

40 | Genetisches Lernen und Conceptual Change

Kornelia Möller

1 Genetisches Lernen in der deutschen Didaktiktradition

Wagenschein als exponiertester Vertreter einer genetisch orientierten Didaktik in Deutschland versteht unter dem Begriff des „genetischen Unterrichts“ das *genetisch - sokratisch - exemplarische* Lehren. „Pädagogik hat mit dem Werdenden zu tun: Mit dem werdenden Menschen und mit dem Werden des Wissens in ihm. Die sokratische Methode gehört dazu, weil das Werden, das Erwachen geistiger Kräfte, sich am wirksamsten im Gespräch vollzieht. Das exemplarische Prinzip gehört dazu, weil ein genetisch-sokratisches Verfahren sich auf exemplarische Themenkreise beschränken muss und auch kann“ (Wagenschein 1991, S. 75). *Genetisches* Lehren führt, so Wagenschein, ohne Bruch vom Sehen zum Verstehen, vom Nachdenken über auffällige Phänomene in die wissenschaftliche Denkweise hinein. Da das Kind schon, so Wagenschein, auf dem Wege zur Physik ist, brauchen „wir ihm also nur entgegenzukommen und es abzuholen da, wo es von sich aus gerade steht ...“ (Wagenschein 1976, S. 73). Die Gesprächsführung im Unterricht soll *sokratisch* sein: In Anlehnung an Sokrates soll der Lehrer das Gespräch mit den Schülern leiten, nicht dozierend, informierend, Ergebnisse und Fertiges unterbreitend, sondern dialogisch, Beiträge der Schüler aufnehmend, stimulierend und provozierend. *Exemplarität* bedeutet eine mit Rückgriff auf Bildungskategorien begründete Beschränkung auf beispielhafte Themen oder Arbeitsweisen, mit dem Ziel, Zeit für eine vertiefte Auseinandersetzung zu gewinnen.

Die Ziele des genetischen Unterrichts fasst Wagenschein so zusammen: Ihm geht es um Einwurzelung des Wissens, das heißt um die Verknüpfung des Erlernen mit der erlebten Wirklichkeit des Lernenden, um produktive Findigkeit, das heißt um eine Erziehung zum kritisches Prüfen und zum eigenständigen Denken des Lernenden sowie um die Nutzung der angeborenen Denk- und Lernlust des Kindes (vgl. Wagenschein 1991, S. 76 ff, 113).

Wagenschein entwickelte seine Didaktik des genetischen Unterrichts für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Bereich. Sein genetischer Unterricht ist als Gegenentwurf zu einem Unterricht zu verstehen, der sich auf die Weitergabe fertiger Wissensbestände beschränkt. Genetischer Unterricht soll dagegen Schülern die Möglichkeit geben, Wissen durch eigenes Nachdenken zu erwerben und

– in diesem Prozess des Generierens von Wissen – auch zu verstehen.

Unter Aufnahme kognitionspsychologischer Gedanken griff Köhnlein diesen didaktischen Ansatz für den Sachunterricht auf. Die „Genetische Orientierung“ ist für Köhnlein – neben anderen Prinzipien der Unterrichtsgestaltung – ein leitendes Prinzip für den Sachunterricht. Als „genetisch“ wird ein Unterrichtsverfahren bezeichnet, das „die Erfahrungen, Vorkenntnisse und Überlegungen der Lernenden konstruktiv aufnimmt und zusammen mit ihnen Wege des Entdeckens sucht, um gemeinsam zu gesichertem und verstandenem Wissen zu kommen“ (Köhnlein 1996, S. 61). Köhnlein beschreibt diese gemeinsame Arbeit an der Vorstellungs- und Wissensstruktur der Kinder als einen „Prozess der Wissenskonstruktion im sozialen Kontext“ (Köhnlein 1998, S. 82). In Abgrenzung vom historisch-genetischen und vom logisch-genetischen Aspekt (vgl. Möller 2001a) fokussiert Köhnlein auf den individuellen Wissenserwerb und bezeichnet seinen Ansatz als *konstruktiv-genetisch*. Innerhalb der Sachunterrichtsdidaktik wurde der konstruktiv-genetische Gedanke auch von Thiel, Soostmeyer, Spreckelsen und Möller aufgegriffen (vgl. Möller 2001b).

