

# Implementierung von „Forschungszyklen“ in den Chemieunterricht

## Konzeption und Konsequenzen

M. A. Anton und H. Neber

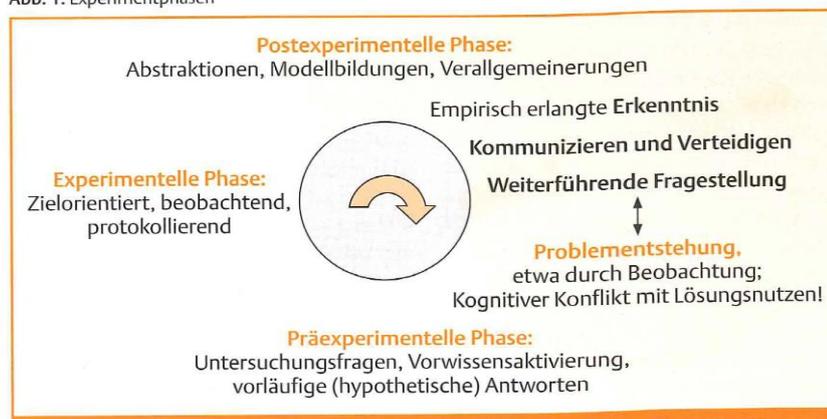
**Forum** >> Diese Rubrik ist ein Diskussionsforum für strittige Fragen der Chemiedidaktik. Stellungnahmen der Leserschaft zu den Beiträgen sind erwünscht.

Chemie ist eine empirische Wissenschaft. Sie gewinnt und erweitert ihren Erkenntnisstand durch „Forschen“, das die Formulierung von Fragen und hypothetischen Antworten einschließt, welche dann durch Experimente überprüft werden. Hierzu entwickelt sie eigene Modellvorstellungen, Arbeitsmethoden sowie eine eigene Fachsystematik und kommuniziert darüber mithilfe einer eigenen Fachsprache. Chemieunterricht dagegen vermittelt eine Auswahl bereits erforschter Inhalte an den Lerner. Dabei geht es in erster Linie um Grundlagen, durch die sowohl ein Überblick über den Wissenschaftsbereich (Lehre von den Stoffartänderungen) als auch ein exemplarischer Einblick in die verwendeten Arbeitsmethoden ermöglicht werden soll. Um eine möglichst hohe Vergleichbarkeit und Standardisierung des dabei angestrebten Kenntnisstandes sicherstellen zu können, werden landesspezifische Lehrpläne erstellt und bundesweite fachbezogene Bildungsstandards vereinbart<sup>1</sup>. Von den in den Standards formulierten vier Kompetenzbereichen werden im aktuellen Chemieunterricht allerdings vor allem das „Faktenwissen“ fokussiert, während die drei anderen Standards – Erkenntnisgewinn, Kommunikation und Bewertung – oft nur unzureichend berücksichtigt bleiben. Auf diese Weise kann der Chemieunterricht jedoch weder die hohe Dynamik und die Anwendungsorientierung zahlreicher Innovationen aus der Chemie in Forschung und Wirtschaft im erforderlichen Ausmaß

vermitteln, noch eine anspruchsgerechte Kritikfähigkeit in der Bevölkerung sicherstellen. Die Darstellung und Systematisierung von domänenspezifischem Wissen im Unterricht allein ist dazu nicht ausreichend [1]. Zusätzliche Anstrengungen werden notwendig, die sich etwa als Additum mehr und mehr in Form der Nutzung außerschulischer Lernorte (ASLO) oder – weiter gefasst – Lerngelegenheiten manifestieren. In diesem Zusammenhang ist ein deutlicher Akzent auf das Unterrichtsziel „Einführen in die Denk- und Arbeitsweise des Chemikers“ zu legen. Dies hat zumindest zwei Konsequenzen: Zum einen ist deutlicher als im bisherigen Unterricht üblich, auf die Erkenntniswege zu achten, die zu chemischem Wissen führen. Zum anderen sollte die flexible, transdisziplinäre Nutzung des erworbenen Wissens gefördert und damit verhindert werden, dass „der Chemieunterricht in erster Linie die Unentbehrlichkeit des Chemieunterrichts“ lehrt [1]. So können Schülerinnen und Schüler etwa eigene Fragestellungen auf Basis ihres Wissens formulieren oder interessante und herausfordernde Anwendungsaufgaben lösen und damit ihre Problemlösekompetenz über den Unterricht hinaus erweitern.

