschiedener Typen. (wie Denk-, Sach-, Simulationsmodell u. a.)	• verfügen über ein umfangreiches Repertoire an Beispielen für den Einsatz im CU
Chemische Reaktion Stacked bar chart for 'Chemische Reaktion'. The y-axis represents percentage from 0% to 100% in 10% increments. The bar is divided into three segments: 1. Phase (bottom, light gray, ~40%), 2. Phase (middle, dark gray, ~40%), and 3. Phase (top, white, ~20%).	• kennen die wissenschaftlichen Modellvorstellungen zur Deutung chemischer Reaktionen unter Einbeziehung von • Teilenebene • energetischen Aspekten • Gleichgewichts-betrachtungen • Donator-Akzeptor-Prinzip	• deuten ausgewählte chemische Reaktionen unter Anleitung mit adressatengerechten Modellvorstellungen	• deuten chemische Reaktionen mit adressatengerechten Modellvorstellungen	

	1. PHASE		2. PHASE	3. PHASE
	UNIVERSITÄT Die Studentinnen und Studenten ...	SCHULPRAKTIKUM/PRAXISSEMESTER Die Praktikantinnen und Praktikanten ...	REFERENDARIAT Die Referendarinnen und Referendare ...	BERUFSEINGANGSPHASE Die Chemielehrerinnen und -lehrer ...
Historische Entwicklungen 	- besitzen einen Überblick über die historische Entwicklung der Vorstellungen zum Aufbau der Stoffe und deren Umwandlung, ausgehend von der Antike: - Diskontinuum (Atomisten: Demokrit und Leukipp) und - Kontinuum (Vierelemente-Lehre: Aristoteles u. a.) - verfolgen die Weiterentwicklung dieser Vorstellungen zu den Modellen und Theorien an den jeweils markanten Phasen der Wissenschaftsgeschichte - ordnen diesen Phasen die entscheidenden Forscherpersönlichkeiten zu und kennen die Bedeutung ihrer Arbeit (z. B. Lavoisier, Dalton, Rutherford, Bohr, Heisenberg, Pauling, ...) - skizzieren an ausgewählten Beispielen die Bedeutung der Beiträge der Chemie zur Entwicklung unseres naturwissenschaftlichen Weltbildes		wählen unterrichtsrelevante Modelle begründet aus	
			nutzen weiterentwickelte Vorstellungen zu den Modellen und Theorien für ihren Unterricht	
			wählen gezielt einzelne Forscherpersönlichkeiten aus und stellen die Bedeutung ihrer Arbeit im Unterricht heraus	
			stellen die Bedeutung der Beiträge der Chemie zur Entwicklung unseres naturwissenschaftlichen Weltbildes exemplarisch in größeren Zusammenhängen dar	

	1. PHASE		2. PHASE	3. PHASE
	UNIVERSITÄT Die Studentinnen und Studenten ...	SCHULPRAKTIKUM/PRAXISSEMESTER Die Praktikantinnen und Praktikanten ...	REFERENDARIAT Die Referendarinnen und Referendare ...	BERUFSEINGANGSPHASE Die Chemielehrerinnen und -lehrer ...
Aufbau der Stoffe  100% 90% 80% 70% 60% 50% 40% 30% 20% 10% 0% 3. Phase 2. Phase 1. Phase	besitzen einen Überblick über Vorstellungen zum Aufbau der Stoffe	machen Erfahrungen im bewussten Wechsel zwischen Kontinuums- und Diskontinuumsbetrachtungen	wechseln bewusst zwischen Kontinuums- und Diskontinuumsbetrachtungen	
	- kennen die Kernaussagen der für den Chemieunterricht relevanten Modelle zum diskontinuierlichen Aufbau der Stoffe: ➤ Teilchenmodell, einfaches Atommodell, Kern-Hülle-Modell, Modelle mit differenzierter Atomhülle, Elektronenwolken-Modell, Orbital-Modell ➤ Ionenbindung, Elektronenpaarbindung, Metallbindung, VSEPR-, MO-Modell ➤ Wechselwirkungen zwischen Teilchen	wenden in begrenzten Themenstellungen unter Anleitung die Kernaussagen relevanter Modelle an	wenden die Kernaussagen der für den Chemieunterricht relevanten Modelle zum diskontinuierlichen Aufbau der Stoffe reflektiert an	
	kennen die Grenzen dieser Modelle		sind sich der Erklärungsmächtigkeit und der Grenzen dieser Modelle bewusst	
	kennen didaktische Gesichtspunkte zur Anwendung von wissenschaftlichen Modellen	reflektieren an ausgewählten Beispielen wissenschaftliche Modelle unter didaktischen Gesichtspunkten	reflektieren die wissenschaftlichen Modelle unter didaktischen Gesichtspunkten	

