

## Vorstellungen zum Verbrennungsprozess – Entwicklung wissenschaftlicher Konzepte bei Schülerinnen und Schülern

Barbara Hank

### Zusammenfassung

Mit Hilfe eines quasiexperimentellen Designs wurde die Entwicklung von wissenschaftlichen Vorstellungen im Anfangsunterricht des Faches Chemie an Realschulen untersucht. Die kontextorientierte Unterrichtsform „Chemie im Kontext“ (ChiK) wurde traditionellem Unterricht gegenübergestellt. Über 900 Lernende wurden im Zeitraum von etwa sechs Monaten dreimal befragt. Neben den Vorstellungen zum Verbrennungsvorgang wurden weitere Variablen wie z. B. das Interesse für das Fach Chemie erhoben. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Unterricht nach ChiK dazu geeignet sein kann, Konzeptwandelprozesse zu unterstützen. Insbesondere Mädchen konnten von dem Treatment profitieren. Im Hinblick auf die Entwicklung des Fachinteresses konnten hingegen keine Vorteile festgestellt werden. Gerade die Mädchen, die nach ChiK unterrichtet wurden, verloren während der Laufzeit des Treatments an Interesse.

### Theoretischer Rahmen – (Fehl-)Konzepte und Konzeptwandelprozesse

Bei der Beobachtung und Auseinandersetzung mit ihrer Umgebung entwickeln Menschen von früher Kindheit an Vorstellungen (Konzepte), die ihre Umwelt begreifbar machen können. Über eine wiederholte Beobachtung und Reflexion von Phänomenen versuchen sie Erklärungen zu gewinnen und Voraussagen zu treffen. Diese Vorstellungen helfen Menschen dabei, alltägliche Situationen erfolgreich zu bewältigen und hinreichend genau zu verstehen.

Gemäß konstruktivistischen Annahmen bilden diese Konzepte den Ausgangspunkt schulischer Lernpro-

zesse. Seit mehreren Jahren werden insbesondere in den Didaktiken der naturwissenschaftlichen Disziplinen Vorstellungen zu einzelnen Themenbereichen gesammelt und detailliert beschrieben (s. auch Bibliografie von Duit 2009). Aus didaktischer Perspektive werden diese Konzepte nur in den Fällen problematisch, in denen sie mit den wissenschaftlichen Theorien und Konzepten, die im schulischen Rahmen vermittelt werden, nicht vereinbar sind. Solche aus wissenschaftlicher Sicht fehlerhaften Vorstellungen werden daher auch als Fehlkonzepte oder Fehlvorstellungen bezeichnet. Diese Fehlvorstellungen sind sehr stabil auch gegenüber didaktischen Interventionen und treten unabhängig von Alter, Intelligenz, Geschlecht und kulturellem

Hintergrund auf (Wandersee et al. 1994, 185 ff.).

Vorwissen gilt als entscheidender Prädiktor für Erfolg bei schulischen Lernprozessen (Weinert & Helmke 1993). Gerade in den Naturwissenschaften gibt es aber Bereiche, in denen Vorwissen in Form von Fehlvorstellungen, die inkompatibel mit wissenschaftlichen Vorstellungen sind, Lernprozesse erschweren oder sogar verhindern kann. Für das didaktische Handeln im Unterricht hat dies weitreichende Konsequenzen: Von den Lernenden werden die naturwissenschaftlichen Fächer häufig als uninteressant und eher wenig relevant eingeschätzt, da ihr bisheriges Wissen in Form vorunterrichtlicher Vorstellungen kaum thematisiert oder eingebracht werden kann. Dies kann zur Folge haben, dass das im Unterricht erworbene Wissen nicht mit bisherigen Erfahrungen und Vorstellungen in Verbindung gebracht wird und der Unterrichtsstoff zwar für die nächste Prüfung gelernt, dann jedoch rasch wieder vergessen wird. Damit diese sog. Kompartimentalisierung von Wissen („Schulwissen“ vs. „Alltagswissen“) vermieden und nachhaltiges Lernen ermöglicht werden kann, müssen die ursprünglichen Vorstellungen, die nicht mit wissenschaftlichen Vorstellungen in Einklang gebracht werden können, zunächst ermittelt und schließlich verändert werden.

