

LOTKA, A. J. (1925). The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 16, 317–323.

LOTKA, A. J. (1932). The growth of mixed populations: Two species competing for a common food supply. *Journal of the Washington Academy of Science*, 22, 461–469.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2008). Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen; Biologie. Frechen: Ritterbach Verlag GmbH.

NENTWIG, W., BACHER, S., BEIERKUHNLIN, C., BRANDL, R. & GRABHERR, G. (2004). *Ökologie*. München: Spektrum Akademischer Verlag.

REINMANN, G. & MANDL, H. (2006). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In: A. KRAPP & B. WEIDENMANN (Hg.): *Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz Psychologie Verlags Union, 613–657.

RIEMEIER, T. (2007). Moderater Konstruktivismus. In: D. KRÜGER & H. VOGT (Hg.): *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 69–79.

STEINDL, W. (1988). Biologisches Gleichgewicht in der Natur: Verhältnis Mäusebussard-Maus. *Lehrer-Journal. Hauptschulmagazin*, 3(6), 11–14.

STENSETH, N. C., FALCK, W., BJØRNSTAD, O. N. & KREBS, C. J. (1997). Population regulation in snowshoe hare and Canadian lynx: Asymmetric food web configurations between hare and

lynx. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA, Ecology* 94, 5147–5152.

TOWNSEND, C. R., HARPER, J. L. & BEGON, M. E. (2003). *Ökologie*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.

VOLTERRA, V. (1926). Variations and fluctuations of the number of individuals in animal species living together (Nachdruck in: CHAPMAN, R. N. (1931). *Animal Ecology*. New York: McGraw Hill).

Dr. KATRIN BÄTZ hat im September 2009 ihr Referendariat an der Volksschule »Am Moos« in Neustadt b. Coburg begonnen und im Februar 2010 ihre Promotion an der Universität Bielefeld in der Abteilung Biologiedidaktik (Humanbiologie und Zoologie) abgeschlossen.

CLAIRE FUNK studierte bis 2008 an der Universität Bielefeld Biologie und Mathematik auf Lehramt. Seit Februar 2009 absolviert sie ihr Referendariat an der städtischen Adolf-Reichwein-Gesamtschule in Lüdenscheid.

Dr. ANNE FALLNER-AHRENS arbeitet als Gymnasiallehrerin in den Fächern Biologie, Bio-Chemie, Deutsch und Geschichte am Ev. Gymnasium Werther. Nach der Promotion und kurativer Tätigkeit in verschiedenen Zoologischen Gärten wechselte sie 2000 in den Schuldienst. Seit 2007 arbeitet sie mit der Universität Bielefeld, Abteilung Biodidaktik (Humanbiologie/Zoologie) zusammen.

Prof. Dr. MATTHIAS WILDE ist als Gymnasiallehrer für Biologie und Chemie ausgebildet und unterrichtete etwa fünf Jahre am Gymnasium. Nach der Promotion in Bayreuth war er Gastprofessor für Biologiedidaktik an der Humboldt-Universität zu Berlin und leitet seit 2005 die Abteilung Biologiedidaktik (Humanbiologie/Zoologie) an der Universität Bielefeld. ■

Forschend-entwickelnd und kontextorientiert

– Eine Beziehungsanalyse des forschend-entwickelnden Unterrichtsverfahrens und Chemie im Kontext in fünf Denkstufen –

Prof. Dr. HEINZ SCHMIDKUNZ zum 80. Geburtstag gewidmet

DAVID DI FUCCIA – BERND RALLE

Sowohl das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren (FeU) nach SCHMIDKUNZ und LINDEMANN als auch das Konzept Chemie im Kontext (ChiK) haben in gewisser Weise Einfluss auf die Art und Weise genommen, wie im Fach Chemie in Deutschland unterrichtet wird. Im Rahmen dieses Beitrags soll diskutiert werden, in welcher Beziehung diese beiden konzeptionellen Ansätze für den Chemieunterricht zueinander stehen. Es wird aufgezeigt, dass beide Ansätze sich gut ergänzen können und sich weder vom theoretischen Anspruch noch von der praktischen Umsetzung her ausschließen. Die Diskussion wird in Anlehnung an die fünf Denkstufen des forschend-entwickelnden Unterrichts (vgl. Kasten 1) geführt und damit die innere Systematik dieses Verfahrens auf die Diskussion einer den Chemieunterricht grundsätzlich betreffenden Fragestellung übertragen.

1 Problemgewinnung

»Die erste Denkstufe ›Problemgewinnung‹ dient dazu, ein Problem(Lernziel) im Bewußtsein der Kinder entstehen zu lassen und es schließlich klar zu erkennen.« (SCHMIDKUNZ & LINDEMANN 1976, 12)

Die Bemühungen der Naturwissenschaftsdidaktiken in den letzten Jahrzehnten hatten vielfach den Anspruch, Schülerinnen und Schülern Wege zum effizienten Lernen von Naturwissenschaften aufzuzeigen, um damit auf prozeduraler Ebene dem kontinuierlich abnehmenden Interesse von Schülerinnen und Schülern am naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere am Physik- und Chemieunterricht, zu begegnen. Verbunden damit war der Versuch, der Dominanz eines stetig anwachsenden Detailwissens zugunsten eines vernetzten Verständnisses auf angemessene Weise zu begegnen. Einen Zugang zur Lösung des Problems erhoffte man sich in den 1960er bis 1980er Jahren u. a. durch die Betonung von Unterrichtsverfahren, die den Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung als strukturgebendes Merkmal für die Beschäftigung der Schüler mit dem Lerngegenstand in den Mittelpunkt stellten. In diesen, dem Gang der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung folgenden Verfahren treffen die Lernenden in einem (angeleiteten) Prozess des Nachdenkens über ein Phänomen möglichst von sich aus auf grundsätzliche Fragen und kognitive Konflikte, die sie formulieren und die Anlass sind, selber über Lösungswege nachzudenken und Antworten zu erarbeiten.

Ausgehend vom so genannten ›Normalverfahren‹ nach MOTHES (1972) fanden verschiedene Versionen ihren Weg mehr oder weniger erfolgreich in die Praxis des naturwissenschaft-

lichen Unterrichts. (›Normalverfahren‹, weil entlang dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg organisiert). Zu nennen ist hier insbesondere das forschend-entwickelnde Verfahren (FRIES & ROSENBERGER 1973; SCHMIDKUNZ & LINDEMANN 1976/1999).

Als HEINZ SCHMIDKUNZ und HELMUT LINDEMANN sich in den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts anschickten, ein Unterrichtsverfahren weiterzuentwickeln, welches von FRIES und ROSENBERGER einige Jahre zuvor als ein Zugang zum forschenden Lernen vorgestellt wurde, stand sicher auch das Ziel im Mittelpunkt ihrer Arbeit, Schülerinnen und Schülern einen neuen Zugang zur Chemie zu erschließen (Kasten 1). Obwohl erfolgreiche Problemlösungen weder in den Naturwissenschaften noch im naturwissenschaftlichen Unterricht allein auf die Ergebnisse experimentellen Tuns reduziert werden können, stellt das Experiment in der systematischen Strukturierung der Erkenntnisprozesse in diesem Verfahren den Mittelpunkt dar. Dies lässt sich gut begründen, da das Experimentieren als solches sowohl in wissenschaftsmethodologischer als auch in didaktischer Hinsicht einen eigenen Problemlöseprozess darstellt, der fachspezifische Arbeitsweisen, naturwissenschaftstypische Denkweisen sowie allgemeine Arbeitsweisen der Datenerfassung und der Kommunikation beinhaltet.

