



Lernlinien zur Verknüpfung von Kontextlernen und Kompetenzentwicklung

Ilka Parchmann, Wolfgang Bänder, Reinhard Demuth, Julia Freienberg, Reinhold Klüter und Bernd Ralle

(Chemie-)Unterricht soll besser werden – nur wie? Schaut man sich die derzeitigen Aktivitäten in Deutschland an, so scheinen diese (zumindest auf den ersten Blick) nicht unbedingt aus einem gemeinsamen und übergeordneten Konzept hervor zu gehen. Zwar gibt es durchaus empirische Befunde, die verschiedene Problembereiche des naturwissenschaftlichen Unterrichts nachweisen, einheitliche und allgemein gültige Handlungsanweisungen lassen sich aufgrund der Komplexität des Systems Schule daraus aber nicht einfach ableiten. So mag man gelegentlich sogar den Eindruck bekommen, dass vorgeschlagene Maßnahmen untereinander gar nicht kompatibel sind: Wie sollen auf der einen Seite immer mehr zentrale Zielvorgaben und Tests zu den auf der anderen Seite ebenso geforderten stärkeren Freiheiten und Verantwortlichkeiten von Schulen und Lehrkräften passen? Dieser Beitrag zeigt einen Weg auf, wie gerade die in den Bildungsstandards und den neuen *Einheitlichen Prüfungsanforderungen für die Abiturprüfung* [1] genannten Kompetenzbereiche sowie die damit verbundenen geforderten Standards als Ziele von Chemieunterricht mit flexiblen und offenen Wegen der Unterrichtsgestaltung verbunden werden können. Auch – oder gerade – für eine Konzeption wie *Chemie im Kontext* ist eine solche Verknüpfung von zentralen Vorgaben und dem gewünschten schülerorientierten Unterricht unerlässlich. Im Folgenden wird daher nach einer kurzen Darstellung des zugrunde liegenden Verständnisses von Standards und Kompetenzentwicklungen ausgeführt, wie die Prämissen von *Chemie im Kontext* durch so genannte „Lernlinien“ mit der Möglichkeit einer systematischen Kompetenzentwicklung verbunden werden und wie Unterrichtseinheiten in diesem Sinne bewertet und weiter entwickelt werden können. Eine besondere Bedeutung kommt hier geeigneten Aufgaben zu, die Lehrenden und Lernenden eine Rückmeldung über den erreichten Lernstand geben und eine Orientierung an von außen gesetzte Anforderungen ermöglichen. Eine empirische Überprüfung zur Formulierung tatsächlich messbarer Kompetenzentwicklungen kann und muss zukünftig die Tragfähigkeit eines solchen Ansatzes nachweisen.

Stichworte: Bildungsstandards · Lernlinien · Chemie im Kontext

1. Theoretischer Hintergrund

Zielvorgaben durch Bildungsstandards

Bildungsstandards, wie sie derzeit in das deutsche Schulsystem eingeführt werden, benennen Ziele im Sinne von Kompetenzen, die Schülerinnen und Schüler zum Mittleren Schulabschluss in der Regel erreicht haben sollen. Sie machen bewusst keine Vorgaben darüber, in welcher Weise und anhand welcher Inhalte diese Kompetenzen im Unterricht entwickelt werden sollen. Es bleibt also die Aufgabe – und damit die Chance! – für die Länder, die Schulen und die einzelnen Lehrerinnen und Lehrer, bewährte Curricula und erfolgreiche Beispiele für eine mögliche Kompetenzentwicklung durch Chemieunterricht auszuwählen, aufzuzeigen und weiter zu entwickeln. Als Kompe-

tenzbereiche werden für den Mittleren Schulabschluss für alle naturwissenschaftlichen Fächer – für das Fach Chemie auch für die Abiturprüfung – die folgenden vier benannt (vgl. Tab. 1):

Tab. 1: Kompetenzbereiche der Bildungsstandards [1, S. 6]

Kompetenzbereiche im Fach Chemie	
Fachwissen	chemische Phänomene; Begriffe; Gesetzmäßigkeiten kennen und Konzepten zuordnen
Erkenntnisgewinnung	experimentelle und andere Unterrichtsmethoden sowie Modelle nutzen
Kommunikation	Informationen sach- und fachbezogen nutzen und austauschen
Bewertung	chemische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten

Die Fokussierung auf diese vier Bereiche beruht zum einen auf der angestrebten Umsetzung des Bildungskonzepts *Scientific Literacy*, wie es von der OECD als Basis für die PISA-Studie 2003 formuliert wurde: „*Naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy) ist die Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen.*“ [2].

Wolfgang Bänder, Jahrgang 1941, Chemie-Diplom und Promotion im Fachbereich Chemie der Universität Hamburg. Seit 1974 im IPN in der Abteilung Chemiedidaktik als wiss. Angestellter. Forschungen und Arbeiten zur Expertisenentwicklung, integriertem naturwissenschaftlichen Unterricht und Lehrerfortbildung. Mitarbeit in europäischen Lehrerbildungsprojekten u.a. zum Bereich Professionalisierung und Kompetenzförderung sowie Geschäftsführer zur Auswahl und Vorbereitung zur Internationalen Chemie-Olympiade.

Reinhard Demuth, siehe CHEMKON 12/2 (2005) S. 55

Julia Freienberg, Jahrgang 1974, studierte Chemie und Biologie für das Lehramt an Gymnasien an der Universität Rostock, promovierte dort 2003 mit Auszeichnung und absolvierte anschließend ihr Referendariat. Seit 2005 ist sie als Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Arbeitskreis von Prof. Dr. I. Parchmann an der Universität Oldenburg tätig.

Reinhold Klüter, Jahrgang 1950, studierte Chemie und Biologie für das Lehramt an Gymnasien an der Universität Mainz, Referendariat am Studienseminar in Detmold, seit 1985 Fachdezernent für die Fächer Biologie und Chemie bei der Bezirksregierung in Arnsberg, Vorsitz in den Lehrplankommissionen Chemie, Gymnasiale Oberstufe/SII NRW(1997-1999) und derzeit Kernlehrplan Chemie NRW; Mitglied der EPA-Kommission Chemie sowie der KMK-Kommission Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss.

Ilka Parchmann, siehe CHEMKON 12/2 (2005) S. 55

Bernd Ralle, siehe CHEMKON 12/2 (2005) S. 55

Korrespondenz-Anschrift:

Prof. Dr. Ilka Parchmann, Universität Oldenburg, Fakultät V, Didaktik der Chemie, Postfach 2503, 26111 Oldenburg

E-Mail: ilka.parchmann@uni-oldenburg.de

Herrn Prof. Dr. Hans Joachim Bader zur Vollendung seines 60. Lebensjahres gewidmet.

