

Jong, Onno de

Verstehen von intensiven physikalischen Größen - Ein Vergleich der Vorstellungen von Lehrern und Schülern

Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 2 (1996) 1, S. 3-10



Quellenangabe/ Reference:

Jong, Onno de: Verstehen von intensiven physikalischen Größen - Ein Vergleich der Vorstellungen von Lehrern und Schülern - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 2 (1996) 1, S. 3-10 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-314706 - DOI: 10.25656/01:31470

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-314706>

<https://doi.org/10.25656/01:31470>

in Kooperation mit / in cooperation with:



IPN

Leibniz-Institut für die Pädagogik der
Naturwissenschaften und Mathematik

<https://www.leibniz-ipn.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: pedocs@dipf.de

Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

ONNO DE JONG

Verstehen von intensiven physikalischen Größen. Ein Vergleich der Vorstellungen von Lehrern und Schülern

Zusammenfassung:

Unter dem Gesichtspunkt der „Gleichheit“ sollten Naturwissenschaftslehrer ihren Schülern ihr Fachwissen nicht von oben herab vermitteln, sondern ein demokratisches Klassenklima schaffen, das es ihnen ermöglicht, ihren Schülern zuzuhören und ein gemeinsames Verständnis von Konzepten, Modellen und Regeln zu entwickeln. Diese These ist Gegenstand der folgend beschriebenen erziehungswissenschaftlichen Untersuchung. Am Beispiel von Massenkonzentration und Molarität, zwei sogenannten intensiven physikalischen Größen, werden die Probleme beim Verständigen über Bedeutungen dargestellt. Es werden sowohl die Vorstellungen von Naturwissenschaftslehrern als auch die von Schülern (15-16jährig) untersucht. Die Daten wurden aus Tonbandaufnahmen von Diskussionen im Klassenzimmer und während der Treffen der beteiligten Lehrer gewonnen. Außerdem wurden Schülern bestimmte Aufgaben gestellt und die schriftlich eingereichten Antworten für diese Untersuchung ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen, daß die Lehrer gewöhnlich stoffbezogen argumentieren, ihre Schüler hingegen objektbezogen. Diese Unterschiede in den Ansätzen erklären einige typische Verständigungsprobleme im Klassenzimmer. Der Beitrag schließt mit Empfehlungen für die Lehrerausbildung und die praktische Umsetzung an der Schule.

Abstract:

From an 'equality' point of view, teachers should not impose their knowledge of science on their students but should create a democratic classroom climate making it possible to listen to their students and to negotiate about meanings of concepts, models and rules. This perspective will be elaborated by presenting an educational study of the problems in negotiating the meanings of two so-called intensive physical quantities, namely the concept of mass concentration and the concept of molarity. The present study is focused on conceptions of science teachers' conceptions as well as students' conceptions. Research data were obtained from audiotaped discussions in classrooms (age 15-16) and during teachers' meetings. Besides, written students' answers on tasks were collected and analysed. The results revealed that science teachers usually reason from a context of matter while their students often reason from a context of objects. These differences in ways of reasoning clarified some characteristic negotiation problems in the classroom. Implications of the study for classroom practice and science teacher education will be presented.

1. Einführung

Im naturwissenschaftlichen Unterricht müssen Schüler viele Konzepte verstehen, die das Verhältnis zwischen zwei einzelnen physikalischen Größen darstellen. Wichtige Beispiele solcher Konzepte sind Dichte, Geschwindigkeit, Druck und Konzentration. Diese Art von Konzepten kann durch die Formel $Q(1) = Q(2)/Q(3)$ dargestellt werden. Der Wert der Menge $Q(1)$ wird standardisiert, indem die Menge $Q(2)$ in Verhältnis zu einer Einheit von $Q(3)$ gesetzt wird. $Q(1)$ wird als sogenannte intensive physikalische Größe klassifiziert, $Q(2)$ und $Q(3)$ als extensive physikali-

sche Größe. Der Wert einer intensiven Größe ist unabhängig von der Stoffmenge, während der Wert von extensiven Größen stoffmengenabhängig ist. Spaltet man zum Beispiel ein Stück Eichenholz in zwei gleiche Teile, so halbiert sich sowohl der Wert der Masse als auch der Wert des Volumens. Die Dichte ändert sich hingegen nicht. Man benutzt intensive Größen, um stoffmengenunabhängige Eigenschaften von Systemen zu beschreiben und so zum Beispiel den Vergleich zwischen unterschiedlichen Systemen (oder Teilen davon) zu erleichtern.

