

Rekonstruktion von Lehrer- und Schülervorstellungen in propositionalen Netzen

**- eine Methodenkombination aus systematisch
zusammenfassender Inhaltsanalyse und Forschermap-
Rekonstruktion zur Erforschung der Ursachen für alternative
Vorstellungen innerhalb eines qualitativen Forschungsdesigns**

Claus Hilbing¹

Kurzfassung

Vorstellungen von Abstraktionen spielen in naturwissenschaftlichen Unterricht eine besondere Rolle und sind daher auch Ziel didaktischer Forschung. Ich werde die Kombination der qualitativen Methoden aus Forscher-Map-Rekonstruktion und systematisch zusammenfassender Inhaltsanalyse zur Beschreibung der Vorstellungen von Schülern und zur Beschreibung der vermittelten Unterrichtsinhalte darstellen. Dieser Methodenmix soll Ursachen und Wirkungen von Unterricht auf Schülervorstellungen aufdecken und so zu Implikationen für den Unterricht führen.

Keywords

Schülervorstellungen, qualitative Methoden, Unterrichtsbeobachtung

1 Einleitung

In diesem Aufsatz möchte ich eine Methode vorstellen, die im Rahmen der Ursachenerforschung für die Konstruktion alternativer – also „falscher“ – Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht Anwendung findet. Dabei geht es nicht ausschließlich darum, Schülervorstellungen exakt zu beschreiben, sondern auch um die Enttarnung der Quelle individueller Schülervorstellungen insbesondere alternativer Vorstellungen.

¹ Eingereicht am 28.07.05, überarbeitet zum 18.11.05, angenommen am 21.11.05

Da im naturwissenschaftlichen Unterricht bei abstrakten Themen wie Atombau, Aufbau der Materie, Chemische Bindung usw. der Unterricht selbst die intensivste Informationsquelle für neue Schülervorstellungen darstellt, ist es wichtig, die im Unterricht dargebotenen Fakten zu dokumentieren. Diese Dokumentation mündet in einer kontrollierten Rekonstruktion des Unterrichtsgesprächs. Diese Rekonstruktion wird mit den aus der Literatur bekannten alternativen Vorstellungen zu diesen Themen und der fachlich im Unterricht intendierten Modellvorstellung in Beziehung gesetzt.

Dieser Vergleich gelingt durch die gleichartige Aufbereitung der intendierten und abweichenden Modellvorstellungen sowie des Unterrichtsgesprächs in einem „crosslink map“ aus Fachbegriffen und deren Verknüpfungen (propositionales Netz). Stimmen die propositionalen Netze des Unterrichtsgesprächs und der alternativen Schülervorstellungen überein, so weist dies auf eine mögliche Ursache für die Konstruktion von Fehlvorstellungen hin. Fehlen dagegen Verknüpfungen in der Rekonstruktion des Unterrichtsgesprächs, die im Netz der intendierten Modellvorstellungen aufgenommen wurden, so ist auch diese Beobachtung ein Hinweis auf eine weitere Ursache.

Implikationen für einen verbesserten Unterricht können dann leicht abgeleitet werden, indem überflüssige Propositionen ausgeklammert werden oder fehlende Propositionen in das Unterrichtsgespräch eingefügt oder stärker betont werden.

2 Grundidee

Die pragmatisch konstruktivistische Idee der Wissensrepräsentation und -konstruktion liegt dieser Auswertungsmethode zu Grunde. Dabei wird davon ausgegangen, dass neue Informationen im kognitiven System der Schüler (Gehirn) mit dem schon vorliegenden Wissen verknüpft werden, damit Bedeutungen entstehen und der Schüler die neuen Inhalte lernen kann (vgl. dazu SCHNOTZ 1994, SUMFLETH 1988, RUMELHART et al. 1981).