In der deutschen Erziehungswissenschaft wurde das genetische Lernen von Heinrich Roth und Wolfgang Klafki diskutiert. In neuerer Zeit wurde es z.B. von Berg, Rumpf und Ullrich thematisiert und auf eine Vielzahl von Inhaltsbereichen übertragen (vgl. Möller 2001a). Eine über den deutschsprachigen Raum hinausgehende Rezeption des Begriffs des „Genetischen“ fand jedoch nicht statt. Ein Grund hierfür mögen Sprachgrenzen sein; bis heute gibt es keine Übersetzung von Wagenscheins Veröffentlichungen in das Englische. Einzig der Begriff des „socratic dialogue“ findet sich in der heutigen angelsächsischen Literatur im Zusammenhang mit Unterrichtsformen, die sich an sozial-konstruktivistischen Theorien des Wissenserwerbs orientieren. Inhaltlich verwandt ist allerdings der auf Bruner zurückgehende und in den 1960er Jahren entwickelte Ansatz des „discovery learning“ wie auch der in der heutigen angelsächsischen Naturwissenschaftsdidaktik verbreitete „scientific-inquiry“-Ansatz. Mit dem Grundgedanken des „Genetischen“ verwandte Begriffe finden sich auch in der deutschsprachigen Didaktik: Entdeckendes Lernen, forschend-entdeckendes Lernen und kognitiv aktivierendes Lernen sind Beispiele hierfür.

2 Conceptual Change – ein kognitionstheoretischer Ansatz

Während der Begriff des Genetischen aus der deutschen Didaktiktradition hervorgegangen ist, entstammt der Begriff „Conceptual Change“ der anglo-amerikanischen Diskussion. Der Begriff „conceptual“ steht für gedankliche Vorstellungen, Ideen und Begriffe, der Begriff „change“ bedeutet Entwicklung bzw. Veränderung. Die häufige Übersetzung als „Konzeptwechsel“ ist irreführend: Es geht nicht primär um einen Wechsel von einer nicht belastbaren Vorstellung zu

einer adäquateren Vorstellung, sondern allgemein um die Veränderung vorhandener Vorstellungen bei Lernenden. Die Übersetzungen „konzeptuelle Entwicklung“ oder „Konzeptveränderung“ sind deshalb passender.

Theorien zu Conceptual Change entstanden in den 1970er Jahren im Zusammenhang mit Untersuchungen zur Resistenz von „misconceptions“ beim Lernen von Naturwissenschaften. Anlass für diese Forschungen war die Beobachtung, dass das Erlernen naturwissenschaftlicher, angemessener Konzepte häufig relativ erfolglos bleibt, da vor dem Lernprozess vorhandene, nicht adäquate Vorstellungen im Verlaufe des Lernprozesses nicht hinreichend verändert werden und den Aufbau angemessenerer Vorstellungen behindern. Dies gilt insbesondere für den Fall, dass die Lernenden bereits mit tief verwurzelten Konzepten, mit sog. *deeply rooted concepts*, in den Unterricht eintreten. Der Überzeugungsgehalt vorgängiger Konzepte kann sogar so stark sein, dass die Wahrnehmung im Lernprozess beeinflusst wird: Zum Beispiel bestätigen Untersuchungen, dass Schüler bei Experimenten das sehen, was sie – gemäß ihrer Präkonzepte – sehen „wollen“ („confirmation bias“; vgl. Duit 1996).