Zum anderen stellt die Verknüpfung aller vier Bereiche einen Weg des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens dar (vgl. Abb. 3), der den Lernenden als Ziel von Unterricht ebenso vermittelt werden soll. Schließlich berücksichtigt die Auswahl der genannten vier Kompetenzbereiche die unterschiedlichen Interessen und Fähigkeiten von Lernenden, da sehr vielfältige Aktivitäten und Handlungen notwendig sind, um tatsächlich ein naturwissenschaftliches Problem lösen und bewerten zu können, so wie es die Bildungsstandards fordern.

Kompetenzentwicklung durch Unterricht?

Die Berücksichtigung (authentischer) Problemsituationen und vielfältiger kognitiver und affektiver Voraussetzungen der Lernenden leitet sich unmittelbar aus dem von Weinert geprägten Kompetenzbegriff ab: Kompetenzen werden verstanden als „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernten kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösung in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ [1, S. 6]. In den Ausführungen zu den Bildungsstandards wird weiter festgestellt, dass Kompetenzen eine fachbezogene Inhalts- und eine Handlungsdimension aufweisen, die – wie das zuvor genannte Zitat aussagt – durch affektive Komponenten (z.B. „Wollen“) ergänzt werden. In der Chemie spielen neben den hier erwähnten kognitiven Fähigkeiten zudem manuelle Fertigkeiten eine Rolle, etwa für das Durchführen experimenteller Untersuchungen. Was bedeutet ein solches Verständnis von Kompetenz für die Gestaltung von Lernprozessen, die die Entwicklung von Kompetenz anstreben? Zum einen, dass neben dem Aufbau von Wissen ebenso die verschiedenen Handlungen geübt und die affektiven Faktoren berücksichtigt werden müssen. Zum anderen macht es diese Orientierung auf die Kompetenzentwicklung der Lernenden erforderlich, dass eine möglichst zuverlässige, auf das Individuum bezogene Rückmeldung über die Ergebnisse der Unterrichtsprozesse erfolgt. Derartige Rückmeldungen müssen dabei die gesamte Spanne von den Lernvoraussetzungen bis zu den Ergebnissen umfassen, um tatsächliche Lernfortschritte im Sinne von Kompetenzentwicklungen beschreiben und gezielt unterstützen zu können. Die Darlegung von im Unterricht behandelten Inhalten, wie sie in vielen Lehrplänen vorgegeben und letztlich durch Einträge in die Klassenbücher dokumentiert werden, sagt allein noch nichts über eine tatsächliche Kompetenzentwicklung der Lernenden aus. Es ist vielmehr notwendig, Inhalte und Wege der Instruktion (als Lernangebote) mit der Beobachtung der tatsächlichen Konstruktion (als Lernprozesse) zu verknüpfen und über eine Reflexion eine aufbauende Kompetenzentwicklung anzubahnen und zu erfassen (vgl. Abb. 1).

Kompetenz – mehr als Wissen!

Um eine Kompetenzentwicklung durch Unterricht zielgerichtet anstreben und unterstützen zu können, ist es notwendig, die verschiedenen Dimensionen oder Komponenten von „Kompetenz“ genauer zu charakterisieren und inhaltlich zu füllen [3]. Auf einer ersten Ebene geschieht dies bereits durch die Bil-

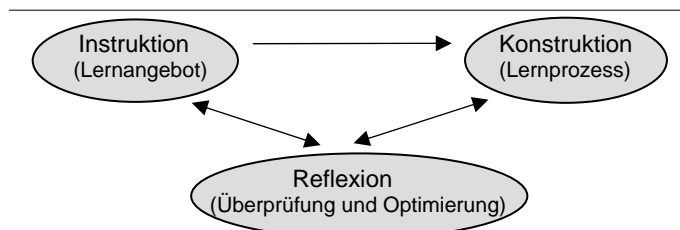


Abb. 1: Kompetenzentwicklung durch die Verknüpfung von Instruktion, Konstruktion und Reflexion

dungsstandards selbst, weitere Konkretisierungen müssen durch Kerncurricula und Abstimmungen an Schulen erfolgen.

Die **Inhaltsdimension** wird in allen naturwissenschaftlichen Fächern durch Basiskonzepte (aufbauend auf die jeweiligen Leitlinien bzw. Leitideen der Fächer, vgl. [4]) strukturiert und beschrieben. Wir verstehen unter einem naturwissenschaftlichen Basiskonzept die *strukturierte Vernetzung aufeinander bezogener Begriffe, Theorien und erklärender Modellvorstellungen, die sich aus der Systematik eines Faches zur Beschreibung elementarer Prozesse und Phänomene als relevant herausgebildet haben*. Für das Fach Chemie sind dies laut Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss im Bereich *Fachwissen* das Stoff-Teilchen-Konzept, das Konzept der Struktur-Eigenschafts-Beziehungen, Konzepte der chemischen Reaktion und das Energiekonzept (bezogen auf chemische Prozesse). In den EPA werden die Konzepte der chemischen Reaktion ausdifferenziert, ein Verständnis für Donator-Akzeptor-Prozesse und quantitative Reaktionsverläufe sowie Steuerungsmöglichkeiten (chemisches Gleichgewicht, Kinetik) sollen bis zum Abitur entwickelt werden. Betrachtet man die anderen drei Kompetenzbereiche, so kann angenommen werden, dass auch dort für die Ausführung einer Handlung systematisches Wissen vorliegen muss. Für ein erfolgreiches Anwenden von Verfahren der *Erkenntnisgewinnung* ist es notwendig, die grundlegenden Schritte und Bedingungen des naturwissenschaftlichen Arbeitens zu kennen, etwa für die Eingrenzung von Variablen, die Betrachtung relevanter Daten oder die Auswahl von Hypothesen und experimentellen Verfahren [5]. Diese Kenntnisse und deren Verknüpfung zu einem Konzeptverständnis bilden die Voraussetzung für eine zielgerichtete praktische Durchführung (experimenteller) Untersuchungen. Für den Bereich der *Kommunikation* lässt sich ein Konzept der chemischen Fachsprache formulieren, das die Grundlage für Textanalysen, für eigene Präsentationen sowie für Übersetzungen zwischen Alltags- und Fachsprache darstellt. Schließlich kann auch für den vierten Bereich des *Bewertens* zunächst eine fachliche Verständnisbasis formuliert werden, auch wenn diese vermutlich komplexer ist und fachübergreifend erweitert werden muss, wie verschiedene Untersuchungen zeigen (vgl. [6]). Dem ersten Kompetenzbereich liegt somit überwiegend fachimmanentes Wissen zugrunde, während in den anderen Bereichen zunehmend übergreifende naturwissenschaftliche und interdisziplinäre Wissensbestände hinzukommen. Dieses Wissen, das sich kumulativ zu einem Konzeptverständnis entwickeln soll (vgl. Abb. 4), stellt die Basis für die damit verbundenen Handlungen und damit für die angestrebte Kompetenzentwicklung dar.

