

RÜDIGER TIEMANN

## Didaktik der Chemie

### Empirische Analyse von Lehr-/Lernprozessen

Chemiedidaktik an der Humboldt-Universität kennen zu lernen bedeutet, empirisch arbeitende Forschung zu erleben, die anhand von Videoanalysen, modellbasierten Aufgaben, Ländervergleichen und virtuellen Laboren der Frage nachgeht, wie der Prozess der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (Problemlösen) im Unterricht und in der Ausbildung organisiert ist. Große Stichproben und angepasste mathematische Verfahren sichern belastbare und verallgemeinerbare Ergebnisse, von denen dann auch die Studierenden des Lehramts in einer modernen, zeitgemäßen Ausbildung profitieren.

#### Allgemeine Einführung in das Fachgebiet

Chemiedidaktik ist eine Fachrichtung der Chemie, ebenso wie die Anorganische, Organische oder Physikalische Chemie. Soweit, so gut. Doch was genau ist Didaktik der Chemie? Womit beschäftigt sie sich? Was sind ihre Ziele und Methoden? Während für die übrigen Fachrichtungen diese Fragen relativ einfach zu beantworten sind, ist dies für die

Didaktik etwas schwieriger. Jeder hatte früher Chemieunterricht und damit eine diffuse Erfahrung von Didaktik. Oder man hat heute Kinder in der Schule und damit auch eine Idee von dem, was

Didaktik wohl sein könnte. Dies sind jedoch einzelne, individuelle und subjektive Erfahrungen, die nur einen sehr kleinen Ausschnitt dieser Fachrichtung darstellen. Chemiedidaktik ist, verkürzt aus-

gedrückt, domänenspezifische Bildungsforschung, untersucht also Lehr-/Lernprozesse im Inhaltsbereich der Chemie. Wieso versteht ein Schüler das Konzept der Redoxreaktionen und ein anderer nicht? Wie sind Aussagen in der Öffentlichkeit zu chemischen Themen und naturwissenschaftlichen Problemstellungen zu bewerten? Wie lassen sich naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen fördern? Diese und andere Fragen lassen sich nur beantworten, wenn lerntheoretische, erziehungswissenschaftliche und fachliche Kompetenzen zusammengeführt werden.

Ähnlich wie in den anderen Fachrichtungen lässt sich auch in der Didaktik eine eher grundlagenorientierte und eine eher anwendungsorientierte Forschung unterscheiden. Hinzu kommt jedoch, und dies ist ein deutlicher Unterschied, dass die Didaktik neben der Forschung auch die unmittelbare Praxis mit bedient. Forschungsbasierte Fortbildungen und Publikationen für Lehrkräfte oder Programme zur Förderung von Motivation und Interesse an der Chemie sind oftmals ebenfalls kennzeichnend für das Fachgebiet der Didaktik der Chemie.

#### Forschungsgebiete

Die in der Didaktik der Chemie an der Humboldt-Universität vertretene Forschung basiert auf der empirischen Analyse von Lehr-/Lernprozessen in unterschiedlichen Kontexten. Dabei bildet die video-basierte Analyse von Unterrichtsprozessen eine der Grundlagen zum Verständnis des Bedingungsgefüges von Lehren und Lernen der Chemie. Sie lie-

#### Internet

[www.tiemann-education.de](http://www.tiemann-education.de)



Abb. 1 (rechts)  
Dr. Rüdiger Tiemann, Professor für Didaktik der Chemie am Institut für Chemie der Humboldt-Universität zu Berlin.

fert die Fragestellungen für fachdidaktische Forschungsvorhaben aus der pädagogischen Praxis heraus und bietet umgekehrt die Möglichkeit zur Evaluation von Interventionsmaßnahmen im Unterricht. Darüber hinaus wird durch interdisziplinäre Fragestellungen mit Nachbarschaftsdisziplinen wie z.B. der Psychologie oder den Bildungswissenschaften eine Schnittmenge von Interessen gebildet, die es erlaubt, theoriebasiert aktuelle Aspekte zum fachspezifischen Kompetenzerwerb und zur Kompetenzdiagnostik zu untersuchen. Den Schwerpunkt bildet dabei die Modellierung und Überprüfung von Prozessen der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, des Problemlösens. Die Projekte verteilen sich dabei auf zwei, aufeinander aufbauende Forschungsfelder: der Modellie-

rung von Problemlösekompetenz und deren Weiterentwicklung sowie Problemlösen im Chemieunterricht und der universitären Ausbildung.

