

Labudde, Peter

Verstehen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht

Beiträge zur Lehrerbildung 7 (1989) 2, S. 219-226



Empfohlene Zitierung/ Suggested Citation:

Labudde, Peter: Verstehen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht - In: Beiträge zur Lehrerbildung 7 (1989) 2, S. 219-226 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-131585 - <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-131585>

in Kooperation mit / in cooperation with:

Zeitschrift zu Theorie und Praxis der Aus- und
Weiterbildung von Lehrerinnen und Lehrern

BEITRÄGE ZUR LEHRERINNEN-
UND LEHRERBILDUNG

Organ der Schweizerischen Gesellschaft für
Lehrerinnen- und Lehrerbildung (SGL)

ISSN 2296-9632

<http://www.bzl-online.ch>

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

Digitalisiert

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Berichte aus der Arbeitsgruppe

**VERSTEHEN IM MATHEMATISCH-
NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERRICHT**

Einführung: Peter Labudde, Bern

Verständnisschwierigkeiten bilden eines der Hauptprobleme im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Hervorgerufen werden sie u.a. durch fachliche und methodische Formalismen. Statt Verstehen lehren zu wollen, sollten Wege des Verstehen Lernens geebnet werden: durch das Anknüpfen an den Erfahrungs- und Handlungshorizont der Schüler, durch das Ermöglichen von vertiefenden und neuen Elementarerfahrungen, durch handelndes Lernen, durch den Weg von der Alltags- zur Fachsprache.

1. Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht in der Krise?

Steckt der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht in einer Krise? In den letzten Jahren häuften sich die negativen Meldungen und Berichte:

- Mathematik, Physik und Chemie bleiben für viele SchülerInnen "Bücher mit sieben Siegeln"; es mangelt am nötigen Verstehen (siehe z.B. BENDER 1987, BORN/EULER 1978, KUBLI 1987).

- Physik, Chemie und Mathematik stehen in der Beliebtheitsskala aller Maturitätsfächer an letzter Stelle (HÄUSELMANN 1984, HOFFMANN 1986).

- Die SchülerInnen wählen diese Fächer mehrheitlich ab, sofern ihnen dazu die Möglichkeit gegeben wird, wie z.B. in der Bundesrepublik Deutschland.

In einem ausführlichen Zeitungsreport, der kürzlich gemeinsam von zwei der grössten Schweizer Tageszeitungen abgedruckt wurde, beschreibt die Journalistin VONARBURG (1989) ein Beispiel einer Physikstunde: "An der Tafel vorn ... steht der Lehrer und rechnet die Lösung einer Physikaufgabe vor. Die Schüler schreiben mit. Mechanisch wandert ihr Blick vom Heft zur Tafel und wieder zurück. 'Der Lehrer rechnet so schnell, dass fast niemand mitkommt', beklagt sich eine Gymnasiastin, 'und weil wir den Überlegungen nicht folgen können, schalten wir ab.'"

'Wir können den Überlegungen nicht folgen': Verständnisschwierigkeiten als eine wesentliche Barriere im Mathematik-, Physik- und Chemieunterricht: Was heisst "Verstehen Lehren" und "Verstehen Lernen" in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern? Dieser Frage ging eine Arbeitsgruppe des Berner Symposiums "Verstehen Lehren" nach. Für einmal trafen sich Lehrer, Fachdidaktiker und Pädagogen, trafen sich Praktiker und Theoretiker zum interdisziplinären Gespräch und Erfahrungsaustausch. Eine Basis für ausführliche, engagierte, aber gleichwohl sachliche Diskussionen bildeten drei Referate von:

- Hermann Härtel, Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften, Universität Kiel, "Zur Bedeutung qualitativer Konzepte für das Lernen und Verstehen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht";
- Erich Wittmann, Fachdidaktik Mathematik, Universität Dortmund, "Mathematiklernen zwischen Skylla und Charybdis";
- Peter Labudde, Abteilung für das Höhere Lehramt, Universität Bern, "Begriffsbildung in der Physik".

Im folgenden werden einige ausgewählte Problemstellungen und Ergebnisse der Gruppenarbeit zusammengefasst.