Die **Handlungsdimension** lässt sich entsprechend aus den vier Kompetenzbereichen ableiten: Für den ersten Bereich, der mit dem Begriff *Fachwissen* gekennzeichnet wurde, stellen die charakteristischen Basiskonzepte die Grundlage dar, um Fragestellungen zur Deutung von Phänomenen und zur Steuerung von Prozessen durch das Anwenden von Modellvorstellungen zu bearbeiten. Im zweiten Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* steht das Anwenden verschiedener chemischer Untersuchungsverfahren im Blickpunkt. Für die Chemie sind hier insbesondere das Experimentieren in Verbindung mit der Entwicklung von Modellvorstellungen und das vergleichende Systematisieren von Bedeutung. Der dritte Bereich erfasst die *Kommunikation* über Medien und mit anderen Personen, also sowohl die eigene Auseinandersetzung mit Informationen als auch den sozialen Austausch mit anderen, der ebenfalls einen wichtigen Aspekt der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (im Sinne einer wissenschaftstheoretischen Betrachtung der „Nature of Science“) darstellt. Der vierte Bereich betrachtet schließlich das tatsächliche *Bewerten* und Einordnen von Aussagen, Beobachtungen, Erkenntnissen und Entscheidungsprozessen.

Als Kombination der Inhalts- und Handlungsdimension werden zu den vier Bereichen Standards formuliert (z.B. (E1) *Die Schülerinnen und Schüler erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mit Hilfe chemischer Kenntnisse und Untersuchungen, insbesondere durch chemische Experimente, zu beantworten sind.* [1, S.12]). Die weitere Differenzierung der Inhalts- und der Handlungsdimensionen ist notwendig, um Lehrkräften in der Praxis Hilfestellungen für die Unterrichtsgestaltung zu geben und Kompetenzentwicklungen auf verschiedenen Stufen untersuchen zu können. Dazu werden derzeit in verschiedenen Bundesländern Kerncurricula erstellt, die zum einen eine Abfolge von Standards zur Kompetenzentwicklung über die einzelnen Schuljahre hinweg aufzeigen. Diese werden mit Inhalten (Begriffe, Beispiele) verbunden, die die abstrakten Konzepte konkretisieren sollen. Zum anderen werden oftmals Rahmenthemen angeführt, die zur Erarbeitung der geforderten Standards dienen können. Die Auswahl und Gestaltung der einzelnen Unterrichtseinheiten sowie deren methodische Umsetzung bleibt nach wie vor Aufgabe der Fachkollegien an Schulen.

Für die Entwicklung von Aufgaben, die die Erarbeitung und Anwendung von Wissen auf verschiedenen Stufen der Konzeptentwicklung erfassen, ist nach der Weinert'schen Kompetenzdefinition noch ein weiterer Aspekt zu beachten: Die **affektiven Komponenten** beinhalten neben motivationalen Faktoren auch Einstellungen und Bereitschaften zum Handeln. Eine Differenzierung und Verknüpfung dieser Aspekte mit kognitiven Leistungen der Schüler in Tests wird unter Umständen mit Hilfe der PISA 2006 – Studie möglich, die für die untersuchten Wissensgebiete affektive Aspekte mit erhoben hat. Eine hilfreiche Aussage für die Planung von Unterricht lässt sich auch aus verschiedenen Interessenstudien gewinnen. So beschreiben Hoffmann et al. das Interesse als Konstrukt aus einem Inhalt, einem Kontext und einer Tätigkeit [7]. Die Verknüpfung dieser drei Parameter muss daher sowohl in der Gestaltung von Unterricht als auch für Lern- und Testaufgaben berücksichtigt werden.

Es soll nun auf der Basis dieser theoretischen Ausführungen exemplarisch aufgezeigt werden, wie Lehrkräfte und Fachdidaktiker im Projekt *Chemie im Kontext* die Bildungsstandards zur Reflexion, Planung und Gestaltung von Unterricht nutzen.

2. Situiertes und systematisches Lernen nach *Chemie im Kontext*

Die drei Säulen der Unterrichtskonzeption von *Chemie im Kontext* benennen die Forderungen nach einem Unterricht, der 1. von Kontexten ausgeht, die den Lernenden ein Anknüpfen an ihre Fragen, Interessen und Vorstellungen ermöglicht, der 2. die erarbeiteten Inhalte systematisch zu Basiskonzepten verknüpft und diese als Erklärungsgrundlage in nachfolgenden Lernprozessen zur Verfügung stellt und der 3. durch vielfältige Unterrichtsmethoden eine hohe Lernaktivität ermöglicht [8].

Diese drei Säulen lassen sich auf die zuvor genannten Dimensionen von Kompetenz übertragen: Die Auswahl und Gestaltung von Kontexten und Aktivitäten ermöglicht eine vielfältige Berücksichtigung und Entwicklung der affektiven Komponenten (Motivation, Einstellungen u. a.). Die Strukturierung über Basiskonzepte bietet die Grundlage für eine systematische Entwicklung und Ausdifferenzierung der Inhaltsdimension. Die methodische Gestaltung des Unterrichts bietet Zugänge zu den verschiedenen, über die vier Kompetenzbereiche geforderten Handlungen, die erst in ihrer Verknüpfung das Denken und Arbeiten von Naturwissenschaftlern widerspiegeln können, wie es Abb. 3 veranschaulicht.

Das schon in der SINUS-Expertise zur Verbesserung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts [9] geforderte Wechselspiel zwischen der situierten Erarbeitung und Anwendung von Wissen („Kasuistik“) und einer systematischen Konzeptentwicklung war von Beginn an eine der grundlegenden Forderungen von *Chemie im Kontext* (vgl. [8]) und stellt ebenso eine entscheidende Basis für die erfolgreiche Arbeit mit Bildungsstandards dar: Kompetenzen bedeuten immer eine Anwendung von Wissen und machen damit konkrete Fragestellungen und Anwendungssituationen erforderlich. Gelingt jedoch das Herauslösen der gewonnenen Erkenntnisse aus diesen situativen Kontexten nicht, so werden Lernende kaum in der Lage sein, ihr Wissen auch auf neue und unbekannte Situationen anwenden zu können. Eben dies ist aber eine der wesentlichen Aussagen des Kompetenzbegriffs selbst und auch Voraussetzung für ein erfolgreiches Bestehen zentraler – und damit weniger auf einen konkreten Unterricht und gewohnte Aufgabenstellungen zugeschnittene – Prüfungen.

Die situative und exemplarische Anwendung von Wissen zur Bearbeitung konkreter Fragestellungen ist folglich eine entscheidende Grundlage für die Entwicklung fachbezogener Kompetenzen. Eine zweite Säule stellt das damit verbundene Abstrahieren und Zuordnen dieses Wissens (Begriffe, Beispiele u.a.m.) zu den strukturierenden Konzepten einer Fachdisziplin dar. Diese stellen für uns eine Zielorientierung im Sinne angestrebter „Lernlinien“ dar, wie die Abb. 2 (S. 127) und die Abb. 3 (S. 128) veranschaulichen.

„Lernlinien“ zur Unterrichtsplanung und Reflexion

Die Berücksichtigung der Interessen und Lernvoraussetzungen der Schüler erfordert eine flexible Auswahl und Anordnung von Kontexten. Dies muss jedoch – wie gefordert – mit einer systematischen Entwicklung von Basiskonzepten und Kompetenzen verbunden werden.