Wie lässt sich dies im Unterricht realisieren, ohne dass die Studentafel zwangsläufig ausgeweitet werden muss? Zwei Möglichkeiten seien hier hervorgehoben, die auf alle Schulstufen zutreffen (von der Früherziehung über die Grundschule bis zu weiterführenden Schulen): *Erstens* sollten mehr Beispiele für die innovative Anwendung chemischen Basiswissens im Unterricht behandelt werden. Auf diese Weise wird das Basiswissen (Faktenkenntnisse) der Lernenden expandiert und für die Betroffenen sinnvoller. Das erweitert nicht nur deren chemische Faktenkenntnisse und macht sie nach dem Wissensmodell von Neber [2] „vollständiger“, sondern wirkt sich auch motivationsfördernd aus [3, 4]. Gerade letzteres ist im Fach Chemie dringend erforderlich [5]. *Zweitens* sollte Chemieunterricht weit mehr als bisher *Forschungszyklen* integrieren, bzw. bei geeigneten Inhalten nach dem Muster eines Forschungszyklus ablaufen (Abb. 1). Dies bezieht sich auch auf den regulären, lehrergelenkten Unterricht und setzt keineswegs stets voraus, dass Schülerinnen und Schüler eigene Versuche und Experimente im Labor durchführen. In Anlehnung an Krajcik, Czerniak und Berger [6] repräsentieren Forschungszyklen Phasen

Abb. 1: Experimentphasen



<sup>1</sup> www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/Chemie\_MSA\_16-12-04.pdf

**Wissensformen**

- **Fakten**
  - Wissen ohne Nutzung (*deskriptiv, definitorisch*)
  - *Wasser ist ein Reinstoff mit hohem Sdp., Ethanol siedet bei 78 °C.*
- **Objekte**
  - **Konditionen**
    - Wissen über die Bedingungen und Voraussetzungen der Nutzung
    - *Wenn man ein Alkohol-Wasser-Gemisch trennen will, kann man destillieren.*
  - **Funktionen**
    - Wissen von Ziel und Folgen der Nutzung
    - *Wenn man Schnaps herstellen will, so muss man Ethanol aus einem Gäransatz abdestillieren.*

Kasten 1: (Neber 1993, 2000)

bei der Erarbeitung von Erkenntnissen (Problem erkennen, Vorwissen aktivieren, Fragen formulieren, Antworten vermuten und Hypothesen aufstellen, Planung und Durchführung der notwendigen Untersuchungsmethode, Beobachten und Messen, Interpretation der Ergebnisse und Kommunikation von Schlussfolgerungen). Allerdings stellt die Implementierung von Forschungszyklen im Chemieunterricht hohe Ansprüche sowohl an Lehrkräfte als auch an die betroffenen Schüler und Schülerinnen. Neuere Studien dazu zeigen ganz deutlich, dass Hilfen, Unterstützungen und allmähliche Vorbereitungen der Betroffenen notwendig werden [7].

Somit wird es leichter, den hypothetisch-deduktiv aufgebauten Unterricht über die reine experimentelle Phase hinaus zu führen und das Zuschnappen der „Kontextfalle“ zu vermeiden [8].