#### ■ Modellierung wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung

Beim komplexen Problemlösen sind nicht alle Informationen unmittelbar gegeben, sondern müssen erst durch den Umgang mit der Problemstellung erschlossen werden. Diese Art des Problemlösens entspricht vielen »realen« Herausforderungen beim Lernen chemischer Inhalte und ist Gegen-

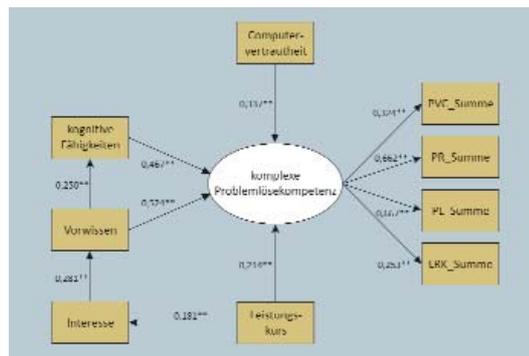


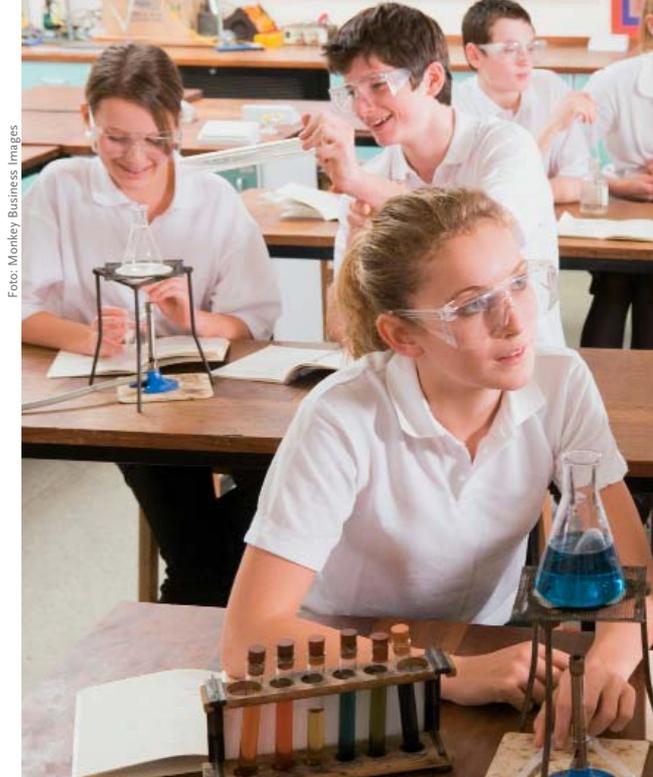
Abb. 2  
Grundlagenforschung – Reduziertes Kausalmodell komplexer Problemlösekompetenz. Diese wird signifikant vorhergesagt z.B. durch die Variablen Computervertrautheit, kognitive Fähigkeiten, Vorwissen und Leistungskursbelegung.

#### Abstract

Research in chemistry education at the Humboldt-Universität focuses on the empirical analysis of scientific inquiry, which is affiliated with research and development in assessment. The aim is to develop items and methods that assess the skills, knowledge and competencies expected of a successful problem solver. Video analyses, computer based assessments and complex »paper & pencil« tasks series, combined with high end mathematical methods, permit predictions for learning progression models and effective strategies in teaching and learning chemistry.

stand mehrerer Projekte. In virtuellen Laboren wird es durch vier Schritte auf drei Anforderungsebenen beschrieben. Für jede Zelle dieser Matrix sind Aufgaben konstruiert, welche die Teilfähigkeiten auf jedem Niveau erfassen. Entsprechende mathematische Verfahren bringen dabei die »Merkmale« der Aufgaben mit den »Merkmalen« der Schülerinnen und Schüler zusammen. Diese virtuellen Labore liegen für die 8., 10. und 12. Jahrgangsstufe vor, so dass es erstmalig möglich ist, die »Entwicklung« von Problemlösekompetenz für jeden der einzelnen Teilschritte über einen längeren Zeitraum zu beschreiben.

