

Naturwissenschaftlicher Kompetenzerwerb

Neuere Konzepte

von Michael Haider

In großen internationalen Vergleichsstudien wie PISA und IGLU wird nicht nur die mangelnde Lesekompetenz bemängelt. Auch der naturwissenschaftliche Unterricht ist in die Kritik geraten. Neuere naturwissenschaftsdidaktische Ansätze der Grundschule fokussieren nicht mehr schwerpunktmäßig auf das handlungsbezogene Lernen, sondern verknüpfen dieses mit der Entwicklung von Verstehenskonzepten. Wie jedoch sehen moderne Ansätze naturwissenschaftlichen Unterrichts aus? Von welchen theoretischen Vorstellungen gehen sie aus? Was sind die Ziele des neueren naturwissenschaftlichen Unterrichts? Wie werden diese umgesetzt?

1. Die moderat-konstruktivistische Orientierung: der „Münsteraner Ansatz“

Die Forschergruppe um *Kornelia Möller* stellte fest, dass die Qualität von Unterricht im Vorfeld der Naturwissenschaften sehr stark von den fachlichen Voraussetzungen der betreffenden Lehrperson abhängt. Nur wenige Lehrer fühlen sich den Anforderungen, die ein naturwissenschaftlich-technischer Unterricht stellt, gewachsen. Dies gilt besonders für die in der Grundschule meist weiblichen Lehrkräfte (vgl. *Möller et. al.* 1996).

Möller sieht für den naturwissenschaftlichen Unterricht folgende Ziele:

- Erwerb von kategorialen Wissen
- Vorbereitung naturwissenschaftlichen Denkens
- Entwicklung von Haltungen und Einstellungen
- Entwicklung von Motivation und Interesse gegenüber Phänomenen der Natur
- Schaffung von Lernsituationen, die Kompetenzerfahrungen und das Erleben der Fruchtbarkeit eigenen Denkens ermöglichen (vgl. *Möller* 1999, S. 128 f.)

Mit ihrer Idee vom moderat konstruktivistischen Lernen der Naturwissenschaften lehnt sich *Möller* an den Positionen *Gerstenmaiers* und *Mandls* (1995) an. Mit dem Titel „moderat konstruktivistisch“ distanziert sich *Möller* vom radikalen Konstruktivismus, der bezweifelt, dass es eine Wirklichkeit gibt. Grundgedanke ist die Auffassung vom Lernen als einer eigenständigen und aktiven Konstruktion des Wissens durch den Lerner. Diese Auffassung ist durchaus nicht neu. Auch *Dewey* und *Piaget* erkannten bereits, dass sich der Lernende sein Wissen aktiv konstruieren muss. Entscheidend für den Lernprozess ist die Vorerfahrung bzw. die Alltagserfahrung des Schülers.

Lernen besteht aus der Veränderung bestehender Verstehenskonzepte und Strukturen. Durch Erweiterung, Differenzierung oder Umstrukturierung bestehender Strukturen werden neue Wissensstrukturen gebildet, mit Bestehendem verknüpft und angewendet. Das impliziert, dass ein Unterricht, der auf ein Verstehen von Zusammenhängen ausgerichtet ist, immer von den Vorkenntnissen und Vorerfahrungen der Lernenden ausgehen muss.

Kornelia Möller (199, 132 f.) formuliert deshalb in Anlehnung an *Reimann-Rothmeier* und *Mandl* (1995), *Dubs* (1995) u. a. als Merkmale moderat konstruktivistischer Lernumgebungen folgende Punkte:

- Konstruktives Lernen
- Situatives Lernen
- Aktives Lernen
- Soziales und kooperatives Lernen
- Selbstgesteuertes und unterstütztes Lernen