Wir verwenden Lernlinien um zu zeigen, in welchen Schritten sich Basiskonzepte und darauf aufbauend Kompetenzen entwickeln können (vgl. Abb. 4). Sie bieten auf der Planungsebene eine Möglichkeit, Unterrichtseinheiten mit ausgewählten Schwerpunkten der verschiedenen Konzepte und Kompetenzbereiche zu verbinden und durch die Verknüpfung von Einheiten Curricula aufzustellen (vgl. Tab. 2). Sie sind damit in ihrer Funktion etwa den Darstellungen eines Spiralcurriculums vergleichbar, wobei sich letzteres ausschließlich auf Fachinhalte bezog. Weiterhin können mit Hilfe von Lernlinien gezielt Aufgaben für die Erarbeitung, Übung und Diagnose ausgewählter Standards entwickelt werden, die Aussagen über ein bereits entwickeltes Konzeptverständnis oder die Ausprägung einer bestimmten Kompetenz zulassen (vgl. [10]).

Schließlich bieten Lernlinien den Lehrenden und Lernenden eine Orientierung, um den zurückliegenden Unterricht zu reflektieren und bestimmte Konzeptinhalte und Tätigkeiten wieder in Erinnerung zu rufen und zu festigen (vgl. Tab. 2). Für die Reflexion und Optimierung von Unterricht bieten sie somit eine Basis für den Vergleich der angestrebten Lernlinien mit den tatsächlichen, individuell sicherlich unterschiedlichen Lernlinien.

Abb. 2 skizziert diese angestrebte Kombination von Lernlinien und Kontextinhalten: Die aufsteigenden Linien stellen die Zielorientierung der Lernlinien dar. Zur Erschließung der gewählten Kontexte (dargestellt durch die Kreise) werden Konzepte zur Bearbeitung konkreter Fragestellungen angewendet (dargestellt durch die hineinragenden Pfeile). Da dies auf jeder Stufe der Konzeptentwicklung erfolgt, wird durch eine solche Kombination der Wissens- und der Handlungsdimension (unter Berücksichtigung der affektiven Komponenten) auch eine gewünschte Kompetenzentwicklungen möglich.

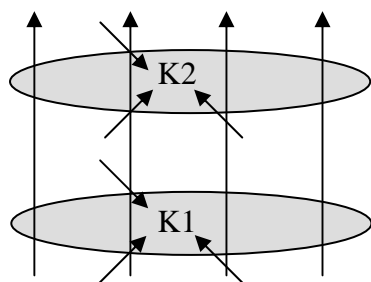


Abb. 2: Modell zur Kombination von Kontextunterricht und Lernlinien (Lernlinien werden nachfolgend in der SII weiter ausdifferenziert.)

Für *Chemie im Kontext* verknüpfen Lernlinien somit den Anspruch der flexiblen Auswahl und Gestaltung von Kontexteinheiten mit der zweiten Säule der Konzeption: einer strukturierten Erarbeitung chemischer Basiskonzepte (vgl. Tab. 2). Dabei möchten wir jedoch deutlich einem Missverständnis vorbeugen: Der Begriff „Lernlinie“ suggeriert womöglich, dass alle Lernenden quasi „im Gleichschritt“ den Unterricht durchlaufen

und damit alle zur gleichen Zeit dieselben Lernvoraussetzungen haben – dass dies nicht der Fall ist, haben schon allein die zahlreichen Untersuchungen zu Schülervorstellungen und deren (Nicht-)Veränderung gezeigt. Nach unserem Verständnis sollen Lernlinien nur aufzeigen, welche zunehmend umfassenderen Erklärungszugänge ein Basiskonzept bietet (vgl. Abb. 4) und wie sich dieses (auch) durch Chemieunterricht zielorientiert entwickeln kann. Die Überprüfung des tatsächlichen, individuellen Lernfortschritts ist dabei eine unerlässliche Rückmeldung.

Kontexte erschließen – Kompetenzen entwickeln

Die Abb. 3 (S. 128) zeigt, wie durch die Anwendung von Wissen zur Ausführung von Handlungen (bezogen auf alle vier Kompetenzbereiche) Fragestellungen erschlossen werden können. Dabei fließen Vorkenntnisse in den Prozess ein, und es müssen ebenso die hinzu gewonnenen Erkenntnisse aus dem konkreten Kontext herausgelöst werden. Die grundlegenden Denk- und Arbeitsweisen kehren aber prinzipiell in allen verschiedenen Einheiten wieder, wenn auch mit unterschiedlichen Schwerpunkten. Mit dem dargestellten Vorgehen lässt sich Unterricht im Sinne von *Chemie im Kontext* wie folgt beschreiben:

In der *Begegnungsphase* wird den Schülern ein Kontext präsentiert mit dem Ziel, dass sie für die nachfolgende Erarbeitung Fragen formulieren, indem sie ihre eigenen Interessen mit bereits vorhandenem Vorwissen und neuen Informationen verknüpfen. Hier werden erste Ideen für die notwendigen Handlungsschritte überlegt.

Die *Neugier- und Planungsphase* schlägt die Brücke zwischen dieser ersten Begegnung und der weiteren Erarbeitung, indem Fragen zielgerichtet ausgewählt und Untersuchungsschritte geplant werden. Auch dabei muss Vorwissen herangezogen und ggf. in neue Zusammenhänge gestellt werden. Weitere Informationen werden recherchiert und zur Planung der nachfolgenden Handlungsschritte genutzt.

Die Gestaltung der *Erarbeitungsphase* ergibt sich je nach Lernvoraussetzungen, den Möglichkeiten der Lernumgebung sowie den zeitlich umsetzbaren Schwerpunktlegungen. In jedem Fall aber sollen die Schüler Wege der Problemfindung, der anschließenden Erkenntnisgewinnung und der Kommunikation selbst erfahren und erproben können und zunehmend selbstständig Hypothesen prüfen und Schlussfolgerungen aus ihren Untersuchungen ziehen können.

Die letzte *Phase der Vertiefung und Vernetzung* schließlich reflektiert die dazu gewonnenen Erkenntnisse zum einen vor dem Hintergrund der nun besser möglichen Bewertung des Kontextes und der Klärung der aufgeworfenen Fragen. Zum anderen muss für einen kontinuierlichen Lernprozess ebenso eine Reflexion vor dem Hintergrund des jetzt erreichten Verständnisses der verschiedenen Basiskonzepte erfolgen.

Die Orientierung an den vier Kompetenzbereichen der Bildungsstandards stellt für *Chemie im Kontext* (und sicherlich auch für andere Konzeptionen) kein Umdenken, sondern vielmehr eine sinnvolle Grundlage für die Planung und Strukturierung von Unterricht dar. Die Kombination von Kontexteinheiten bietet die Möglichkeit, Wissen durch Basiskonzepte systematisch aufzubauen und durch die wiederholte Anwendung Kompetenzen zu entwickeln, wobei die Wahl der Kontexte variabel bleibt.