Diese Veränderung vorhandenen Wissens wird als Konzeptwandel (Conceptual Change) bezeichnet (Schnotz 2006, 77). Theorien zum Conceptual Change versuchen zu beschreiben, wie diese Veränderungen ablaufen könnten. Ausgehend von Annahmen zum Wissenserwerb und zur

Speicherung von Wissen beschreiben die Autoren Konzeptwandel entweder als Umbauprozess von kognitiven Strukturen (z. B. Vosniadou et al. 2008 oder Chi & Roscoe 2002) oder als Prozess einer adäquaten Kontextualisierung einzelner Vorstellungen, der aufzeigt, in welchen Kontexten Alltagskonzepte ausreichend sind und wo wissenschaftliche Konzepte angewandt werden müssen (z. B. Halldén 1999).

Ob diese Prozesse erfolgreich ablaufen können, hängt von der Gestaltung der Lernumgebung sowie von individuellen Merkmalen der lernenden Person ab. Pintrich et al. formulierten Bedingungen für erfolgreiche Konzeptwandelprozesse auf motivationaler und emotionaler Ebene bei einzelnen Lernenden (Pintrich et al. 1993). Insbesondere Variablen wie Interesse, Selbstwirksamkeit sowie Zielorientierungen und epistemische Annahmen beeinflussen, wie Schülerinnen und Schüler das Unterrichtsangebot nutzen können (s. auch Helmke 2005, 42).

Bei der Gestaltung der Lernumgebung spielt das fachdidaktische Wissen der Lehrperson z. B. in Bezug auf die Wirksamkeit von Lehrstrategien im Umgang mit Fehlvorstellungen eine große Rolle (s. zu Konfliktstrategien Chinn & Brewer 1998, zu Analogien Duit et al. 2001). Bedeutsam ist auch das Wissen in Bezug auf den Einsatz von Modellen und Fachsprache im Unterricht (z. B. DeJong & Taber 2007, 634 ff.).

Um Konzeptwandelprozesse im Unterricht unterstützen zu können, muss also nicht nur bei den vorhandenen Vorstellungen angesetzt werden, es müssen auch motivationale Aspekte bei den Lernenden berücksichtigt werden. Möglichkeiten, dies praktisch umzuset-

zen, könnten kontextorientierte Unterrichts-konzeptionen bieten.

In Deutschland ist für das Fach Chemie die Konzeption „Chemie im Kontext“ (ChiK) verbreitet. Zentral sind bei dieser Konzeption die Kontexte, die als „aktuelle, lebensweltbezogene Fragestellungen“ (Parchmann et al. 2000, 133) Ausgangspunkt und durchgehendes Prinzip für die Erarbeitung der fachwissenschaftlichen Inhalte sind. Ziel der Konzeption ist einerseits die Förderung motivationaler Variablen, andererseits eine fundierte inhaltliche Auseinandersetzung mit dem Gegenstand. Alle inhaltlich erarbeiteten Themen werden dazu auf fünf Basiskonzepte bezogen (Stoff-Teilchen-Konzept, Struktur-Eigenschafts-Konzept, Energie-Konzept, Donator-Akzeptor-Konzept, Gleichgewichts-Konzept), die so ständig erweitert und gefestigt werden können. Auf diese Weise soll der Transfer dieser zentralen Konzepte sichergestellt werden.

Charakteristisch für Unterricht nach ChiK ist seine Phasenstruktur:

1. Zunächst werden die Lernenden in der Begegnungsphase mit dem Kontext vertraut gemacht. Hier werden das Vorwissen, die Erfahrungen und die bestehenden Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler aktiviert.
2. In der anschließenden Neugier- und Planungsphase entwickeln die Lernenden relevante Fragen zum Kontext. Diese Fragen bilden die Ausgangsbasis für die Planung und Strukturierung des Unterrichts in den folgenden Stunden.
3. Darauf folgt die Erarbeitungsphase, in der die Schülerfragen bearbeitet

und beantwortet werden. In dieser Phase erwerben die Lernenden die fachlichen Grundlagen und methodischen Fertigkeiten, um den Kontext inhaltlich zu erschließen.

4. Schließlich erfolgen in der Vernetzungs- und Vertiefungsphase Übung und Transfer des Gelernten. Hier wird Bezug zu den Basiskonzepten des Faches hergestellt (Parchmann et al. 2008, 27).