Moderat-konstruktivistische Lernumgebungen müssen für die Schüler anregend gestaltet sein und Möglichkeiten zum selbstständigen Lernen und Konstruieren bieten. Fragen, Aufgaben und Problemstellungen müssen in situative Kontexte eingebunden sein. Schlüsselqualifikationen, wie Kommunikationsfähigkeit und Kooperationsfähigkeit, sollten gefördert werden. Die Lernumgebungen müssen die Möglichkeit bieten, eigene Lernwege zu gehen. Zugleich muss den Schülern die Wertschätzung und Duldung anderer Denkwege und anderer Lösungen „anerkannt“ werden. Die Lernumgebungen sollen dabei Hilfe bieten. Dies geschieht u. a. durch eine gut durchdachte Strukturierung, eine didaktische Aufbereitung von mehr offenen, aber auch gleichzeitig gut strukturierten Phasen, durch eine begründete Methodenvielfalt sowie über Metakognitionen und Reflexion des eigenen Lernweges. Neben kognitiven Zielen verfolgt guter naturwissenschaftlicher Unterricht für *Möller* auch soziale, affektive und persönlichkeitsbildende Ziele.

1.1. Präkonzepte als zentraler Punkt des Ansatzes

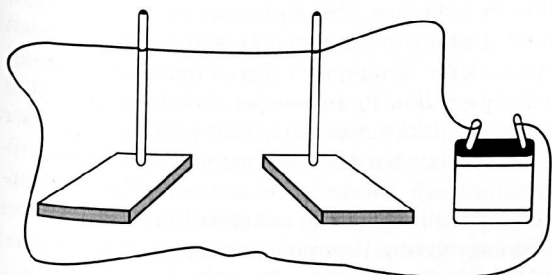
Möller führte auf der Grundlage der genannten Aspekte Untersuchungen durch zu der Frage, ob bereits Grundschulkindern in der Lage sind, anspruchsvolle physikalische Konzepte, wie den „Auftrieb“ (bei der Lerneinheit zum Schwimmen und Sinken) fruchtbar anzuwenden. Wichtig für ihre Untersuchung war u. a., die Präkonzepte, die Kinder bereits vor der Lerneinheit aufweisen, zu erfassen und auf dieser Basis weitergehende, physikalisch korrekte(re) aufzubauen.

Konzepte sind nach *Atkinson* (1990) gedankliche Werkzeuge, die genutzt werden, um sinnvoll handeln zu können. Präkonzepte entstehen durch primäre Alltagserfahrungen, durch alltagsprachliche Formulierungen (wie z. B. der Strom wird verbraucht), durch Denkschemata wie z. B. das

Täter-Tat-Schema („Die Wärme drückt ...“, „Die Energie dreht ...“ etc.) oder das Geben-Nehmen-Schema (z. B. „die Batterie gibt dem Lämpchen Strom, das Lämpchen nimmt sich den Strom“) und durch Informationen und Meinungen, die Einfluss auf das Individuum haben (durch Schule, Elternhaus, Medien, Freunde, ...)“ (vgl. Möller 1999, S. 140).

Schüler entwickeln zur Erklärung naturwissenschaftlicher Phänomene meist Alltagsvorstellungen, z. B. warum ein Schiff schwimmt oder die Sonne untergeht. Diese stimmen aber häufig nicht mit den wissenschaftlichen Erklärungen überein, mehr noch, oftmals behindern sie sogar das wissenschaftliche Verständnis.

Duit (1995) zeigte die Stabilität von Alltagsvorstellungen mit seinem Versuch des glühenden Drahtes bei Schülern einer 10. Jahrgangsstufe auf. Er erhob deren Alltagsvorstellungen zu folgendem Versuch: Er ließ die Schüler vermuten und begründen, von wo aus der Draht zu glühen beginnt, wenn durch ihn Strom hindurch geschickt wird. Die Schüler sahen den Draht tatsächlich dort zuerst glühen, wo sie es erwarteten, was zu ihren Vorstellungen passte, *unabhängig* von der Realität.



Welche Unterrichtsformen tragen nun zu einem adäquaten Konzeptwechsel bei? Gibt es Unterrichtsformen, die einen Konzeptwechsel eher begünstigen und solche, die ihn eher behindern?