Forschungszyklen dienen, ähnlich wie die Behandlung chemischer Anwendungen, dazu, bereits im Unterricht behandeltes bzw. aus Schülersicht, bereits erworbenes Wissen zu aktivieren und zu erweitern. Dies geschieht etwa dadurch, dass aus diesem (Fakten)wissen neue Fragestellungen abgeleitet werden, deren Beantwortung dann zu darüber hinausgehenden Erkenntnissen führt. Der damit mögliche aktive Wissenserwerb lässt sich ebenfalls nach [2] charakterisieren (Kasten 1). Forschungszyklen eignen sich danach, aktiviertes Faktenwissen (z. B. woraus Kalk besteht) zu erweitern. Solche Erweiterungen beziehen sich zum einen auf so genannte „Konditionen“ (z. B. Wissen über Bedingungen für die Entstehung von Calciumcarbonat in

Natur oder Industrie) und zum anderen auf so genannte „Funktionen“ (z. B. Wissen wozu Calciumcarbonat verwendet werden kann; etwa für chemische Prozesse oder als Produkt).

Beide hier vorgeschlagenen chemiedidaktischen Möglichkeiten (innovative Anwendungen behandeln und Forschungszyklen einsetzen als Modelle für das Vorgehen in der Wissenschaft) können daher beitragen, chemisches Faktenwissen zu vervollständigen und in sinnvolles und nutzbares Wissen zu transformieren.

Als Konsequenzen für die Unterrichtsgestaltung im Fach Chemie ergeben sich aus diesen Veränderungen:

1. Eine deutlichere Trennung von stärker lehrergelenktem sowie auf Argumentation ausgerichteten **Theorieunterricht** (Faktenwissen wird in der Regel durch Lehrkräfte präsentiert) und von stärker schüleraktivem **Praxisunterricht**, in dessen Verlauf die empirische Absicherung des eigenen schlussfolgernden Denkprozesses und Wissens handlungsorientiert erlebt werden kann (vgl. Kasten 2 mit Aktivitätsmöglichkeiten). Jede dieser beiden Fokussierungen von Unterricht kann durch Versionen entdeckenden Lernens realisiert werden, die beim Theorieunterricht dann eher lehrergelenkt, im Praxis-Unterricht dagegen eher schülergelenkt eingesetzt werden. Unabhängig vom Lenkungsgrad werden jedoch jeweils Denkaktivitäten der Schüler und Schülerinnen angeregt und das Denken somit als Instrument des Lernens gefördert (vgl. Kasten 2; [9])
2. Parallel dazu werden im Unterricht auch die Phasen der **lehrerzentrierten Instruktion** und die des **stärker schüleraktiven Experimentierens** getrennt. Aus der obigen Darstellung ergibt sich daraus eine Zwei-Phasen-Struktur: Zuerst direktes Instruieren von Faktenwissen durch die Lehrkraft, dann weitere Expansion dieses

Kasten 3

**ISLO und ASLO**

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>grundlegend</i></li> <li>• <i>fachlich isoliert</i></li> <li>• <i>systematisierend</i></li> <li>• <i>konservativ</i></li> <li>• <i>verbindend</i></li> <li>• <i>kontinuierlich</i></li> <li>• <i>ganzheitlich, persönlichkeitsfördernd</i></li> <li>• <i>objektiv qualifizierend</i></li> <li>• <i>→ didaktisch orientiert</i></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>vertiefend</i></li> <li>• <i>überfachlich</i></li> <li>• <i>anwendend</i></li> <li>• <i>innovativ</i></li> <li>• <i>Ausschnitt bildend</i></li> <li>• <i>sporadisch</i></li> <li>• <i>punktuell, interessenfördernd</i></li> <li>• <i>subjektiv qualifizierend</i></li> <li>• <i>→ mathetisch orientiert</i></li> </ul> |
|---|---|

**Methodik des entdeckenden Lernens**

- *Konfliktinduktion und -lösung („inquiry training“)*
- *Präsentation mit Überraschung, kognitives Ungleichgewicht, Fragestellen, gezielte Informationssuche*
- *Beispiele und Erklären*
- *Beispiele und Nichtbeispiele für zu erklärende Begriffe, Merkmalselektion*
- *Explorieren und Experimentieren*
- *Durchlauf von empirischen Forschungsphasen*
- *Konstruieren und Erfinden*
- *Erfinden von Versuchsanordnungen und Vorgehensweisen zur Herstellung von etwas*

Kasten 2: (Neber 1998, 2006)