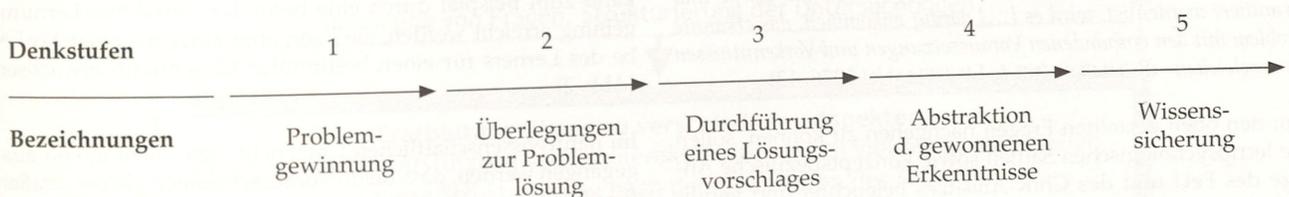
Das FeU hat sich gerade wegen seiner klaren Strukturierung insbesondere in der Lehrerbildung stark verbreitet und ist Teil nahezu jeder naturwissenschaftsdidaktischer Ausbildung von Lehrkräften sowohl in der ersten als auch in der zweiten Phase der Lehrerbildung.

Nun zeigen die großen Vergleichsstudien (TIMSS, PISA), dass – gemessen am Interesse und am Erfolg der Schülerinnen und Schüler während der letzten Jahrzehnte – der naturwissenschaftliche Unterricht die Erwartungen nicht vollständig

Info: Forschend-entwickelndes Unterrichtsverfahren

Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren (FeU) ist von SCHMIDKUNZ und LINDEMANN (1976) aus Vorgänger-Varianten (FRIES & ROSENBERGER, 1973; MOTHES, 1972) erarbeitet worden, die den Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung als strukturgebendes Merkmal für die Beschäftigung der Schüler mit dem Lerngegenstand in den Mittelpunkt stellten.

Das FeU verfolgt in integrierter Weise fachliche und überfachliche Lernziele, hier insbesondere im Bereich der Erkenntnisgewinnung, indem es die Schülerinnen und Schüler dazu anhält, induktive und deduktive Wege der Erkenntnisgewinnung anzuwenden. Ausgehend von dem Wissen, dass Lernen durch Problemlösen besonders geeignet ist, den Lernenden zu hoher eigener Aktivität zu veranlassen und so den Prozess der Wissensaneignung positiv zu beeinflussen, bietet das FeU den Lehrenden einen exakt gegliederten Algorithmus zur Unterrichtsplanung und damit auch den Lernenden einen klar strukturierten Weg des Wissenserwerbs. Die entwickelnde Vorbereitung der Lehrkraft sowie auch ihre Begleitung des Unterrichtsgeschehens kann sich so gut an dem Algorithmus der fünf Denkstufen des FeU anlehnen.



Algorithmus des Forschend-entwickelnden Unterrichts

Eine besondere Stärke des forschend-entwickelnden Unterrichtsverfahrens und damit ein wesentlicher Grund für seine nach wie vor ungebrochene Beliebtheit im schulischen Alltag besteht darin, dass sowohl der induktive als auch der deduktive Weg der Problemlösung ebenso klar strukturiert dargestellt werden können. Verifikationen und Falsifikationen von Hypothesen haben gleichberechtigt ihren Platz, so dass den Ideen und Anregungen der Schüler breiter Raum gegeben werden kann. Damit liefert das Verfahren eine nachvollziehbare Vorlage für unterrichtliches Agieren des Lehrers unter verschiedenen Bedingungen und ermöglicht den Schülerinnen und Schülern auf propädeutische Weise den Erwerb von Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung.

Kasten 1.

erfüllt hat. Daraus erwuchs der Bedarf an weitergehenden Innovationsbemühungen, die sowohl Unterrichtsverfahren als auch das konkrete Unterrichtshandeln in den Blick nehmen.

Unter den deutschsprachigen Naturwissenschaftsdidaktikern formulierte MUCKENFUSS (1995) erstmals eine fundierte und systematische Kritik an der Reduktion des Physikunterrichts auf die Verfahren der Wissenschaft (Physik) und auf die Vermittlung der dadurch gewonnenen Ergebnisse. Seiner Meinung nach kann ein pädagogischer Umgang mit naturwissenschaftlichen Phänomenen nur aus der Anwendung auf einen konkreten, bedeutungsvollen Zusammenhang erwachsen. Er fordert daher die Unterrichtung physikalischer Inhalte in einem sinnstiftenden Kontext. Auch in der Chemie rückten diejenigen Ansätze mehr und mehr in den Blickpunkt, die sich mit alltags- und lebensweltorientierten Zugängen, in Verbindung mit konstruktivistisch-epistemologischen Überzeugungen für das Lernen, beschäftigen (z. B. PFEIFER, 1996; WOEST, 1997).

In den Jahren 1998–2005 entstanden, u. a. gefördert vom Bund und verschiedenen Ländern, die so genannte »Kontextprojekte« für den naturwissenschaftlichen Unterricht (siehe z. B. MNU, 2007, Nr. 5). Die Ergebnisse zeigen für das Projekt Chemie im Kontext, dass Schüler im Vergleich zu herkömmlichem Chemieunterricht eine günstigeren Motivations- und Interessesverlauf zeigen (PARCHMANN et al. 2006b) und dass sich, zumindest nach den Berichten von Lehrkräften, die Möglichkeiten zur Vermittlung von Fachwissen hoch sind (DI FUCCIA et al. 2005).

Wann immer Vertreter der an ChiK arbeitenden Chemiedidaktiken im Rahmen der Jahre der Verbreitung der Konzeption mit Lehrerinnen und Lehrern ins Gespräch kamen, standen sehr schnell eine Reihe von Fragen im Raum:

- Ist ChiK etwas komplett Neues?
- Können wir selbst bewährte Teile unseres bisherigen Unterrichts nun nicht mehr weiter führen?
- Oder ist ChiK vielleicht umgekehrt nur »alter Wein in neuen Schläuchen«, etwas, das wir ohnehin schon immer gemacht haben und nun nur ein bisschen anders akzentuieren müssen?

Oder anders gefragt: Wie verhält sich ChiK eigentlich zu den bisher praktizierten Formen der Unterrichtsgestaltung – und hier insbesondere zu den forschend-entwickelnden Unterrichtsverfahren?

2 Überlegungen zur Problemlösung

»Nachdem das Problem den Lernenden genau bewußt wurde und formuliert worden ist, wird es [...] darauf ankommen, das erkannte Problem mit den vorhandenen Voraussetzungen und Vorkenntnissen zu vergleichen« (SCHMIDKUNZ & LINDEMANN 1976, 13)

Um den oben gestellten Fragen nachgehen zu können, sollen die lernpsychologischen Säulen sowie konzeptspezifische Anlage des FeU und des ChiK-Ansatzes beleuchtet und verglichen werden.