Wiesner (1995) stellt heraus, dass die Effizienz des Unterrichts von der Unterrichtsform abhängt. Offener, handlungsorientierter Unterricht ist eher ungeeignet und führt nach seinen Ergebnissen eher zu unerwünschten als zu physikalisch akzeptablen Vorstellungen. Möller ergänzt deshalb offene, handlungsbezogene Lernsituationen um gut strukturierte Phasen zur Unterstützung.

Bei den kognitiven Umstrukturierungen ist zwischen „Ad-hoc-Konstruktionen“, wie sie z. B. als Verlegenheitskonstruktionen in Untersuchungen gebildet werden, und „deep structures“, tief verankerten Überzeugungen, zu unterscheiden.

Die selben Probleme eines Stoffgebietes werden von Menschen mit verschiedenem Vorwissen unterschiedlich wahrgenommen. Je nach individuellem Vorwissen kommt es zu unterschiedlichen

Einordnungen der einzelnen Problemelemente (Ziel, Ausgangslage und mögliche Operationen). Experten z. B. abstrahieren ihre Verstehensprozesse stärker von den äußeren Merkmalen einer Situation. Sie nutzen ihre breite Wissensbasis, um allgemeine Konzepte und Relationen sowie spezifische Problemschemata geschickt einzusetzen.

Novizen dagegen beziehen sich auf die buchstäbliche Problemvorgabe und die Oberflächenstruktur der Problemstellung. Der wenig geübte Problemlöser kann durchaus ein umfangreiches deklaratives Wissen (Faktenwissen) besitzen. Um jedoch die Problemlösefertigkeiten des Experten zu erreichen, muss er lernen, die deklarativen und prozeduralen Aspekte (das sind die anwendungsbezogenen Aspekte) in der Wissensstruktur zu verknüpfen (vgl. Möller 1999, S. 140 f., Mandl et. al. S. 196 f.).

Aus konstruktivistischer Sicht wird Lernen als Veränderung von Präkonzepten interpretiert. „Echte“ Konzeptwechsel sind dabei eher selten. Meist kommt es zu weichen Umstrukturierungen (nach Piaget: Assimilation) des Wissens, z. B. durch Wissensausdifferenzierung, Ergänzungen etc. Radikale Umstrukturierungen (nach Piaget: Akkomodation) finden statt, wenn das eigene Wissen, die eigenen (Prä-) Konzepte zu Gunsten von neuen Erkenntnissen aufgegeben und neue adäquate Konzepte gebildet werden.

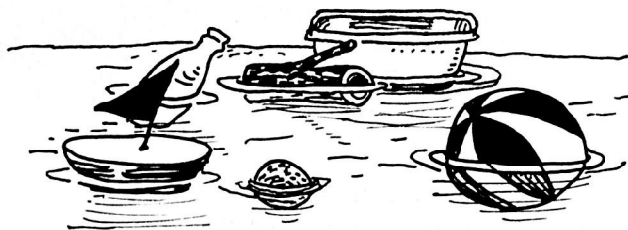
Lernfortschritte lassen sich feststellen, wenn sich aus episodischem Wissen (einzelnen Wissensbruchstücken, Kenntnis von Phänomenen, etc.) kategorisches oder hypothetisches Wissen bildet, wenn Schüler erste Gesetzmäßigkeiten (z. B. Wenn-Dann-Beziehungen) erkennen. Auch der Grad der Differenzierung und der Integration und Hierarchisierung in semantischen Netzwerken gibt Auskunft über Lernfortschritte.

Strukturen und Konzepte der Schüler sollen tragfähiger und anschlussfähiger, konsistenter und robuster werden. Unterrichtlich gibt es hierzu zum Einen die Konfliktstrategie, zum Anderen die Anknüpfungsstrategie.