Studien zur Wirksamkeit kontextorientierter Unterrichtsformen berichten häufig von einem positiven Einfluss auf die Motivation und das Interesse der Lernenden (z. B. Taasobshirazi & Carr 2008, 160). Gleichzeitig ist die Befundlage in Bezug auf den Lernerfolg aber nicht eindeutig (z. B. Myers 1996, 55 f.). Defizite scheint es insbesondere bei Transfer und Generalisierung des Gelernten zu geben (z. B. Taasobshirazi & Carr 2008, 163).

### Fragestellung der Studie

Fehlvorstellungen im Bereich von Verbrennungserscheinungen wurden bereits in mehreren Studien ermittelt und beschrieben (z. B. Haupt 1984, Meheut 1985, Prieto et al. 1992, Watson et al. 1995 und 1997). Ziel der vorliegenden Studie war es, darauf aufbauend die Entwicklung der Vorstellungen längsschnittlich zu untersuchen und zu zeigen, ob der Aufbau wissenschaftlicher Vorstellungen im schulischen Unterricht erreicht werden kann. Zudem sollte überprüft werden, ob über die Unterrichtsgestaltung Einfluss auf die Entwicklung wissenschaftlicher Konzepte genommen werden kann. Um dies zu überprüfen, wird Unterricht

nach „Chemie im Kontext“ traditionellem Chemieunterricht gegenüber gestellt.

## Methodisches Vorgehen und Durchführung der Studie

Insgesamt wurden über 900 Schülerinnen und Schüler aus zwölf Schulen befragt, von denen etwa 600 bei allen

Befragungszeitpunkten anwesend waren. Um zu überprüfen, ob kontextorientierter Unterricht nach ChiK in Bezug auf die Veränderung von Vorstellungen einen zusätzlichen Beitrag leisten kann, wurde an sechs dieser Schulen kontextorientiert unterrichtet. Tabelle 1 zeigt die Zusammensetzung der Stichprobe:

	SchülerInnen			Jahrgangsstufe					
	Σ	m	w	8			9		
				Σ	m	w	Σ	m	w
Treatmentgruppe (ChiK)	262	129	133	98	77	21	164	52	112
Kontrollgruppe	330	155	175	140	110	30	190	45	145
Σ	592	284	308	238	187	51	354	97	257

Tabelle 1: Zusammensetzung der Längsschnittstichprobe der Lernenden (Hank 2013, 125)

Für die Studie wurde das Lehrplanthema „Oxidation und Reduktion als Sauerstoffübertragung“ ausgewählt, das im ersten Unterrichtsjahr im Fach Chemie an Realschulen (8. bzw. 9. Jahrgangsstufe, je nach gewählter Wahlpflichtfächergruppe) behandelt wird. Der Unterricht in den Treatmentklassen wurde angelehnt an die ChiK-Einheit „Erwünschte Verbrennungen, unerwünschte Folgen“ (Schmidt & Parchmann 2003) gestaltet.

Die drei Befragungen erfolgten angepasst an die Stoffverteilungspläne der Lehrkräfte jeweils kurz bevor und kurz nachdem das Thema „Verbrennung“ im Unterricht thematisiert wurde sowie als Follow-Up-Befragung zehn bis zwölf Wochen nach der zweiten Erhebung.

Da Konzepte über natürliche Phänomene Menschen meist nicht direkt zu-

gänglich sind, wurden zur Erhebung der Schülervorstellungen in der vorliegenden Studie Fragebögen mit offenen Fragen eingesetzt, die sich auf alltägliche Aspekte des Verbrennungsprozesses beziehen. Diese Vorgehensweise sollte es den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, eigene Vorstellungen möglichst unbeeinflusst zu Papier zu bringen (zur Wahl geeigneter Instrumente zur Erhebung von Vorstellungen im Schulkontext s. ausführlich bei Hank 2013, 101 ff.).

