

Wissensaneignung, Conceptual Change und die Lehrstrategie des Aufsteigens vom Abstrakten zum Konkreten

Hartmut Giest

Der Beitrag vermittelt einen Überblick über die aktuelle Diskussion zum Problem unterrichtlicher Wissensaneignung. Schwerpunkte sind Wissensrepräsentation, conceptual change und Wissenstransfer. Diese Probleme werden im Zusammenhang mit der Lehrstrategie des Aufsteigens vom Abstrakten zum Konkreten diskutiert. Es wird gezeigt, dass die Lehrstrategie sowohl aus inhaltlicher als auch methodischer Perspektive an die aktuelle Conceptual Change-Forschung anschlussfähig ist und Möglichkeiten zur Beantwortung bislang weitgehend offener Fragen bietet.

1. Einleitung

Wie eignen sich Schüler belastbare Kenntnisse an – zum Problem der Energie, zum Stromkreis, Wasserkreislauf, zum Hebel-Gesetz ...? Diese Frage ist nicht neu und kann mit der gleichen guten Berechtigung für Sachverhalte aus Gesellschaft (Frieden, Demokratie, Mitbestimmung, Solidarität) oder auch zu Fragen der Gesundheit, der Lebensgestaltung und Ethik gestellt werden. Das Merkmal der Belastbarkeit bezieht sich auf die Qualität der Kenntnisse, des Verständnisses bzw. ihre Adäquatheit, den Grad der Korrespondenz mit dem gesicherten wissenschaftlichen Wissen der Menschheit. Es geht hier also nicht um Alltagswissen, welches situativ, d.h. beim Bewältigen praktischer Handlungsanforderungen, in gewisser Weise nebenbei, das Handeln begleitend, erworben wird, sondern um Wissen, welches vom Alltagskontext abstrahiert und eingebettet in den Kontext der Fachwissenschaft bzw. in fachliche Domänen (Physik, Chemie, Biologie...) angeeignet wird bzw. werden muss.

Wenn dies geschehen soll, muss der Kontext gewechselt werden. Statt Alltag bildet nun der wissenschaftliche Erkenntnisprozess den Handlungsrahmen. Das Wissen wird dadurch losgelöst vom praktischen Handeln, bekommt einen neuen Sinn, ist nun eingebettet in Erkenntnishandeln unter einer bestimmten Sichtweise, Per-

spektive, Abstraktionslinie – es wird dekontextualisiert. Es entsteht ein vom Alltagshandeln unterschiedlich kontextuell eingebettetes Wissen, weshalb die bislang im Alltag angeeigneten Kenntnisse abgelöst, modifiziert oder parallel dazu neue Konzepte aufgebaut werden (conceptual change). Schließlich kann es aber nicht beim vom Alltag gewissermaßen „gesäuberten“, dekontextualisierten Wissen bleiben, weil dies nicht unmittelbar praktisch anwendbar ist, oft auch keinen praktischen Sinn hat. Es erscheint nur im domänenspezifischen Erkenntnishandeln sinnvoll. Daher muss es re-kontextualisiert, d.h. wieder in die Lebenswelt, den Alltag rückgebunden werden. Nur so entsteht Handlungskompetenz, die ja ausgemachtes Ziel der modernen schulischen Bildung ist.

Damit sind drei Probleme angesprochen: das *Repräsentationsproblem schulischen Wissens*, das Problem des *Conceptual Change* (des Übergangs vom Alltags- zum wissenschaftlichen Begriff) sowie das des *Wissenstransfers*. Dazu soll im Folgenden überblicksartig der Stand der Erkenntnis erläutert und der Zusammenhang mit der Tätigkeitstheorie hergestellt werden.

2. Das Repräsentationsproblem des schulischen Wissens

Schulleistungstests verweisen darauf, dass im Unterricht erworbene Kenntnisse und Fähigkeiten bislang zu stark situativ gebunden, nicht anwendungs- oder transferfähig und zu selten reflexiv kontrollierbar sind (Bildungskommission 2003). Vor allem bei der Aneignung intelligenten Wissens, welches Weinert (2000) als „bedeutungshaltig“, „sinnhaft“ und „flexibel nutzbar“ kennzeichnet, zeichnen sich deutliche Probleme ab. Ein solches intelligentes Wissen erfordert, dass deklaratives und prozedurales Wissen auf einem höheren Abstraktionsniveau (dekontextualisiert – vgl. Demuth, Ralle & Pachmann 2005), gleichzeitig aber auch transferfähig (rekontextualisiert) und (was damit zusammenhängt) metakognitiv kontrollierbar angeeignet werden muss. Diese Aussage wird auch durch die aktuelle Conceptual Change Forschung gestützt (Vosniadou 2008, 2008a, Inagaki & Hatano 2008, Leach & Scott 2008, Kuhn 2009 u.a.).

Eine Ursache für die gekennzeichneten Defizite liegt in der Anlage schulischen Unterrichts. Da die Fähigkeit zur Abstraktion lange Zeit als Indikator für die kognitive Entwicklung galt (Stern 2002), wird in der Grundschule und Mittelstufe häufig ein Erkenntnisgang vom Konkreten zum Abstrakten präferiert (Dekontextualisierung).