Bei der Konfliktstrategie werden den Schülern Konzepte angeboten, die dem Alltagswissen entgegenstehen. Ein Beispiel hierfür ist, wenn dem Schüler durch Hintereinanderschalten von Messgerät – „Verbraucher“ – Messgerät im Stromkreis gezeigt wird, dass nach dem „Verbraucher“ noch genauso viel Strom wie vor dem Verbraucher ist, dass also im „Verbraucher“ kein Strom verbraucht wird. Dies kann sich insbesondere bei jüngeren Schülern als problematisch erweisen. Bei der Anknüpfungsstrategie werden in den Alltagsvorstellungen der Schüler Anknüpfungs- oder Ankerpunkte gesucht, die Überschneidungen mit wissenschaftlichen Vorstellungen aufweisen. In diesen Bereich sind Konzepte des Analogielernens (z. B. Spreckelsens „Transduktives Lernen“, s. u.) einzuordnen.

1.2. Folgerungen aus der Untersuchung

Aufgrund der Untersuchungen zum Thema „Schwimmen und Sinken“ im 3. Schuljahr plädiert Möller für den Aufbau neuer Konzepte bzw. für die Differenzierung vorhandener Konzepte durch Anknüpfungsstrategien, im konkreten Fall Schwimmen und Sinken z. B. durch Anknüpfung an sensorische Erfahrungen u. a. im Schwimmbad (Gegenstände sind im Wasser leichter) und Vollkörperversuche (auch Dinge, die keine Luft enthalten, können schwimmen). Das Ziel ist hierbei der Aufbau von gesicherten Konzepten. Bei der Anwendung des gesicherten Konzeptes (hier: Auftriebs- und Gewichtskonzept) soll es zum kognitiven Konflikt kommen („Wie kommt es, dass ein so schweres eisernes Schiff schwimmt?“).



Im Anschluss daran sollte es noch zu einer Differenzierung des Konzeptes kommen, was jedoch ihren Untersuchungen zufolge nur noch wenigen Schülern gelingt.

Schüler schätzten an der Bearbeitung eines Themas nach dem Ansatz Möllers, dass sie sich nicht mit vielen Themen oberflächlich, sondern mit einem Thema gründlich auseinandersetzen. Möller sieht daher Gründlichkeit und Geduld als Basis für naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule. Schüler müssen Gelegenheit haben, selbst Erfahrungen zu sammeln und diese mit Mitschülern und Lehrern auszutauschen.

Möllers Voruntersuchungen ergaben, dass moderat konstruktivistische Lernsituationen durch die Ermöglichung individueller Lernwege, dadurch, dass sie die Vorerfahrungen und Denkweisen der Schüler berücksichtigen, durch didaktische Strukturierung und durch den Wechsel zwischen problemorientierten hinführenden bzw. auswertenden Gesprächsphasen mit Werkstattcharakter und strukturierenden Lehrerhilfen, Zielsetzungen wie Förderung von Motivation und Interesse, Aufbau positiver Selbstkonzepte und das Schaffen von Lernzufriedenheit und Lernfreude erreichen (vgl. Möller 1999, S. 171 f.).

Möller (1999, S. 173) selbst schreibt dazu: „Für die auf die Grundschule bezogene, bereichsspezifische Lehr-Lernforschung besteht die Fruchtbarkeit dieses Ansatzes für mich in seiner Inklusivität“. Damit meint sie, dass die moderat konstruktivistische Sichtweise die Bedeutung individuellen Lernens und der eigenen Aktivität mit der Bedeutung sozialen Lernens, geeigneter materieller Lernumgebungen und geeigneter Lehrinterventionen verknüpft. Der von ihr geforderte Unterricht zielt auf Autonomie durch Unterstützung. Er betrachtet Lernen als kognitiven, sozialen und emotionalen Prozess und verfolgt immer auch Ziele im emotionalen Bereich und im Bereich der Persönlichkeitsentwicklung.

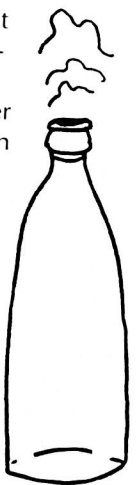
2. Kay Spreckelsen:

Transduktives Verstehen der Wirklichkeit

Kay Spreckelsen geht von der Annahme Wagenscheins aus, wie physikalisches Verstehen abläuft. Seinen Ansatz bezeichnet er als Transduktives Verstehen. Danach ist Verstehen die Relation zu bereits Verstandenem. Es gilt Vertrautes zu finden, das zugrunde liegt, einen Fremden als verkleideten Bekannten zu erkennen.