Das Wissen über die qualitative und semi-quantitative Bedeutung intensiver Größen

erhalten Schüler in der Primarstufe. In der Sekundarstufe wird die quantitative Bedeutung vermittelt. Die tägliche Praxis in der Schule, auch in der Sekundarstufe, verdeutlicht, daß Schüler große Schwierigkeiten haben, diese Größen zu verstehen. Für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Sekundarstufe gibt es bislang kaum systematische Untersuchungen, die sich mit dem konzeptionellen Wissen der Schüler über die Bedeutung intensiver Größen bzw. der Entwicklung dieses Wissens beschäftigt haben. Untersuchungen zur prozeduralen Umsetzung dieses Wissens sind eher zu finden (Karplus et al. 1983, Farrel und Farmer, 1985). Es ist jedoch wichtig, mehr über das Lehren und Lernen der Bedeutung von intensiven Größen zu erfahren. Die gewonnenen Informationen könnten dazu beitragen, die Ausbildung von Naturwissenschaftslehrern im Hinblick auf den Umgang mit intensiven Größen zu verbessern.

Thema dieses Aufsatzes ist eine Untersuchung, die sich mit der Problematik des Vermitteln und Verstehens von intensiven Größen befaßt. Sie wurde mit 14-15jährigen Schülern am Beispiel des Begriffs Konzentration durchgeführt. Empfehlungen für die praktische Umsetzung im Unterricht und die Lehrerausbildung beschließen diesen Aufsatz.

2. Begriffliche Schwierigkeiten

Es ist bekannt, daß Kinder, insbesondere jüngere Schwierigkeiten haben, das Konzept intensiver Größen zu verstehen. Wie Piaget (1971, erstmals 1946) am Beispiel der (relativen) Geschwindigkeit zeigte, sind junge Kinder nicht in der Lage, zwischen Geschwindigkeit einerseits und Distanz oder Zeit andererseits zu unterscheiden. So sind viele Kinder überzeugt, daß, werden zwei ungleich lange Strecken in der gleichen Zeit zurückgelegt, diese gleiche Zeit auch gleiche Geschwindigkeit bedeutet. Piaget (1971, S. 185) nannte diese Art des logischen Denkens „centration“, das heißt, das Kind konzentriert seine ganze Aufmerksamkeit ausschließlich auf einen Aspekt des Phänomens, während andere Aspekte

vernachlässigt werden bzw. unberücksichtigt bleiben. Diese Art des Denkens zeigen Kinder auch bei dem Versuch, andere intensive Größen zu verstehen, wie beispielsweise den Begriff der (relativen) Dichte (Piaget und Inhelder, 1974, erstmals 1941).

Bei Grundschulkindern (8-11jährige) fand Bahr (1987) zwei unterschiedliche Vorgehensweisen, um den Begriff der Proportionen in naturwissenschaftlichem Zusammenhang zu verstehen. Im ersten Fall basiert das Verständnis auf praktischer Erfahrung, die dem Verstehen von umgekehrt proportionalen und proportionalen Verhältnissen vorausgeht. Ein solches intuitives Verstehen existiert im zweiten Fall nicht, und Begriffe, die in diesem Zusammenhang stehen, müssen erlernt werden.

Schwierigkeiten im Begreifen von intensiven Größen beschränken sich allerdings nicht auf Schüler der unteren Jahrgangsstufen. Wie Saunders und Thadas (1988) berichteten, scheinen auch Schüler der Sekundarstufe (15jährige) Schwierigkeiten bei der Lösung von Aufgaben zu haben, bei denen die Verhältnismäßigkeit intensiver Größen nicht auf den ersten Blick erkennbar ist. Kariotoglou und Psillos (1993) untersuchten die Vorstellungen von Schülern zum Begriff Druck. Schüler (13-14jährig) wurden aufgefordert, den Druck am Boden von weiten und engen, jeweils mit Wasser gefüllten Gefäßen zu vergleichen. Dabei benutzten die Schüler Argumente wie „mehr Wasser bedeutet höherer Druck“. Die Autoren schlußfolgerten, daß die Schüler der intensiven Größe Druck die Attribute einer extensiven Größe zuordneten. Zu gleichen Ergebnissen kam Fassoulopoulos (1995) bei Untersuchungen zum Begriff Dichte in der Altersgruppe der 13-14jährigen.