Die Fragen zielen auf die individuellen Vorstellungen der Lernenden und nicht auf deklaratives Wissen ab. Sie waren sehr weich und offen formuliert, so dass die Schülerinnen und Schüler die Wahl hatten, auf welche Konzepte sie zur Klärung der Fragestellung zurückgreifen. Abbildung 1 zeigt eine Beispielaufgabe:

4.4 Was passiert mit dem Brennstoff während einer Verbrennung?

er verbindet sich mit Sauerstoff  
=> Oxidation

Stell Dir vor, Du bist ein Forscher /eine Forscherin und untersuchst diesen Verbrennungsvorgang unter einem starken Mikroskop.  
Bitte zeichne auf, was Du sehen könntest und beschrifte Deine Zeichnung!

Vor der Verbrennung      Während der Verbrennung      Nach der Verbrennung

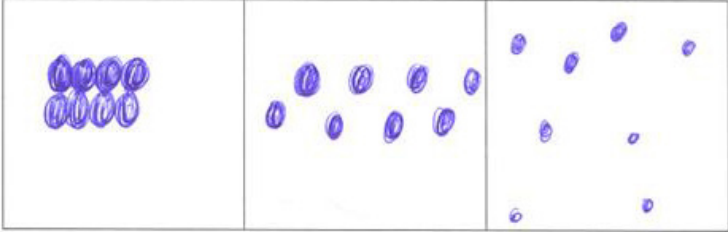


Abbildung 1: Beispielaufgabe zur Erhebung der Schülervorstellungen

Ziel der Schülerbefragung war nicht die Sammlung und Beschreibung von Konzepten zum Verbrennungsprozess. Vielmehr sollten die Antworten in Bezug auf ihre Wissenschaftlichkeit kategorisiert und bewertet werden. Darauf aufbauend sollte dann die Entwicklung dieser Konzepte über drei Befragungszeitpunkte beobachtet werden. Die Ant-

worten der Schülerinnen und Schüler wurden dazu nach ihrer wissenschaftlichen Qualität auf einer dreistufigen Skala codiert. Tabelle 2 zeigt die Zuordnung der Kategorien zu den Codes. Für jede Versuchsperson wurde aus diesen Codes ein Summenscore pro Befragung errechnet.

Kategorie	Code	Beschreibung
Fehlkonzept	0	Alltagsvorstellung, fehlerhafte und in diesem Kontext unzureichende Vorstellung
Hybridkonzept	1	synthetische Vorstellung, die Elemente des Fehlkonzeptes und des wissenschaftlichen Konzepts enthält
wissenschaftliches Konzept	2	Antwort, die ein Experte im Fach geben würde, vollständig und umfassend, aber auf einem Niveau, das von Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe erwartet werden kann

Tabelle 2: Kategorien der Schülerantworten (Hank 2013, 110)

Neben den Vorstellungen zum Verbrennungsprozess wurden Variablen wie das Interesse für das Fach Chemie (adaptiert nach Berger 2002) und die fach-

bezogene Selbstwirksamkeitserwartung (adaptiert nach Schwarzer 1999) zu allen Messzeitpunkten erhoben.

## Ausgewählte Ergebnisse zur Entwicklung der Schülervorstellungen und des Fachinteresses

### Befunde zur Entwicklung der Konzepte

Im Verlauf der Untersuchung konnten alle Klassen (unabhängig von ihrer Zugehörigkeit zur Treatment- oder Kontrollgruppe) ihre Vorstellungen weiterentwickeln. Bei der Zweit- und der Drittbefragung wurden signifikant mehr

wissenschaftliche Vorstellungen geäußert als bei der Erstbefragung. Zwischen der Zweit- und der Drittbefragung sinkt der Anteil der wissenschaftlichen Konzepte in vielen Klassen erwartungsgemäß jedoch wieder etwas ab.

Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der Klassenmittelwerte über die drei Befragungszeitpunkte. Eine Linie veranschaulicht jeweils die Entwicklung einer Schulklasse.