Schrader et al. (2008) betonen mit Blick auf schulisches Lernen (in Abgrenzung zur Straßenmathematik – durch situiertes Lernen angeeignete Rechenfertigkeiten, z.B. untersucht am Beispiel brasilianischer Straßenkinder) die Bedeutung der Dekontextualisierung und der Abstraktion (vgl. auch Halldén, Scheja & Haglund 2008, Schwartz, Varma & Martin 2008). Stern (2002) kritisiert jedoch die Vorstellung, dass die kognitive Entwicklung sich vom Konkreten zum Abstrakten vollziehe und verweist in diesem Zusammenhang auf die Ergebnisse der entwicklungspsychologischen Forschungen im Säuglings- und Kleinkindalter (vgl. etwa *Developmental Science* 1999, Spelke 1999). Der spätere Fachunterricht bewegt sich allerdings vorrangig auf dekontextualisierten fachlichen Abstraktionslinien und folgt dem Muster: Erarbeitung von Basisbegriffen, Elaboration der Theorie, Anwendung (vgl. auch Klauer & Leutner 2007, Trendel, Wackeremann & Fischer 2008, Taasobshirazia & Carr 2008). Dabei entstehen Probleme bei der Rekontextualisierung des Wissens als einer Voraussetzung für erfolgreichen Transfer/ Anwendung (vgl. Kaufman, Keselman & Patel 2008). Vor allem scheinen Brücken zu fehlen, die vom Abstrakten zum Konkreten führen (Demuth, Rolle & Pachmann 2005). Larkin (1985) unterscheidet in diesem Zusammenhang mit Blick auf naturwissenschaftliches Denken *Situationsrepräsentation*, *formal-mathematische Repräsentation* und *anschauliche Repräsentation* und konstatiert, dass Novizen vor allem die anschauliche Repräsentation fehle (vgl. auch Nersessian 2008). Sie können zwar auf anschaulicher Ebene einen physikalischen Sachverhalt (z.B. Hebelgesetz) repräsentieren und das mathematische Gesetz formulieren, aber sie können z.B. nicht in einem Kräfteparallelogramm Richtung und Größe der Kräfte abbilden. Damit einher geht die Schwierigkeit, die Einheit zwischen dem Konkreten (Situationsrepräsentation bzw. der Erfahrung, dass man mit Hilfe eines „Hebels“ einen schweren Gegenstand leichter heben kann) und dem Abstrakten (Hebelgesetz – Gleichheit der Produkte aus Last und Lastarm sowie Kraft und Kraftarm) nicht dergestalt anwenden zu können, dass dieses Hebelgesetz über eine anschauliche Repräsentation auf konkrete Sachverhalte bezogen werden kann. Lösungsansätze für dieses Problem werden im Zusammenhang mit der Nutzung sinnlicher Stützen in Form von (Lern-)Modellen bei der Rekontextualisierung abstrakten Wissens diskutiert (siehe u.a. Davydov 1977, Lompscher 2006, Köster & Smendek 1984, Sak 1984, aber auch Tiberghien 1994, White & Fredriksen 1998, Mikelskis-Seifert 2006, Mikelskis-Seifert & Leisner 2003, Nersessian 2008, Jonassen 2008).

Einen weiter gehenden und auf einer philosophisch-erkenntnistheoretischen und lernpsychologischen Analyse basierenden Vorschlag unterbreitet Davydov (1977, 1986, 1988, 1996, 1998, vgl. auch Roth 2008), der vor allem die Art der im Unterricht vorherrschenden Abstraktion und Verallgemeinerung im Hinblick auf die damit verbundenen Repräsentationsformen des Wissens kritisiert (vgl. auch Aufschneider & Rogge 2009). Er sieht die Hauptursache von Defiziten beim intelligenten (wissenschaftlichen, theoretischen) Wissen in der Dominanz formaler Abstraktionen im Unterricht. Der von Lehrkräften oft nicht einmal bemerkte und keinesfalls beabsichtigte Fehler bei der Begriffsbildung im Rahmen schulischen Lernens liegt in formalen Abstraktionen begründet, welche zu inhaltlich leeren Oberbegriffen führen, die auf konkrete Sachverhalte nicht anwendbar seien (vgl. auch Schwartz, Varma & Martin 2008, Dockrell, Braisby & Best 2007).

„Formale“ oder „empirische“ Abstraktionen beruhen auf dem *Vergleich* von Erscheinungs- oder Gebrauchsmerkmalen.¹ Abstraktion und Verallgemeinerung erfolgen im Kontext des praktischen oder Alltagshandelns, klassifizierungsrelevant sind und repräsentiert werden praktische oder Gebrauchsmerkmale oder (wenn der fachliche Bezug nicht hergestellt werden kann = fehlende inhaltliche Sinnhaftigkeit) äußerliche invariante Merkmale (Form, Farbe, Anzahl etc. – vgl. Vygotskij 2002). Im Gegensatz dazu basieren „inhaltliche“ oder „theoretische“ Abstraktionen auf einer theoriegeleiteten *Analyse* von Wesensmerkmalen und inneren Zusammenhängen eines Erkenntnisgegenstandes. Dabei werden von vornherein Erkenntnisziele und keine praktischen Ziele verfolgt. Zwar kann mit dem Erkenntnisziel eine praktische Problemstellung verbunden sein, zentral geht es aber um Erkenntnis und intentionale Wissensaneignung. Repräsentiert werden über die Analyse von Veränderungsprozessen im Gegenstand invariante Wesensmerkmale, die als klassifizierungsrelevant in den begrifflichen Merkmalssatz eingehen.

¹ In Anlehnung an Davydov (1977) wird unter „empirisch“ oder „formal“ verstanden, dass Begriffsbildung und begriffliches Denken auf dem Vergleich von und dem mentalen Operieren mit Oberflächenmerkmalen (Erscheinungen) der Dinge und Erscheinungen beruhen, wohingegen „theoretisch“ und „inhaltlich“ meint, dass die entsprechende Begriffsbildung und das begriffliche Denken auf der Analyse von invarianten strukturellen Merkmalen der Dinge und Erscheinungen basieren (Gal’perin 2004, Siebert 2006, vgl. auch Halldén, Scheja & Haglund 2008, Schwartz, Varma & Martin 2008).