Für die Bezeichnung dieser vorgängigen Konzepte werden verschiedene Begriffe, wie z.B. Alltagsvorstellungen, Schülervorstellungen, Vorerfahrungen, *misconceptions*, *prior beliefs* und *alternative frameworks* benutzt (vgl. Wodzinski 1996). Der Begriff Präkonzepte ist am weitesten, verzichtet auf implizite theoretische Konnotationen und bezeichnet die *vor* dem Unterricht vorhandenen Konzepte.

Anknüpfend an Piagets Äquilibrationstheorie kann man davon ausgehen, dass Lernen ein aktives Umstrukturieren und Verändern bereits vorhandener Konzepte bedeutet. In diesem Umstrukturierungsprozess geht es um die Integration neuen Wissens in bereits bestehende Wissensstrukturen, wobei die bereits vorhandenen Konzepte erweitert, differenziert oder auch aufgegeben und durch adäquate Konzepte ersetzt werden müssen. Erweiterungen oder geringfügige Differenzierungen des Wissens werden als *Assimilation* (vgl. Posner, Strike, Hewson & Gertzog 1982) oder als „weak conceptual change“ (vgl. Carey 1985), die Aufgabe nicht belastbarer und der Neuaufbau adäquaterer Konzepte als *Akkomodation* (vgl. Posner et. al. 1982) oder „radical conceptual change“ (vgl. Carey 1985) bezeichnet. Weiche Konzeptveränderungen entsprechen eher kontinuierlichen Lernwegen, radikale oder harte Konzeptveränderungen eher sog. diskontinuierlichen Lernwegen (vgl. Duit 1996). Weitere Bezeichnungen wie *conceptual growth*, *conceptual addition*, *conceptual revision* und *conceptual emplacement* bzw. *enrichment* akzentuieren jeweils das Ausmaß der notwendigen Veränderungen der vorhandenen Präkonzepte.

3 „Conceptual Change“ in Theorien zum Conceptual Change

Ob und unter welchen Bedingungen es Lernenden gelingt, Präkonzepte hin zu adäquateren Konzepten zu verändern, ist seit den 1970er Jahren Gegenstand weltweiter Forschungen (vgl. Duit 2006). Anknüpfend an Piagets Äquilibrationstheorie beschreiben Posner et. al. (1982) in ihrem Pionierwerk die Unzufriedenheit der Lernenden mit bereits vorhandenen Konzepten als essentielle Bedingung für conceptual change: Lernende müssen die Grenzen ihrer vorhandenen Konzepte erfahren, um den Prozess der Veränderung von Vorstellungen in Gang zu setzen. Das Erleben eines hierdurch induzierten kognitiven Konfliktes ist jedoch nicht hinreichend für die Veränderung von Konzepten. Als weitere Bedingung beschreiben Posner et. al. (vgl. ebd.), dass die neue Vorstellung den Schülern verständlich, plausibel und in ihrer Anwendung fruchtbar sein muss, um vorhandene Konzepte erfolgreich zu verändern.

Diese als sog. klassischer, „kalter“ Conceptual Change-Ansatz bekannt gewordene Theorie wurde in den letzten zwanzig Jahren in verschiedener Hinsicht revidiert und differenziert. Die Conceptual Change-Forschung hat gezeigt, dass der beschriebene Integrationsprozess kein plötzlicher Wechsel von einem alten zu einem neuen wissenschaftlichen Konzept ist, sondern eher als ein gradueller, kontextabhängiger und häufig langwieriger Prozess der Umstrukturierung betrachtet werden muss. Hewson und Hewson (1992) beschreiben konzeptuelle Veränderungen deshalb als Statusveränderungen, wobei die Lernenden im Verlaufe des Lernprozesses den wissenschaftlichen Vorstellungen einen höheren Status zubilligen als den Alltagsvorstellungen, ohne dass jedoch diese ihre Bedeutung völlig verlieren.

„Heiße“ Theorien zum Konzeptwechsel betonen in Abgrenzung zu den sog. „kalten“ Conceptual Change-Theorien die Bedeutung der Motivation, des sozialen Status und der Randbedingungen für konzeptuelle Veränderungen (vgl. Pintrich, Marx & Boyle 1993).