2. Verstehensschwierigkeiten im Mathematik- und Physikunterricht

Wie problematisch Lehren und Lernen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht sein können, mögen die drei folgenden Beispiele aus Unterricht und Forschung veranschaulichen:

- "In welche Richtung weist die Beschleunigung (der Beschleunigungsvektor) eines anfahrens Autos?" ... Ein Student, am Ende seines ersten Hochschulseesters mit einer Physikgrundvorlesung in Mechanik, antwortete: "Wenn ich im Auto anfare, werde ich nach hinten in den Sitz gedrückt, also ist die Beschleunigung nach hinten gerichtet." - Dies ein krasses Beispiel von Unverständnis: der Student verwechselte Beschleunigung und Trägheit, wählte ein falsches Bezugssystem. Er hat das Fachwissen nicht richtig auf die Alltagssituation anwenden können; es fehlte die koordinierende Integration von Fach- und Alltagswissen. Ähnliche Verstehensprobleme zeigten sich in der gleichen und auch weiteren Studien bei fast allen Lernenden (LABUDDE, REIF, QUINN 1988; REIF 1986). Als Physiklehrer muss man die ernüchternde Bilanz ziehen, dass viele Schüler und Studenten einen der ersten, grundlegenden Begriffe in der Physik, den der 'Beschleunigung', nicht anwenden können, d.h. dass sie ihn nicht verstanden haben. Wie lassen sich aber dann auf diesem unverstandenen Grundbegriff die weiterführenden Begriffe 'Kraft', 'Arbeit' oder 'Leistung' aufbauen ...?

- "Betrachten wir ein Wasserleitungsrohr, bei welchem der Rohrquerschnitt über einen gewissen Bereich kleiner als vorher bzw. nachher ist. Durch welchen der Rohrquerschnitte fliesst mehr Wasser hindurch?" ... Dieses Problem gaben HÄRTEL & ROTHFUSS (1986) ihren Schülern und stellten fest: "In diesem Fall verweisen viele Schüler spontan auf den grösseren Querschnitt. Zu vermuten ist, dass hier Alltagswissen über einen breiten und schmalen Fluss aktiviert wird und dass das vorherrschende lokale Denken, das die beiden Querschnitte nur getrennt einbezieht, es verhindert, den Zusammenhang des Systems zu sehen..."

- "Welches Bild haben Sie von mathematischen Beweisen?" ... WITTMANN (siehe Artikel in dieser Nummer der BzL) berichtete in diesem Zusammenhang von einer Unterrichtsepisode, in welcher er in einer Vorlesung für Primarstufenstudenten den Eulerschen Polyedersatz zu beweisen hatte. Er verzichtete dabei weitgehend auf einer formale Beweisführung an der Wandtafel, sondern veranschaulichte den Satz zunächst bastelnd und handelnd mit Hilfe verschiedener Polyedermodelle, um dann darauf aufbauend die entsprechenden Beziehungen zu rekonstruieren und zu beweisen. Am Ende der nichtformalen Beweisführung fragte eine Studentin: "War das wirklich ein Beweis?" Wittmann (irritiert): "Warum denn nicht?" Studentin: "Weil ich es verstanden habe."

Was lässt sich aus diesem und ähnlichen Beispielen folgern? Lehrerstudenten und Schüler haben häufig ein Bild von der Mathematik, welches von formalistischen Vorstellungen dominiert wird. Wobei begriffliche und formale Präzision gerade das Gegenteil von dem bewirken können, was sie eigentlich sollen: sie erzeugen mathematisches Unverständnis statt Verständnis (WITTMANN/MÜLLER 1988).

Die hier aufgeführten Beispiele und Studien sind nur ein winziger Ausschnitt aus den zahllosen Untersuchungen der letzten Jahre, die übereinstimmend die ausserordentlichen Verstehensschwierigkeiten im Mathematik- und Physikunterricht aufzeigen. Doch wo liegen ihre Ursachen?

3. Fachliche und methodische Formalismen als Ursachen von Verstehensschwierigkeiten

Fachlicher Formalismus und Fachsystematik prägen die Unterrichtskonzepte: So folgen in der Physik präzise definierte Begriffe, eindeutige Gesetze und widerspruchsfreie Modelle in systematischer Reihenfolge aufeinander; auf die Begriffe 'Strecke' und 'Zeit' folgt der Begriff der 'Geschwindigkeit', auf die 'Geschwindigkeit' die 'Beschleunigung', auf die 'Beschleunigung' die 'Kraft', ... Jeder Begriff wird mathematisch exakt definiert, die Begriffe werden untereinander in eindeutigen, widerspruchsfreien Gesetzen verknüpft.