Durch die Formen der Abstraktion können Alltags- und wissenschaftlicher Begriff unterschieden werden, wobei damit auch zwei grundlegend verschiedene Niveaus des begrifflichen Denkens und der begrifflichen Entwicklung beschrieben werden können. Zunächst werden empirische (auf dem Vergleich von Erscheinungsmerkmalen beruhende) Begriffe gebildet. Vygotskij (2002) kennzeichnet Phasen dieser begrifflichen Entwicklung als Synkretie, Komplex und Pseudobegriff. Sie unterscheiden sich durch Inhalt, Umfang, Komplexität der Merkmalsätze und Situationsabhängigkeit der Klassifizierung (Giest 2003). Die auf empirischer Abstraktion beruhende Begriffsbildung (bei Vygotskij „vorbegriffliches Niveau“ im Sinne von: vor der wissenschaftlichen Begriffsbildung erfolgend), die von Primärbegriffen aus nach unten und oben ausdifferenziert wird (Hoffmann 1993), ist Voraussetzung für die inhaltliche oder theoretische Begriffsbildung (bei Vygotskij das „begriffliche Niveau“). Für den unterrichtlichen Begriffserwerb ist wesentlich, dass Pseudobegriff und Begriff im Sprachgebrauch stabil dem gleichen Begriffswort zugeordnet sein können (Ursache für Verbalismus. Vgl. auch die parallele Repräsentation von Alltags- und wissenschaftlichem Begriff – dazu Vosniadou 2008a, Chi 2008, vgl. zum Problem auch Dockrell, Braisby & Best 2007). Der wesentliche Unterschied zwischen der Bildung „empirischer“ (z.B. „Pseudobegriff“) und „theoretischer“ Begriffe besteht darin, dass im ersten Fall eine „empirische“ Verallgemeinerung zu Grunde liegt, bei der der Begriffsgegenstand *vor dem* (durch „empirische“ Abstraktion) gebildeten *Begriff* vorhanden ist (sein muss). Mit Hilfe der durch praktischen Gebrauch oder Vergleich erkannten invarianten Merkmale (Oberflächen- oder Gebrauchsmerkmale) werden die Dinge begrifflich klassifiziert.

Beim theoretischen (durch „inhaltliche“ Abstraktion entstandenen) Begriff ist dieser als Hypothese (Abstraktes) *vor seinem Gegenstand* vorhanden, denn dieser wird mit dessen Hilfe erst erschließbar. Die Begriffsbildung verläuft ausgehend von einer reichhaltigen empirischen begrifflichen Grundlage (Erfahrungsgrundlage, Sinnbezug) dadurch, dass – einem Erkenntnis-/ Lernziel (fachliche Abstraktionslinie, Theoriehintergrund) folgend – der Erkenntnis-/ Lerngegenstand durch Erkenntnis-/ Lernhandlungen so verändert wird, dass strukturelle Invarianten an ihm erkennbar werden (vgl. Marion & Pang 2008, hier allerdings auf phänomenologischem Hintergrund auf mehr oder weniger formale Variation „kritischer“ Wahrnehmungen und nicht auf theorie- oder erkenntnisintendierende Variation bezogen). Diese bilden die Grundlage für eine theoriebasierte Hypothese über das We-

sen, Gesetz, den inneren Zusammenhang des Erkenntnis- bzw. Lerngegenstands. Die ausgegliederten Invarianten im Erkenntnisgegenstand (Wesen) werden anschließend auf verschiedene weitere Erscheinungs- bzw. Entwicklungsformen des Gegenstands angewandt (konkretisiert, entfaltet, ausdifferenziert), so dass dieser immer tiefer geistig erschlossen (rekonstruiert) werden kann. Dieser Prozess wird so lange fortgesetzt, bis die Erschließungskraft der Abstraktion erschöpft ist und sie durch eine neue ersetzt wird (konstruktivistischer Grundgehalt der Methode). Dadurch wird der Zusammenhang zwischen Begriffsbildung und Transfer deutlich (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Vergleich von Alltags- („empirischem“) und wissenschaftlichem („theoretischem“) Begriff

	Alltagsdenken, Alltagsbegriffe	wissenschaftliches Denken, wissenschaftliche Begriffe
epistemische Grundhaltung (Halldén, Scheja & Haglund 2008, Sinatra & Mason 2008, White & Gunstone 2008, Romero 2004)	Dinge sind, wie sie sind; was wahrgenommen wird, ist wahr, muss nicht überprüft werden, es existiert nur, was wahrnehmbar ist (vgl. Duit, Treagust & Widodo 2008).	Dinge können unter verschiedenen Perspektiven gesehen werden, Wahrnehmbares (Erscheinungen) ist von gedanklichen Konstruktionen (Wesen) zu unterscheiden, Wahrheit muss überprüft werden, es gibt Dinge, die nicht wahrgenommen werden können.
Verhältnis zwischen Begriff und Begriffsgegenstand	Gegenstand (wahrgenommene Merkmale) wird im Begriff gefasst, ist vor ihm da.	Begriff ist (als Hypothese) vor seinem Gegenstand vorhanden, dieser wird mit Hilfe des Begriffes gedanklich erzeugt/ mental konstruiert.
klassifikationsrelevante Merkmale (vgl. auch Gentner, Loewenstein & Thompson 2003, Helmke 2007 Schwartz, Varma & Martin 2008)	Oberflächenmerkmale (invariante Erscheinungen)	strukturelle Merkmale (invariante Strukturen – Wesen)

Transfermerkmale (vgl. Schwartz, Varma & Martin 2008, Gentner, Loewenstein & Thompson 2003)	Ähnlichkeitstransfer („Das ist, wie jenes!“)	Dynamischer Transfer („Dieses geht mit jenem!“)
der Begriffsbildung zugrunde liegende mentale Handlung	Vergleich invarianter Erscheinungen/ Oberflächenmerkmale	Analyse von in Veränderungsprozessen (Einwirken auf den Gegenstand - z.B. Bedingungsvariation im Experiment – vgl. Murphy & Alexander 2008)
Art der Abstraktion und Verallgemeinerung	formal mit Trend zur begrifflichen Pyramide (höhere Abstraktion = kleinerer Inhalt, größerer Umfang)	inhaltlich in Richtung der inhaltlichen Anreicherung, Ausdifferenzierung der Ausgangsabstraktionen
Funktion bei der Handlungsregulation	Orientierung praktischen Alltagshandelns	Orientierung von Erkenntnis- oder Lernhandeln