Man kann also insgesamt feststellen, daß selbst in der Sekundarstufe viele Schüler schwer verstehen, was intensive Größen sind.

3. Die Fragestellungen

Durchgeführt wurde eine fachdidaktische Studie zum Lehren und Lernen des Konzeptes der Konzentration, insbesondere der Massenkon-

zentration und der Molarität. Die Schülervorstellungen von diesen beiden intensiven Mengen war bislang auf der Sekundarstufe kaum Untersuchungsgegenstand. Folgende Frage wurde dieser Untersuchung zugrundegelegt:

Welche Denkansätze entwickeln Schüler, um die Bedeutung von Massenkonzentration und Molarität zu verstehen?

Gerade für Lehrer der Naturwissenschaften ist es von besonderer Wichtigkeit, das bei Schülern vorhandene (Vor-)Wissen zu wissenschaftlichen Themen zu berücksichtigen. Unter dem Gesichtspunkt der Gleichheit bedeutet dies, daß Lehrer ihr Wissen den Schülern nicht aufdrängen, sondern eine demokratische Atmosphäre im Klassenzimmer schaffen sollten, die es ermöglicht, den Schülern zuzuhören und die Bedeutung von Begriffen, Modellen und Regeln gemeinsam zu erarbeiten. Für einen derartigen Lehransatz spielt das pädagogisch-didaktische Wissen des Lehrers eine bedeutende Rolle. Wie Shulman (1986) betont, muß der Lehrer verstehen, wodurch das Begreifen einer bestimmten Thematik schwierig oder einfach wird. Pädagogisch-didaktisches Wissen bedeutet auch zu wissen, wie ein Thema präsentiert und formuliert werden muß, um es den Schülern verständlich zu machen. Für die Sekundarstufe wurde daher folgende Fragestellung formuliert:

Welches pädagogisch-didaktische Wissen entwickeln Lehrer, wenn sie die Bedeutung von Massenkonzentration und Molarität lehren?

Diese Untersuchung ist Teil einer größeren Studie zum Lehren und Lernen von Problemlösestrategien im Chemieunterricht (De Jong, 1990).

4. Die Untersuchung

Die vorliegende Untersuchung wurde für Höhere Schulen (HAVO, higher general secondary education) konzipiert. In diesen Schulen werden die Begriffe Massenkonzen-

tration und Molarität im Rahmen des Chemieunterrichts erstmals im zweiten Schuljahr gelehrt (Altersgruppe der 15-16jährigen). Elf Lehrer von sieben verschiedenen Schulen nahmen an dieser Untersuchung teil. Ihre Aufgabe war es, die beiden genannten Begriffe insgesamt 221 Schülern zu vermitteln.

Im Unterricht benutzten die Schüler Selbstlernmaterial zu chemischen Berechnungen. Dieses Material umfaßte Informationen über chemische Begriffe, experimentelle Messungen, Aufgabenstellungen und Lösungen. Einer der ersten Abschnitte behandelte das Thema Massenkonzentration. Der Begriff wurde definiert als die Menge einer gelösten Substanz in Gramm pro Liter einer Lösung. Ein weiterer Abschnitt befaßt sich mit dem Begriff Molarität. Diese wurde definiert als die Menge einer gelösten Substanz in Mol pro Liter einer Lösung. In beiden Abschnitten folgte der jeweiligen Definition eine Reihe von Aufgabenstellungen. Durch Lösung dieser Aufgaben sollten die Schüler Molarität und Massenkonzentration als intensive Größe begreifen lernen.