2.1. Erklärungsmuster physikalischer Phänomene

Kinder erklären physikalische Phänomene zunächst animistisch. Spreckelsen sieht darin den Ausdruck kindlicher Egozentrizität. Kinder schreiben den Phänomenen Leben und Willen zu. So will die erwärmte Luft plötzlich aus der Flasche, etc. Auf einer logogenen Interpretationsstufe stehen Kinder, die der Subjekt-Prädikat-Objekt-Stellung gemäß mit dem Täter-Tat-Schema argumentieren. Beispiele hierfür sind Sätze, wie: „Die Wärme drückt“, „Die Wärme macht“, etc. Es wird zwar schon der abstrakte Begriff Wärme verwendet, insgesamt jedoch steht dieses Erklärungsmuster dem animistischen sehr nahe. Die zahlenmäßig größte Gruppe der Kinder benützen zur Erklärung von Phänomenen das Muster des deduktiven Denkens. Dabei reduzieren Schüler allgemeine Erfahrungen auf die ihnen momentan begegnenden Einzelphänomene. Die Wagenschein'sche „Relation zu bereits Verstandenem“ bekommt hier ihren deutlichsten Sinn. Schüler wenden Ihren Erfahrungshintergrund auf eine gerade aktuelle Sachlage an. (Beispiel: „Die Luft da drinnen wird warm, ... und warme Luft steigt nach oben“.) Da hier bereits andeutungsweise Bezug zu wissenschaftlicher Regelmäßigkeit genommen wird, könnte man diese Art von Erklärungsmuster auch als nomogene Interpretation bezeichnen.



Einer weiteren Variante von kindlichen Erklärungsmustern schreibt *Spreckelsen* (1997, S. 112 f.) einen enormen Stellenwert zu: Der Analogiebildung oder dem transduktiven Verstehen.

2.2. Transduktives Verstehen

Geleitet von einer Erkenntnis *William Sterns* (1914) schließt *Spreckelsen*, dass das transduktive Verstehen wohl eine gute Variante sein muss. Kindliche Urteile beruhen auf Einzelbewertungen und Einzelfällen, die aneinandergereiht werden. Es fehlt ihnen noch an Ableitungen von oder Hinleitungen zu allgemeinen Urteilen (Deduktion, Induktion). Daher benötigen Kinder Überleitungen von einem zum nächsten Phänomen, sog. Transduktionen. *Spreckelsen* kann sich dabei auch auf Untersuchungen *Piagets* stützen, der 1972 feststellte, dass Folgerungen vom Einzelnen auf Einzelnes ohne allgemeines Gesetz bei Kindern der Normalfall ist. *Piaget* schreibt Kindern mit einem Alter von 7–8 Jahren noch das „Stadium der reinen Transduktion“ zu. Zu unterscheiden sind hierbei zwei Arten von Analogiebildungen: die phänotypische Analogiebildung und die genotypische Analogiebildung.

2.2.1. Phänotypische Analogiebildung

Phänotypische Analogien vergleichen eine äußere Erscheinungsform mit bereits gemachten Alltagserfahrungen. Kinder schließen z. B. beim Thema Hebel „das ist wie bei der Wippe“. *Kircher* (2000) nennt diese Art der Analogiebildung Oberflächenanalogie. Zwei Objekte ähneln sich in der Oberfläche, im Aussehen etc. Tiefgreifende strukturelle Ähnlichkeiten fehlen hier. Phänotypische Oberflächenanalogien werden vom Schüler generell gut akzeptiert, sind aber physikalisch wenig angemessen (*Spreckelsen* 1997, S. 117, *Kircher* 2000).