3. Wissenstransfer

Mit Blick auf das Transferproblem konkurrieren aus gegenwärtiger Sicht zwei theoretische Ansätze – situiertes Lernen (situierte Kognition) und systematisches, kumulatives Lernen (vgl. auch Klauer & Leutner 2007, Bildungskommission 2003). Einerseits besteht in der Kognitionsforschung Konsens darüber, dass Wissen grundsätzlich kontextuiert erworben wird (Lave & Wenger 1991, Billett 1996, Weinert & Schrader 1997, Ackermann 1998, Reusser 1998, Stark, Gruber & Mandl 1999, Stark, Gruber, Renkl & Mandl 1999, Klauer 2001, vgl. auch Lander & Lange 1996, Weinert 2001). Der Erwerb von Wissen ist stets mit dem Handeln (Tätigkeit), im Rahmen dessen es erworben und angewandt wird, sowie mit dem Sinn des Erwerbskontexts verbunden (v. Oers 1998, v. Oers et al. 2008, di Sessa 2008, Inagaki & Hatano 2008, Halldén, Scheja & Haglund 2008). Deshalb wird für Unterricht gefordert, Wissen im Anwendungskontext zu präsentieren und aneignen zu lassen (Reinmann & Mandl 2006, Gerstenmaier & Mandl 2001), was im Wesentlichen mit

Blick auf die Lernvoraussetzungen der Kinder in der Primarstufe bedeutet, einen lebensweltlichen oder Alltagskontext herzustellen, mit dem dann auch Alltagssprache und Alltagsdenken verbunden sind (zur Kritik an diesem Ansatz – vgl. Stark, Gruber & Mandl 1999, Giesecke 1998, Vosniadou et al. 2008).

Andererseits ist empirisch gut gesichert, dass menschliche Erfahrung und menschliches Wissen in mentalen Schemata repräsentiert werden (Mandl & Spada 1988, Klix 1998). Damit hängt die Qualität der Wissensbasis vor allem vom Umfang und der internen Organisation der Schemata, ihrer Vernetzung untereinander ab. Aktivierbarkeit und Anwendbarkeit des Wissens sind dann eine Funktion der hierarchischen Ordnung und Vernetzung der Schemata, die vom Erwerbzusammenhang abstrahiert (inhaltlich verallgemeinert) wurden. Für den Unterricht bedeutet dies, bei der Wissenspräsentation und -aneignung die fachliche Systematik besonders zu beachten und gleichzeitig zu sichern, dass die Wissensaneignung im fachwissenschaftlichen Handlungskontext erfolgt.

Beide hier (in Kurzform) dargestellten theoretischen Auffassungen sind empirisch belegt und im Unterricht zu berücksichtigen, wobei insgesamt unklar ist, wie dies konkret geschehen soll und vor allem, wie die entsprechenden komplementären Lernprozesse miteinander zusammenhängen und welchen Einfluss sie insgesamt auf die Wissenskonstruktion und -repräsentation haben (Reusser 1998, Edelman 1996, Metz 1995, Allal & Ducrey 2000, Schäfer 1999, di Sessa 2008, Vosniadou 2008a).

Da sich situiertes Lernen wegen der Lernvoraussetzungen im betrachteten Schulalter vor allem auf lebensweltliche Problemstellungen bezieht, spielen hier Alltagsdenken, Alltagssprache, Alltagswissen und die horizontale (z.T. assoziative) Vernetzung dieses Wissens eine besondere Rolle. Im Gegensatz dazu bezieht sich systematisches, kumulatives Lernen auf systematisches, kognitiv abstrahierendes Lernen innerhalb eines bestimmten Wissensbereichs (vgl. auch Kaufman, Keselman & Patel 2008).

Während im ersten Fall die Sinnkonstruktion der Lernenden im Kontext lebensweltlicher Bezüge erfolgt, fehlt dieser Sinnbezug im zweiten Fall, da er nur im Kontext des fachwissenschaftlichen Bezuges (Erkenntnistätigkeit) erfolgen kann (fachliches Wissen ist als solches in der Regel lebensweltlich sinnleer). Es besteht daher eine Schwierigkeit, im Unterricht den Übergang zwischen beiden Lern- und den

entsprechenden Repräsentationsformen des Wissens (im Alltagshandeln vs. im wissenschaftsorientierten Handeln kontextuiert) sowie die Wechselwirkung zwischen beiden Repräsentationsformen zu gestalten (Taasobshirazia & Carr 2008). Vor allem für Schüler der Primarstufe stellt sich die Frage, wie fachwissenschaftliches Wissen *sinnstiftend* angeeignet werden kann, wenn der entsprechende Handlungskontext (Fachwissenschaft) als auch die entsprechende Fachsprache und das Denken in fachlichen Abstraktionslinien noch fehlen.

Wir schlagen vor, dieses Problem dadurch zu lösen, dass ein begrifflicher Entwicklungsprozess gestaltet wird, der aus drei Schritten besteht: 1. Im Rahmen sorgsam ausgewählter lebensweltlich kontextuierter, sinnstiftender Lernsituationen werden die Grenzen des Alltagsdenkens und des auf empirischer Verallgemeinerung bzw. der entsprechenden Begriffsbildung basierenden Wissens bewusst erlebt, so dass Erkenntnis- bzw. Lernmotive entstehen. 2. Diese bilden den Anknüpfungspunkt, um den Kontext des Alltagshandelns zu verlassen und systematisch, einer (oder mehreren) fachlichen Abstraktionslinie(n) folgend, auf der Basis inhaltlicher Abstraktion/ Verallgemeinerung fachliches Wissen anzueignen. 3. Dieses muss anschließend wieder in den lebensweltlichen Handlungskontext rückgebunden/ rekontextualisiert werden. Dadurch dass nun die Tiefenstruktur des lebensweltlichen Problems (in einer oder mehreren fachlichen Perspektiven) erkannt worden ist, kann das Problem unter Nutzung dieses (theoretischen) Wissens tiefer erschlossen und schließlich auch besser praktisch gestaltet werden.