Bei der Beschreibung des FeU ließen SCHMIDKUNZ & LINDEMANN sich von der Aussage ihrer Vorgänger leiten: »Wer den Grundsatz anwenden will, dass die Schüler suchen und forschen, muss sich bewußt sein, dass diese Methode weitaus die schwierigste der bekannten Unterrichtsformen ist« (FRIES/ROSENBERGER 1973). Als in den 1960er Jahren die Vorherrschaft des Behaviorismus durch die »kognitive Wende« zurück gedrängt wurde, gelangte das Individuum als informationsverarbeitendes Wesen in den Mittelpunkt der Lerntheorie. Die Forschungsgegenstände des Kognitivismus sind: Wahrnehmen, Denken, Verstehen, Erinnern (vgl. PLASSMANN & SCHMITT, 2007). In Anlehnung an

diese Entwicklung orientieren SCHMIDKUNZ & LINDEMANN sich, im Unterschied zu den Vorgängeransätzen, in ihrer Konzeption stärker am Lernprozess der Schülerinnen und Schüler.

»Im forschend-entwickelnden Unterricht erhält das eigene Erarbeiten von Erkenntnissen – im Gegensatz vom passiven Aufnehmen von Informationen – eine besondere Bedeutung. Die eigene Aktivität der Lernenden und das selbständige Suchen und Forschen sind dabei Grundlage und treibende Kraft des Unterrichts.« (SCHMIDKUNZ & LINDEMANN 1976, 7).

Zudem sahen sie ausgeprägte Phasen der Wissenssicherung, der Übung und der Anwendung vor. Das Verfahren hat damit eine merkbare kognitionspsychologische Grundlage und geht über die rein wissenschaftsmethodische Struktur des Experimentierens hinaus. Der Algorithmus des Lehr-Lernprozesses, eingeteilt in Denkphasen und Denkstufen, betont den entwickelnden Aspekt des Verfahrens und dient der Unterstützung bei der Umsetzung der Ziele.

Die Grundlegung des ChiK-Verfahrens findet ihren Ausdruck in a) der Kontextorientierung, b) der Methodenvielfalt des Unterrichts und c) der Orientierung an Basiskonzepten (Kasten 2).

Mit *Kontextorientierung* ist gemeint, dass der Chemieunterricht alltagsnahe, für den Schüler relevante Fragestellungen nicht nur zum Ausgangspunkt einer Unterrichtsreihe nimmt, sondern diese vielmehr zu ihrem durchgängigen Thema macht:

Die dafür maßgeblichen lerntheoretischen Grundlagen ergeben sich aus der aktuellen Interessens- und Motivationsforschung sowie aus dem konstruktivistischen Ansatz des Lernens. Letzterer ist eng mit dem kognitiven Ansatz verbunden (SJOBERG, 2007). Die Kernaussage des Konstruktivismus in Bezug auf Lehr-Lernprozesse lautet: Wissen kann nicht eins zu eins vom Sender auf den Empfänger übertragen werden. Vielmehr bildet ein Lerner immer eine subjektive Realität dessen ab, was ihm vermittelt werden soll. Diese Realität basiert auf individuellen Konstruktionen und Interpretationen des Lerners.

Interessensforschung und Konstruktivismus-Ansätze haben sich in den letzten 20 Jahren bezüglich der Interpretation der grundlegenden psychologische Bedürfnisse des Menschen in der sozialen Teilhabe nach *Autonomie, Kompetenz* und *sozialer Einbindung* synergetisch ergänzt (Abb. 1).

Aus der Interessensforschung ist bekannt, dass »situationales Interesse« oder »Interessantheit« als objektivierbarer Sachverhalt einer Situation oder eines Lerngegenstandes in Bezug auf ein Individuum durch einen Zustand der intensivierten Zuwendung des Individuums auf einen Gegenstandes beschrieben werden kann (MÜLLER, 2006). Eine solche Zuwendung kann zum Beispiel durch eine besonders attraktive Lernumgebung erreicht werden, sie kann aber auch aus einer Vorliebe des Lerners für einen bestimmten Gegenstand erwachsen (Abb. 2)

Im naturwissenschaftlichen Unterricht kann nicht davon ausgegangen werden, dass beide Voraussetzungen gleichermaßen für viele Lerngegenstände zutreffen. Allerdings kann situationales Interesse durchaus am Anfang einer längerfristigen Entwicklung stehen, aus der nachhaltige individuelle Interessen hervorgehen können (KRAPP 1992). So kann ein persönlicher (Anwendungs-)Bezug in einer Problemlöse-Situation sinnstiftend und für die Aufrechterhaltung und Entwicklung von Interessen relevant sein.

Für erfolgreiches Lernen ist es weiterhin bedeutsam, dass Problemlöseprozesse in Worte gefasst und dann reflektiert werden, um das Gelernte vom Kontext, in dem es erlernt wurde, zu lösen und damit eine gewisse Anwendungskompetenz zu erreichen (Dekontextualisierung). In diesem Zusammenhang ist es außerdem förderlich, denselben Lerninhalt unter ver-

Info: Chemie im Kontext

Der Curriculum-Ansatz von Chemie im Kontext (ChiK) (DEMUTH et al. 2008a) entstand in den Jahren 1998–2006 als Folge des nachlassenden Interesses von Schülerinnen und Schülern am Chemieunterricht. Der konzeptionelle Rahmen wurde vor dem Hintergrund der Theorien des Konstruktivismus, der Ansätze des situierten Lernens sowie inspiriert durch ausländische Programme wie Salters Chemistry Project (PILLING & WADDINGTON, 1997) oder Chemistry in the Community (American Chemical Society, 1993) entworfen. Leitend war dabei das Ziel, wesentliche von der Lernpsychologie formulierte Kriterien für eine förderliche Gestaltung von Lernumgebungen im Rahmen des alltäglichen Unterrichts umzusetzen:

1. Komplexe Ausgangsprobleme
2. Authentizität und Situirtheit
3. Multiple Perspektiven
4. Artikulation und Reflexion
5. Lernen im sozialen Austausch

Die Anlage von Chemie im Kontext berücksichtigt diese Aspekte, indem sie die aktuellen, Lebenswelt-bezogenen chemischen Fragestellungen der Schüler aufgreift und ins Zentrum der Betrachtungen des Chemieunterrichtes stellt:

Kontexte sind die (komplexen, fachübergreifend angelegten) aktuellen, lebenswelt-bezogenen Fragestellungen, innerhalb derer die sinnstiftenden Beiträge der Wissenschaftsdisziplin einsichtig werden und sich Sachstrukturen erschließen lassen. Ziel soll es dabei sein, die Sinnhaftigkeit der Beschäftigung mit der Wissenschaftsdisziplin einsichtig zu machen und gleichzeitig aus ihr heraus die Entfaltung einer Handlungskompetenz anzubahnen.