1. PHASE		2. PHASE	3. PHASE
UNIVERSITÄT Die Studentinnen und Studenten ...	SCHULPRAKTIKUM/PRAXISSEMESTER Die Praktikantinnen und Praktikanten ...	REFERENDARIAT Die Referendarinnen und Referendare ...	BERUFSEINGANGSPHASE Die Chemielehrerinnen und -lehrer ...
Unterricht 	treffen angeleitet an ausgewählten Beispielen didaktisch begründete Entscheidungen hinsichtlich des Modelleinsatzes einschließlich ihrer Anschlussfähigkeit	treffen didaktisch begründete Entscheidungen hinsichtlich des Modelleinsatzes einschließlich ihrer Anschlussfähigkeit	
	- wählen angeleitet zutreffende Modelle nach ihrer Funktion für den Unterricht aus - üben unter Anleitung den sinnvollen Einsatz von Modellen im GU	- setzen verschiedene Modeltypen situationsgemäß ein. - setzen Modelle zum entdeckenden Lernen ein	
	analysieren unter Anleitung an ausgewählten Beispielen Schülerfehlvorstellungen im Umgang mit Modellen	diagnostizieren Schülervorstellungen beim Umgang mit Modellen und richten Unterrichtsprozesse darauf aus.	entwickeln differenzierte Fördermaßnahmen bei Problemen im Umgang mit Modellen
	erfahren den Nutzen wissenschaftlicher Zusammenarbeit bezüglich Theorie und Praxis	nutzen die wechselseitige Beeinflussung von experimentellen Ergebnissen und den daraus resultierenden Erkenntnissen, um Modellwechsel im Unterricht anzubahnen	
	kennen die Reichweite und Grenzen von Modellvorstellungen	nehmen Modellwechsel mit Lernenden bewusst und reflektiert vor	entwickeln mit Lernenden auf unterschiedlichen Wegen Modellvorstellungen weiter
gewinnen einen Überblick über die Arbeit bedeutender Forscherpersönlichkeiten und ordnen deren Leistungen zeitlich ein		reflektieren mit Lernenden die unterschiedlichen Reichweiten und Grenzen von Modellvorstellungen und ihre Bedeutung für die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung	weiten ihre chemiehistorischen Kenntnisse aus

Teilnehmer

Leitungsteam

Dr. Frank Schuler	Staatl. Studienseminar für das Lehramt an Gymn.	Bad Kreuznach
Robert Stephani	Staatl. Studienseminar für das Lehramt an Gymn.	Kaiserslautern

Referenten

Prof. Dr. Bernd Ralle	TU Dortmund	
Prof. Dr. Ingo Eilks	Uni Bremen	
Theodor Grofe	Studienseminar für das Lehramt an Gymn.	Lüneburg
Prof. Josef Leisen	Studienseminar für das Lehramt an Gymn.	Koblenz
Liane Haas	Studienseminar für das Lehramt an Gymn.	Göttingen