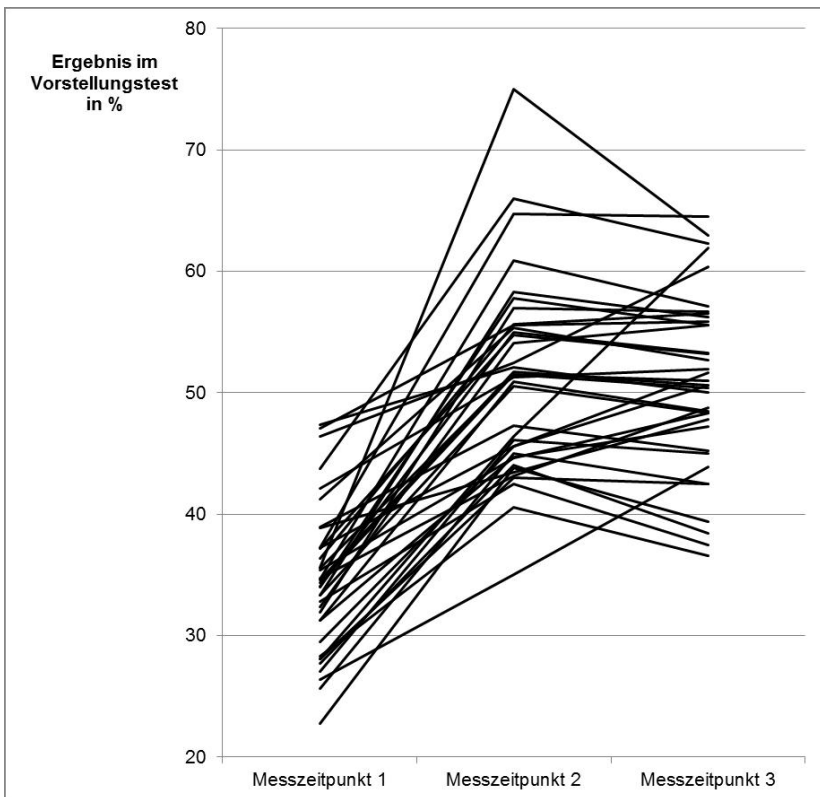


Abbildung 2: Entwicklung der Schülervorstellungen - Klassenmittelwerte

Die Lernenden der Treatmentgruppe zeigten im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant bessere Ergebnisse. Die Schülerinnen und Schüler, die nach der Konzeption „Chemie im Kontext“ unterrichtet wurden, setzten bei der Zweit- und bei der Drittbefragung signifikant mehr wissenschaftliche Vorstellungen ein als die Schülerinnen und Schüler, die traditionell unterrichtet wurden ( $F(4320, 120) = 7.79$ ;  $p < .05$ ;  $\eta^2 = .12$ ).

Interessant ist zudem die Betrachtung der Entwicklung von Mädchen und

Jungen in der Treatment- und der Kontrollgruppe:

Die Jungen in beiden Gruppen unterscheiden sich nur geringfügig hinsichtlich der Wissenschaftlichkeit ihrer Konzepte. Die Mädchen der Treatmentgruppe zeigen aber eine signifikant bessere Entwicklung als die Mädchen der Kontrollgruppe ( $F(4320, 120) = 7.24$ ;  $p < .05$ ;  $\eta^2 = .04$ ).

Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der Vorstellungen bei Mädchen und Jungen in Treatment- und Kontrollgruppe im Vergleich.

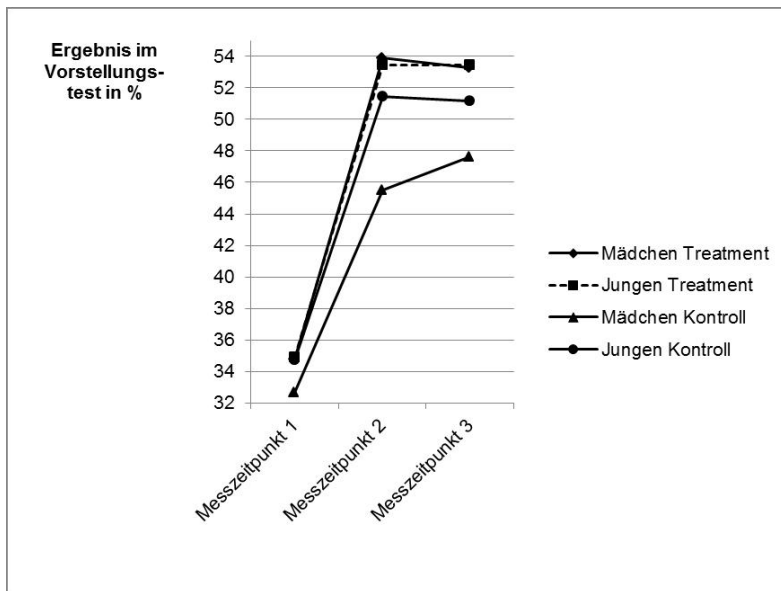


Abbildung 3: Entwicklung der Schülervorstellungen - Mädchen und Jungen in Treatment- und Kontrollgruppe

### Befunde zur Entwicklung des Interesses für das Fach Chemie

Das Fachinteresse für Chemie nimmt während der Laufzeit der Studie signifikant ab. Dieser Verlauf ist in der

Treatment- und in der Kontrollgruppe beobachtbar ( $F(4212, 139) = 22.16$ ;  $p < .001$ ;  $\eta^2 = .7$ ).