Systematisch, präzise und (scheinbar) glasklar wird die Physik aufgebaut; formale Strenge, die sich in Inhalten und Experimenten findet, soll zum Verständnis führen oder wie es Wittmann für die Mathematik in seinem Referat beklagte: "Die logischen Analysen der Mathematiker bilden die natürliche, voll ausreichende Grundlage für die Lehre. Didaktik und Logik sind sozusagen identisch." - Mit dieser häufigen Art von logisch-didaktischer Analyse wird dann genau der physikalisch-mathematische Formalismus gefördert, der heute Schulunterricht und Lehrerbildung dominiert und Verstehensprozesse oft mehr blockiert als initiiert.

Denn wie sieht das Resultat eines derart fachlich formalen Physik- oder Mathematikunterrichts aus? Klassenarbeiten und Prüfungen, Forschungsergebnisse und Meinungsumfragen zeigen ein anderes Bild, als es in der Wunschvorstellung des Lehrers besteht: zu vieles wird in der Physik und Mathematik von zu vielen Schülern nicht verstanden. Mir liegt es hier fern, Fachsystematik und fachliche Formalismen zu verdammen, nein, keineswegs, nur bleibt festzuhalten, dass ein methodisch-didaktisches Unterrichtskonzept, das sich allzu einseitig auf fachliche Formalismen abstützt, einen entschieden zu geringen Wirkungsgrad aufweist.

Auch methodische Formalismen können Verstehensschwierigkeiten mitverursachen. Wittmann warnte in seinem Referat vor einer einseitigen Unterrichtsmethodik der passiven, kleinsten Lernschritte: "Der Lehrer zerlegt den Stoff in kleine und kleinste Lernelemente, führt Beispiele und Musteraufgaben vor, stellt geeignete Übungs- und Anwendungsaufgaben. Der Lernende setzt nur seine Sinne ein, öffnet Augen und Ohren und versucht nachzuahmen, was ihm vorgemacht wird, bleibt aber ansonsten passiv. Der Schüler stellt gezwungenermaßen oder freiwillig seine eigenen Anstrengungen ein und tendiert desto stärker zum Erwerb oberflächlicher Kenntnisse und mechanischer Fähigkeiten."

Oberflächlichkeit und mechanisches Auswendiglernen und Reproduzieren führen kaum zum Verstehen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Gegen diese Art von Dozieren wandte sich auch schon Martin WAGENSCHHEIN (1965), dessen Ideen während einer Sitzung der Arbeitsgruppe intensiv diskutiert wurden. Wagenschein kritisierte immer wieder den üblichen "darlegenden Unterricht", in welchem der Fachmann den Stoff wohlgeordnet und präzise darlegt und der Schüler diesen rezeptiv und passiv konsumiert. Das darlegende Lehren wird verglichen mit der Führung durch eine geordnete Ausstellung der Funde einer abgeschlossenen Expedition. Der Schüler kann weder entdecken, noch muss er gross von seinem Denken Gebrauch machen. -Darlegender Unterricht und methodische Formalismen - mögen sie auch noch so gut gemeint sein - werden zu einer Bedrohung des Verstehens.

4. Wege des Verstehens Lernens

Welche Möglichkeiten gibt es, bzw. könnte es geben, damit die Schüler im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht besser verstehen? Von den zahllosen Vorschlägen seien hier nur jene erwähnt, die sich in Vorträgen und Diskussionen der Arbeitsgruppe als besonders vielversprechend herauskristallisierten und bei den Teilnehmern mehrheitlich auf Zustimmung stiessen.

Von der Alltagssprache zur Fachsprache: Im konkreten Beispiel des Begriffs 'Beschleunigung' könnte das - dem Vortrag von Labudde folgend - so aussehen: Knüpfen wir zunächst an den Sprachhorizont der Schüler an. Wie reichhaltig präsentieren sich da Alltagssprache und -wissen zum Wort 'beschleunigen': "Schneller werden / Gas geben / Rennfahrrad, TGV, Sportwagen / accelerate, accélère in den Fremdsprachen / 'accelerando' in der Musik / einen Vorgang beschleunigen".