Ein weiterer wichtiger Punkt im Prozess des Problemlösens ist die Auswahl von Informationen, die



für eine Lösung relevant sind. Sie müssen anhand verschiedener Kriterien bewertet werden, sie müssen schlüssig und begründbar sein, und letztlich sollten sie auch in größeren Zusammenhängen gesehen werden können. Bewertungskompetenz beschreibt somit die »Qualität« von Argumenten zu naturwissenschaftlich-gesellschaftlichen Fragestellungen. Integriert in das Modell ist es dann möglich, diese in den Bildungsstandards für den Chemieunterricht geforderte Fähigkeit empirisch zu erheben.

Doch wo setzt man eigentlich die Grenze für das, was auf jeden Fall von den Schülerinnen und Schülern geleistet werden soll? Ein Zahlenwert ist zwar einfach zu handhaben, wird aber den Denk- und Arbeitsweisen der Chemie nicht gerecht. Wie differenziert muss ein Atommodell mindestens sein, damit man den gesellschaftlichen Diskussionen zur Atomkraft folgen kann? Welches minimale Verständnis eines Säure-Base-Konzepts braucht man, um die Beschreibung der Havarie eines Säuretransporters in der Tagespresse realistisch einschätzen zu können? Dies sind Fragen nach der Leistungsfähigkeit und Ausbaufähigkeit der grundlegenden Kon-

zepte, die im Chemieunterricht vermittelt werden sollen. Sie sollen nach bildungspolitischen Vorgaben schulformübergreifend formuliert werden, und, soweit möglich, für affine Fächergruppen gelten. Der Arbeitskreis liefert hier mit der Präzisierung im unteren Anforderungsbereich einen Beitrag zur Entwicklung dieser Mindeststandards. In einem anderen Projekt wird die prinzipielle Übertragbarkeit der Erkenntnisgewinnung auf affine Fächer näher untersucht (DFG). Zusammen mit der Didaktik der Biologie wird das Modell so erweitert, dass die Charakteristika beider Fächer abgebildet werden. Es zeigt sich deutlich, dass es zwar Gemeinsamkeiten gibt, jedoch auch fachtypische Aspekte, die verdeutlichen, warum es nicht sinnvoll ist, pauschal die Zusammenlegung der Fächer zu fordern.

#### Kooperationen

Die Didaktik der Chemie kooperiert u.a. mit:

- Prof. Dr. Annette Upmeier zu Belzen (Didaktik der Biologie, HU): Erkenntnisgewinnung im Chemie- und Biologieunterricht (DFG);
- Prof. Dr. Dirk Krüger (Didaktik der Biologie, FU), Prof. Dr. Volkhard Nordmeier (Didaktik der Physik, FU); Prof. Dr. Annette Upmeier zu Belzen (Didaktik der Biologie, HU), Prof. Dr. Anand Pant (Institut zur Qualitätssicherung im Bildungswesen, HU) et al.: Wissenschaftsverständnis bei Studierenden des Lehramts Chemie, Biologie und Physik (BMBF);
- Prof. em. Dr. Lutz Schön (Didaktik der Physik, HU), Prof. Dr. Annette Upmeier zu Belzen (Didaktik der Biologie, HU): Humboldt-Bayer-Mobil – Förderung des Wissenschaftsverständnisses von Schülern (Bayer Science & Education, Mercedes, Humboldt-Stiftung);
- Prof. em. Dr. Lutz Schön (Didaktik der Physik, HU), Prof. Dr. Annette Upmeier zu Belzen (Didaktik der Biologie, HU), Prof. Dr. Jürg Kramer (Didaktik der Mathematik, HU) et al.: ProMINT-Kolleg (Deutsche Telekom Stiftung).