Dabei verändert sich das Interesse zwischen der ersten und der zweiten

Befragung – also während der Zeit, in der das Thema Verbrennung unterrichtet wurde – bei den meisten Lernenden kaum. Es steigt bei den Jungen in Kontroll- und Treatmentgruppe leicht an, bei den Mädchen der Kontrollgruppe

sinkt es leicht. Nur bei den Mädchen der Treatmentgruppe sinkt es signifikant ab ( $t(131) = 79.13; p < .001; d = 0.20$ ).

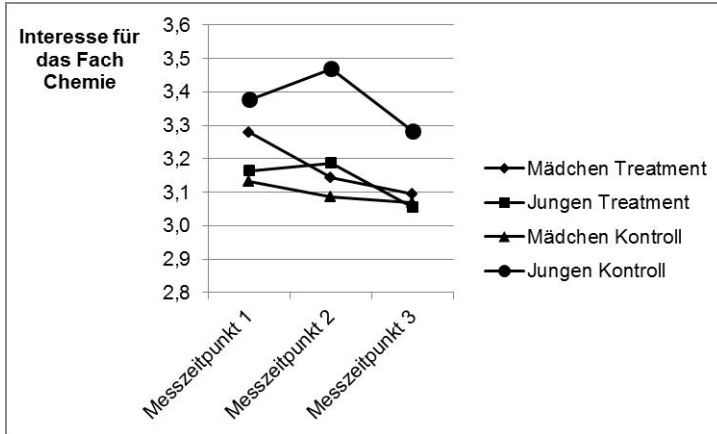


Abbildung 4: Entwicklung des Fachinteresses - Mädchen und Jungen in Treatment- und Kontrollgruppe

## Diskussion

Die vorliegende Studie konnte zeigen, dass Lernende an Realschulen ihre Vorstellungen zu Verbrennungsprozessen im Anfangsunterricht weiterentwickeln können. Alle Klassen wenden bei der zweiten und bei der dritten Befragung signifikant mehr wissenschaftliche Konzepte bei der Bearbeitung der Aufgaben an als bei der ersten Befragung. Gleichzeitig zeigt sich aber auch, dass diese Veränderungen nicht immer stabil sind. Zwischen der zweiten und der dritten Befragung verringert sich die Anzahl der wissenschaftlichen Antworten erwartungsgemäß wieder etwas.

Diese Ergebnisse stehen in Einklang zu früheren Befunden zu

Konzeptwandelprozessen im Schulkontext: Der Anteil wissenschaftlicher Konzepte steigt mit der Zeit und mit wachsender Lernerfahrung in einem Themengebiet an (Liu 2007, 1855). Im Rahmen der Studie wurde jedoch nur ein zeitlich begrenzter Abschnitt der Konzeptentwicklung der Schülerinnen und Schüler beobachtet. Viele Konzeptwandelprozesse werden in diesem relativ kurzen Zeitrahmen nicht erfolgreich beendet (Vosniadou et al. 2001, 394) oder bleiben sogar während der gesamten Schullaufbahn unvollständig, um erst danach abgeschlossen zu werden (Inagaki & Hatano 2002, 154).

Die Schülerinnen und Schüler, die nach „Chemie im Kontext“ unterrichtet wurden, zeigen im Bereich der



Konzeptentwicklung signifikant bessere Ergebnisse als die Lernenden, die traditionell unterrichtet wurden. Diese Vorteile könnten durch die Unterrichtsgestaltung begründet sein, die bei ChiK gezielt die Vorstellungen und Fragen der Schülerinnen und Schüler aufgreift und es ihnen ermöglicht, bisherige Erfahrungen und Konzepte direkt in die Unterrichtsplanung einzubringen.