Auch Vosniadou und Brewer (1992) wenden sich aufgrund von Untersuchungen gegen die klassischen Konzeptwechselmodelle, nach denen konzeptuelle Entwicklung aus der Ablösung inkonsistenter Fehlvorstellungen bestehen soll. Ihre Studien zu Schülervorstellungen über die Form der Erde zeigen, dass auf den ersten Blick inkonsistente Vorstellungen eine hohe Kohärenz aufweisen. Wie Carey (1985) vermuten sie, dass Präkonzepte aus theorieähnlichen Strukturen bestehen, die im Conceptual Change-Prozess durch Neuinterpretation von Alltagswissen und Integration von Wissensbestandteilen weiterentwickelt werden.

In Anknüpfung an Vygotskijs Theorie (1978) und an sozial-konstruktivistisch orientierte Ansätze wird in jüngster Zeit verstärkt die soziale Genese von Conceptual Change-Prozessen hervorgehoben. Kooperative Denkprozesse in problemhaltigen, möglichst authentischen Lernsituationen, die zum Aufstellen

und Diskutieren von Vermutungen herausfordern und Möglichkeiten bieten, gemeinsam nach Überprüfungen und Lösungen zu suchen, geben Anstöße und Unterstützung für die individuelle konzeptuelle Entwicklung (vgl. Palincsar 1998). Auch Theorien zur situierten Kognition werfen ein „neues“ Licht auf Conceptual-Change-Prozesse, indem die Kontextabhängigkeit von Konzeptentwicklungen betont wird (vgl. Stark 2003). So kann es sein, dass Vorstellungen, die im Verlauf von Lernprozessen erworben wurden, zwar im Kontext des Lernzusammenhangs genutzt werden, nicht aber auf neue Situationen übertragen werden können.

4 Genetisches Lernen im Sachunterricht – aus kognitionstheoretischer Perspektive betrachtet

Auch wenn die beiden vorgestellten theoretischen Ansätze aus unterschiedlichen Domänen und Traditionen stammen, so weisen sie doch eine Reihe gemeinsamer Grundideen auf. Beide Ansätze gehen davon aus, dass Lernen eine Veränderung vorhandener Vorstellungen bedeutet. Sie messen deshalb den Präkonzepten große Bedeutung bei. Der genetische Sachunterricht greift die Vorstellungen der Schüler in der Alltagssprache auf und arbeitet im Unterricht an der Weiterentwicklung dieser Vorstellungen. Conceptual Change-orientierter Unterricht macht die Unzulänglichkeit vorhandener Vorstellungen bewusst bzw. greift ausbaufähige Vorstellungen auf, um diese weiter zu differenzieren.

Die aktive Umstrukturierung vorhandener sachunterrichtsrelevanter Vorstellungen hin zu wissenschaftlich angemesseneren Vorstellungen ist gemeinsames Ziel beider Ansätze. Beide Ansätze gehen dabei von der Grundannahme aus, dass Wissen nicht vermittelbar ist, sondern aktiv durch den Lernenden erworben werden muss. Die Förderung der kognitiven Aktivität der Lernenden ist deshalb ein wichtiges Unterrichtsprinzip sowohl des genetischen als auch des Conceptual Change-orientierten Unterrichts.

Im Hinblick auf sozial-konstruktivistische Gedanken könnte man Wagenschein geradezu als einen Wegbereiter bezeichnen: Im sokratischen Dialog bemühen sich alle Beteiligten gemeinsam um Klärung der Sache und um ein Vorantreiben des Verstehensprozesses. Dabei fördert die Interaktion der Lernenden untereinander – im Verbund mit dem Lehrer – den Aufbau individuellen Wissens.

Auch Wagenscheins Gedanken zur Einwurzelung des Gelernten finden eine lerntheoretische Entsprechung: Das neu Erlernte soll zum Verstehen alltäglicher Phänomene beitragen; es soll ein Stück Alltagswelt erhellen und in verschiedenen Kontexten anwendbar sein – eine Forderung, die im Umfeld der Theorien zur situierten Kognition und ebenso in der Didaktik des Sachunterrichts erhoben wird.