Faktenwissen durch Schüleraktivitäten wie das Vorbereiten oder tatsächliche Ausführen von Experimenten (auch in Form von Denkexperimenten oder als Arbeiten mit Mikrowelten). Vorteil eines so aufgebauten Unterrichts ist, dass Schüler wie Lehrer erleben können, dass sich ihre **Selbstauffassungen von eigenen Kompetenzen** positiv entwickeln. Ihr Wissen wird so allmählich als anwendbare Kompetenz erlebt, das sie in die Lage versetzt, chemiespezifische Probleme zu lösen. (In pädagogisch-psychologischen Termini wird dies auch oft als Entwicklung von Selbstwirksamkeit, d. h. als ein motivationaler Aspekt des Kompetenzerwerbs bezeichnet; s. auch [10].

3. Als Folge einer solchen Kompetenzzunahme ist zu erwarten, dass auch Situationen außerhalb des Chemieunterrichts als chemisch relevant wahrgenommen werden, bisheriges „totes“ (d. h. nicht nutzbares) chemisches Wissen auch dort spontan genutzt wird und damit **außerschulische Kontexte** zu unverzichtbaren Lerngelegenheiten werden (Kasten 3).

Mit de  
zyklen  
glied k  
Basisk  
Denk-  
(Exper  
releva  
der CH  
sichtig  
netz  
gener  
Die e  
sukze  
weg.  
daher  
halb  
Schul  
Erwer  
wisse  
dinat  
(Moti  
ler Pr  
die w  
wertv  
Orien  
ler be

W  
En  
M. M

1 | E

• Ei  
Unte  
proz  
strul  
gee  
weit  
liche  
fähig  
Folg  
ben  
Fäh  
dies  
riert  
(re)  
spru  
que

Mit der Implementation der Forschungszyklen in den Chemieunterricht als Bindeglied können Grundwissen über chemische Basiskonzepte (Lehrplan und Standards), Denk- und Arbeitsweisen des Chemikers (Experimentierphasen) und gesellschaftsrelevante Innovationen aus dem Bereich der Chemie (Außerschulische Lernorte) einseitig und deshalb gewinnbringend vernetzt werden, auch in Form der „fachbezogenen Schulentwicklung“ [11].

Die entsprechende Entwicklung erfolgt sukzessive über die gesamte Schulzeit hinweg. Die flexible Nutzung von Wissen ist daher keine Fähigkeit, die lediglich außerhalb des Unterrichts und erst nach der Schule eingefordert wird! Der integrierte Erwerb von Basis- und von Anwendungswissen führt zu einer harmonischen Koordination von „didaktischer Inszenierung“ (Motivation und Instruktion) und „kultureller Praxis“ (Anwendung), die zu einer, für die weitere chemiebezogene Entwicklung wertvollen und notwendigen „moralischen Orientierung“ der Schülerinnen und Schüler beiträgt [12].

## Praxis-Magazin

# Wissensdiagnose mit Concept Maps

## Entwicklung eines Expertennetzes zum Donator-Akzeptor-Konzept

M. Martensen und R. Demuth

### 1 | Einleitung

● Eine zentrale Zielsetzung – nicht nur im Unterricht, sondern von Bildungs- und Lernprozessen ganz allgemein – ist es, ein gut strukturiertes Wissen zu erzeugen, das eine geeignete Basis für die Anwendung und Erweiterung in fachlichen wie auch überfachlichen Kontexten bietet und die „Anschlussfähigkeit“ des (Vor)Wissens gewährleistet. Folgt man diesen Prämissen, dann tritt neben die Bedeutung des Faktenwissens die Fähigkeit, aktiv Wissen selbst zu erwerben, dieses Wissen zu organisieren, zu strukturieren und Wissenszusammenhänge zu (re)konstruieren. Die Umsetzung dieses Anspruchs hat sowohl unmittelbare Konsequenzen für den Chemieunterricht in der