Was heisst dann grössere Beschleunigung? "Schneller schnell werden!" Ausgehend von diesem 'schneller schnell werden' kann dann der Sinn der physikalischen Definition diskutiert werden: 'schnell werden' beschreibt eine Geschwindigkeitsänderung, d.h. übersetzt in einen physikalisch-mathematischen Ausdruck, Δv . 'Schneller schnell werden' impliziert dann noch den Aspekt der Zeit, d.h. präziser eines Intervalls Δt . Im weiteren geht es darum, die Beschleunigung, die Geschwindigkeitsänderung und das Zeitintervall sinnstiftend zu verknüpfen zu $a = \Delta v / \Delta t$. Von Alltagssprache und Alltagswissen wird auf die physikalische Definition geschlossen und umgekehrt: Der formale Quotient aus Geschwindigkeitsänderung und Zeitintervall ist implizit im 'schneller schnell werden' verborgen; der Buchstabe 'a' für Beschleunigung ist begründet im lateinischen 'acceleratio', dieses findet sich wieder in den romanischen Sprachen und in der Musik; die Beschleunigungen eines Rennfahrrads, Zuges oder Sportwagens lassen sich in einem Schülerexperiment durch Messung von Geschwindigkeit und Zeit mit Hilfe der neugewonnenen Definition bestimmen.

Das Anknüpfen an den Erfahrungs- und Handlungshorizont der Schüler: Lernende bringen aus ihrem Alltag viele Beobachtungen und ein breites (Halb-) Wissen von Begriffen, Modellen und Zusammenhängen mit. Es gilt daraus, im Sinne einer koordinierten Integration von alltäglich Vertrautem und mathematisch-naturwissenschaftlich (noch) Fremdem, fachliche Formalismen und Schematismen zu entwickeln. Die bisherigen Kenntnisse einerseits und die Konzeption der Naturwissenschaften und Mathematik andererseits müssen in Einklang gebracht werden. So kann aus Erfahrungen und Gefühlen des Laien, aus Alltagswissen und Alltagssprache des Lernenden Wissenschaftlichkeit erwachsen, z.B.:

Wie und warum fliegen ein 'geschnittener Tischtennisball' oder Bumerang so und nicht anders? Welche Geschwindigkeit hat ein Fussball beim Elfmeterschuss? Warum glitzert ein Wassertropfen in allen Regenbogenfarben? ... Alltagsphänomene und -situationen werden erlebt und erfahren und unter einem neuen Aspekt - dem der Mathematik und Naturwissenschaften - analysiert. Martin Wagenschein rief in diesem Zusammenhang "Rettet die Phänomene!" (WAGENSCHN 1977). Horst Rumpf erinnert beschwörend an den "fremden, unverstellten Blick" (RUMPF 1986). Beide sehen ein wesentliches Fundament des Verstehens in den Elementarerfahrungen. In obigen Beispielen muss der Schüler selbst einen Tischtennisball oder Bumerang auf eine gekrümmte Flugbahn geschickt haben, die Schülerin muss selbst einen Elfmeter geschossen haben, sie muss einen Wassertropfen glitzern gesehen haben (Beispiele aus LABUDDE 1986). Im Schulunterricht sollte genügend Platz für derartige Elementarerfahrungen sein, wobei diese nicht einfach als vorhanden und bekannt vorausgesetzt werden dürfen, sondern sie müssen real vom einzelnen Schüler selbst gemacht werden können. Diese Erfahrungen können auch nicht durch Demonstrationsexperimente des Lehrers vermittelt und doziert werden. Erst die eigenen Elementarerfahrungen bilden die Basis für 'ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken' (WAGENSCHN 1970).

Das Ermöglichen von Elementarerfahrungen durch Computersimulationen: Wie aber lassen sich Erfahrungen in Gebieten sammeln, die zu komplex oder unseren Sinnen nur schwer zugänglich sind oder wo es kaum geeignete erfahrungs- und sinnstiftende Schulexperimente gibt? HÄRTEL (1985; 1986) plädierte in seinem Vortrag engagiert für geeignete Computerprogramme bzw. -simulationen und veranschaulichte seine Ideen am Beispiel des elektrischen Stromkreises:

So haben z.B. Schülerinnen und Schüler - wie bereits oben geschildert - Verständnisschwierigkeiten bei einer Verengung bei einem Wasserstrom, d.h. allgemeiner bei einem Strömungswiderstand. Stauen sich etwa die Elektronen vor einem Widerstand? Die Lernenden denken in diesem Fall lokal, viele erkennen nicht die Geschlossenheit des ganzen Systems, sie realisieren nicht, dass die Stromstärken vor, in und hinter dem Widerstand gleich sind. In der Computersimulation wird daher immer der geschlossene Stromkreis mit Antrieb (Batterie) und Behinderung (Widerstand) gezeigt, wobei die Bewegung der Elektronen - symbolisiert durch Punkte auf dem Bildschirm - durch Tastendruck stufenweise verändert werden kann. In dieser Mikrowelt des elektrischen Stromkreises lassen sich dann - selbst 'experimentierend' - erkennen, dass die Stromstärke vor und hinter dem Widerstand gleich ist, dass durch Einfügen eines Widerstandes nicht nur die Punkte vor dem Widerstand, sondern alle Punkte gemeinsam ihre Geschwindigkeit verlangsamen, also auch hinter dem Widerstand, etc.