Dem Gedanken der Vernetzung wird in dieser Auswertungsmethode dadurch Rechnung getragen, dass die Rekonstruktion des Wissens – hier der Schülervorstellungen – mit Hilfe von Netzen aus Knoten (Subjekte aus dem Fachvokabular) und deren Verknüpfungen (Kanten) graphisch dargestellt wird. Zudem wird die gewünschte optimale Modellvorstellung in gleicher Form in einem Netz repräsentiert. Ein Vergleich dieser Netze liefert die Unterschiede zwischen intendiertem Unterrichtsinhalt und erreichtem Unterrichtsziel.

Die hier vorzustellende Methode zielt aber nicht nur auf eine Beschreibung der kognitiven Zustände nach dem Unterricht ab, sondern auch auf eine Beschreibung der Quellen für die Schülervorstellungen. Gerade bei abstrakten Themen im naturwissenschaftlichen Unterricht sind hier das Unterrichtsgespräch und die angebotenen Materialien als Hauptquelle für neue Informationen auszumachen.

Das Unterrichtsgespräch setzt sich nach Gilbert (zit. nach GRÖGER 1998) aus den Vorstellungen der Schüler und Lehrer zusammen. Diese sog. „classroom-science“ stellt damit für die Schüler die eigentliche primäre Informationsquelle für die Konstruktion von neuem Wissen – von Vorstellungen – dar. Das Ziel der Auswertungsmethode ist es, diese classroom-science ebenfalls in einem Netz zu repräsentieren. Dieses Netz kann dann mit den Vorstellungen der Schüler und dem Lernziel-Netz verglichen werden. Ergeben sich in den Netzen der alternativen Vorstellungen und der classroom-science Übereinstimmungen oder fehlen Verknüpfungen in der classroom-science, die das Netz des Unterrichtsziels beinhaltet, so kann der Unterricht als Quelle für alternative Vorstellungen ausgemacht werden.

Implikationen lassen sich dann leicht ableiten, da überflüssige, falsche oder fehlende Begriffe und Verknüpfungen bei der Unterrichtsplanung und Unterrichtsdurchführung ausgeklammert, korrigiert oder ergänzt werden müssen.

3 Die Methode – praktische Anleitung

3.1 Vorbereitung

Für die Methode, die hier vorgestellt wird, ist es unabdingbar, dass a) das Lernziel der Unterrichtseinheit klar strukturiert vorliegt und b) die alternativen Vorstellungen zu diesem Lernziel bekannt sind. Dazu sind eine fachliche Reflexion des Lernziels und eine ausführliche Literaturrecherche in dem üppigen Schülervorstellungsfundus notwendig.

Diese Vorarbeiten dienen der Erstellung von Begriffsnetzen zum Lernziel einerseits und zu den alternativen Vorstellungen andererseits. Die dabei extrahierten Knoten (Fachbegriffe) stellen die Grundlage für die Dokumentation des Unterrichtsgesprächs dar.

In Anlehnung an MAYRING (1999) wird die Methode der Unterrichtsdokumentation in drei Teile aufgesplittet: in das Erhebungsverfahren, Aufbereitungsverfahren und Auswertungsverfahren.

3.2 Erhebungsverfahren

Das Unterrichtsgespräch wird bei dieser Methode im Rahmen der qualitativen Unterrichtsbeobachtung dokumentiert.

Die qualitative Unterrichtsbeobachtung berücksichtigt in einzigartiger Weise die Kriterien der qualitativen Sozialforschung, wobei das Kriterium der Forschung im alltäglichen Umfeld umgesetzt wird. Sie wird offen und unstrukturiert im sozialen Feld durchgeführt. Der Untersuchungsgegenstand ist die Kommunikation (LAMNEK 1995, 240-243). Forscher und Beobachter bilden dabei eine Personalunion. Sie dient der Theorieentwicklung und nicht etwa der Hypothesenprüfung. Damit vereint die Unterrichtsbeobachtung alle qualitativen Kriterien und ist daher für die Dokumentation des Unterrichtsgesprächs besonders geeignet (vgl. HILBING 2003).