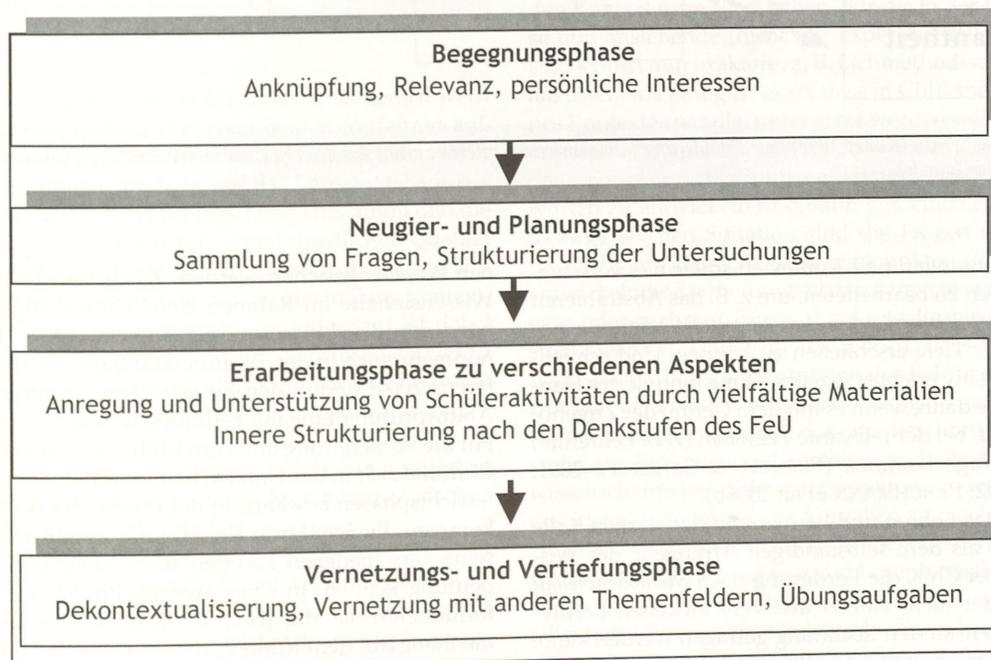
Damit die Kontexte auch von den Schülern als durchgängiger Leitfaden für eine Unterrichtssequenz erkannt werden können, strukturiert sich der Unterricht nach ChiK in vier Phasen (vgl. Abbildung unten in diesem Kasten).

Im Rahmen des Unterrichts nach ChiK soll den Schülerinnen und Schülern mit den Basiskonzepten eine Struktur zur Ordnung der erlernten Fachinhalte an die Hand gegeben werden (DEMUTH et al 2005; PARCHMANN et al. 2006a). Diese übergeordneten Ordnungs- und Funktionsprinzipien lauten bei ChiK:

1. Stoff-Teilchen-Konzept
2. Struktur-Eigenschafts-Konzept
3. Energie-Konzept
4. Akzeptor-Donator-Konzept
5. Konzept vom chemischen Gleichgewicht

Im Rahmen der dargestellten vier Phasen eines Unterrichts nach Chemie im Kontext werden dann auch die drei Säulen sowie ihre gegenseitigen Beziehung zueinander deutlich, auf denen jeder Unterricht nach ChiK ruht:

- die Kontextorientierung,
- die Vernetzung der erlernten Fachinhalte zu Basiskonzepten sowie
- eine Unterrichtsgestaltung, die sich durch Methodenvielfalt auszeichnet.



Die Phasen von ChiK

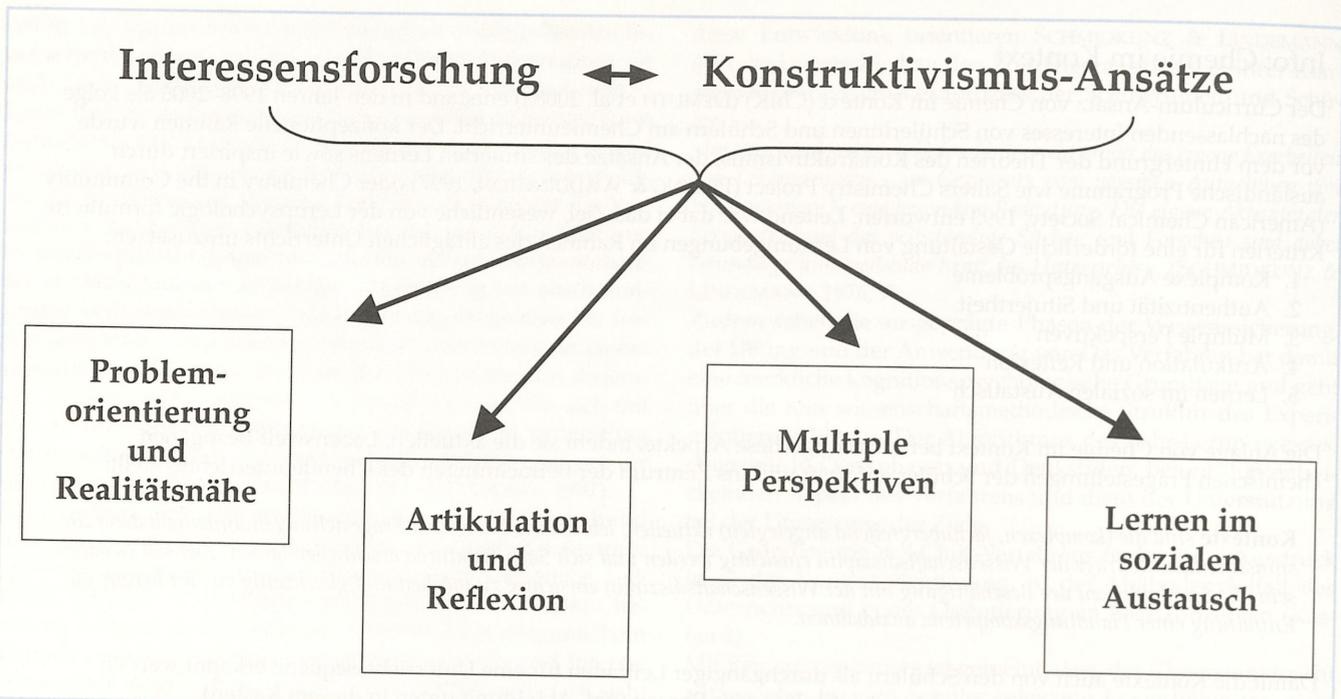


Abb. 1. Zur Synergie von Interessensforschung und konstruktivistischer Lerntheorie (vgl. z. B. PRENZEL et al., 2001; DECI & RYAN, 2002; PARCHMANN et al., 2006)

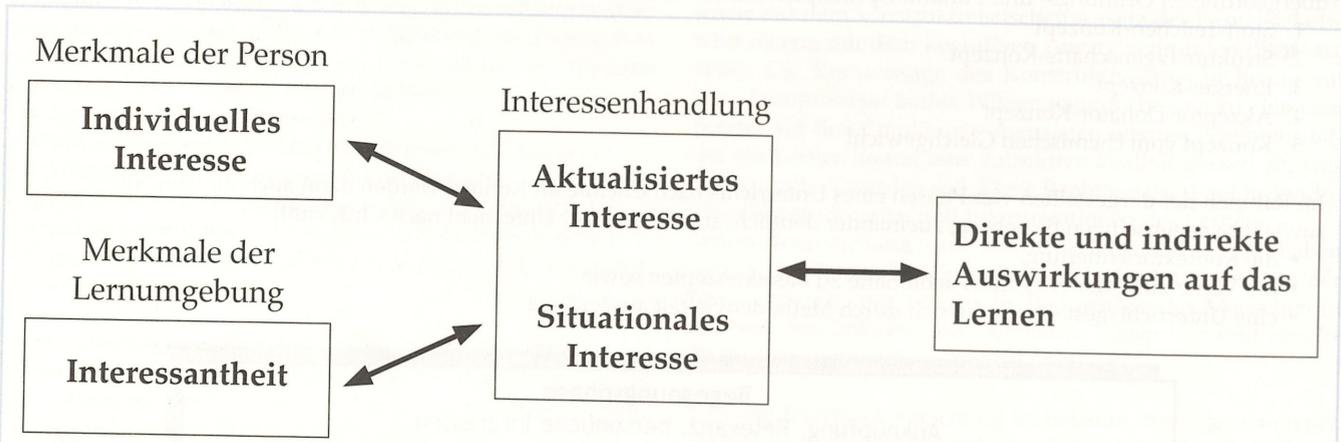


Abb. 2. Interesse und Lernen (KRAPP 1992) (zur Erläuterung: »aktualisiertes« Interesse meint das Wecken eines in der Person grundsätzlich bestehenden Interesses durch einen Impuls)