Die Schüler wurden für die Arbeit in Zweiergruppen aufgeteilt. Von jeder Gruppe wurde erwartet, die Ergebnisse selbständig zu erarbeiten und in schriftlicher Form abzuliefern. Alle Aufgaben sollten in der Gruppe solange diskutiert werden, bis ein gemeinsamer Konsens erreicht war. Am Ende jeder Unterrichtsstunde erhielt der Lehrer eine schriftliche Zusammenfassung der Ergebnisse jeder einzelnen Gruppe. Akzeptiert wurden ausschließlich Antworten, die ohne Hilfe des Lehrers und ohne Zuhilfenahme der vorgegebenen Lösungen im Unterrichtsmaterial entwickelt worden waren. Jeder Lehrer analysierte die Antworten und nutzte die Ergebnisse, um über alte und neue Lehrstrategien zu reflektieren.

Außerdem wurden mehrere Treffen der beteiligten Lehrer vor, während und nach den Unterrichtseinheiten organisiert. Die Lehrer nutzten diese Treffen zu einem Austausch ihrer Ideen und Erfahrungen, zum Vergleich ihrer Analysen der Schülerantworten und zur

Reflexion über ihre Lehrvorstellungen und -praktiken.

Die Untersuchungsdaten wurden auf unterschiedliche Weise gesammelt. Zum einen wurden von den Lehrern Kopien der schriftlichen Antworten von insgesamt 94 Schülergruppen eingesandt. Diese wurden teilweise qualitativ, teilweise quantitativ analysiert.

Neben den eingesandten schriftlichen Antworten wurden Diskussionen innerhalb von Schülergruppen, teilweise mit Beteiligung des jeweiligen Lehrers, auf Band aufgenommen. Da diese Art der Analyse sehr zeitaufwendig war, wurde die Anzahl der beteiligten Gruppen auf vier beschränkt. Die Tonband-Informationen wurden transkribiert und qualitativ ausgewertet. Ferner wurden alle Diskussionen während der Treffen der beteiligten Lehrer aufgezeichnet, transkribiert und ebenfalls qualitativ ausgewertet.

5. Der Denkansatz von Schülern

Die Analyse der Schülerantworten bewertete die Lösung zweier bestimmter Aufgabenstellungen, die den Schülern helfen sollten, den „intensiven“ Aspekt von Massenkonzentration und Molarität zu verstehen. Beide Aufgabenstellungen werden in Tabelle 1 aufgeführt. Die wichtigsten Ergebnisse der quantitativen Analyse sind ebenfalls in Tabelle 1 zu finden (s. Anmerkung 1).

Die Schülerantworten wurden wie folgt drei unterschiedlichen Kategorien zugeordnet

(Thema Massenkonzentration): 5 g/l, 0,5 mg/0,1 ml und 0,5 mg/l.

Die qualitative Auswertung der Schülerantworten wie auch die der Protokolle der Schülerdiskussionen machten den gedanklichen Ansatz der Schüler deutlich. Betrachtet man die erste Kategorie der Antworten (5 g/l und 2 mol/l), können zwei Ansätze unterschieden werden. Zwei Drittel der Gruppen argumentierten, daß das Verhältnis zwischen gelöster Substanz und Lösung gleich bleibt. Nachfolgend ein typisches Beispiel für diese Argumentation (Aufgabenstellung II):

- Wird die Lösung durch 10000 geteilt, so teilt man sowohl Lösungsmittel wie auch gelöste Substanz durch 10000. Das Verhältnis bleibt gleich: 2 mol/l.

Ungefähr ein Drittel der Gruppen argumentierte, daß die Lösung gleich bleibt. Ein typisches Beispiel für diese Argumentation ist (Aufgabenstellung II):

- Die Molarität beträgt 2 mol/l, da es sich immer um dieselbe Lösung handelt.

Bei der zweiten Kategorie von Antworten (0,5 mg/0,1 ml und 0,2 mmol/0,1 ml) argumentierten fast alle beteiligten Gruppen, daß das Volumen der Lösung und die Menge der gelösten Substanz durch den gleichen Faktor zu teilen sind. Ein typisches Beispiel für diese Argumentation ist (Aufgabenstellung II):

- Molarität = 2 mol/l. Wird das Volumen 0,1 ml, muß man 2 mol durch 10000 teilen = 0,0002 = 0,2 mmol.