Computersimulation versus Experiment? Die Teilnehmer der Arbeitsgruppe betonten in der Diskussion, Computerprogramme dürften niemals Experimente verdrängen, könnten aber diese ergänzen und neue Erfahrungen ermöglichen: So kann die Computersimulation zum elektrischen Stromkreis Schülerexperimente mit Batterie, Kabel und Lämpchen ergänzen und bereichern. Existieren hingegen keine geeigneten Realexperimente, sind Computersimulationen für Schülerinnen und Schüler fast die einzige Möglichkeit, in einer Mikrowelt Hypothesen aufzustellen und zu überprüfen, Gesetze und Modelle zu erleben und zu erfahren (vgl. LABUDDE 1989).

Selbständiges, entdeckendes Lernen: Alle Referenten und Teilnehmer setzten sich für aktiv-entdeckende Lehr- und Lernformen ein, wie sie in obigen Beispielen bereits skizziert wurden. Der Schüler sei selbst in der Lage, als aktiv Handelnder Wissen zu erwerben und Verständnis aufzubauen; der Lehrer setze einen Rahmen, 'führe die Schüler an der langen Leine', leiste Hilfe zur Selbsthilfe.- Die Schulrealität sieht, nach den Erfahrungen vieler Teilnehmer, allerdings häufig anders aus: in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern ist Dozieren eher die Regel denn die Ausnahme; die antiquierte Vorstellung vom 'Nürnberger Trichter' prägt die Unterrichtsmethodik.

Meiner Meinung nach harrt hier der Lehrerbildung nach wie vor eine grosse Aufgabe. Es reicht allerdings keinesfalls aus, in Pädagogik- und Allgemeindidaktikvorlesungen über handelndes Lernen zu referieren und zu diskutieren, sondern aktive Lernformen müssen in allen Fächern, gerade auch in mathematisch-naturwissenschaftlichen Veranstaltungen, von den Lehrerstudenten als Lernende selbst erlebt werden. Denn nur eigene Erfahrungen können verstehens- und verhaltenswirksam werden: vom handelnden Lernen des Lehrerstudenten zu aktiv-entdeckenden Lehr- und Lernformen des späteren Lehrers.

5. Gedanken zur Lehrerbildung

Die im vorhergehenden Kapitel beschriebenen 'Wege des Verstehens lernens' sind gewiss nicht neu. Im Kreis der Erziehungswissenschaftler sind die Ideen schon seit langem bekannt: Von der Alltagssprache zur Fachsprache, das Anknüpfen an den Erfahrungs- und Handlungshorizont der Schüler, das Ermöglichen von Elementarerfahrungen, selbständige, entdeckende Lernformen.

Als Symposiumsteilnehmer mit naturwissenschaftlicher Ausbildung stimmte es mich nachdenklich zu sehen, wie einerseits den Erziehungswissenschaftlern jene Theorien so leicht über die Lippen kommen und wie sie sie auch mehrheitlich praktizieren, wie andererseits aber im mathematisch-

naturwissenschaftlichen Schulalltag häufig so ganz anders verfahren wird: man glaubt, allein durch Systematik und Präzision von Stoff und dozierender Unterrichtsform Systematik und Präzision des Schülerdenkens erzwingen zu können. In der Lehrerbildung ist hier noch ein weiter Weg zu gehen. Allgemein didaktik, Fachdidaktik und Mathematik/Naturwissenschaften müssten dazu allerdings in engerer Wechselwirkung miteinander stehen, als es bisher der Fall ist. Dass sie sich gegenseitig ergänzen und befruchten können, zeigte das Symposium. Es wurde von allen Arbeitsgruppenteilnehmern als Schritt in die richtige Richtung erlebt, als Schritt zum besseren "Verstehen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht".