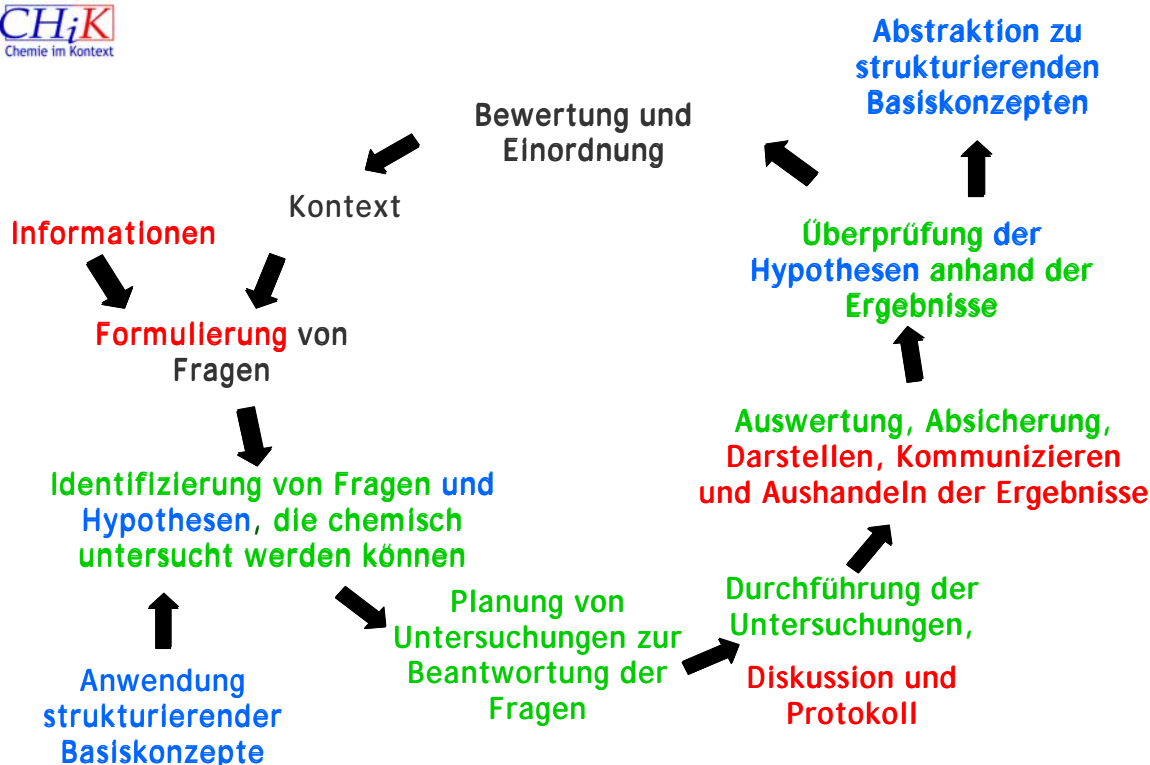


Abb. 3: Übersicht über die Verknüpfung der vier Kompetenzbereiche zur naturwissenschaftlichen Erschließung eines Kontextes (die Handlungsschritte sind farblich markiert, um die Zuordnung zu den Kompetenzbereichen aufzuzeigen: grau: Kompetenzbereich Bewerten, rot: Kompetenzbereich Kommunikation, grün: Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung und blau: Kompetenzbereich Fachwissen)

3. Konzepte strukturiert entwickeln

Schon allein aus Zeitgründen müssen für eine solche Vorgehensweise in unterschiedlichen Jahrgangsstufen und Themengebieten natürlich unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt werden. So stehen nach den Vorstellungen von *Chemie im Kontext* im Anfangsunterricht der Klassenstufen 5/6 ein grundlegendes Verständnis und die Entwicklung von Kompetenzen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung stärker im Vordergrund. In den nachfolgenden Jahrgängen sollen darauf aufbauend Kompetenzen für ein zielgerichtetes Verknüpfen der (experimentellen) Untersuchung von Phänomenen mit der Deutung durch Modelle zunehmend ausgebaut werden.

So beobachten Kinder in der Grundschule zunächst Gegenstände und Prozesse auf der Basis ihrer Alltagserfahrungen. Spätestens in Klasse 5/6 soll sich mit der Fokussierung auf Stoffe eine „chemische Brille“ entwickeln, so dass eine erste Erarbeitung der geforderten Bildungsstandards möglich wird¹.

Wie in anderen Beiträgen zu *Chemie im Kontext* dargelegt, schlagen wir für die Entwicklung eines Stoff-Teilchen-Konzepts als weitere „Stufen“ die Einführung der Begriffe *Bausteine* und *Atome* und schließlich die weitere Differenzierung des Atommodells vor (vgl. Tab. 2 und Abb. 4, S. 130).

¹ Die Forderung nach entsprechenden anschlussfähigen Standards für den Sachunterricht der Grundschule möchten wir an dieser Stelle ausdrücklich unterstützen.

Entscheidend für die Ausbildung eines Erklärungskonzepts ist allerdings nicht allein die Einführung neuer Begriffe und Erklärungsebenen, sondern die Tatsache, dass diese in ein bereits vorhandenes Erklärungsnetz eingebunden werden. Unterricht muss daher, wie vielfach gefordert, nicht additiv neue Wissensbestände hinzufügen, sondern Möglichkeiten der Vernetzung und damit auch der Wiederholung bereits vorhandener Begriffe und Erklärungsebenen anbieten. Nach einem solchen Modell ist es durchaus möglich, dass zwar der Unterrichtsgang einer Lernlinie folgt, dass dennoch aber die Lernenden an ihrem jeweiligen Wissensstand ansetzen und ihr Konzept individuell erweitern und ausbauen können. Erst das wiederholte Aufgreifen zentraler Begriffe im Sinne eines fortwährend wiederkehrenden Anwendens der Basiskonzepte ermöglicht die Entwicklung individueller Lernlinien, die am Ende geforderte Standards erfüllen können.

Zur Verdeutlichung dieser angestrebten Entwicklung eines Konzeptverständnisses haben wir in Abb. 4 (S. 130) eine Darstellung gewählt, die aufzeigt, dass die jeweils neu hinzukommenden Erklärungsmöglichkeiten nicht additiv ergänzt, sondern mit den bereits vorhandenen Ebenen verknüpft werden, um ein zunehmend ausdifferenziertes Basiskonzept zur Erklärung eines Phänomens oder zur Ausführung einer Handlung nutzen zu können. Eine solche Darstellung betont die Notwendigkeit, bereits erarbeitete Standards fortlaufend zu wiederholen und in neuen Kontexten wieder anzuwenden.