3.3 Aufbereitungsverfahren

Das gesamte Unterrichtsgespräch und die Tafelbilder werden erfasst. Das Gespräch wird nicht-kommentiert wörtlich transkribiert. Dabei werden die Schüleraussagen mit den original Namen der Schüler verknüpft. Diese Verknüpfung wird später codiert, so dass die Anonymität der Schüler gewahrt bleibt. Jeder Transkriptzeile wird eine eindeutige Bezeichnung gegeben, um die Zuordnung zu gewährleisten. Die Stunden und Transkriptzeilen werden nummeriert und zu einem Code zusammengefasst. Die elfte Transkriptzeile der dritten Stunde der Unterrichtseinheit trägt die Nummer 3/11. „L“ steht für Lehrer, und die Namen der Schüler werden vom Autor geändert. Falls die Aussage keinem Schüler zugeordnet werden kann, steht „S“ für den Schülerbeitrag.

3.4 Auswertungsverfahren - Lernzielmaps

Die Transkripte werden mit Hilfe zweier aufeinander aufbauender Auswertungsverfahren analysiert. Das sprachliche Auswertungsverfahren der **systematisch zusammenfassenden Inhaltsanalyse**² (MAYRING 1999) dient dazu, einen Überblick über die im Unterricht vom Lehrer und von den Schülern geäußerten Propositionen (mind. zwei Knoten und eine Kante) zu erhalten und eine erste Charakterisierung der classroom-science vorzunehmen. Das Verfahren der **Rekonstruktion von kognitiven Strukturen in Concept-Maps** (PEUCKERT & FISCHLER, 2000) soll die Sinnzusammenhänge visualisieren und eine ausschnitthafte Beschreibung der classroom-science liefern.

² Später als SZI bezeichnet.

3.4.1 Systematisch zusammenfassende Inhaltsanalyse (SZI)

Im ersten Auswertungsschritt wird eine systematisch zusammenfassende Inhaltsanalyse durchgeführt. Dabei wird methodisch kontrolliert das Allgemeinitätsniveau des Materials vereinheitlicht und dann schrittweise erhöht. Mit steigendem Abstraktionsniveau verringert sich der Materialumfang. Dieses Verfahren umfasst sechs reduktive Prozesse (nach MAYRING 1999, 73):

- Auslassen: Propositionen werden nur einmal genannt.
- Selektion: Bestimmte zentrale Propositionen werden unverändert beibehalten, da sie wesentliche, bereits generelle Textbestandteile darstellen.
- Integration: Eine Proposition, die in einer globalen Proposition aufgeht, kann wegfallen.
- Konstruktionen: Aus mehreren spezifischen Propositionen wird eine globale Proposition konstruiert.
- Bündelung: Inhaltlich eng zusammenhängende, im Text aber weit verstreute Propositionen werden als Ganzes, in gebündelter Form wiedergegeben.
- Generalisation: Propositionen werden in allgemeineren Propositionen zusammengefasst.

Daraus lassen sich folgende Arbeitsschritte konstruieren (vgl. Tab. 1): Im ersten Schritt wird das intendierte Abstraktionsniveau fest gelegt. Aus dem Unterrichtsgespräch werden die relevanten Propositionen herausgefiltert, die in unserem Forschungsprojekt Informationen über die Schülervorstellung vom Aufbau der Salze enthalten. Diese werden in konstruierte Propositionen integriert. Das Abstraktionsniveau wird in diesem Schritt noch nicht erhöht. Es werden zudem bestimmte Propositionen selektiert. Die Konstruktion neuer Propositionen führt zu einer Generalisierung und intendierten Erhöhung des Abstraktionsniveaus. Diese Propositionen werden dann in bestimmten Kategorien gebündelt und evtl. noch einmal generalisierend zusammengefasst. Die Kategorien der Bündelung sind inhaltlich determiniert (z.B. ordneten wir in unserem Projekt die Propositionen „Ionen sind Teilchen“ „Ionen tragen eine Ladung“ „Ionen entstehen aus Atomen“ der Kategorie „Eigenschaft der Ionen“ zu). Zur Überprüfung werden die nun generalisierten Propositionen noch einmal mit dem Transkript verglichen. Abschließend wird das Unterrichtsgespräch auf dieser Basis zusammengefasst und die classroom-science charakterisiert.