### Literatur

- [1] V. Woest (1999), Chemieunterricht – Unterricht in Chemie? *Chemie in der Schule* 46(1999)1, S. 1–2
- [2] H. Neber (1993), Training der Wissensnutzung als objektgenerierende Instruktion. In K. J. Klauer (Hrsg.), *Kognitives Training*. Göttingen: Hogrefe, S. 217–243
- [3] M. A. Anton (1998), Das Phänomen im Chemieunterricht – Eine Motivationsfalle?! Teil 1 und 2. *Chemie & Schule* (1998) 2 + 3, S. 26–27; 8–15
- [4] M. A. Anton (1999), Vom Sinn und Unsinn der Experimente. E. Sumfleth (Hrsg.), *Chemiedidaktik im Wandel – Gedanken zu einem neuen Chemieunterricht*. Münster: Lit, S. 278–311
- [5] T. Hergeth (2007), Das Experiment im Chemieunterricht. Zulassungsarbeit für die Erste Staatsprüfung im Unterrichtsfach Chemie. München: LMU Department Chemie und Biochemie
- [6] J. S. Krajcik, C. M. Czerniak und C. F. Berger (2002), *Teaching science in elementary and middle school classrooms. A project-based approach* (second edition). New York: McGraw Hill
- [7] H. Neber und M. A. Anton (zum Druck eingereicht), Förderung prä-experimenteller epistemischer Aktivitäten im Chemieunterricht. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*
- [8] M. A. Anton (1999), Lehrer- und Schülerexperimente in der „Kontextfalle“ des Chemieunterrichts. *Chemie in der Schule* 46 (1999) 2, S. 109–112
- [9] H. Neber (2006), Entdeckendes Lernen. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. 3. überarbeitete Auflage. Weinheim: Psychologie Verlags Union: S. 115–120

- [10] H. Neber und M. A. Anton (in Druck), Promoting pre-experimental activities in high-school chemistry: focusing on the role of students' epistemic questions. *International Journal of Science Education*
- [11] F. Rauch (2007), Fachbezogene Schulentwicklung im Projekt IMST. Newsletter des IUS, Universität Klagenfurt 6 (2007)23, S. 2–3
- [12] B. Dressler (2007), Kompetenzorientierung des Unterrichts aus bildungspolitischer Sicht. Überlegungen zu einer Didaktik des Perspektivenwechsels. Vortragsmanuskript zur GDGP-Jahrestagung vom 18.9.07 in Essen

### Anschrift des Verfassers

Prof. Dr. M. Anton und H. Neber, LMU München, Butenandtstraße 5–13/02, 81377 München  
Prof. Dr. Heinz Neber, Adelgundenweg 42, 45136 Essen, E-Mail: heinz.neber@t-online.de

Schule als auch für die Gestaltung von Lernangeboten für Studierende.

In der Schule treten an die Stelle von traditionellen Unterrichtskonzeptionen zunehmend neue Ansätze, die eine veränderte methodische Gestaltung zwingend erfordern und dem Lernenden eine aktive und partizipative Rolle am Unterricht zumessen [1–5]. Gleichzeitig wird in diesen neuen Konzeptionen die Bedeutung zentraler Fachkonzepte größer, welche die Basis für den innerfachlichen Wissensaufbau, für den transdisziplinären Dialog und die überfachliche Vernetzung bilden. Sie müssen so angelegt sein, dass sie eine geeignete Grundlage für ein „Verstehen der Chemie“, für den Transfer und die Anwendung der chemischen Fachinhalte auf die eigene Le-

benswelt liefern und gleichzeitig das Einbringen der chemischen Sichtweise in den Erkenntnisprozess anderer Disziplinen gewährleisten. Solche „fachlichen Basiskonzepte“ sind inzwischen sowohl in den Inhaltskanon der KMK-Bildungsstandards wie auch der EPA aufgenommen.

Während sich die Überprüfung von Detailwissen oder die Reproduktion von Fakten vergleichsweise einfach gestaltet, lässt sich das Verständnis von Zusammenhängen oder vernetztes Wissen wesentlich schwieriger erfassen [vgl. auch 6]. Eine Methode, die schon aufgrund ihrer Konzeption als grafische Veranschaulichung von Beziehungen vielversprechend scheint, um vernetztes Wissen zu erfassen, ist die in den 70er Jahren entwickelte Methode des Concept Map-