Der Transfer des Wissens im Sinne der Anwendung abstrakter Kenntnisse auf konkrete Sachverhalte wird u.E. wirkungsvoll unterstützt, wenn: a) Kindern ein lebensweltlich und wissenschaftlich bedeutsamer Lerngegenstand angeboten wird, b) inhaltliche Abstraktionen (strukturelle Tiefenmerkmale) aus bedeutungshaltigen, sinnstiftenden Lernsituationen gewonnen werden, c) die Genese anschaulicher Repräsentationsformen über Lernmodelle unterstützt und d) die Wissensaneignung als Aufsteigen zum Konkreten, im Sinne des Anwendens des Abstrakten (strukturelle Tiefenmerkmale) auf konkrete Sachverhalte (Phänomene, Oberflächenmerkmale), gestaltet wird (vgl. auch Gallin 2006, Adey et al. 2007, Mayer & Wittrock 1996).

4. Conceptual Change

Die Unterscheidung von Alltags- und wissenschaftlichen Begriffen sowie zwischen „empirischem“ und „theoretischem“ Niveau der Begriffsbildung kennzeichnet einen besonderen Aspekt eines dritten Problems. „Conceptual Change“² bezeichnet die Re- bzw. Umstrukturierung früheren domänenspezifischen Wissens, welche maßgeblich durch Unterricht und Schule beeinflusst werden (Angeli & Valanides 2009, Dermitzaki, Leondari & Goudas 2009) sowie domänenspezifisch und weitgehend nicht alterskorreliert verlaufen (Sodian 2002, Stark 2003, Schnotz 2001, Schnotz et al. 1999). Lernprobleme bei der Aneignung von fachlichem Wissen werden im Zusammenhang mit schulischem Lernen (Aneignung schulischen, wissenschaftlichen Wissens) wesentlich auf Schwierigkeiten bei der erforderlichen Re- bzw. Umstrukturierung des vorhandenen Wissensbesitzes zurückgeführt. Ursachen für die nicht nur bei Kindern anzutreffenden Probleme bei der adäquaten Begriffsbildung liegen dann weniger in Besonderheiten der kognitiven Strukturen und der diese erzeugenden und begrenzenden Operationsmodi („constraints“), sondern mehr in Besonderheiten der Entwicklung der Begriffe und des begrifflichen Denkens in Abhängigkeit vom Kontext, der Tätigkeit, von den Situationen, in denen sie angeeignet und genutzt werden (Light & Butterworth 1993, Schnotz 2001, West & Pines 1985, Carey 1984, 1985, 1991, 1996, Schrempf & Sodian 1999, Sodian 1998, Mähler 1999, Hasselhorn & Mähler 1998, Smith et al. 2000, Vosniadou 2008, Dermitzaki, Leondari, & Goudas 2009, Aufschneider & Rogge 2008).

Obwohl es Versuche gab und gibt, unterrichtspraktische Anforderungen aus verschiedenen Theorieansätzen abzuleiten und empirisch zu prüfen, fehlt es nach wie vor an Untersuchungen im Kontext Unterricht und mithin an Antworten auf eine Reihe offener Fragen (Schnotz, Vosniadou & Carretero 1999, Vosniadou 2008a, Hasselhorn & Mähler 1998, Schnotz 2001, Spelke 2002). Unter anderem trifft dies zu auf Fragen nach dem Wesen der Prozesse der Um- bzw. Neustrukturierung vorhandenen domänenspezifischen Wissens und ihrer pädagogischen Beeinflussung

² Diese Forschungsrichtung ist in Deutschland nur wenig differenziert verfolgt worden und spielt in aktuellen Projekten kaum eine Rolle (Fischer 2009), obwohl das vor 30 Jahren praktizierte, auf Misconceptions, Fehleranalyse (Schülervorstellungen) und Fehlervermeidung gerichtete Forschungsparadigma überwunden wurde (Vosniadou, Vamvakoussi & Skopeliti 2008, Brown & Hammer 2008, Halldén, Scheja & Haglund 2008, White & Gunstone 2008, Duit, Treagust & Widodo 2008).

(Effekte der Instruktion – Mähler 1999, Sodian 2002, di Sessa 2008), das Verhältnis zwischen spontanem und angeleiteten Lernen hierbei (Carey & Spelke 1994), der Erklärung der Effekte, d.h. ihrer Erzeugung aus den Bedingungen (Pintrich 1999) sowie nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen den Domänen (Siegler 1989, Sugarman 1989).

Wesentliche Trends in der aktuellen Conceptual Change Forschung, die vor allem in dem aktuellen Handbuch zur Conceptual Change Forschung (Vosniadou 2008) beschrieben sind, bestehen in:

- der Hinwendung zum Konstruktivismus (vorwiegend in einer moderaten Version, die es als empirisch gesichert ansieht, dass ohne Instruktion und intentionales Lernen keine wissenschaftlichen Begriffe angeeignet werden können – Vosniadou 2008a, Vosniadou et al. 2008, Kuhn 2009)
- der Abkehr von Misconceptions (Begriffswechsel, Fehlkonzepte, Fehlervermeidung) und Hinwendung zur Erforschung der Begriffsentwicklung (die kindliche Begriffsbildung folgt einer Entwicklungslogik und ist nicht defizitär – White & Gunstone 2008, Duit, Treagust & Widodo 2008, Aufschneider & Rogge 2009)
- der Hinwendung zum Verständnis des Conceptual change als einem langsam verlaufenden Prozess, der nicht nur das Neu-, Um-, Erweitern-Lernen von Begriffen, sondern einen ganzen Komplex von Veränderungen umfasst (epistemische Grundhaltung, Motive, Emotionen, beliefs usw.), d.h. komplex und mehrdimensional verläuft und auch so untersucht werden muss. White & Gunstone (2008) schlagen daher den Begriff „conceptual change“ vor.
- der Analyse individueller Begriffsbildung unter Beachtung (sozio-kultureller) Kontexte (Caravita & Halldén 1994, Halldén 1999, Billet 1996, Säljö 1999, di Sessa 2008, Inagaki & Hatano 2008, Halldén, Scheja & Haglund, Stark 2003)
- der Abkehr von der Analyse von (z.B. im klinischen Interview ermittelten) Fehlern und der Intervention zur Fehlerbehebung oder Fehlervermeidung (Brown & Hammer 2008) und der Hinwendung zu (unterrichtlicher) Intervention im Feldversuch (Inagaki & Hatano 2008) gerichtet auf Begriffsentwicklung (dabei Berücksichtigung der Variablen: Selbstvertrauen, Motivation, Kognition, Emotionen und Ko-Konstruktion – Thagard 2008, Sinatra & Mason 2008, White & Gunstone 2008, Leach & Scott 2008).