Tab. 1: Arbeitsschritte der SZI

1) Bestimmung des intendierten Abstraktionsniveaus
Das Abstraktionsniveau wird durch die fachlich intendierte Modellvorstellung der Unterrichtseinheit angegeben. Das Unterrichtsgespräch soll auf diesem Niveau zusammengefasst werden, um eine Vergleichbarkeit der classroom-science mit den alternativen Schülervorstellungen und der intendierten Modellvorstellung herzustellen.
2) Darstellung der vorhandenen Propositionen
Das Transkript des Unterrichtsgesprächs wird Zeile für Zeile durchgegangen und auf relevante Propositionen überprüft. Die Propositionen werden dann sinnvoll formuliert zusammengetragen.
3) Konstruktion, Integration, Auslassung, Selektion der Propositionen
Die Propositionen werden neu formuliert. Sie werden integriert, Wiederholungen werden ausgelassen. Besondere Propositionen werden direkt abgebildet.
4) Bündelung der Propositionen
Die Bündelung der Propositionen erfolgt in inhaltlich determinierte Kategorien. Es werden in unserem Projekt Propositionen zum Teilchenverband, zu Eigenschaften der Ionen, Eigenschaften der Bindungskräfte, Charakterisierung der Bindung, Beschreibung der räumlichen Ausdehnung, zur Oktettregel, zum Begriff „Molekül“ und zum Symbol NaCl gebündelt.
5) Generalisierung und Konstruktion der Propositionen (Erhöhung des Abstraktionsniveaus)
Neue abstraktere Propositionen werden formuliert. Dadurch wird die Anhebung der Abstraktionsniveaus auf das Niveau der Netze erzielt.

Allerdings werden die Aussagen des Lehrers und der Schüler nicht in jedem Fall in die Rekonstruktion des Unterrichtsgesprächs einbezogen. So werden nur die vom Lehrer intendierten Äußerungen bei der Rekonstruktion der classroom-science berücksichtigt, da sie allein als lernzielkonform angesehen werden können. Dazu gehören selbstverständlich die Aussagen des Lehrers und die vom Lehrer affirmativ bestätigten Schüleräußerungen. Allerdings sind oft die vom Lehrer abgelehnten Schüleräußerungen für Projekte dieser Art interessant. Sie können daher in die SZI einbezogen, sollten aber besonders gekennzeichnet werden (z.B. *kursiv* gesetzt)!

3.4.2 Forscher-Map-Rekonstruktion³

In den 70er Jahren wandte sich die Forschungsgruppe um Josef Novak der Theorie des sinnvollen Lernens (meaningfull learning) von Ausubel zu, deren Kernstück, die Assimilationstheorie, Lernen als Interaktion von neu zu lernenden Begriffen oder Lehrsätzen (Propositionen) mit bereits vorher gelernten Begriffen oder Sätzen auffasst.

Die Identifizierung und übersichtliche Anordnung der zentralen Begriffe und Propositionen führte schließlich zum Verfahren des Concept Mapping, das den Forschern die von den Schülern genannten Schlüsselbegriffe sowie deren Beziehungen zueinander anschaulich zeigte (FISCHLER & PEUCKERT 2000, 1).

Die Verwendung von Concept Maps folgt eher einer kognitionspsychologischen Position, nach der ein großer Teil des Wissens im Gedächtnis gespeichert ist und mit Concept Maps zumindest ausschnittshaft beschrieben werden kann (vgl. NIEDDERER & GOLDBERG 1995). Die Verwendung von Concept Maps in Untersuchungen zu Lernprozessen bezieht sich auf diese Regelmäßigkeit und basiert auf der Annahme, dass von diesen Darstellungen in hypothetischer Weise auf Wissensstrukturen geschlossen werden kann, die sowohl als Ergebnisse von Lernprozessen als auch als Voraussetzungen für solche Vorgänge angesehen werden können.