Interessant ist der Befund, dass die Mädchen, die nach „Chemie im Kontext“ unterrichtet wurden, besonders von der kontextorientierten Unterrichtsform profitieren konnten. Abbildung 3 zeigt anschaulich, dass die Entwicklung bei den Mädchen der Treatmentgruppe ähnlich wie bei den Jungen beider Gruppen verläuft. Möglicherweise konnten die Mädchen hier von der Vorgehensweise profitieren, die Vorstellungen, Erfahrungen und Fragen in der zweiten Phase des ChiK-Unterrichts anonym zu erheben. Durch diese Vorgehensweise konnten eventuell auch die Mädchen erreicht werden, die sich sonst im naturwissenschaftlichen Unterricht bewusst zurücknehmen, um ein aus ihrer Sicht negatives Image zu vermeiden (Kessels & Hannover 2006, 353 ff.).

In allen Gruppen sinkt das Fachinteresse für Chemie unabhängig von der gewählten Unterrichtsform. Dieses Ergebnis steht in Einklang mit Befunden der Interessenforschung im naturwissenschaftlichen Unterricht, z. B. mit der IPN-Interessenstudie (Hoffman et al. 1998, 20 ff.), die häufig absinkendes Interesse im Anfangsunterricht in den Naturwissenschaften berichten. Besonders stark davon betroffen sind die Mädchen der Treatmentgruppe. Gründe dafür könnten in der konkreten Umsetzung des ChiK-Unterrichts in den

Treatmentklassen liegen. Möglicherweise wurden die Erwartungen, die in Phase 1 und 2 gerade bei den Mädchen geweckt wurden, im Laufe der ChiK-Unterrichtseinheit nicht erfüllt. Abschließend kann dieses Ergebnis aber mit den vorliegenden Daten nicht erklärt werden.

Im Rahmen dieser Studie wurde die konkrete Vorgehensweise im Unterricht über Fragebögen an die Lehrkräfte erhoben. Dies ermöglicht zwar einen Überblick über die behandelten Themengebiete und die durchgeführten Experimente, kann jedoch kein differenziertes Bild über die Unterrichtsgestaltung und -durchführung vermitteln. Unklar bleibt, wie ChiK-Unterricht im Detail umgesetzt wurde und wie der Unterricht konkret in den Klassen der Kontrollgruppen gestaltet wurde. Genauere Aussagen über die Wirkung von ChiK-Unterricht sind hier daher nicht möglich, da ein Großteil relevanter Variablen nicht kontrolliert werden konnte. Dies stellt ein gängiges Problem beim Vergleich von Unterrichtskonzeptionen im Schulkontext dar. Weitere Forschung ist daher nötig um genauere Zusammenhänge zwischen Eigenschaften der Lernumgebung und erfolgreichen Konzeptwandelprozessen zu ermitteln.

## Literatur

- Berger, R. (2002). Einfluss kontextorientierten Physikunterrichts auf Interesse und Leistung in der Sekundarstufe II. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 8, 119-132.
- Chi, M. T. H. & Roscoe, R. D. (2002). The processes and challenges of conceptual change. In M. Limón & L. Mason (Hrsg.), *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice Dordrecht* (S. 5-27). Kluwer Academic Publishers.
- Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (6), 623-654.
- DeJong, O. & Taber, K. S. (2007). Teaching and learning the many faces of chemistry. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education* (S. 631-652). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Duit, R. (Hrsg.) (2009). *Bibliography - STCSE students' and teachers' conceptions and science education*: <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html> (Stand: 23.3.2009).
- Duit, R., Roth, W.-M., Komorek, M. & Wilbers, J. (2001). Fostering conceptual change by analogies, between Scylla and Charybdis. *Learning and Instruction*, 11, 283-303.
- Halldén, O. (1999). Conceptual change and contextualization. In W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero (Hrsg.), *New perspectives on conceptual change* (Advances in learning and instruction series) (S. 53-65). Amsterdam: Pergamon.
- Hank, B. (2013). *Konzeptwandelprozesse im Anfangsunterricht Chemie* (Studien zum Chemie- und Physiklernten, Bd. 155). Berlin: Logos-Verl.
- Haupt, P. (1984). *Verbrennungs- und Oxidationsvorgänge im Verständnis von Schülern* (Didaktik der Naturwissenschaften, Bd. 9). Köln: Aulis-Verl. Deubner.
- Helmke, A. (2005). *Unterrichtsqualität erfassen, bewerten, verbessern* (4. Aufl.). Seelze: Kallmeyer.
- Hoffmann, L., Häussler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik*. Kiel: IPN.
- Inagaki, K. & Hatano, G. (2002). *Young children's naive thinking about the biological world* (Essays in developmental psychology). New York: Psychology.
- Kessels, U. & Hannover, B. (2006). Zum Einfluss des Image von mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern auf die schulische Interessenentwicklung. In M. Prenzel (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 350-369). Münster: Waxmann.
- Liu, X. (2007). Elementary to high school students' growth over an academic year in understanding the concept of matter. *Journal of Chemical Education*, 84 (11), 1853-1856.
- Meheut, M. (1985). Pupils' (11-12 year olds) conceptions of combustion. *European Journal of Science Education*, 7 (1), 83-93.
- Myers, L. (1996). Mastery of basic concepts. In R. E. Yager (Hrsg.), *Science, technology, society as reform in science education* (S. 53-58). Albany: State Univ. of New York Press.
- Parchmann, I., Ralle, B. & Demuth, R. (2000). Chemie im Kontext: Eine Konzeption zum Aufbau und zur Aktivierung fachsystematischer Strukturen