schiedenen Zielsetzungen und Kontexten sowie aus verschiedenen Perspektiven zu bearbeiten, um z. B. das Abstrahieren von Wissen zu erleichtern oder den Facettenreichtum eines Konzepts in seiner Tiefe erschließen zu können. Und schließlich fördert ein positiv erlebtes soziales Klima motiviertes Handeln, insbesondere dann, wenn es mit dem Gefühl der Zugehörigkeit einher geht, bei der relevante Personen (z. B. Lehrende) als Vorbilder infrage kommen (PRENZEL & SCHIEFELE 2001; DECI, & RYAN 2002; PARCHMANN et al. 2006b). Dieser Sicht auf das Lehren und Lernen, mit der starken Rolle des Individuums als dem selbständigen Arrangeur des Wissensgefüges, ist bei ChiK die Forderung nach *Methodenvielfalt* geschuldet, mit der nicht zuletzt den verschiedenen Lerntypen und Lerngegenständen Rechnung getragen werden kann. Trotz vielfältiger Methoden und alltagsnahen, auf den ersten Blick möglicherweise »unchemischen« Kontexten, ist bei den Lernenden ein verlässlicher Aufbau von fachsystematischem Wissen zu gewährleisten. Nur so können die Anwendbarkeit und die Anschlussfähigkeit des an einem Kontext erworbe-

nen Wissens gesichert werden. Zu diesem Zweck werden die Wissensinhalte im Rahmen eines Unterrichts nach ChiK anhand von *Basiskonzepten* organisiert und strukturiert, wie sie nunmehr auch in den Bildungsstandards (Kultusministerkonferenz 2004) und in den Einheitlichen Anforderungen für die Abiturprüfung Eingang gefunden haben. Für die Vorbereitung und Durchführung eines Unterrichts nach ChiK hat sich in der Unterrichtspraxis der Ablauf von vier Unterrichtsphasen bewährt. In der ersten, der Begegnungsphase, kommen die Schüler in Kontakt mit dem Kontext und lernen seine verschiedenen Facetten sowie seine ggf. alltägliche Bedeutung kennen. In einer zweiten Phase, der Neugierphase, formulieren sie die (chemiebezogenen) Fragen im Zusammenhang mit dem Kontext, die sie vor dem Hintergrund ihres Vorwissens und ihrer Erfahrung interessieren. Diesen Fragen wird in der nun folgenden Erarbeitungsphase nachgegangen, bevor eine vierte Phase der Vernetzung und Vertiefung des Gelernten dient und damit sicher stellen soll, dass dieses auch in anderen Kontexten verfügbar wird.

Im Vergleich der beiden Unterrichtsverfahren wird deutlich, dass sich die Gestaltung der Lernausgangssituation zunächst unterschiedlich darstellt. Während im FeU die zu behandelnde Thematik in der Regel vom Lehrplan und der Lehrkraft vorgegeben wird, geschieht die Auswahl eines Kontextes im ChiK-Unterricht auf Grund folgender Fragen:

- Wird der Kontext von Schülerinnen und Schülern als relevant wahrgenommen?
- Mit welchem Vorwissen und welchen Fragen der Lerngruppe muss man rechnen?
- Lassen sich die im Lehrplan geforderten Fachinhalte am Kontext erarbeiten?
- Welches Basiskonzept lässt sich an dem Kontext besonders gut entwickeln?
- Welche Kompetenzen können anhand des Kontextes erarbeitet werden?

Aus diesen Vorüberlegungen lassen sich für ChiK zwei prinzipielle Vorgehensweisen für die praktische Umsetzung im Unterricht ableiten (Tab. 1).

Variante 1	Variante 2
Ausgangspunkt: Fachinhalte des Lehrplans und aufzubauendes Basiskonzept	Ausgangspunkt: Interessanter Kontext
Suche nach geeignetem Kontext, der das Erreichen der Unterrichtsziele ermöglicht	Suche nach Hintergrundinformationen, Materialrecherche
Suche nach Hintergrundinformationen, Materialrecherche	Zusammenstellung der Fachinhalte bzw. Basiskonzepte, die zum Kontext gehören
Planung der Einheit	Planung der Einheit

Tab. 1. Zur Einbindung von Kontexten in die Unterrichtsplanung nach ChiK (www.chik.de)

Die breiter angelegte Legitimation für Unterrichtsthemen weist einen wichtigen Unterschied zwischen beiden Verfahren auf, die sich aus der Theorie des situierten Lernens ableiten lässt. Diese Theorie beschreibt eine Sicht auf das Lernen, die aus der neueren konstruktivistischen Lernforschung entstammt und die in unterschiedlichen Ansätzen mit unterschiedlicher Qualität entwickelt wurde. Das situierte Lernen ist im Grunde keine Unterrichtsmethode, sondern zielt ab auf die Herstellung kontextbezogener, sozialer Lernumgebungen. Grundlegend ist dabei das Bestreben, die Teilhabe der Lerner am gemeinsamen Ziel zu wecken und auf dieser Basis einen insgesamt auf Eigenaktivität und Selbstbestimmung ausgelegten Unterricht zu realisieren.

Aus der vorgenommenen Analyse lassen sich nun zumindest die beiden folgenden »Verwandtschafts-Annahmen« zwischen den Verfahren FeU und ChiK ableiten:

1. »ChiK kann FeU enthalten«

In einer auf den fachlichen Problemlöseprozess fokussierten Betrachtungsweise kann das FeU als eine sinnvolle Variante zur Ausgestaltung der Erarbeitungsphase im Konzept ChiK verstanden werden. Dies würde immer dann Sinn ergeben, wenn in der Begegnungs- und Neugierphase die situative Einbettung des Kontextes in die Wissenshorizonte der Schüler erfolgt ist und die fachlichen Zusammenhänge prinzipiell geklärt worden

sind. In diesem Fall können die Überlegungen zur experimentellen Umsetzung des Lösungsprozesses nach dem Algorithmus des FeU erfolgen.

2. »FeU kann ChiK enthalten«

Aus einer eher lerntheoretischen Perspektive hingegen kann ChiK umgekehrt als eine Möglichkeit zur inhaltlichen Weiterentwicklung des FeU verstanden werden. In einer solchen Interpretation kämen die Ansätze des situierten Lernens und der konstruktivistischen Vorgehensweise verstärkt zur Geltung. Insofern wäre die Vorgehensweise bei ChiK als eine auf einen bestimmten Kontext und auf eine definierte situative Umgebung fokussierte Konkretisierung des FeU zu sehen.

Im folgenden Absatz sollen diese Annahmen nun – nicht zuletzt auf Basis bisheriger Erfahrungen mit der Arbeit mit dem Unterrichtskonzept ChiK in über 30 Schulsets in 14 Bundesländern, auf ihre Plausibilität hin hinterfragt werden.