2.2.2. Genotypische Analogiebildung

Genotypische Analogien beziehen sich nicht nur auf das äußere Erscheinungsbild. Hier werden Vergleiche in der Funktionsweise, im Wirkmechanismus, „unter der Oberfläche“ der Erscheinungen angestellt. Das Bedürfnis nach genotypischer Analogiebildung entsteht nach *Spreckelsen* ab dem 3. Schuljahr. Kennzeichnend sind sprachliche Wendungen wie „so“, „wie“, „genauso“, „so ähnlich wie“ etc. *Kircher* bezeichnet diese Art von Analogie als strukturelle Analogie. Strukturelle, genotypische Analogien sind physikalisch wertvoller, da sie eine größere erklärende Potenz aufweisen. Von Schülern werden sie jedoch nicht immer akzeptiert, da Schülern oft der Zusammenhang nicht deutlich genug ist. Der Lehrer muss unterrichtliche Situationen schaffen, in denen genotypisch analoge Phänomene präsentiert sind. *Spreckelsen* schlägt hierzu die Gruppierung von Phänomenen zu Phänomenkreisen vor.

2.3. Die Idee der Phänomenkreise

Bei der Bildung von Phänomenkreisen werden mehrere genotypisch strukturierte analoge Versuche oder Phänomene in einer Lerneinheit angeboten. Damit soll ein genereller Systemcharakter beim Zugriff auf physikalische Phänomene deutlich werden. Erste Ordnungsaktivitäten sollen in den Phänomenkreisen ausgeführt werden, nicht nur Inhalte, sondern auch Verfahren erlernt werden. Der Unterricht zielt nicht auf die Erklärung eines einzelnen Phänomens ab. Entscheidend ist die Kreisbildung, d. h. die präsentierten Phänomene müssen sich gegenseitig stützen, am besten strukturell identisch sein. *Spreckelsen* legt wert darauf, diese Phänomenkreise zunächst in die Alltagssprache der Kinder zu betten, so dass die naturwissenschaftliche Aktivität eine geistige „Einwurzelung“ bzw. „Enracinement“ nach *Wagenschein* erfährt.



3. Ausblick

Beide Modelle bieten gute Ansätze, konkret naturwissenschaftlichen Unterricht aufzubauen. Das Angebot moderat konstruktivistischer Lernumgebungen bietet Schülern die Möglichkeit, sich eigenaktiv, selbstgesteuert mit komplizierten naturwissenschaftlichen Sachverhalten auseinander zu setzen. Wichtig dabei ist, dass die Lernumgebung gleichzeitig soweit strukturiert wird, dass naturwissenschaftliches Lernen logisch und konsequent ablaufen kann, ohne dass sich Fehlvorstellungen durch zu große Offenheit und fehlenden Leitfaden festsetzen, wie dies die Untersuchungen *Wiesners* (1995) zeigten. Nach diesem Ansatz werden Alltagsvorstellungen, die oft Fehlvorstellungen oder mit dem naturwissenschaftlichen Konzept nicht vereinbar sind, zum Ausgangspunkt von moderat konstruktivistischen Lernumgebungen. Durch den konstruktivistischen Grundgedanken bieten die Lernumgebungen jedem Kind die Möglichkeit, da abgeholt zu werden, wo es sich mit seinen Alltagserfahrungen und -vorstellungen gerade befindet. Der Ansatz von *Kay Spreckelsen* scheint zur naturwissenschaftlichen Grundbildung der Schüler ebenfalls viel beizutragen und auch noch weiter ausbaufähig zu sein. Kinder lernen in ihrer Umgebung aufgrund von Einzelbewertungen und Einzelfällen, die – häufig ohne Zusammenhang – nacheinander erschlossen werden. Es fehlt ihnen noch an induktiver oder deduktiver Urteilskraft.

Sie benötigen daher in besonderem Maße die durch die Lehrperson geführte Überleitung von einem Phänomen zum nächsten. Das transduktive Verfahren wurde jedoch im Bereich naturwissenschaftlicher Unterrichtsforschung in der Primarstufe noch selten erforscht, während es im Sekundarstufenbereich einige Untersuchungen gibt. Der große Vorteil, den der Ansatz von *Spreckelsen* hier hat: Transduktives Verständnis setzt ein Verstehen im analogen Bereich voraus. Dadurch wird die Gefahr minimiert, dass Alltagsvorstellungen der Schüler nicht ausreichend einbezogen und zur Sprache gebracht werden.