Die Molarität beträgt 0,2 mmol pro 0,1 ml.

Aufgabenstellung:

- I Ein Gefäß (1,0 Liter) wird mit einer Sodalösung (Konzentration: 5 g/l) gefüllt. Welche Konzentration hat ein großer Tropfen (0,1 ml) dieser Lösung? Erläutere Deine Antwort.
- II Ein Gefäß (1,0 Liter) wird mit einer Salzlösung (Molarität: 2 mol/l) gefüllt. Welche Molarität hat ein großer Tropfen (0,1 ml) dieser Lösung? Erläutere Deine Antwort.

Bedeutung von Massenkonzentration und Molarität

stoffbezogen (5g/l; 2 mol/l)

objektbezogen (0,5 mg/0,1 ml; 0,2 mmol/0,1l)

komponentenbezogen (0,5 mg/l; 0,2 mmol/l)

Aufgabe I

Ergebnisse der einzelnen Gruppen in Prozent

(N = 88)

55%

39%

7%

Aufgabe II

(N = 87)

61%

33%

6%

Tabelle 1: Schülervorstellungen von Massenkonzentration und Molarität

In der dritten Kategorie von Antworten (0,5 mg/l und 0,2 mmol/l) waren alle beteiligten Gruppen der Ansicht, daß nur die Menge der Lösung durch den Faktor 10000 zu teilen sei.

6. Der Denkansatz von Lehrern

Analysiert man die Protokolle der Diskussionen, an denen Lehrer und Schüler beteiligt waren, so wird der Denkansatz der Lehrer deutlich.

Es scheint, daß fast alle befragten Lehrer die Bedeutung der Massenkonzentration wie auch der Molarität als standardisierte Größen besonders betonten (bezogen auf einen Liter Lösung).

Eine typische Episode während einer Unterrichtsstunde wird in Tabelle 2 dargestellt. Die Episode kann wie folgt analysiert werden. Im ersten Teil der Diskussion (Zeile 01-11) ver-

suchen beide Schüler die Antwort mit Hilfe von verschiedenen Zahlenmanipulationen (Zeile 05-08) zu finden.

Beide vermeiden es, einen Bezug zwischen Zahl und zugehöriger Maßeinheit herzustellen. Während der sich anschließenden Diskussion mit ihrem Lehrer hebt eine der beiden (Maria) die Eigenschaften des Tropfens hervor, insbesondere sein Volumen (Zeilen 15 und 17).

Der Lehrer weist jedoch zweimal ausdrücklich auf den standardisierten Charakter des Begriffs Molarität hin (bezogen auf einen Liter Lösung) (Zeilen 13/14 und 18/20). Schließlich akzeptiert Maria die Argumentation ihres Lehrers.

Unklar bleibt jedoch, ob sie von dem Wert überzeugt ist.

Diese Episode macht einen wichtigen Unterschied zwischen der Denkweise von Lehrern und der Denkweise ihrer Schüler deutlich.

Situation im Klassenzimmer

Die folgende Aufgabe ist zu lösen (siehe Tabelle 1):

Ein Gefäß (1,0 Liter) ist mit einer Salzlösung (Molarität: 2 mol/l) gefüllt. Welche Molarität hat ein großer Tropfen (0,1 ml) dieser Lösung? Erläutere Deine Antwort.

Zwei Schüler, Maria und Joseph, fingen wie folgt an zu diskutieren:

Protokoll:

- 01 Maria: Also, man muß 2 durch 0,1 teilen, nein, durch ... mh...
- 02 Joseph: 2 mol pro Liter
- 03 Maria: Also, man muß ... 0,1 ml ist ... mh ... ist 0,002 ...
- 04 Joseph: 0,001
- 05 Maria: 0,001 geteilt durch 2
- 06 Joseph: Was?
- 07 Maria: Oder 2 dadurch geteilt
- 08 Joseph: 2, ... mh, ja, 2 geteilt durch die 0,1, genau, das ist 2 geteilt durch 0,1 ... 0,001
- 09 Maria: Ja, bist Du ganz sicher?
- 10 Joseph: Nein
- 11 Maria: Wo ist der Lehrer?
- (Der Lehrer trifft ein)
- 12 Joseph: Sehen Sie, es ist 2 geteilt durch 0,001?
- 13 Lehrer: Ob ihr von dem Liter oder von dem Tropfen ausgeht, die Molzahl pro Liter bleibt gleich, es war vorher 2 und ist auch jetzt 2
- 14 Maria: Wie kann das sein? ... 0,1 ml ist doch sicherlich kein Liter ... oder doch?
- 15 Lehrer: Nein, es ist 10000 Mal weniger, das steht fest
- 16 Maria: Ja, aber 2 bleibt doch dann nicht 2
- 17 Lehrer: Nein, auch die Molzahl ist 10000 Mal kleiner, aber du sollst es als Einheit betrachten ... die Anzahl Mol geteilt durch die Anzahl Liter ...
- 18 das ist ein Bruchteil
- 19 Maria: Oh ... ja, danke ...

Tabelle 2: Eine Unterrichtsdiskussion zum Begriff Molarität

Aus der Analyse der Protokolle, die während der Lehrertreffen aufgezeichnet wurden, scheint hervorzugehen, daß alle Lehrer den „standardisierten“ Charakter der Begriffe Massenkonzentration und Molarität vorschreiben. Sie gestehen auch ihre Schwierigkeiten damit ein, daß die Schüler beiden Begriffen andere Bedeutungen beimessen. Sie weisen darauf hin, daß ihnen die subtilen und doch fundamentalen Unterschiede zwischen Antworten wie 5g/l und 0,5 mg/ml bewußt geworden waren.

Ein Lehrer sagte zum Beispiel: „Diese Schülerantworten sind alle gleich, aber einige sind gleicher als andere“. Damit wollte er ausdrücken, daß beide Antwortkategorien äquivalent sind, aber nur eine die Bedeutung beider Begriffe als intensive Größe berücksichtigt. Den Lehrern wurde auch die Notwendigkeit bewußt, ihren Schülern die praktische Verwendungsmöglichkeit von intensiven Größen nahezubringen. Die wichtigsten Lernerfahrungen der Lehrer sind in Tabelle 3 zusammengefaßt.

ser Denkansatz kann damit erklärt werden, daß die Schüler keine Notwendigkeit sehen, die Menge der Lösung (zum Beispiel auf einen Liter) zu standardisieren.

Ungefähr die Hälfte der Gruppen verwendeten einen „intensiven“ Denkansatz. Ihre Antworten, zum Beispiel 5 g/l, können als generalisiertes Verhältnis zwischen Mengen von gelöster Substanz und Lösung beschrieben werden, standardisiert auf einen Liter Lösung (siehe Anmerkung 2). In diesem Fall werden Molarität und Massenkonzentration als „stoffbezogene Größen“ angesehen.

Nur eine kleine Minderheit der Gruppen verwendete einen Denkansatz, der der „centration“ entspricht wie im 2. Abschnitt beschrieben. In ihren Antworten, zum Beispiel 0,5 mg/l, wird beiden Begriffen die Eigenschaften der Menge der gelösten Substanz zugeschrieben. Beide Konzepte werden als „komponentenbezogene Größen“ angesehen. Dieser Denkansatz ist von praktischen Erfahrungen aus dem täglichen Leben beeinflusst. So haben sich die Schüler vielleicht daran erinnert, daß

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Den stoffbezogenen Charakter intensiver Größen vorzugeben, ist kein effektiver Lehransatz. 2. Die Vorliebe der Schüler für den objektbezogenen Charakter intensiver Größen zu akzeptieren, ist schwierig. 3. Den praktischen Nutzen intensiver Größen zu erklären, ist notwendig. |
|--|

Tabelle 3: Die wichtigsten Lernerfahrungen der Lehrer

7. Erörterungen und Schlußfolgerungen

Eines der bemerkenswertesten Ergebnisse dieser Untersuchung ist die Erkenntnis, daß ein bedeutender Teil der Schülergruppen (ungefähr ein Drittel) Massenkonzentration und Molarität nicht als intensive Größen ansehen. Ihre Antworten, zum Beispiel 0,5 mg/0,1 ml, beziehen sich auf das Verhältnis zwischen einer spezifischen Menge an gelöster Substanz und einer spezifischen Menge an Lösung. Molarität und Massenkonzentration werden als „objektbezogene Größen“ angesehen. Die-

ein Tropfen Limonade weniger süß schmeckt als ein großer Schluck, wie auch ein kleiner Schluck Seewasser weniger salzig schmeckt als ein ganzer Mund voll. Solche Erfahrungen können einen „zentrierten“ Denkansatz fördern.