5 Die Aufgabe der Lehrkraft im genetisch orientierten Sachunterricht

In der Tradition des genetischen Unterrichts wird die Rolle der Lehrkraft im sokratischen Dialog als zurückhaltend beschrieben: Die Lehrkraft gibt prozessorientierte Lernhilfen, um das Denken der Lernenden im Sachunterricht zu stimulieren und den Aufbau adäquater Vorstellungen zu unterstützen. Der von Berg (1995) im Kontext des genetischen Unterrichts verwendete Begriff „Lehrkunst“ verdeutlicht, dass es sich hierbei um eine sehr anspruchsvolle Kompetenz handelt.

Diese unterstützende, aber nicht vorwegnehmende Rolle der Lehrkraft wird unter dem Stichwort „scaffolding“ im Rahmen sozial-konstruktivistischer Ansätze, in Anknüpfung an Vygotskij, in jüngster Zeit auch international verstärkt in den Blick genommen. Das Hervorheben und Problematisieren von Aussagen, das Fokussieren auf bestimmte Fragen, das Strukturieren von Ergebnissen, das Provozieren und das Herausfordern von Begründungen sind wichtige Merkmale eines Unterrichts, der Kindern eine aktive Rolle im Lernprozess zuerkennt, ohne aber die Lernenden sich selbst zu überlassen. In einem jüngeren Artikel wies Mayer (2004) in diesem Zusammenhang auf Probleme eines Unterrichts hin, der das eigenständige Konstruieren fördern möchte: Wenn Aufgaben zu komplex sind und Lernende zu stark sich selbst überlassen bleiben, besteht die Gefahr, dass konzeptuelle Veränderungen und eine Integration neuen Wissens nicht erreicht werden. Die Kunst scheint darin zu bestehen, soviel Hilfe wie notwendig und so wenig Unterstützung wie möglich anzubieten, um Raum für individuelle, sachunterrichtsbezogene Wissenskonstruktionen zu geben und Veränderungen vorhandener Vorstellungen zu unterstützen (vgl. Hardy, Jonen, Möller & Stern in Druck).

6 Zur Wirksamkeit eines genetischen bzw. Conceptual Change-orientierten Unterrichts

Mit Hilfe einer Reihe von Einzelfallstudien konnten Vertreter des genetischen Lernens zeigen, dass bereits Grundschulkinder in der Lage sind, Vermutungen zu präzisieren, Überprüfungen von Vermutungen als notwendig zu empfinden, einfache Überprüfungen zu entwickeln, entsprechende Schlussfolgerungen zu ziehen und ihr Vorverständnis in Richtung eines wissenschaftlich adäquateren Verständnisses hin zu verändern (vgl. Möller 2001b). Ein genetisch-sokratisches Vorgehen erwies sich zudem in Untersuchungen zur Unterrichtsqualität als Prädiktor für Leistung, Schulfreude und Fähigkeitsselbstkonzept (vgl. Gruehn 1995). Das Merkmal der kognitiven Aktivierung, das für einen Conceptual Change-fördernden Unterricht kennzeichnend ist, zeigte sich im Mathematikunterricht der Se-