- in lebensweltorientierten Fragestellungen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 53 (3), 132-137.
- Parchmann, I., Ralle, B. & DiFuccia, D. (2008). Entwicklung und Struktur der Unterrichtskonzeption Chemie im Kontext. In R. Demuth, C. Gräsel, I. Parchmann & B. Ralle (Hrsg.), *Chemie im Kontext. Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts* (S. 9-47). Waxmann.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W. & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63 (2), 167-199.
- Prieto, T., Watson, J. R. & Dillon, J. S. (1992). Pupils' understanding of combustion. *Research in Science Education*, 22, 331-340.
- Schmidt, S. & Parchmann, I. (2003). Von „erwünschten Verbrennungen und unerwünschten Folgen“. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 56 (4), 214-221.
- Schnotz, W. (2006). Conceptual Change. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (3., überarb. und erw. Aufl., S. 77-82). Weinheim: Beltz PVU.
- Schwarzer, R. (1999). *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen: Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen*. Berlin: Schwarzer.
- Taasobshirazi, G. & Carr, M. (2008). A review and critique of context-based physics instruction and assessment. *Educational Research Review*, 3, 155-167.
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A. & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11, 381-419.
- Vosniadou, S., Vamvakoussi, X. & Skopeliti, I. (2008). The framework theory approach to the problem of conceptual change. In S. Vosniadou (Hrsg.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (S. 3-34). New York: Routledge.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J. & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. L. Gabel (Hrsg.), *Handbook of research on science teaching and learning. A project of the National Science Teachers Association* (S. 177-210). New York, NY: Macmillan.
- Watson, J. R., Prieto, T. & Dillon, J. S. (1995). The effect of practical work on students' understanding of combustion. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (5), 487-502.
- Watson, J. R., Prieto, T. & Dillon, J. S. (1997). Consistency of students' explanations about combustion. *Science Education*, 81, 425-444.
- Weinert, F. & Helmke, A. (1993). Wie bereichsspezifisch verläuft die kognitive Entwicklung? In R. Duit & H. Stork (Hrsg.), *Kognitive Entwicklung und Lernen der Naturwissenschaften. Tagungsband zum 20. IPN-Symposium aus Anlaß des 60. Geburtstages von Prof. Dr. Heinrich Stork* (S. 27-44). Kiel: IPN.



## Dr. Barbara Hank

Hochschule für angewandte Wissenschaften München

**Tel:** 089 - 1265 4350

**E-Mail:** barbara.hank@hm.edu

### **Zur Person:**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Projekt HD MINT als Fachdidaktikerin für Chemie und verwandte Fächer, Promotion in Erziehungswissenschaft an der Universität Passau, Realschullehrerin für Chemie, Mathematik und IT

### **Arbeits- bzw. Forschungsschwerpunkte:**

Empirische Lehr-Lernforschung; Schwerpunkt Konzeptwandelprozesse im naturwissenschaftlichen Unterricht