Teilnehmer

Arnold a Campo		Hagen
Ulrich Bee	Staatl. Seminar für Didaktik und Lehrerbildung	Rottweil
Lars Bley	Teletta-Groß-Gymnasium	Leer
Christian Böhm	Gesamtschule Velbert	Velbert
Michael Gewehr	Staatl. Studienseminar für das Lehramt an Gymn.	Speyer
Liane Haas	Studienseminar für das Lehramt an Gymn.	Göttingen
Waltraud Habelitz-Tkotz	Emil-von-Behring-Gymnasium	Spardorf
Kerstin Hildebrandt	Studienseminar für das Lehramt an Gymn.	Celle
Wilfried Hüsch	Studienseminar Gy/Ges	Köln
Johannes Kalenberg	Studienseminar Rheine	
Wolfgang König	Staatl. Seminar für Didaktik und Lehrerbildung	Heidelberg
Prof. Matthias Kremer	Staatl. Seminar für Didaktik und Lehrerbildung	Rottweil
Dr. Claudia Matuschek	Studienseminar für das Lehramt an Gymn.	Leer
Martina Menges	Staatl. Studienseminar für das Lehramt an Gymn.	Mainz
Dr. Ulrich Müller	Staatl. Seminar für Didaktik und Lehrerbildung	Heidelberg
Hildegard Nickolay	Staatl. Seminar für Didaktik und Lehrerbildung	Esslingen
Ursula Pfangert-Becker	Staatl. Studienseminar für das Lehramt Sek II	Püttlingen
Dr. Christoph Rabbow	Studienseminar für das LA an Gymn.	Stade
Karsten Reckleben		Hamburg
Detlef Rebentisch	Lothar-Meyer-Gymnasium	Varel
Harald Sachs	Studienseminar für das LA an Gymn.	Hameln
Rudolf Schmidt	Staatl. Studienseminar für das Lehramt an Gymn.	Trier
Dr. Heinrich Schönemann	Studienseminar SII/Ge	Oberhausen
Carsten Tittel	Seminar für Didaktik und Lehrerbildung	Tübingen
Norbert Volkmer	Studienseminar für das LA an Gymn.	Braunschweig
Dr. Judith Wambach-Laicher	Lise-Meitner-Gymnasium	Leverkusen
Dr. Elisabeth Werner	Staatl. Seminar für Didaktik und Lehrerbildung	Freiburg
Helmut Zimmermann	Landesinstitut für Schule	Bremen

Werden Sie Mitglied im MNU!

Der Deutsche Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts wurde 1891 gegründet und ist heute mit ca. 6.000 Mitgliedern einer der großen Fachlehrerverbände Deutschlands.

Er vertritt die Fachinteressen der Lehrerinnen und Lehrer für Mathematik, Biologie, Chemie, Physik und Informatik aller Schulformen in den Ländern und über die Landesgrenzen hinaus.

Er tritt für die Stärkung des Interesses junger Menschen an den Naturwissenschaften und der Technik als Berufsperspektive ein.

**Besonderes Angebot
für Studenten und Referendare:
Beitragsfreie Mitgliedschaft
im 1. Mitgliedsjahr.**

Der Förderverein MNU bietet:

- den Bezug der renommierten Zeitschrift alle sechs Wochen
- jährlich eine neue Archiv-CD mit den Inhalten mehrerer Jahre zur Erleichterung der Unterrichtsvorbereitung und zur Erstellung von Arbeitsblättern
- praxisbezogene Lehrerfortbildung durch Landesverbandstagungen
- jährlich einen großen Fortbildungskongress mit bis zu 2000 Teilnehmern
- Lehrplantagungen zur Koordinierung der Lehrplanarbeit in den Bundesländern
- Fachleitertagungen über die Ländergrenzen hinweg



Weitere Informationen finden Sie unter: www.mnu.de



Der mathematische und
naturwissenschaftliche
Unterricht

Januar 2009 • € 12,50
Sonderausgabe

Sonderausgabe Astronomie

- Astronomie und Raumfahrt gehören in die Schule!
- Gesellschaftliche Einwirkungen auf das physikalische Weltbild
- Mathematik und Astronomie der Griechen
- Die Präzessionssternkarte
- Eratosthenes Internet Projekt
- Themen der astronomischen Forschung im Unterricht

- Ein permanent schwingendes Foucault-Pendel für Schulen
- Das grafische Foucault-Pendel
- Die analemmatische Bodensonnenuhr
- Astronomische Monumentaluhren
- Die astronomische Uhr in St. Marien zu Rostock

Astronomie

Format A4, 64 Seiten Inhalt, 4-farbig

Best.-Nr. 1606, Preis: € 12,50 inkl. Versandkosten

Anregungen für den Unterricht

Editorial

HERWIG KRÜGER – HEIKE THEYSEN

Astronomie und Raumfahrt gehören in die Schule!