3 Durchführung eines Lösevorschlags

»In der dritten Denkstufe, in der die praktische Durchführung eines Lösevorschlags erfolgt, heben sich deutlich drei Denkphasen hervor und zwar die »Planung des Lösevorhabens«, »praktische Durchführung des Lösevorhabens« und die »Diskussion der Ergebnisse«« (SCHMIDKUNZ & LINDEMANN 1976, 16)

Bezogen auf die erste Annahme soll zunächst noch einmal ein Blick auf den Unterricht nach ChiK geworfen werden. Das Einlassen des Lehrers auf Schülerfragen zu einem Kontext stellt eine besondere Herausforderung dar, die sich so im FeU möglicherweise nicht stellt, insbesondere dann, wenn diese an engen chemischen Sachverhalt vorbei gehen. Hier kann sich die Lehrkraft jedoch helfen, z. B. mit Verweisen auf entsprechende Quellen oder dem Hinweis, dass bei der Analyse des Kontextes eine »chemische Bille« aufzusetzen sei. Häufig stellt sich die Situation am Ende der ersten beiden Phasen von ChiK so dar, dass die Schülerinnen und Schüler Kontakt mit dem Kontext bekommen und in der Neugierphase ihre Fragen an den Kontext formuliert haben. Für die in der Erarbeitungsphase nun anstehende (nicht nur experimentelle) Problemlösung sind jedoch nun exaktere, z. B. fachmethodische Überlegungen anzustellen. Häufig ist es so, dass in ChiK mehrere Aspekte eines Kontextes parallel untersucht werden sollen. Für jeden klar umrissenen Aspekt ist es nötig, das in der Klasse dazu vorhandene Vorwissen zu aktivieren, Hypothesen zu möglichen Antworten zu entwickeln und dann ggf. eine Lösung einzuleiten. In einer solchen Situation sind die Fragen von Schülerinnen und Schülern dann zu Ausgangspunkten für eine forschend-entwickelnde Erarbeitungsphase gemacht worden, in der für eine oder mehrere Fragen konkrete Problemlösungen angestrebt werden. Dies bedeutet jedoch, dass die Erarbeitungsphase nach ChiK die Denkstufen des FeU in sich aufnimmt.

Um nun der zweiten Annahme zu folgen, muss man sich noch einmal vergegenwärtigen, dass die Beschreibungen der Denkstufen des FeU wissenschaftstheoretisch die Abfolge der Stufen wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung wiedergeben. Dies geschieht, ohne inhaltliche Vorgaben zu machen oder Eingrenzungen vorzunehmen. Schon gar nicht beschränkt sich das Verfahren auf die Beschreibung von Lernphasen im Rhythmus von 45-minütigen Unterrichtsstunden. Diese prinzipielle inhaltliche Offenheit erlaubt es, flexibel mit der Komplexität von Problemsituationen umzugehen und die Stufen des Verfahrens auch für die Strukturierung der Behandlung eines Kontextes nach ChiK zu verwenden. SCHMIDKUNZ & LINDEMANN haben bereits von Beginn an gefordert, dass das FeU dynamisch weiterentwickelt werden muss (SCHMIDKUNZ & LINDEMANN 1976, 11):

»Schließlich bildet das [forschend-entwickelnde, Anm.d.Autoren] Verfahren eine gute Grundlage für die Weiterentwicklung und Neukonzipierung von Unterrichtsstrukturen für den naturwissenschaftlichen Bereich. Hier kann die fachdidaktische Forschung einsetzen, wobei neben der Gesamtkonzeption auch einzelne Unterrichts-elemente oder bestimmte Phasen betrachtet und studiert werden können. Auch der Kombination des Verfahrens mit anderen Methoden bzw. Unterrichtsansätzen sollte Beachtung geschenkt werden.«

Diese inhaltliche Offenheit ist sicher auch ein Grund für die große Verbreitung, die dieses Verfahren gefunden hat. Sie hebt das Verfahren des FeU damit aber auch heraus aus der Ebene eines einfachen »Hilfsmittels« zur effektiven Vermittlung chemischer Sachverhalte. Indem es in seiner Anwendung gleichsam auch den Vorgang naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung in sich trägt, wird es für Lehrer und Schüler selbst zum Lerngegenstand.

Da das FeU nun aber diese inhaltliche Offenheit aufweist, sollte es auch möglich sein, das Verfahren in situiereten Lernumgebungen anzuwenden (s. o.) und die zu behandelnden Probleme im Rahmen alltagsnaher und schülerrelevanter Kontexte zu finden. Damit wird der Kontext als Ganzes sozusagen als ein »Problemfeld« im Rahmen des FeU betrachtet und behandelt. Schaut man auf die veröffentlichten Kontextthemen, wie »Die Chemie ersetzt den Vorkoster« (DEMUTH et al. 2008) oder »Erwünschte Brände, unerwünschte Folgen« (DEMUTH et al. 2009) oder auch auf Beispiele für den Unterricht der Oberstufe wie z. B. »Nahrung für 8 Milliarden« oder »Alkohol – zum Trinken viel zu schade« (DEMUTH et al. 2006) liegt diese Interpretation nicht fern.

Die Begegnungsphase nach ChiK kann in allen Fällen der Problemgewinnung im Sinne des FeU dienen, während in der zweiten Denkstufe (Überlegungen zur Problemlösung) nach den »Teilfragen« gesucht werden muss, die helfen, das durch den Kontext dargestellte Problem besser zu verstehen. In der dann folgenden Erarbeitungsphase können die so identifizierten Teilfragen dann wiederum entlang der Struktur des FeU behandelt werden, während die Abstraktion und die Wissenssicherung mit der Vertiefungs- und Vernetzungsphase nach ChiK zusammenfällt. Der Algorithmus des FeU hat damit im Rahmen des ChiK-Unterrichtes seine Verortung auf zwei verschiedenen Ebenen gefunden, auf einer höheren Ebene im Sinne des situativen-konstruktivistischen Ansatzes und auf der operativen Ebene im Rahmen der fachlichen Problemlösung.

4 Abstraktion der gewonnenen Erkenntnisse

»Der Sinn der einzelnen Abstraktionsphasen muss darin gesehen werden, dass durch verschiedene Codierungsformen unterschiedliche Abstraktionsniveaus angesprochen werden. Dadurch wird erreicht, dass ein möglichst großer Anteil der Lernenden in zunehmendem Maße eine Abstraktionsfähigkeit erwirbt.« (SCHMIDKUNZ & LINDEMANN 1976, 18).

Betrachtet man die Annahmen zum gegenseitigen Verhältnis der Unterrichtskonzeption von ChiK und dem FeU, so kann man verallgemeinernd sagen, dass das FeU, in einem engen Sinne verstanden, in das Konzept von ChiK integriert werden kann (vgl. Abb. 3), während Unterricht nach ChiK wiederum in das weiter interpretierte Konzept des FeU eingefügt werden kann. Daraus kann nun nicht, wie in der Mathematik aus der Tatsache der wechselseitigen Teilmengeneigenschaft, gefolgert werden, dass diese beiden Unterrichtskonzepte etwa gleich seien, wohl aber, dass das FeU pragmatisch auf mindestens zwei unterschiedlichen »Größen« skalierbar ist. Einerseits kann es im Rahmen einer Einzel- oder Doppelstunde gedacht werden, während es andererseits durchaus als Leitidee für eine Unterrichtsreihe dienen kann, und dass ein inhaltliches Konzept wie das von ChiK geeignet ist, zwischen diesen beiden Skalierungen des FeU gleichsam zu vermitteln.