Literatur:

- Duit, Reinders* (1997): Ziele für den naturwissenschaftlichen Unterricht – Anspruch und Realität. In: PLUS LUCIS, Heft 1, S. 3–13.
- Duit, Reinders* (1992): Analogien und Lernen naturwissenschaftlicher Begriffe und Prinzipien. In: GDCP (Hrsg.). Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Leuchtturm-Verlag, Alsbach/Bergstraße.
- Duit, Reinders*: Schülervorstellungen – Von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. In: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik 4 (1995) Nr. 16.
- Haider, M.*: PISA 2000 – Naturwissenschaftliche Grundbildung. Testkonzeption und Ergebnisse. Unveröffentlichte Arbeit. Universität Regensburg 2003.
- Hartinger A./Fölling-Albers* (Hrsg.): Lehrerkompetenzen für den Sachunterricht. Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn 2004.
- Kircher, E.*: Analogien im Sachunterricht der Primarstufe. In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe, 23. Jahrgang, Heft 5, 1995.
- Kircher, E.*: Physikdidaktik, Vieweg, Braunschweig 2000.
- Köhnlein, W./Schreier, H.* (Hrsg.): Innovation Sachunterricht – Befragung der Anfänge nach zukunftsfähigen Beständen. (Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Bd. 4) Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn 2001.
- Köhnlein, W.* (Hrsg.): Vielperspektivisches Denken im Sachunterricht. (Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Bd. 3) Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn 1999.
- Köhnlein, W./Marquardt-Man, B./Schreier, H.* (Hrsg.): Kinder auf dem Wege zum Verstehen der Welt. Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts. Band 1. Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn 1997.
- Mandl, H./Felix, H./Hron, A.*: Psychologie des Wissenserwerbs. In: *Weidenmann/Krapp*: Pädagogische Psychologie S. 143–218.
- Möller, K.*: Die naturwissenschaftliche Perspektive im Sachunterricht. Ziele, Probleme und Forschungsergebnisse. In: *Fölling-Albers/Richter/Brügelmann/Speck-Hamdan*: Jahrbuch Grundschule III, S. 105–111.

Möller, K.: Lernen im Vorfeld der Naturwissenschaften – Zielsetzungen und Forschungsergebnisse. In: *Köhnlein, W./Schreier, H.* (Hrsg.): Innovation Sachunterricht – Befragung der Anfänge nach zukunftsfähigen Beständen. (2001) S. 275–298.

Möller, K.: Konstruktivistisch orientierte Lehr-Lernprozessforschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts. In: Köhnlein: Vielperspektivisches Denken im Sachunterricht (1999) S. 125–191.

Möller, K./Jonen, A./Hardy I./Stern, E.: Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In: Zeitschrift für Pädagogik 45. Beiheft 2002 S.176–191.

Muckenfuß, H. (1980): Wie können Schüler die Grundbegriffe und Gesetze der Elektrizitätslehren „verstehen“? In: Der Physikunterricht, 14, H.4.

Spreckelsen, K. (1992): Die Bedeutung des Analogischen für das physikalische Verstehen im Grundschulalter. In: Physik in der Schule. Jg. 30, 7–8. Berlin, S. 256–258.

Spreckelsen, K.: Phänomenkreise als Verstehenshilfen. In: Köhnlein u. a. (1997).

Weinert, F. (Hrsg.): Vergleichende Leistungsmessung in Schulen. Beltzverlag. Weinheim und Basel 2001.

Wiesner, H.: Untersuchungen zu Lernschwierigkeiten von Grundschulern in der Elektrizitätslehre In: Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 23 (1995) Nr. 2.

Anschrift des Autors:

Michael Haider
Universität Regensburg
Lehrstuhl für Grundschulpädagogik und -Didaktik
93040 Regensburg