Insgesamt gesehen zeigten fast alle Schülergruppen die Fähigkeit zum proportionalen Denken als Teil eines formal-operationalen Denkens. Dennoch erkennt fast ein Drittel der Schüler (Altersgruppe der 15-16jährigen) die Bedeutung einer zentralen Eigenschaft intensiver Größen nicht: die Standardisierung auf eine Einheit der extensiven Bezugsgröße.

Die vorliegende Untersuchung zeigt auch die Neigung von Lehrern, die formale Bedeutung intensiver Größen in den Vordergrund zu stellen. Ihre Denkweise ist die von Experten, für die der praktische Nutzen von intensiven Größen außer Frage steht. Eine nicht zu unterschätzende Zahl ihrer Schüler geht jedoch von einem anderen Denkansatz aus. Diese Unterschiede in der Denkweise von Lehrern und Schülern zeigen, wie wichtig die Einführung eines Trainingsprogramms für Lehrer ist, mit dessen Hilfe die gegenwärtigen Unterschiede überwunden werden können.

Ein derartiges Programm kann nach Richtlinien entwickelt und durchgeführt werden, die an anderer Stelle bereits beschrieben wurden (De Jong, 1992). Die wichtigsten Zielsetzungen eines solchen Kurses in der Aus- oder Fortbildung (basierend auf einer konstruktivistischen Perspektive) sollten wie folgt aussehen.

a) Lehrer sollten die Vorstellungen der Schüler von intensiven Größen berücksichtigen.

Wichtig ist, daß Lehrer ihren Schülern wissenschaftliche Definitionen nicht nach der „Top-Down“-Methode vermitteln. Lehrer sollten dazu angeregt werden, ihren Schülern unvorbelastet und genau zuzuhören und deren Vorstellungen von intensiven Größen zu analysieren. Um die Voraussetzungen für ein genaues Zuhören zu schaffen, wird Lehrern empfohlen, ihre Schüler in kleinere Arbeitsgruppen zu unterteilen, die eigene Antworten erarbeiten müssen. Derartige Arbeitsgruppen erleichtern und fördern auch Diskussionen zur Bedeutung von Begriffen und tragen zur Schaffung einer demokratischen Atmosphäre im Klassenzimmer bei.

b) Lehrer sollten der praktischen Bedeutung intensiver Größen mehr Gewicht beimessen.

Wichtig ist, daß Lehrer die Aufmerksamkeit ihrer Schüler auf den praktischen Nutzen der Standardisierung von intensiven Größen lenken. Diese Lehrstrategie entspricht dem bekannten Posner Modell

zur Schaffung von Lernbedingungen für die Änderung von Vorstellungen (Posner et al. 1982). Hilfreich ist es für den Lehrer, wenn er in diesem Zusammenhang das Verhältnis zwischen Konzentration und beobachtbaren Eigenschaften einer Mischung betont. Zu diesem Zweck können von den Schülern Experimente durchgeführt werden, bei denen gefärbte Lösungen unterschiedlichen Volumens verglichen werden. Im Anschluß an das Experiment kann das Verhältnis zwischen Konzentration und Zusammensetzung einer Mischung verdeutlicht werden, zum Beispiel durch quantitative Experimente, in denen Mischungen von Schülern selbst hergestellt werden.

c) Lehrer sollten sich ihrer eigenen Lehrmethoden und -praktiken bei der Vermittlung intensiver Größen bewußt werden.