5 Wissenssicherung

»Die fünfte Denkstufe dient der Wissenssicherung und der Kontrolle der Lernziele.« (SCHMIDKUNZ & LINDEMANN, 1976, 19)

Im Rahmen dieses Aufsatzes wurde versucht, die Beziehung zweier Vorschläge zur Gestaltung von Chemieunterricht, dem Forschend-entwickelnden Unterrichtsverfahren und einem Unterricht nach Chemie im Kontext zu beleuchten. Dabei wurden die Fragen aufgenommen, die bei der Einführung von ChiK in Gesprächen mit Lehrerinnen und Lehrern aufkamen und die letztlich nach der Kontinuität der Entwicklung vom FeU hin zu ChiK fragten. Es wurde der Versuch unternommen, die gegenseitige Beziehung dieser beiden Konzepte ausgehend von lerntheoretischen Ausgangslagen zu klären und in den Darstellungen die Konzepte selbst noch einmal zu Wort kommen zu lassen.

Das FeU lässt eine Interpretation in zwei verschiedenen Skalierungen zu, es lädt geradezu hierzu ein. Je nach Blickwinkel bzw. gewählter Skalierung können die beiden Unterrichtsverfahren wechselseitig als eine Konkretisierung des jeweils anderen aufgefasst werden. Damit ist nun auch eine Antwort auf die Frage nach der Kontinuität der Entwicklungen von Unterrichtsverfahren für den Chemieunterricht gegeben: Zwei Konzepte, die wie hier gezeigt, so eng miteinander verwoben sind, stehen miteinander in der gleichen Tradition, es ist also weder alles neu, noch alles schon einmal dagewesen – vielmehr wird manches neu zusammengefügt und ist daher aus einem anderen Blickwinkel zu betrachten.

Literatur

American Chemical Society (1993). *ChemCom, Chemistry in the Community*. Dubuque: Kendal/Hunt, 1993.

DECI, E. L. & RYAN, R. M. (2002). Overview of self-determination theory. In: E. L. DECI & R. M. RYAN (Eds.): *Handbook of self-determination research*. Rochester: University of Rochester Press, 3–33.

DEMUTH, R.; GRÄSEL, C.; PARCHMANN, I. & RALLE, B. (2008a). *Vom Innovationsprojekt zu nachhaltigen Kooperationsstrukturen – Transfer einer Implementationsstrategie am Beispiel von Chemie im Kontext*. Münster: Waxmann.

DEMUTH, R.; PARCHMANN, I. & RALLE, B. (2008b) (Hsg.). *Die Chemie ersetzt den Vorkoster*. Berlin: Cornelsen.

DEMUTH, R.; PARCHMANN, I. & RALLE, B. (2009) (Hsg.). *Erwünschte Verbrennungen – unerwünschte Folgen?*. Berlin: Cornelsen.

DEMUTH, R.; PARCHMANN, I. & RALLE, B. (2006) (Hrsg.). *Chemie im Kontext – Kontexte, Medien, Basiskonzepte Sekundarstufe II*. Lehrwerk und Lehrerhandreichungen. Berlin: Cornelsen.

DEMUTH, R.; RALLE, B. & PARCHMANN, I. (2005). Basiskonzepte – eine Herausforderung an den Chemieunterricht – (Teil 1: Fachdidaktische Grundlagen und Positionierung). *Chemkon* 12(2), 34–41.

DI FUCCIA, D.; RALLE, B.; SCHWARZ, W. (2005). Lehrer planen gemeinsam. *MNU* 7/58, 388–393.

FRIES, E. & ROSENBERGER, R. (1973) *Forschender Unterricht*. Frankfurt/M.: Diesterweg.

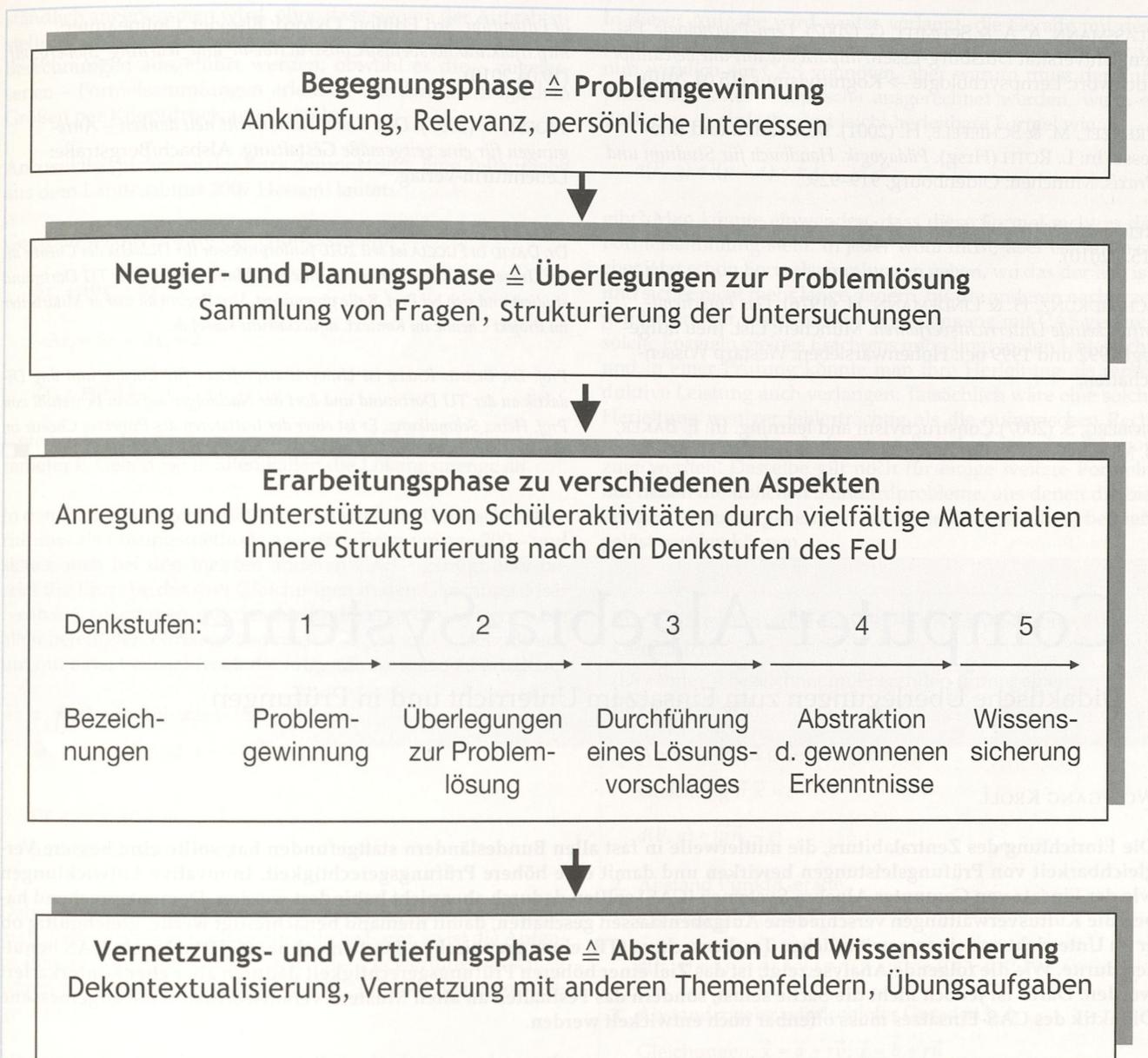


Abb. 3. Zur möglichen Verschränkung des FeU-Algorithmus mit ChiK

KRAPP, A. (1992): Das Interessenkonstrukt: Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In: A. KRAPP & M. PRENZEL (Hrsg.): *Interesse, Lernen, Leistung*. Münster: Aschendorff, 297–329.