Tab. 2: Verknüpfung von ausgewählten Einheiten nach *Chemie im Kontexten* mit Abschnitten von Lernlinien und Bildungsstandards

Kompetenzbereiche, Konzepte, Bezüge zu Lernlinien und ausgewählten Bildungsstandards							
	Phänomene und Prozesse erklären und steuern				Erkenntnisse durch Untersuchungen gewinnen	Erkenntnisse und Argumente kommunizieren	Erkenntnisse und Entscheidungsprozesse bewerten
Kontexteinheiten	Stoff-Teilchen-Konzept	Struktur-Eigenschafts-Konzept	Konzepte der chemischen Reaktionen	Energiekonzept			
Vorkoster in Not [1]	<p>Gegenstände ↔ Stoffe ↔ Bausteine</p> <p>F1.1: S. nennen und beschreiben Getränke als Stoffgemische und die dort untersuchten Stoffe mit ihren typischen Eigenschaften.</p> <p>F1.2: S. beschreiben modellhaft den Aufbau von Zucker und Wasser aus identischen, charakteristischen Bausteinen.</p>	<p>Stoffeigenschaften, Ordnungsprinzipien: Eigenschaften, Bausteine</p> <p>F2.1: S. beschreiben die Aggregatzustände bei RT als ein mögliches Ordnungsprinzip für Stoffe.</p> <p>F2.2: S. nutzen ein einfaches Bausteinmodell zur Darstellung des Löseprozesses von Zucker in Wasser sowie zur Stofftrennung durch Filtration.</p> <p>F2.3: S. schließen aus den Eigenschaften ausgewählter Stoffe (in Abhängigkeit von der Konzentration) auf die Verwendung in Getränken, (z.B. Löslichkeit, Mischbarkeit, mengenabhängige gesundheitsgefährdende Wirkung).</p>	--	--	<p>Phänomene ↔ chemische Fragestellungen ↔ Untersuchungsverfahren ↔ Auswertung</p> <p>E1: S. erkennen und entwickeln geeignete Fragestellungen für die Untersuchung von Getränken.</p> <p>E2: S. planen geeignete Untersuchungen zur Trennung von Stoffgemischen am Beispiel von Getränken.</p> <p>E4-6: S. führen unter Beachtung der relevanten Sicherheitsaspekte Untersuchungen zur Stofftrennung und zu Stoffeigenschaften durch und erheben relevante Daten.</p>	<p>Alltagsbegriffe ↔ Fachbegriffe ↔ bildliche Modelldarstellungen, Informationsrecherche, Informationsdarstellung</p> <p>K1: S. recherchieren die Zusammensetzung von Getränken und</p> <p>K2: S. wählen chemisch interessante Informationen aus.</p> <p>K4: S. beschreiben Beobachtungen und Prozesse mit Hilfe von Modellen (hier am Beispiel des Löseprozesses von Zucker in Wasser).</p> <p>K6: S. protokollieren ihre Untersuchungen.</p>	<p>Anwendungsgebiete ↔ chemische Fragen ↔ Lösungswege</p> <p>B1: S. zeigen persönliche und gesellschaftlich bedeutsame Anwendungsfelder für chemische Kenntnisse und Berufsfelder im Zusammenhang mit Lebensmitteluntersuchungen auf.</p> <p>B2/3: S. nutzen Kenntnisse aus der Chemie und der Biologie, um Zusammenhänge zwischen Eigenschaften und der Zusammensetzung von Getränken herzustellen.</p>
Erwünschte Verbrennungen, unerwünschte Folgen [2]	<p>Gegenstände ↔ Stoffe ↔ Bausteine ↔ Atome</p> <p>F1.1: S. nennen und beschreiben Brennstoffe mit ihren typischen Eigenschaften.</p> <p>F1.2: S. beschreiben modellhaft den Aufbau von Brennstoffen aus identischen, charakteristischen Bausteinen sowie den Aufbau der Bausteine aus (verschiedenen) Atomsorten.</p>	<p>Stoffeigenschaften ↔ atomare Zusammensetzung der Bausteine</p> <p>Ordnungsprinzipien: Eigenschaften, Atomsorten</p> <p>F2.2: S. entwickeln und nutzen ein einfaches Atommodell zur Deutung der Erhaltung der Masse und zur Begründung von Kreisläufen und bringen dies mit den beobachteten Veränderungen auf der Stoffebene in Beziehung.</p> <p>F2.3: S. schließen aus der Brennbarkeit und der Verfügbarkeit von Stoffen auf ihren möglichen Einsatz als Brennstoffe.</p>	<p>Vernichtung von Gegenständen ↔ Veränderung von Bausteinen ↔ Erhaltung von Atomen</p> <p>F3.1: S. beschreiben die Stoffumwandlungen bei Verbrennungsprozessen unter Berücksichtigung der Brennstoffe und der Luft.</p> <p>F3.1: S. beschreiben die Energieumwandlungen bei Verbrennungsprozessen unter Berücksichtigung des Systems und der Umgebung.</p> <p>F3.2: S. deuten die stofflichen Veränderungen über die Erhaltung der Atome und die Zerlegung und Bildung neuer Bausteine.</p> <p>F3.2: S. beschreiben am Beispiel der Brennstoffe Kreisläufe in der Natur als ein System chemischer Reaktionen und erklären diese als „Atomkreisläufe“.</p>	<p>Stoffe als Energieträger ↔ Energieaustausch, Aktivierungsenergie</p> <p>F4.1: S. zeigen auf, wie sich der Energieinhalt der Umgebung verändert und</p> <p>F4.2: führen dies auf die Verbrennungsreaktionen zurück.</p>	<p>Phänomene ↔ chemische Fragestellungen ↔ Untersuchungsverfahren ↔ Hypothesen ↔ Auswertung</p> <p>E1: S. erkennen und entwickeln geeignete Fragestellungen für die Untersuchung von Brennstoffen.</p> <p>E2: S. planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung der Hypothese, dass alle Brennstoffe bei ihrer Verbrennung Kohlenstoffdioxid erzeugen.</p> <p>E4-6: S. führen unter Beachtung der relevanten Sicherheitsaspekte Untersuchungen zu Verbrennungsreaktionen durch und erheben relevante Daten.</p> <p>E7: S. nutzen ein einfaches Atommodell zur Deutung der Ergebnisse.</p> <p>E8: S. zeigen Verknüpfungen zwischen chemischen Erkenntnissen (hier bezogen auf die gleichen Atomsorten in den Bausteinen der Edukte und Produkte) und der Entwicklung alternativer Treibstoffe (hier bezogen auf den Kreislauf am Beispiel Biodiesel und die möglichen Produkte am Beispiel Wasserstoff) auf.</p>	<p>Alltagsbegriffe ↔ Fachbegriffe ↔ (bildliche Modelldarstellungen) (↔ Reaktionsschemata) Informationsrecherche Informationsdarstellung</p> <p>K1: S. recherchieren Vorkommen und Entstehung fossiler Brennstoffe (in gegebenen Quellen) und</p> <p>K2: S. wählen chem. Interessante Informationen aus.</p> <p>K5: S. stellen Zusammenhänge zwischen chemischen Sachverhalten (hier am Beispiel der atomaren Zusammensetzung von Bausteinen) und Alltagserscheinungen (hier Verbrennungsprozesse) her und</p> <p>K8: argumentieren dabei fachlich korrekt und folgerichtig über Vor- und Nachteile verschiedener Brennstoffe.</p>	<p>Anwendungsgebiete ↔ chemische Fragen ↔ Lösungswege</p> <p>B1: S. zeigen persönliche und gesellschaftlich bedeutsame Anwendungsfelder für chemische Kenntnisse und Berufsfelder im Zusammenhang mit der Entwicklung und Nutzung von Verbrennungsprozessen und Brennstoffen auf.</p> <p>B2/3: S. nutzen Kenntnisse aus der Chemie und der Biologie, um Zusammenhänge zwischen Eigenschaften und der Zusammensetzung von Brennstoffen herzustellen und</p> <p>B6: binden diese in Problemzusammenhänge und die Entwicklung von Lösungsstrategien ein.</p>