LITERATUR

BENDER, P. (1988) Mathematikdidaktik-Theorie und Praxis. Berlin: Cornelsen, Velhagen & Klasing. / BORN, G. & EULER, U. (1978) Physik in der Schule. Bild der Wissenschaft 2, 74 - 81. / HÄRTEL, H. (1985) Simulationsprogramm zum elektrischen Stromkreis - Teil 1. Log In 5/5&6, 87-89. / HÄRTEL, H. & MARTENSEN, H.J. (1986) Simulationsprogramm zum elektrischen Stromkreis - Teil 2. Log In 6/1, 38-39. / HÄRTEL, H. & ROTHFUSS, F. (1986), Strömung durch einen Widerstand. Log In 6/3, 35-36. / HÄUSELMANN, E. (1984) Maturanden und Technik. Zürich: Schweiz. Akademie für Technische Wissenschaften SATW. / HOFFMANN, L. & LEHRNE, U. (1986) Eine Untersuchung über Schülerinteressen in Physik und Technik. Zeitschrift für Pädagogik 32, 189 -204. / KUBLI, F., BOSSI, J., RISCH, U. (1987) Interesse und Verstehen in Physik und Chemie. Köln:Aulis/LABUDE, P. (1986) Alltagsphysik in Schülerversuchen. Bonn: Dümmler. / LABUDE, P. REIF, F., QUINN, L. (1988) Facilitation of scientific concept learning by interpretation procedures and diagnosis. Int. J. Science Education 10/1, 81 - 98. / LABUDE, P. (1989) Computer im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Der mathem.-naturw. Unterricht (MNU) 42/4, 208-213. / REIF, F. (1986) Scientific Approaches to Science Education. Physics Today 39/11, 48 - 54. / RUMPF, H. (1986) Mit fremdem Blick - Stücke gegen die Verbiederung der Welt. Weinheim, Basel: Beltz. / VONARBURG, B. (1989) Schule zum Gähnen - Physikunterricht muss nicht langweilig sein. Das Magazin (Tagesanzeiger/Berner Zeitung) 14/89, 22-26. WAGENSCHN, M. (1968) Verstehen Lehren. Weinheim, Basel: Beltz. / WAGENSCHN, M. (1977) Rettet die Phänomene. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU) 30/3, 129 - 137. / WAGENSCHN, M. (1970) Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken. Stuttgart: Klett. / WITTMANN, E. & MÜLLER, G. (1988) Wann ist ein Beweis ein Beweis? In: Bender, P. (1988) Mathematikdidaktik. Berlin: CVK. / WITTMANN E. (1988) Das Prinzip des aktiven Lernens und das Prinzip der kleinen und kleinsten Schritte in systemischer Sicht. Beiträge zum Mathematikunterricht, 339 - 342.

SCHWERPUNKT "VERSTEHEN LEHREN"

Editorial	Kurt Reusser, Hans Kuster, Peter Füglistner, Fritz Schoch	124
Eröffnungs- adresse	Nationalrätin Dr. Gret Haller Ansprache zur Eröffnung des Symposiums "Verstehen lehren"	128
Einleitung ins Thema	Kurt Reusser Verstehen lehren: Verstehen als psychologi- scher Prozess und als didaktische Aufgabe Michael Wertheimer Verstehen lehren aus gestaltpsychologischer Sicht	131 149
Arbeitsgruppe Lernen lernen	Einführung: Werner Meier Lernen lernen und das eigene Lernen verstehen Erwin Beck Eigenständiges Lernen - eine Herausforderung für Schule und Lehrerbildung Fredri P. Büchel Wie weit lässt sich Lernfähigkeit fördern?	161 169 179
Arbeitsgruppe Verstehen wollen	Einführung: Helmut Messner Verstehen wollen: Soziale, emotionale und motivationale Faktoren beim Verstehen Urs Aeschbacher "Reziprokes Lehren". Eine amerikanische Un- terrichtsmethode zur Verbesserung des Textverstehens Bernd Weidenmann Der vorzeitige Verstehensabbruch - ein Motivationsproblem? Erno Lehtinen Verstehen lehren als Verändern von Lern- und Bewältigungsstrategien	189 194 205 213
Arbeitsgruppe math.- natur- wiss. Unter- richt	Einführung: Peter Labudde Verstehen im mathematisch-naturwissenschaft- lichen Unterricht Erich Christian Wittmann Mathematiklernen zwischen Skylla und Charybdis	219 227