ULRICH UFFRECHT

Gesellschaftliche Einwirkungen auf das physikalische Weltbild

CLAUS MEYER-BOTHLING

Mathematik und Astronomie der Griechen

KURT HAWLITSCHKE

Die Präzessionssternkarte

ARNOLD ZENKERT

Der Heikendorfer Globus

ARNOLD OBERSCHELP

Eratosthenes Internet Projekt

JÖRG HEIECK

Themen der astronomischen Forschung im Unterricht

OLAF FISCHER – JAKOB STAIDE – ULRIKE GREENWAY

Ein permanent schwingendes Foucault-Pendel für Schulen

ROLAND SZOSTAK

Das grafische Foucault-Pendel

MANFRED EULER – GERT BRAUNE

Die analemmatische Bodensonnenuhr

ARNOLD ZENKERT

Astronomische Monumentaluhren

ERNST-REINHOLD MEWES

Die astronomische Uhr in St. Marien zu Rostock

HELGA KNOPF – JULIANE HELKE – INGOLF SÖLLIG –
KONSTANTIN WEHRHAHN – HANS ERICH RIEDEL

Lieferung nur gegen Vorkasse. Bestellungen richten Sie bitte an:

Verlag Klaus Seeberger • Vossenacker Straße 9 • 41464 Neuss • info@seeberger-verlag.de



Der mathematische und
naturwissenschaftliche
Unterricht

Januar 2009 • € 12,50
Sonderausgabe

Sonderausgabe Evolution

- Die Sonderstellung des Menschen im Lichte neuerer Erkenntnisse der Evolutionsbiologie
- Stiefmuttermärchen und kollektive Verbrechen
- Die Darwinfinken von Galapagos
- Hyänenhunde – kühle Taktiker beim Energieeinsatz in heißen Savannen
- Biologieunterricht in naturgeschichtlicher Perspektive

- Hybridisierung als ein Evolutionsfaktor?
- Simulationsspiel: Die natürliche Auslese (Selektion)
- Die Bedeutung der fossilen Fußspuren von Laetoli
- Modellversuch zum Thema Evolution
- Evolution, Bäume und Algorithmen
- Bioinformatik zum Ausprobieren
- Evolution von kooperativem Verhalten

Evolution

Format A4, 68 Seiten Inhalt, 4-farbig

Best.-Nr. 1607, Preis: € 12,50 inkl. Versandkosten

Evolution – das Rückgrat der Biologie

DITTMAR GRAF

Die »Sonderstellung« des Menschen im Lichte neuerer Erkenntnisse der Evolutionsbiologie

ANDREAS PAUL

Stiefmuttermärchen und kollektive Verbrechen

BERNHARD VERBEEK

Die Darwinfinken von Galapagos

JÜRGEN NIEDER

Hyänenhunde – kühle Taktiker beim Energieeinsatz in heißen Savannen

ROLAND KOPPL

Hybridisierung als ein Evolutionsfaktor?

CHRISTOPH RANDLER

Simulationsspiel: Die natürliche Auslese (Selektion)

SILVIA DOMINIK

Die Bedeutung der fossilen Fußspuren von Laetoli

SILVIA DOMINIK

Modellversuch zum Thema Evolution

SILVIA DOMINIK

Evolution, Bäume und Algorithmen

D. DOSSING – V. LIEBSCHER – H. WAGNER – S. WALCHER

Bioinformatik zum Ausprobieren

FABIAN SEYFRIED

Evolution von kooperativem Verhalten

MICHAEL RECK – STEFAN MAIER

Biologieunterricht in naturgeschichtlicher Perspektive – Teil I

ESTHER M. VAN DIJK – ULRICH KATTMANN

Biologieunterricht in naturgeschichtlicher Perspektive – Teil II

ESTHER M. VAN DIJK – ULRICH KATTMANN