Kultusministerkonferenz (2004). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) – Beschluss vom 16.12.2004*. Neuwied, Kriftel: Luchterhand.

MNU (2007). Themenheft »Mathematik und Naturwissenschaften im Kontext«. *MNU* 60(5).

MOTHES, H. (1972). *Methodik und Didaktik der Physik und Chemie*, 8. Auflage. Köln: Aulis Verlag.

MUCKENFUSS, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichtes*. Berlin: Cornelsen.

MÜLLER F. H. (2006). Interesse und Lernen. *REPORT – Zeitschrift für Weiterbildungsforschung*, 29(1), 48–62.

PARCHMANN, I.; BÜNDER, W.; DEMUTH, R.; FREIENBERG, J.; KLÜTER, R. & RALLE, B. (2006a). Lernlinien zur Verknüpfung von Kontextunterricht und Kompetenzentwicklung. *Chemkon* 13(3), 124–131.

PARCHMANN, I.; GRÄSEL, C.; BAER, A.; NENTWIG, P.; DEMUTH, R. & RALLE, B. (2006b). »Chemie im Kontext«: A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education* 28(9), 1041–1062.

PFEIFER, P. (1996). Praxisorientierter Chemieunterricht – konkret. *NiU-Ch*, 31, 4–6.

PILLING, G. & WADDINGTON, D. (1997). Ein neuer Chemiekurs: In die Zukunft blicken *Chemkon* 4(1), 13–18.

PLASSMANN, A. A. & SCHMITT, G. (2007). *Lern-Psychologie*. Essen: Universität Duisburg-Essen. <http://www.uni-due.de/edit/lp/>
Stichwort: Lernpsychologie → Kognitivismus (15.04.2010).

PRENZEL, M. & SCHIEFELE, H. (2001). Motivation und Interesse. In: L. ROTH (Hrsg). *Pädagogik. Handbuch für Studium und Praxis*. München: Oldenbourg, 919–929.

REICH, K. (2010). *Methodenpool*. <http://methodenpool.uni-koeln.de>
(15.3.2010).

SCHMIDKUNZ, H. & LINDEMANN, H. (1976). *Das Forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren*. München: List. (neu aufgelegt 1992 und 1999 bei: Hohenwarsleben: Westarp Wissenschaften.

SJØBERG, S. (2007). Constructivism and learning. In: E. BAKER; B. MCGAW & P. PETERSON (Eds). *International Encyclopaedia*

of Education, 3rd Edition. Oxford: Elsevier. Online unter: http://folk.uio.no/sveinsj/Constructivism_and_learning_Sjoberg.pdf
(19.04.2010)

WOEST, V. (1997). *Den Chemieunterricht neu denken – Anregungen für eine zeitgemäße Gestaltung*. Alsbach/Bergstraße: Leuchtturm-Verlag.

Dr. DAVID DI FUCCIA ist seit 2010 Juniorprofessor für Didaktik der Chemie an der Universität Kassel. Er hat Chemie und Mathematik an der TU Dortmund studiert und sich bei Prof. Ralle promoviert. Von Beginn an war er Mitarbeiter im Projekt Chemie im Kontext. difuccia@uni-kassel.de

Prof. Dr. BERND RALLE ist Universitätsprofessor für Chemie und ihre Didaktik an der TU Dortmund und dort der Nachfolger auf dem Lehrstuhl von Prof. Heinz Schmidkunz. Er ist einer der Initiatoren des Projektes Chemie im Kontext. bernd.ralle@tu-dortmund.de ■

Computer-Algebra-Systeme

Didaktische Überlegungen zum Einsatz im Unterricht und in Prüfungen

WOLFGANG KROLL

Die Einrichtung des Zentralabiturs, die mittlerweile in fast allen Bundesländern stattgefunden hat, sollte eine bessere Vergleichbarkeit von Prüfungsleistungen bewirken und damit eine höhere Prüfungsgerechtigkeit. Innovative Entwicklungen wie der Einsatz von Computer-Algebra-Systemen (CAS) sollten dadurch aber nicht behindert werden. Dementsprechend haben die Kultusverwaltungen verschiedene Aufgabenklassen geschaffen, damit niemand benachteiligt werde, gleichgültig ob er im Unterricht nur einen gewöhnlichen Taschenrechner (TR) einen graphischen Taschenrechner (GTR) oder ein CAS benutzen durfte. Wie die folgende Analyse zeigt, ist das Ziel einer höheren Prüfungsgerechtigkeit dadurch aber eher konterkariert worden. Dafür ist jedoch nicht die Sache selbst, sondern das Festhalten an alten Mustern verantwortlich. Eine angemessene Didaktik des CAS-Einsatzes muss offenbar noch entwickelt werden.

1 Grundlage des Artikels

Den folgenden Überlegungen liegen Aufgaben zu Grunde, die im hessischen und im nordrhein-westfälischen Zentralabitur 2007 bzw. 2008 gestellt worden sind, ergänzt um eine ältere Abituraufgabe aus Baden-Württemberg. Die den Aufgaben beigegebenen Musterlösungen zeigen insbesondere, dass die Möglichkeiten eines CAS, wie es in den schulüblichen Handhelds (voyage 200, TI-NSPIRE, Class Pad 330) implementiert ist, nicht angemessen genutzt werden. Da sich die Mängel als Folge des CAS-Unterrichts interpretieren lassen, gehe ich zunächst auf diesen ein.

2 Was die Schüler im Unterricht über ihren CAS-Rechner lernen sollten

Zu den Selbstverständlichkeiten wird man Kenntnis und Verständnis der im Rechner fest installierten Routinen rechnen dürfen. Da aber bereits die oben genannten Handhelds mehr können, als in der Schule benötigt wird, und Maple und MuPAD, um zwei verbreitete CAS für den PC zu nennen, viel mehr, muss diese Aussage relativiert werden. Sie betrifft allein die »normalen« algebraischen Routinen unter Einschluss von Differential- und Integralrechnung sowie Vektor- und Matri-

zenrechnung. Insbesondere müssen die Verwendung des Gleichungslösers sowie des Skalar- und Vektorprodukts, aber auch die Matrizenalgebra – so weit sie schulrelevant ist – ausführlich thematisiert werden. Dagegen halte ich es nicht für nötig, dass die Schüler auch zu programmieren lernen. Denn die eingebauten Routinen sind mächtig genug, und bei Prüfungen könnten eventuell vorhandene Programme mittels »reset« gelöscht werden, so dass die Prüflinge wirklich unter gleichen Bedingungen arbeiten. Sollte ein Prüfling in der Lage sein, ein solches Programm ad hoc neu zu schreiben, so könnte man das als besondere Leistung positiv würdigen.

Analysiert man aber nun die Modell- oder Musterlösungen, die den Aufgaben z. B. in Hessen und in Nordrhein-Westfalen beigegeben worden sind, so gewinnt man den Eindruck, dass unabhängig vom Werkzeug fast immer eine »händische« Lösung erwartet wird und dem CAS lediglich die Ausführung der anfallenden Rechnungen zugedacht ist. Man klebt an den seit alters praktizierten kleinschrittigen Verfahren ungeachtet der Tatsache, dass ein CAS die meisten erübrigt. Gewiefte Schüler könnten einen geschickteren Gebrauch vom CAS machen, und man dürfte es ihnen noch nicht einmal verwehren, selbst wenn im Unterricht keine Rede davon gewesen ist. Anders ist zum Beispiel nicht zu erklären, dass die Anwendung des Gauß'schen Algorithmus in einer Musterlösung wie selbstver-