### ■ Wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung in Schule und Universität

Im zweiten Forschungsfeld werden die Ergebnisse aus den Grundlagenprojekten für die Schule »übersetzt« und evaluiert. Die Effektivität solcher Maßnahmen kann z.B. in einem Projekt (DFG) an einer Vielzahl von Schulen nachgewiesen werden, und parallel durchgeführte Videodokumentationen liefern Hinweise für weiterführende Studien zur Optimierung. Doch wie fördern andere, in großen Vergleichsstudien beim Problemlösen erfolgreichere OECD-Länder ihre Schülerinnen und Schüler? Welches Bild über »Scientific Inquiry« wird dort vermittelt? Eine vergleichende Videostudie zwischen Schweden und Deutschland versucht hier, die Unterschiede und Gemeinsamkeiten herauszuarbeiten und Implikationen für den Chemieunterricht abzuleiten. Diese werden im »ProMINT-Kolleg« der Humboldt-Universität anschließend in Maßnahmen zur Weiterentwicklung der Lehrerbildung zusammen mit abgeordneten Lehrkräften umgesetzt (Deutsche Telekom Stiftung).

Mit diesen Projekten erreicht die Didaktik der Chemie zwar die Lehramtsstudierenden, jedoch nicht die Lehrkräfte an den Schulen. Zwei weitere Projekte untersuchen daher verschiedene Maßnahmen der Weiterbildung. Hier werden die Lehrkräfte mit dem Konzept des wissenschaftlichen Problemlösens vertraut gemacht, entwickeln Lernumgebungen zu verschiedenen Inhaltsbereichen und erproben diese in ihren Klassen. Diese Projekte aus dem Forschungs-

rahmenprogramm bzw. Erasmus-Programm der Europäischen Union ermöglichen zudem einen inhereuropäischen Vergleich und einen Anschluss an die internationale Diskussion einer »Inquiry Based Science Education«. Für den universitären Bereich erhebt ein BMBF-Projekt, inwieweit die Studierenden der Chemie, Biologie und Physik mit den Prozessen der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung vertraut sind, um anschließend begründete Maßnahmen ableiten zu können.

### Ausgewählte Publikationen

- Tiemann, R., Upmeyer zu Belzen, A., & Neumann, K. (Eds.) (2011). *Science Education Review Letters*. Open Access Online Journal. Humboldt-Universität zu Berlin.
- Stößer, R., Ulbrich, S. L., & Tiemann, R. (2010). Von der phänomenologischen Eigenschaft zur Struktur – Ausgewählte Bindungsphänomene zur Umsetzung der Bildungsstandards. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht MNU* 63 (8), 498–504.
- Fischer, H. E., Klemm, K., Leutner, D., Sumfleth, E., & Tiemann, R. (2005). Framework for Empirical Research on Science Teaching and Learning. *Journal of Science Teacher Education* 16, 309–349.

### Prof. Dr. Rüdiger Tiemann

Jahrgang 1971. 1991 1. Staatsexamen Sek. II/I (Chemie, Physik), Westfälische Wilhelms-Universität Münster; 1999 Promotion, Dr. rer. nat. (Didaktik der Chemie), Universität Duisburg-Essen; 2001 2. Staatsexamen Sek. II/ I (Chemie, Physik), Arnsberg; 2001 PostDok, Didaktik der Physik, Technische Universität Dortmund; 2003 PostDok, Didaktik der Chemie, Universität Duisburg-Essen; 2005 Professor, Didaktik der Chemie, Humboldt-Universität zu Berlin; 2006 Vorstandsmitglied der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik; 2008 Mitglied des Qualitätssicherungsgremiums des IQB zur Überprüfung der Bildungsstandards; 2009 Mitgründung des Interdisziplinären Zentrums für Bildungsforschung (IZfB); 2010 Prodekan für Studium und Lehre der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät I, Humboldt-Universität zu Berlin.

Humboldt-Universität zu Berlin • Institut für Chemie

E-Mail: [ruediger.tiemann@chemie.hu-berlin.de](mailto:ruediger.tiemann@chemie.hu-berlin.de) • [www.tiemann-education.de](http://www.tiemann-education.de)

### Abb. 3

Videoanalyse von Unterricht. Die videobasierte Analyse von Unterrichtsprozessen bildet eine der Grundlagen zum Verständnis des Bedingungsgefüges von Lehren und Lernen der Chemie. Sie liefert die Fragestellungen für fachdidaktische Forschungsvorhaben aus der pädagogischen Praxis heraus und bietet umgekehrt die Möglichkeit zur Evaluation von Interventionsmaßnahmen im Unterricht.