Probleme bestehen u.E. darin, dass es einen großen Fundus an Erkenntnissen gibt, die Conceptual Change in etlichen Domänen und Dimensionen beschreiben, aber keine Erklärung oder Prozessbeschreibung existiert (di Sessa 2008). Dies ist einigermaßen bedeutsam, da gerade im Zuge der Diskussion um Kompetenzentwicklung und Kompetenzmessung die Frage nach Kompetenzstruktur- und vor allem Kompetenzentwicklungsmodellen gestellt werden muss (vgl. Aufschneider & Rogge 2009). Beispielsweise können unterschiedliche Niveaustufen begrifflicher Entwicklung (Vosniadou 2008a) als Grundlage für ein darauf bezogenes Kompetenzentwicklungsmodell dienen (vgl. auch Klieme & Leutner 2006). Die Forschungslage hierzu ist allerdings defizitär (Giest, Hartinger & Kahlert 2008). Zwar wurden normative Modelle entwickelt bzw. Kompetenzstufen beschrieben, eine theoretische Modellierung von Kompetenzentwicklungsmodellen mit empirischer Überprüfung wurde aber noch nicht vorgelegt.

5. Die Lehrstrategie des Aufsteigens vom Abstrakten zum Konkreten (AK) und ihr Bezug zur Conceptual-Change-Forschung (CC)

5.1 AK und die Anschlüsse zur CC-Forschung

Die weiter oben dargestellten drei Problemstellungen werfen die Frage nach einer adäquaten Unterrichtsstrategie auf, durch deren Anwendung sie praktisch gelöst werden könnten. Es ist unsere durch eine Vielzahl an Untersuchungen gestützte Überzeugung, dass die auf dem Hintergrund der Tätigkeitstheorie und kulturhistorischen Theorie entwickelte Lehrstrategie des Aufsteigens vom Abstrakten zum Konkreten einen praktisch bedeutsamen Ansatz zur Lösung dieser Probleme bereit stellt.

Aus *erkenntnistheoretischer* Sicht ist die wissenschaftliche Methode, vom Abstrakten zum Konkreten aufzusteigen, eine allgemeine, in allen Wissenschaftsdisziplinen und der Philosophie praktizierte bzw. praktizierbare Methode. Sie ist für Descartes, der sich ausdrücklich auf sie beruft, sowie für Hegel und Marx (vgl. Wittig, Gößler & Wagner 1980, Pardon 1988) ebenso vertraut wie für die kulturhistorische Psychologie (Vygotskij, Davydov, Lompscher).

Aus *lernpsychologischer* Sicht fordern Davydov (1977, 1988, 1996) und Lompscher (1988, 1989, 1999, 2006; vgl. auch Giest & Lompscher 2006) sehr schnell Basiskonzepte, d.h. genetische Zellen für die Entwicklung und den Aufbau von systematischen und strukturierten Wissenssystemen, anders: paradigmatische Grundideen, durch deren Entfaltung ein Gegenstand im Rahmen einer Domäne erschlossen werden kann (Ausgangsabstraktionen) zu erarbeiten (vgl. zum Problem der Advanced Organizer Ausubel 1963, 1978, 1980/81, Reigeluth 1987, aber auch Helmke 2007, Hasselhorn & Gold 2006, Schnotz 2006, Meyer 2004). Hierdurch werden gleichzeitig bessere Bedingungen für einen erfolgreichen Transfer geschaffen, da nun die Aneignung neuen Wissens durch Anwendung der Ausgangsabstrakta erfolgen kann (Aufsteigen vom Abstrakten zum Konkreten), wobei diese ausdifferenziert und konkretisiert werden (kumulativer Wissenserwerb). Dabei erfolgt die Aneignung neuen Wissens als Anwendung der bereits gewonnenen Abstraktionen (vgl. unten, 5.2).

Die Orientierung sowohl auf die Aneignung struktureller vs. Oberflächenmerkmale als Bedingung einer erfolgreichen Aneignung wissenschaftlichen Wissens (Schwartz, Varma & Martin 2008, Nersessian 2008, di Sessa 2008) als auch auf den Zusammenhang dieser Kenntnisqualität mit den Möglichkeiten des erfolgreichen Transfers findet man durchaus auch in der modernen Conceptual Change Forschung, wobei weitere Aspekte hinzukommen, die ebenfalls Konstituenten der Lehrstrategie (Lompscher 2006) sind, wie die Beachtung kontextueller, motivationaler, emotionaler Komponenten des Lernens und der Grenzen vorrangig kognitiv ausgerichteter Interventionsstrategien (z.B. kognitiver Konflikte als Ausgangspunkt für Conceptual Change – Vonsniadou 2008, Keil & Newman 2008, Inagagi & Hatano 2008, Sinatra & Mason 2008, Leach & Scott 2008, Star & Rittle-Johnson 2008, Kuhn 2009, Dignath, Buettner & Langfeldt 2008, Angeli & Valanides 2009, Hijzen, Boekaerts & Vedder 2007).