kundarstufe für Schülerleistungen und für das von den Schülern selbst wahrgenommene Verständnis als bedeutsam (vgl. Lipowsky, Rakoczy, Vetter, Klieme, Reusser & Pauli 2005). Obwohl es einige Belege für die Überlegenheit eines Conceptual Change-orientierten Unterrichts gegenüber einem traditionellen Unterricht gibt (vgl. z.B. Christianson und Fisher 1999), bleibt in vielen Untersuchungen offen, welche einzelnen Merkmale des Unterrichts für diese Effekte verantwortlich sind. Videostudien, die Unterricht mit kognitiven und motivationalen Zielkriterien in Beziehung setzen, lassen diesbezüglich in der Zukunft Aufschluss erwarten. Gut belegt ist dagegen die Notwendigkeit der Strukturierung von Lernprozessen in kognitiv anspruchsvollen Themengebieten durch eine unterstützende Gesprächsführung wie auch durch eine Einschränkung der Komplexität des Inhaltsbereiches (vgl. Einsiedler 1996). So konnten Hardy et. al. (in Druck) und Möller, Hardy, Jonen & Stern (2002) z.B. zeigen, dass in einem strukturierteren, genetisch orientierten Sachunterricht ein nachhaltigeres naturwissenschaftliches Verständnis erreicht wurde als in einem offenen Werkstattunterricht, insbesondere bei leistungsschwächeren Grundschulkindern.

7 Offene Fragen

Conceptual Change-orientierte Ansätze wie auch Merkmale genetischen Unterrichts finden inzwischen in der Didaktik des Sachunterrichts, auch über naturwissenschaftliche Inhaltsfelder hinaus, breite Akzeptanz. Dennoch tauchen eine Reihe von Fragen und Problemen auf, wenn die zugrundeliegenden Ideen genetischer und Conceptual Change-orientierter Ansätze in die Praxis umgesetzt werden sollen. Wie viel Hilfe ist für welche Lernenden bei welchen Themen notwendig? Zu welchem Zeitpunkt sollten Hilfen gegeben werden? Müssen Kinder wirklich *alle* Umwege machen oder sollte die Lehrkraft auf das Ziel hin führen? Sind *alle* Kinder motiviert, eigenaktiv Wissen zu konstruieren oder gibt es Kinder, die eine traditionelle Wissensvermittlung bevorzugen? Ist die Idee des selbsttätigen Konstruierens überhaupt mit den inhaltlichen Ansprüchen unserer Curricula vereinbar? Wie ermittele ich die „Zone der nächsten Entwicklung“ nach Vygotskij, in der das Kind mit Hilfe der Lehrkraft konzeptuelle Fortschritte erreichen kann? Überfordert ein derart anspruchsvoller Unterricht nicht die Kompetenzen von Lehrkräften, vor allem in einem inhaltlich so breiten Gebiet wie dem Sachunterricht?

Die Umsetzung der beschriebenen Ideen erfordert eine normativ-pädagogische Diskussion über Zielkriterien wie auch die Berücksichtigung bereichsspezifischer Forschungsergebnisse zum Lernen und Lehren, wobei insbesondere differentielle Effekte Aufmerksamkeit verlangen. Aufgabe der weiteren Forschungen ist es, Merkmale eines genetischen und Conceptual change-orientierten Unterrichts präziser als bisher zu operationalisieren und in ihrem Zusammenhang mit dem

Lernen von Schülerinnen und Schülern zu untersuchen. Ein weiteres Feld der Forschung ist die Untersuchung der Kompetenzen, die Lehrkräfte für die Durchführung eines entsprechenden Sachunterrichts benötigen, und die Konzeption effektiver Aus- und Fortbildungsmodule für die Entwicklung dieser sehr anspruchsvollen Kompetenzen.