„In Forschungsprojekten der naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken haben Concept Maps weite Verbreitung gefunden, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die meisten empirisch arbeitenden Fachdidaktiker einer moderaten konstruktivistischen Position folgen. Danach ist in einer spezifischen Situation jede Äußerung von Lernenden über ihr Wissen Ausdruck ihrer momentanen Wissensrepräsentation, die in dieser Situation erst konstruiert wird. In jeder Externalisierung von Wissen, also auch in Concept Maps, wird aber auch ein „harter Kern“ von Aussagen gesehen, der Auskunft über kontextübergreifende Wissensstrukturen derjenigen gibt, die eine Concept Map konstruiert haben.“ (FISCHLER & PEUCKERT 2000, 3)

Funktion von Forschermaps. In aktuellen Forschungsprojekten (PEUCKERT & FISCHLER 2000, HILBING 2003) werden Concept Maps auch als Mittel zur Auswertung von Datenmaterial verwendet, das in Form von Interviews oder Unterrichtsbeobachtungen gewonnen wurde.

³ Im Folgenden als FMR bezeichnet. Wird die Methode auf eine classroom-science angewendet, so wird auch von einer Lernziel-Map (LMR) gesprochen. Beide Begriffe werden hier synonym verwendet.

Tab. 2: Relationstypen der FMR nach PEUKERT & FISCHLER (2000) verändert durch Hilbing (2003)

Relationstyp	mögliche Lesart	Abkürzung	Beispiel
Charakteristisches Merkmal	... hat ..., ... besitzt ...	<u>CM</u> →	Salze bestehen aus Ionen, Ionenpaare sind finite Einheiten.
Oberbegriff	... ist ein ...	<u>R</u> →	Ionen sind Teilchen. Anziehung heißt Ionenbindung.
Aktivitätsmerkmal	... tut ..., ... bewirkt ..., ... bewegen ...	<u>AM</u> →	Der Elektronentransfer verursacht eine Ladung, Die Ladung bewirkt eine Anziehung/Abstoßung.
Funktionsrelation	... bestimmt ...	<u>F</u> →	Die Oktettregel bestimmt die Anzahl der transferierten Elektronen. Das Verhältnis der Teilchen bestimmt das Symbol.
einfache Zuordnung	... hat zu tun mit ...	← <u>ZO</u> →	Die finite Einheit hat mit dem Symbol zu tun.
Widerspruch zu CM	... hat nicht ..., ... hat kein ...	<u>WCM</u> →	Atome sind nicht geladen.
Widerspruch zu R	... ist kein ...	<u>WR</u> →	Elektronenpaare sind keine Ionenbindung.
Widerspruch zu AM	... tut nicht ...	<u>WAM</u> →	Der Elektronentransfer verursacht nicht die Anziehung.
Widerspruch zu F	... bestimmt nicht ...	<u>WF</u> →	Die Wertigkeit bestimmt nicht die Anzahl der Elektronen.
Widerspruch zu ZO	... hat nicht zu tun mit ...	← <u>WZO</u> →	Das Verhältnissymbol hat nichts mit dem Ionenpaar zu tun.
Eingeschränkte gültige Relation CM	... hat möglicherweise / u.U. ...	<u>OCM</u> →	Salze bestehen möglicher Weise aus Ionen oder Atomen.
Eingeschränkte gültige Relation R	... hat möglicherweise / u.U. ...	<u>OR</u> →	Ionen sind im Prinzip auch so eine Art Atome
Eingeschränkte gültige Relation AM	... hat möglicherweise / u.U. ...	<u>OAM</u> →	Ladung verursacht eine Anziehung bis sie sich berühren.
Eingeschränkte gültige Relation F	... hat möglicherweise / u.U. ...	<u>OF</u> →	Die Wertigkeit bestimmt irgendwie das Verhältnis der Teilchen.
Eingeschränkte gültige Relation ZO	... hat möglicherweise / u.U. ...	← <u>OZO</u> →	Das Verhältnis der Teilchen hat irgendwie was mit dem Symbol zu tun.