Vor allem in den 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts wurden umfangreiche Felduntersuchungen zur empirischen Validierung der Lehrstrategie in der damaligen UdSSR (Davydov und Mitarbeiter – Davydov 1977, 1988, 1996) und in der DDR (Lompscher und Mitarbeiter – Lompscher 1988, 1989, 1999, 2006, Lompscher & Giest 2010) durchgeführt. In der Regel wurde in Interventionsstudien (im Versuchs- und Kontrollklassen-Design) die Effektivität des Vorgehens empirisch im Fach- oder vorbereitenden Fachunterricht (Jahrgangsstufe 4-6) geprüft. Die Lehr-

strategie erwies sich hier als durchgängig effektiv. In der UdSSR bzw. in Russland und einigen Baltischen Staaten wurde bzw. wird das pädagogische Konzept, welches mit der Lehrstrategie (AK) verbunden ist, in einer relativ breiten Bewegung angewandt (z.B. in Russland in ca. 1000 Schulen). Es existiert hier auch ein entsprechendes staatlich genehmigtes Curriculumpaket, nach dem unterrichtet wird (vgl. Rakhkochkine 2009). In aktuellen Untersuchungen, welche die PISA-Aufgaben zur Leistungsmessung nutzten, konnten Zukerman (2005) und Vysozkaja & Pavlova (2007) nachweisen, dass sich in den nach diesem Konzept arbeitenden Schulen klare positive Effekte gegenüber repräsentativen Vergleichsstichproben ergaben.

5.2 Theoretische Grundzüge

Die Lehrstrategie (AK) zeichnet sich durch eine besondere Art der Stoffstrukturierung aus, die drei Schritte umfasst: A) Dekontextualisierung – Gewinnen einer Ausgangsabstraktion ausgehend von konkreten Erfahrungen (reich kontextualisiertes Wissen); B) Elaboration der Ausgangsabstraktion – zur Unterstützung des Aufbaus analoger, modaler Repräsentationen des Abstrakten unter Nutzung von Lernmodellen; C) Rekontextualisierung – Aufsteigen zum Konkreten durch Bearbeitung von Konkretisierungsreihen (Anwendung der Ausgangsabstraktionen zur gedanklichen Erschließung konkreter Sachverhalte).

Das Gewinnen von Ausgangsabstraktionen erfolgt ausgehend von sinnlich-konkreten, persönlich bedeutsamen Handlungssituationen (kontextualisiertes Wissen in Aktion), in denen besonders prägnant und durch Anschauung gestützt, das Wesen des Lerngegenstands durch „*inhaltliche*“ Analyse erkannt werden kann.³ Diese zeichnet sich aus durch das Ausgliedern struktureller Invarianten, die erkannt werden, wenn der Gegenstand (z.B. im Experiment) verändert wird, die sich jedoch in der Regel nicht durch Vergleich invarianter Oberflächenmerkmale erschließen lassen (Schwartz, Varma & Martin 2008, Nersessian 2008, di Sessa 2008). Mit Hilfe der Ausgangsabstraktionen (Basiskonzepte, die „Stammzellen“ des Wissensgebietes) wird der Lerngegenstand gedanklich erschlossen, das Wissensgebiet mental entwickelt, indem die Basiskonzepte oder Ausgangsabstraktionen (beim

³ Hier zeigt sich eine interessante Parallele zu Klafkis „kategorialen Anschauungen“: „Ausgehend von kategorialen Anschauungen wird im Elementaren Allgemeines erfasst und wirkt als Kategorie künftiger Erfahrung und Erkenntnis“ (1986, S. 83).

Aufsteigen zum Konkreten) laufend auf konkrete Sachverhalte angewendet und dadurch ausdifferenziert und konkretisiert werden (Rekontextualisierung). Auf diese Weise ist der Transfer bereits Gegenstand der Aneignung des begrifflichen bzw. theoretischen Wissens und nicht erst Gegenstand einer davon unabhängigen, besonderen Anwendungsphase im Unterricht. Ausgangsabstraktionen sind in gewisser Weise Kernhypothesen über das Wesen oder die Theorie eines Gegenstandsbereiches, welche im Verlauf des Aufsteigens zum Konkreten in Konkretisierungsreihen aufgeschlossen, ausdifferenziert und konkretisiert werden. Dabei wird gleichsam vom (abstrakten) Wesen ausgehend die (konkrete) Erscheinung erschlossen, indem analysiert wird, wie das Wesen konkret in Erscheinung tritt. Bei der Rekontextualisierung werden dann differenzierte Erscheinungsformen des Lern- bzw. Erkenntnisgegenstands erschlossen, wobei sowohl das Wesen des Gegenstands als auch seine Erscheinungen ausdifferenziert werden durch Rückbezug der Erscheinungen auf ihr Wesen bzw. durch gedankliche Konstruktion der Oberflächenmerkmale der Dinge auf der Grundlage strukturell invarianter Wesensmerkmale (zur Einheit von Wesen und Erscheinung vgl. Anmerkung 1).

Daher hängt das Abstraktionsniveau des Wissens eng mit den Möglichkeiten des Transfers zusammen und umgekehrt. Neben der hier vor allem mit Blick auf die Aspekte Dekontextualisierung und (Re)Kontextualisierung des Wissens bedeutsamen Methode des Aufsteigens vom Abstrakten zum Konkreten sind weitere Momente Bestandteil der Lehrstrategie: Der Unterricht wird nicht nur auf den Begriffserwerb, sondern die Lerntätigkeit fokussiert. Das bedeutet, an den Lernbedürfnissen der Kinder anzuknüpfen, zum Zweck der kognitiven Aktivierung sinnvolle Lernsituationen zu gestalten, die die Fragen der Kinder anregen und sie dazu ermutigen, Fragen zu stellen und selbst Lernziele festzulegen (vgl. zur Bedeutung kontextueller, motivationaler, emotionaler Komponenten des Lernens und zu den Grenzen vorrangig kognitiv ausgerichteter Interventionsstrategien – z.B. kognitiver Konflikte mit Blick auf Conceptual Change – Vosniadou 2008, Keil & Newman 2008, Inagagi & Hatano 2008, Sinatra & Mason 2008, Leach & Scott 2008). Die Lehrkraft sorgt dafür, dass die Lernziele und Lernaufgaben der Kinder durch gegenstandsadäquates Lernhandeln erreicht werden können und bietet sinnliche Stützen (Lern- und Handlungsmodelle bzw. analoge Repräsentationsformen – Nersessian 2008, Höffler 2007) an und erarbeitet gemeinsam mit den Lernenden Orientierungsgrundlagen für die vollständige Lernhandlung – also für Zielbildung, Planung,

Ausführung, Kontrolle und Bewertung –, die gleichzeitig Grundlage der metakognitiven Analyse des Lernens sind.