Sie sollten dazu angeregt werden, über ihre eigenen Vorstellungen und Praktiken nachzudenken. Hilfreich könnte es für Lehrer in diesem Zusammenhang sein, wichtige Erfahrungen aus ihren Unterrichtsstunden aufzuschreiben, auszuwerten und ihre Notizen mit anderen Lehrern zu diskutieren.

Die genannten drei Kriterien können als Richtlinien für einen fundierten Aufbau von wirkungsvollen Fortbildungskursen zur Erläuterung „intensiver Größen“ betrachtet werden; dies nicht nur zur Vermittlung der Begriffe Massenkonzentration und Molarität, sondern auch einer Reihe weiterer intensiver Größen. Durch solche Kurse können Lehrer sowohl ihr Sachwissen als auch ihre Fähigkeit zur Diskussion verbessern, und es könnte ihnen helfen, eine kreative, auf Gleichheit basierende Atmosphäre im Klassenzimmer zu schaffen.

Anmerkungen

1. Bei beiden Aufgabenstellungen wurden weniger als 94% (durchschnittlich 93%) der Antworten ausgewertet, da nur selbständig erarbeitete Lösungen berücksichtigt werden konnten.

2. Die Generalisierung und anschließende Standardisierung eines Liters einer Lösung kann als formaler Prozeß betrachtet werden. Dies impliziert, daß es sich bei dem Volumenwert der Lösung um eine ideale Maßzahl (mit unendlicher Genauigkeit) handelt. Im Falle einer gemessenen Menge der gelösten Substanz von 5 Gramm und einer Lösung von 1 Liter (oder 1,0 Liter oder 1,00 Liter), kann die Konzentration (stoffbezogen) mit 5 Gramm/Liter angegeben werden. Ausdrücke wie 5 Gramm/Liter, 5 Gramm/1,0 Liter oder 5 Gramm/1,00 Liter sind jedoch ebenfalls möglich (objektbezogen).

Literatur

- Bar, V. (1987). Comparison of the development of ratio concepts in two domains. *Science Education*, 71, 599-613.
- De Jong, O. (1990). Towards a more effective methodology of research on teaching and learning „Chemical Calculations“. In: H. J. Schmidt (Hrsg.). *Empirical Research in Mathematics and Science Education* (106.121). Hong Kong: ICASE.
- De Jong, O. (1992). Interactive teacher training; implications for an inservice course in teaching problem solving. In: J. H. C. Vonk, et al. (Hrsg.). *New Prospects for Teacher Education in Europe II*, (131-139). Amsterdam: UV Press.
- Farrel, M. A. & Farmer W. A. (1985). Adolescents' performance on a sequence of proportional tasks. *Journal of Research in Science Education*, 22, 503-518.
- Fassouloupoulos, G. (1995). The problem of non-differentiated concepts: the case of intensive-extensive quantities. In: D. Psillos (Hrsg.). *Proceedings of the Second European Ph. D. Summerschool*. Thessaloniki: Universität Thessaloniki (im Druck).
- Kariotoglou, P. & Psillos D. (1993). Pupils' pressure models and their implications for instruction. *Research on Science and Technology Education*, 11, 95-108.
- Karplus, R., Pulos, S. & Stage E. K. (1983). Proportional reasoning of early adolescents. In: R. Lesh & Landau, M. (Hrsg.). *Acquisition of Mathematics Concepts and Process* (45-91). London: Academic Press.
- Piaget, J. (1971, erstmals 1946). *The child's conception of movement and speed*. New York: Ballantine Books.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1974, erstmals 1941). *Child's construction of quantities; conservation and atomism*. London: Routledge, Kegan and Paul.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accomodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Saunders, W. L. & Thadas, J. J. (1988). The effect of task content on proportional reasoning. *Journal of Research in Science Education*, 25, 59-67.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.

Anmerkung

Dieser Artikel wurde von Cornelia Wagner aus dem Englischen übersetzt.

Dr. Onno de Jong ist Professor für Didaktik der Chemie am IVLOS Institute of Education und Centre for Science and Mathematics Education an der Universität Utrecht, Niederlande.

Onno de Jong
 Universität Utrecht
 CSME, Department of Chemical Education
 Princetonplein 5
 3584 CC Utrecht
 Niederlande
 E-mail: O.deJong@chem.ruu.nl