Diese Forschermaps enthalten die Informationen aus den Transkripten in propositionaler Form (vgl. SZI). Diese propositionalen Formen umfassen sowohl Knoten als auch Kanten. Als Knoten werden zentrale Begriffe, z.B. Ionen, Ionenbindung usw. angesehen. Kanten stehen für die Relationen zwischen den Knoten, sie werden auch als Prädikat bezeichnet. Sinnvoll ist eine Codierung der Relationen zwischen den Knoten. Die große Vielfalt der unterschiedlichen Prädikate kann in Klassen von semantischen Relationen gefasst werden. Dieses System wurde von PEUCKERT auf Basis der Gedächtnismodelle von KLIX (1976) und RUMELHART & NORMAN (1978) sowie einer ersten Entwicklungsstufe der Arbeit von LICHTFELDT (1996) entwickelt.

Dieses System genügt der Forderung, Schüleräußerungen reliabel abzubilden. Das Codiersystem von PEUCKERT & FISCHLER (2000, 104) liefert eine Interrater-Reliabilität von 0.75 sowie eine Intrarater-Reliabilität um 0.85. Höhere Werte werden erreicht, wenn zusätzlich an Präzedenzfällen orientierte Codierrichtlinien befolgt werden. In unserer Forschungsarbeit dienen die aus den empirischen Daten entworfenen propositionalen Netze für typische bekannte alternative Vorstellungen als Präzedenzfälle, an denen Codierrichtlinien entwickelt werden, da diese unterschiedlichen Netze eine Vielzahl von Vorstellungen umfassen.

Codiersystem zur Erstellung von Forschermaps. Das benutzte Codiersystem enthält 15 Relationstypen. Diese lassen sich in drei Gruppen einteilen: in fünf Grundrelationen, in deren explizite Negation sowie in eine eingeschränkte Form dieser Relationen (vgl. Tab. 2). Zur Verdeutlichung der Methode der FMR werden einige Propositionen beispielhaft kodiert (vgl. Tab. 3). Ebenso wird eine Forschermap einer Unterrichtsstunde abgebildet (vgl. Abb. 1).

Tab. 3: Kodierung von Propositionen nach HILBING (2003)

Schüleraussage (Proposition)	Kodierung
Der Elektronentransfer verursacht die Ladung.	Elektronentransfer AM Ladung →
Die Oktettregel hat etwas mit dem Elektronentransfer zu tun.	Oktettregel ZO Elektronentransfer ←→
Teilchen haben eine Ladung.	Teilchen CM Ladung →

Die Arbeitsschritte zur Erstellung einer Forschermap schließen direkt an die der SZI an (vgl. Tab. 1). Die Kanten (Verknüpfungen) in den generalisierten Propositionen werden nun kodiert (vgl. Tab. 3) und in eine Matrix eingetragen, um daraus eine Forschermap zu erstellen (vgl. Abb. 1).

Entwicklung von Auswertungsrichtlinien anhand der propositionalen Netze der alternativen Schülervorstellungen. Bevor nun das Unterrichtsgespräch ausgewertet wird, sollen die definierten propositionalen Netze zur richtigen Modellvorstellung und zu alternativen Schülervorstellungen mit Hilfe der SZI und der FMR analysiert und dargestellt werden. Die Erkenntnisse dienen als Leitfaden für die Auswertung des Unterrichtsgesprächs, was eine Erhöhung der Reliabilität intendiert. Die Schritte der Generalisierung der Propositionen und der Zusammenfassung entfallen, da die Propositionen der Netze selbst das Abstraktionsniveau festlegen und die Netze gerade als Zusammenfassungen definiert wurden.

4 Resümee

Auf der Suche nach der Quelle und den Ursachen für alternative Schülervorstellungen bei abstrakten Themen im naturwissenschaftlichen Unterricht hat sich diese Methode der Rekonstruktion von Inhalten oder Vorstellungen in propositionalen Netzen bewährt.