Lernlinie zur Entwicklung des Stoff-Teilchen-Konzepts

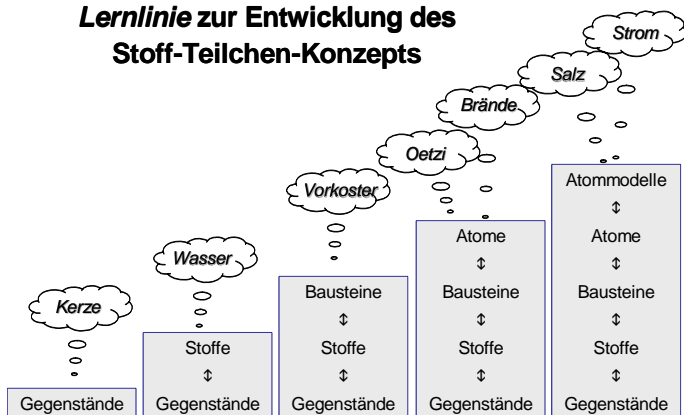


Abb. 4: Konzeptentwicklung als kumulative Entwicklung eines Begriffs- und Erklärungsnetzwerks, verknüpft mit exemplarischen Unterrichtseinheiten (eine inhaltliche Differenzierung der genannten Begriffe kann hier aus Platzgründen nicht dargestellt werden).

4. Ein Kontext – verschiedene Möglichkeiten!

Nach unseren Erfahrungen bieten sich für die Erarbeitung einzelner Abschnitte von Lernlinien oftmals verschiedene Kontexte an (z.B. *Der Vorkoster* oder *Die Shampoofabrik* für die Betrachtung von Stoffen und Stoffeigenschaften, *Erwünschte Brände* und/oder *Oetzi* für die Einführung von Stoffkreisläufen und Atomvorstellungen [11]). Ebenso bietet ein und derselbe Kontext in verschiedenen Jahrgangsstufen unterschiedliche Möglichkeiten, wie die folgenden Ausführungen zeigen:

Von der Kerze zu Ideen und Untersuchungen von Chemikern: Ein häufig zu findendes Thema für die Klassenstufen 5/6 oder schon für den Sachunterricht in der Grundschule ist das Feuer, verbunden mit dem Erschließen der Bedingungen für das Anzünden und Brennen eines Feuers sowie des sicheren Umgangs mit Feuer (vgl. [12]). Dies kann zum Beispiel anhand der historischen Überlegungen und experimentellen Untersuchungen von Michael Faraday zum Brennen einer Kerze erfolgen [13]. Die Schüler lernen daran das Erkennen von naturwissenschaftlichen Fragen und das systematische Untersuchen und Bearbeiten ausgewählter Fragestellungen oder Hypothesen. Mit dem Erarbeiten von Fachwissen erfolgt der Übergang von der unsystematischen Betrachtung von Gegenständen und Prozessen auf die gezielte Beschreibung von Stoffen und Prozessfaktoren im Sinne der Chemie, also mit Hilfe einer „chemischen Brille“. Mit den genannten Bedingungen und Voraussetzungen werden bereits eine Reihe grundlegender Bildungsstandards angesprochen, etwa zum Beschreiben von Stoff- und Energieumwandlungen (F3.1), zum Erkennen naturwissenschaftlicher, bedeutsamer Fragestellungen (E1, B1) oder zum Durchführen und Auswerten von Untersuchungen (E2-E6) (Hinweis: Die Nummern geben die in [1] fokussierten Standards an.)

Vom Phänomen der Vernichtung zur Idee der Erhaltung durch „Atomkreisläufe“: Die für die Jahrgangsstufe 8 entwickelte Unterrichtseinheit mit dem Titel „Erwünschte Verbrennungen, unerwünschte Folgen“ [14] strebt aufbauend auf phänomenologische Untersuchungen und Beschreibungen von Verbrennungsprozessen an, diese als chemische Reak-

tionen zu kennzeichnen. Erarbeitet werden dazu die Zusammenhänge zwischen Edukten und Produkten über die Formulierung von Kreisläufen und die Vorstellung von der Erhaltung der Atome. In dieser Einheit werden somit weiterführende Standards aus dem Bereich Fachwissen (z.B. F1.2, F3.2) erarbeitet, während die von Beginn an thematisierten Standards aus den Kompetenzbereichen Erkenntnisgewinnung und Kommunikation erneut aufgegriffen und vertieft werden (vgl. Tab 2). Für den vierten Kompetenzbereich ergibt sich durch die Einführung der Atommodelle eine zusätzliche Möglichkeit der Bewertung von Stoffen und Prozessen: Schülerinnen und Schüler können durch Kenntnisse über die atomare Zusammensetzung der Brennstoffe prinzipiell erklären, welche (unerwünschten) Produkte entstehen könnten!

Treibstoffe unter der (chemischen) Lupe: Der Bereich der Bewertung steht auch am Anfang einer dritten möglichen Unterrichtseinheit zu Verbrennungen für die Jahrgangsstufen 10/11: Hier sollen über die vergleichende Betrachtung von Treibstoffen und deren Eigenschaften Vor- und Nachteile diskutiert werden, wobei die Erarbeitung und Anwendung der Basiskonzepte „Struktur-Eigenschafts-Beziehungen“ und „Energie“ wiederum vertiefte Einblicke und chemische Bewertungsgrundlagen liefert, die dann mit anderen nicht-chemischen Faktoren in Beziehung gesetzt werden müssen (vgl. z.B. die Standards F2.1-F2.3, E1/B2, E6 und E7).

Im Projekt *Chemie im Kontext* arbeiten derzeit verschiedene Gruppen an einer solchen Verknüpfung von bereits erarbeiteten und erprobten Einheiten mit den geforderten Standards und Lernlinien. Tab. 2 (S. 129) zeigt an zwei Beispielen eine solche mögliche Verknüpfung auf. Eine wachsende Übersicht über die verschiedenen Einheiten soll zukünftig auf der Homepage des Projekts zur Diskussion gestellt werden. Ein entsprechendes Vorgehen ist selbstverständlich ebenso für Einheiten anderer Konzeptionen möglich und sinnvoll.