Literatur

- Berg, H. C. (1995): Genetische Methode. In: Berg, H. C. & Schulze, T. (Hrsg.): Lehrkunstwerkstatt II. Lehrkunst und Schulvielfalt. Neuwied u.a., S. 349-360. – Carey, S. (1985): Conceptual change in childhood. Cambridge. – Christianson, R. G. & Fisher, K. M. (1999): Comparison of student learning about diffusion and osmosis in constructivist and traditional classrooms. In: *International Journal of Science Education* 21, H 6, S. 687-698. – Duit, R. (1996): Lernen als Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Duit, R. & Rhöneck, Chr. von (Hrsg.): Lernen in den Naturwissenschaften. Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg. Kiel, S. 145-162. – Duit, R. (2006): Bibliography – STCSE Students“ and Teachers“ Conceptions and Science Education. (Formerly: Helga Pfundt & Reinders Duit). – Einsiedler, W. (1996): Wissensstrukturierung im Unterricht. Neuere Forschung zur Wissensrepräsentation und ihre Anwendung in der Didaktik. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 42, H. 2, S. 167-192. – Gruehn, S. (1995): Vereinbarkeit kognitiver und nichtkognitiver Ziele im Unterricht. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 41, H. 4, S. 531-553. – Hardy, I., Jonen, A., Möller, K. & Stern, E. (in Druck): Effects of Instructional Support within Constructivist Learning Environments for Elementary School Students“ Understanding of „Floating and Sinking“. In: *Journal of Educational Psychology*. – Hewson, P.W. & Hewson, M.G. (1992): The status of students“ conceptions. In: Duit, R., Goldberg, F. & Niedderer, H. (Hrsg.): Research in physics learning. Theoretical issues and empirical studies. Kiel, S. 59-73. – Köhnlein, W. (1996): Leitende Prinzipien und Curriculum des Sachunterrichts. In: Glumpler, E. & Wittkowske, S. (Hrsg.): Sachunterricht heute. Zwischen interdisziplinärem Anspruch und traditionellem Fachbezug. Bad Heilbrunn, S. 46-76. – Köhnlein, W. (1998): Martin Wagenschein, die Kinder und naturwissenschaftliches Denken. In: Köhnlein, W. (Hrsg.): Der Vorrang des Verstehens. Beiträge zur Pädagogik Martin Wagenscheins. Bad Heilbrunn, S. 66-87. – Lipowsky, F., Rakoczy, K., Vetter, B., Klieme, E., Reusser, K. & Pauli, Ch. (2005): Quality of geometry instruction and its impact on the achievement of students with different characteristics. Tagungsbeitrag zum Annual Meeting of the American Educational Research Association (AERA). Montreal. – Mayer, R. (2004): Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction. In: *American Psychologist* 59, H 1, S. 14-19. – Möller, K. (2001a): Genetisches Lehren und Lernen – Facetten eines Begriffs. In: Cech, D., Feige, B., Kahlert, J., Löffler, G., Schreier, H., Schwier, H.-J. & Stoltenberg, U. (Hrsg.): Die Aktualität der Pädagogik Martin Wagenscheins für den Sachunterricht. Walter Köhnlein zum 65. Geburtstag. Bad Heilbrunn, S. 15-30. – Möller, K. (2001b): Lernen im Vorfeld der Naturwissenschaften – Zielsetzungen und Forschungsergebnisse. In: Köhnlein, W. & Schreier, H. (Hrsg.): Innovation Sachunterricht – Befragung der Anfänge nach zukunftsfähigen Beständen. Bad Heilbrunn, S. 275-298. – Möller, K., Jonen, A., Hardy, I. & Stern, E. (2002): Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In: Prenzel, M. & Doll, J. (Hrsg.): Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen. Weinheim, Basel, S. 176-191. – Palincsar, A. S. (1998): Social constructivist perspectives on teaching and learning. In: *Annual Review of Psychology* 49, S. 345-375. – Pintrich, P. R., Marx, R. W. & Boyle, R. A. (1993): Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. In: *Review of Educational Research* 63, H. 2, S. 167-199. – Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982):

Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. In: *Science Education*, Jahrgang 66, S. 211-228. – Stark, R. (2003): Conceptual Change: kognitiv oder situiert? In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 17, H. 2, S. 133-144. – Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1992): Mental models of the earth: a study of conceptual change in childhood. In: *Cognitive Psychology* 24, S. 535-585. – Vygotskij, L. (1978): *Mind and society: The development of higher psychological processes*. Cambridge. – Wagenschein, M. (1976): *Die pädagogische Dimension der Physik*. 4. Aufl. Braunschweig. – Wagenschein, M. (1991): *Verstehen lehren. Genetisch, sokratisch, exemplarisch*. 9. Aufl. Weinheim und Basel. – Wodzinski, R. (1996): *Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Dynamik im Anfangsunterricht*. Münster.