- Die Rekonstruktion des Lernziels der Unterrichtseinheit bietet einen Überblick über den zu vermittelnden Stoff.
- Die Rekonstruktion der bekannten alternativen Schülervorstellungen zu der Thematik des Unterrichts charakterisiert übersichtlich die kognitiven Strukturen der Lernenden.
- Die Rekonstruktion der classroom-science erlaubt einen Einblick in die vermittelten Propositionen.

Ein Vergleich auf der Basis der propositionalen Netze liefert dann Aussagen über die Ursachen von alternativen Vorstellungen. Zudem können leicht Implikationen abgeleitet werden. Stimmen Propositionen der alternativen Vorstellungen und der classroom-science überein, so muss die Vermittlung dieser alternativen Proposition vermieden werden. Fehlen Propositionen des Lernziels in der classroom-science, so müssen diese Propositionen bei der Unterrichtsplanung berücksichtigt werden.

Insgesamt kann der Bogen über das gesamte qualitative Forschungsprojekt mit Hilfe dieser Methode gespannt werden: Darstellung des Vorwissens, das in den Forschungsprozess einfließt, Aufbereitung und Auswertung der Daten sowie Ableitung der Implikationen für den Unterricht.

Literatur

- FISCHLER, H. & J. PEUCKERT (2000): Concept Mapping in Forschungszusammenhängen. In: FISCHLER, H. & J. PEUCKERT (Hrsg.): Concept mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten (=Studien zum Physiklernen 1), 1-22. Logos, Berlin
- GILBERT, J. K. (1982): Children's science and its consequences for teaching. *Science Education* **66** (4), 623-633
- GRÖGER, M. (1996): Fiktionen in ihrer Bedeutung für chemische Forschungsprozesse und das Lernen von Chemie. Diss., Siegen
- HILBING, C. (2003): Alternative Schülervorstellungen zum Aufbau der Salze als Ergebnis von Chemieunterricht. Diss., Münster
- KLIX, F. (Hrsg., 1976): Psychologische Beiträge zur Analyse kognitiver Prozesse. Klinker, Leipzig
- LAMNEK, S. (1995): Qualitative Sozialforschung. Beltz, Weinheim
- LICHTFELDT, M. (1996): Development of pupils' ideas of the particulate nature of matter: Long-term research project. In: WELFORD, G., OSBORNE, J. & P. SCOTT (Hrsg.): Research in science education in Europe, 212-228. The Falmer Press, London
- MAYRING, P. (1999): Einführung in die qualitative Sozialforschung. Psychologie Verlags Union, Weinheim
- NIEDDERER, H. & F. GOLDBERG (1995): Lernprozesse beim elektrischen Stromkreis. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* **1**, 73-86
- PEUCKERT, J. & H. FISCHLER (2000): Concept Maps als Diagnose- und Auswertungsinstrument in einer Studie zur Stabilität und Ausprägung von Schülervorstellungen. In: FISCHLER, H. & J. PEUCKERT (Hrsg.): Concept mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten. (=Studien zum Physiklernen 1), 91-116. Logos, Berlin
- RUMELHART, D. E. & D. NORMAN (1978): Das aktive strukturelle Netz. In: RUMELHART, D. E. & D. A. NORMAN (Hrsg.): Strukturen des Wissens, 51-77. Klett-Cotta, Stuttgart
- RUMELHART, D. E. & D. A. NORMAN (1981): Faktensammeln, Schemaoptimierung und Umstrukturieren: 3 Arten des Lernens. In: NEBER, H. (Hrsg.): Entdeckendes Lernen, 132-150. Beltz, Weinheim
- SCHNOTZ, W. (1994): Aufbau von Wissensstrukturen: Untersuchungen zur Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit Texten. Beltz, Weinheim
- SUMFLETH, E. (1988): Lehr- und Lernprozesse im Chemieunterricht. (= Studien zur Pädagogik der Schule 15). Lang, Frankfurt a. M.

Verfasser

Claus Hilbing, Sedanstr. 9, 32756 Detmold; hilbing@gmx.net