5. Ausblick

Die formulierten Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss sind das Ergebnis der zu Beginn genannten Bildungsreformen, in die schulische Erfahrungen und theoretische Überlegungen eingeflossen sind. Empirisch abgesichert sind diese Überlegungen ebenso wie die verabschiedeten Bildungsstandards bisher nicht. Für die naturwissenschaftlichen Fächer verfügt man derzeit kaum über valide empirische Daten die aussagen, wie sich Kompetenzen in den einzelnen Bereichen aufbauen, welche Struktur sie aufweisen und welche Zwischenstadien zu bestimmten Zeitpunkten der Sek. I zu erreichen sind (vgl. [3]). Gerade für die Entwicklung entsprechender Modelle sind aber begründete Vorstellungen notwendig, die zunächst die Gestaltung von Curricula, Unterrichtseinheiten und Materialien ermöglichen und die damit eine Basis für die Erprobung und Untersuchung darstellen können. Nach unseren Erfahrungen haben sich dabei „symbiotische Verfahren“, also die enge Kooperation zwischen Schulpraxis und Wissenschaft in hohem Maße bewährt [15]. Der aufgezeigte Weg über die Formulierung von Lernlinien bietet unseres Erachtens eine mögliche Grundlage für die Erarbeitung einer strukturierten Wissensbasis für kompetentes Handeln und für

die Entwicklung tragfähiger Kompetenzmodelle, wenn man sie mit den folgenden Schritten verbindet:

Lernlinien überprüfen und weiter entwickeln: Die Struktur von Lernlinien, die zunächst vorläufig auf der Basis der Standards und Unterrichtserfahrungen formuliert werden können, müssen aus verschiedenen Perspektiven überprüft werden. Viele Curricula orientieren sich in ihrem Aufbau entlang der historischen Wissensgenese. Dazu müsste geklärt werden, inwieweit die historische Entwicklung von Basiskonzepten (im Sinne „historischer Lernlinien der Wissenschaft“, die auch „Sprünge“ und „Schlingerkurse“ aufweisen) tatsächlich mit den (individuellen) Lernlinien von Schülern übereinstimmen. Eine Grundlage für entsprechende Untersuchungen bietet beispielsweise das Modell der Didaktischen Rekonstruktion [16]. Weiter müssen empirische Untersuchungen zeigen, in welcher Weise sich die Lernlinien einzelner Schüler unterscheiden und wie diese von verschiedenen Voraussetzungen und Lernumgebungen beeinflusst werden.

Von Basiskonzepten zu Kompetenzausprägungen: Die kumulative Entwicklung eines Konzeptverständnisses, orientiert an Lernlinien, bildet die Grundlage für die Entwicklung von Kompetenzen, in der die Wissensdimension mit verschiedenen Handlungen und affektiven Komponenten verknüpft ist. Erst wenn auch Aufgaben zur Erarbeitung und Überprüfung diese Verknüpfung leisten, können tatsächlich systematisch Kompetenzentwicklungen angestrebt und überprüft werden. Die Entwicklung und Nutzung von Aufgaben bietet somit ein weiteres Feld für Lerngemeinschaften aus erfahrenen Unterrichtspraktikern und Wissenschaftlern (vgl. [10]).

Lernlinien zusammenführen: Ein großes und vielfaches aufgezeigtes Problem für die erfolgreiche Entwicklung eines mathematisch-naturwissenschaftlichen Verständnisses ist die oftmals mangelnde Abstimmung zwischen Fächern und zwischen Schulstufen. Vielleicht bieten Lernlinien auch hier eine Basis, um diese Übergänge und diese Abstimmungen besser zu realisieren.

Im Augenblick muss somit nach wie vor ein großer Forschungs- und Entwicklungsbedarf konstatiert werden. Der bereits in der SINUS-Expertise formulierte Zustand ist noch nicht wesentlich verändert: „... Eine der zentralen, defizitären Bereiche liegt im Bereich des systematischen, aufbauenden Wissenserwerbs, der Grundlage für Weiterlernen in der Fachdomäne wie für die Übertragung der Wissenstatbestände auf komplexere Fragestellungen ist. Offenbar gelingt sowohl der kumulative Wissensaufbau im Fach selbst (vertikale Vernetzung) wie der wechselseitig Rückgriff der Nachbarfächer auf gemeinsam genützte Fachinhalte (horizontale Vernetzung) nur unzureichend [9, S. 71ff]. Wir sehen in dem konsequenten Einsatz von Lernlinien in der oben dargestellten Weise eine interessante und taugliche Möglichkeit, um zu Verbesserungen der Situation zu kommen.“

Literatur

- [1] Kultusministerkonferenz, Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) – Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004
- [2] J. Baumert et al. (Hrsg.), PISA 2000: Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich, Opladen 2001
- [3] H. Schecker, I. Parchmann, Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz, ZfDN im Druck
- [4] P. Pfeifer, B. Lutz, H. J. Bader, Konkrete Fachdidaktik Chemie, München 2002³, 40
- [5] M. Hammann, Kompetenzentwicklungsmodelle, Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren, MNU 57/4 (2004) 196-203
- [6] J. Menthe, Urteilen im Chemieunterricht – eine empirische Untersuchung zum Einfluss des Chemieunterrichts auf das Urteilen von Lernenden in Alltagsfragen, Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Kiel, 2006
- [7] W. Gräber, Schülerinteressen und deren Berücksichtigung im STS-Unterricht: Ergebnisse einer empirischen Studie zum Chemieunterricht, Empirische Pädagogik 9/2 (1995) 221-238
- [8] I. Parchmann, B. Ralle, R. Demuth, H. Huntemann, A. Paschmann, *Chemie im Kontext* – Begründung und Realisierung eines Lernens in sinnstiftenden Kontexten, PdN – ChidS 50/1 (2001) 2-9
- [9] BLK-Projektgruppe *Innovation im Bildungswesen*, Expertise „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“, Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung, Heft 60, Bonn 1997
- [10] Hinweis: 2006 erscheinen Themenhefte in den Zeitschriften Niu-Ch und MNU zu *Aufgaben und Kompetenzen*.
- [11] siehe www.chik.de
- [12] Curriculare Vorgaben 5/6 Niedersachsen, jeweils für die Fächer unter <http://nibis.ni.schule.de/>
- [13] J. Berg, The Chemical History of a Candle, **CHEMKON** 12/2 (2005) 61-67
- [14] I. Parchmann, S. Schmidt, Von erwünschten Verbrennungen und unerwünschten Folgen zum Konzept der Atome, MNU 56/4 (2003) 214-221
- [15] I. Eilks, I. Parchmann, C. Gräsel, B. Ralle, Changing teachers' attitudes and professional skills by involving them into projects of curriculum innovation in Germany, B. Ralle, I. Eilks, Quality in Practise-oriented Research in Science Education, Aachen 2004, 29
- [16] U. Kattmann, R., Duit, H. Gropengießer, M. Komorek, Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein theoretischer Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung, ZfDN 3/3 (1997) 3-18

Eingegangen am 20. April 2006

□