„Unser Schwerpunkt lag auf Bedingungen für die Ausbildung elementaren theoretischen Denkens – in Wechselbeziehung mit empirischem – und die Aneignung wissenschaftlicher Begriffe bzw. Begriffssysteme, die Befähigung zum Problemlösen und die Entwicklung kognitiver Lernmotive“ (Lompscher 2006, S. 128).

Die Lehrstrategie folgt dem Vorschlag Grubers (1999), kognitionspsychologische mit pädagogisch-psychologischen Untersuchungen zu verbinden, indem sie psychische Strukturbildungen in ihrer pädagogisch induzierten Entwicklung untersucht und liegt damit voll im Trend der aktuellen Conceptual Change Forschung (Vosniadou 2008). Sie integriert Expertise-Theorie (Theorie wissenschaftlicher Begriffe), Erwerbstheorie (Theorie der Lerntätigkeit) und Interventionstheorie (Strategie des Aufsteigens vom Abstrakten zum Konkreten im engeren Sinne).

Die Lehrstrategie des Aufsteigens vom Abstrakten zum Konkreten fußt auf 7 theoretischen Säulen:

- der Theorie der geistigen Handlung (Galperin 1969, 1979, 1980 – vgl. auch Meichenbaum 1977, Popov & Tevel 2007, Mayer & Wittrock 1996),
- der Theorie der Orientierungstätigkeit (Talysina 2001, 2002),
- der Theorie der Bildung wissenschaftlicher Begriffe (Vygotskij 1987, 2002, Galperin 2004),
- deren Weiterentwicklung durch die Theorie des theoretischen Denkens (Davydov 1977) sowie
- der Theorie des entwickelnden Unterrichts (Davydov 1977, 1996),
- der Theorie der Lerntätigkeit (Lompscher 1989, Giest 2006, Giest & Lompscher 2006) sowie
- der Theorie der pädagogischen Handlungsregulation (Elkonin 1998, 1999; Kossakowski 1980, 1991, 2006).

Bezogen auf das pädagogische Vorgehen bei der Gestaltung konkreter Lernsituationen im Unterricht findet man eine Reihe von Parallelen zu anderen bekannten Ansätzen in der Unterrichts- bzw. Lern-Lehrforschung, so z.B.:

- zur Gestaltung komplexer Lernsituationen, z.B. Situationen des Problemlösens (anchored instruction, inquiry approach – vgl. Milhoffer 2004, problembasier-tes Lernen – Klauer 1998)
- zum Schaffen eines Systems von materialen (materialisierten, symbolischen) und personaldemonstrativen Lernmodellen (modeling) sowie personalen Lernhilfen (coaching, scaffolding, apprenticeship – vgl. auch Steiner 2006)
- zur anforderungsbezogenen konkreten Unterstützung der Aneignung des Lerngegenstandes (Mediatisierung)
- zum „instrumental enrichment“, zur kognitiven Verhaltensmodifikation bzw. etappenweisen Ausbildung geistiger Handlungen (apprenticeship learning – modeling, coaching, fading-out; reziprokes Lernen)
- zum Aspekt Lerntätigkeit (situated contextualized learning, explicite learning – vgl. zum mastery learning etwa Eigler & Straka 1978, anchored instruction – Bransford, Sherwood & Hasselbring, Kinzer & Williams 1990, Cognition and Technology Group at Vanderbilt 1990, Collins, Brown & Newmann 1989, Rogoff 1990, situated learning – Billett 1996, Schliemann 1998, Lave 1988, Klauer 2001.)

Auch neuere Ansätze, die vor allem für die Erwachsenenbildung entwickelt wurden, weisen vor allem wegen des Bezuges zu situierten Instruktionsansätzen Gemeinsamkeiten mit Aspekten des Vorgehens nach der Lehrstrategie auf (z.B. Four-Component Instructional Design, Goal-based Scenario, Forschendes Lernen, Learning by Designing, Knowledge Building – vgl. Kollar & Fischer 2008, Klauer 1998, Kolodner et al. 2003, White & Fredriksen 1998, Kirschner, Sweller & Clark 2006; Schänk, Pano, Bell & Jona 1994), ohne allerdings auf einer konsistenten, komplexen Theorie des Lernens bzw. der Lerntätigkeit zu basieren.

Eine Parallele zeigt sich auch zu aktuellen, vor allem mit Blick auf den naturwissenschaftlichen Unterricht durchgeführten Untersuchungen, die bemüht sind, durch Intervention der Diskrepanz zwischen den Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler und der Entwicklung von Fehlvorstellungen zu begegnen. Zielgruppe sind hier meist Schülerinnen und Schüler des fachdisziplinären Anfangsunterrichts der Jahrgangsstufe 8 oder 9 (z.B. Eilks 2002, Mikelskis-Seifert & Leisner 2003, Mikelskis-Seifert 2006, Grygier, Günther & Kircher 2007, Sodian, Jonen, Thoermer & Kircher 2006, Sodian, Koerber & Thoermer 2006) aber auch der Grundschule (Möller et al. 2006, Sodian et al. 2006).

6. Ausblick – Forschung für die Praxis

Bezogen auf die Conceptual Change Forschung verweisen Duit, Treagust & Widodo (2008) darauf, dass der Graben zwischen Theorie und Praxis immer tiefer wird (vgl. auch De Corte 2000). Was sind die Ursachen und wie kann man dem begegnen?

Die drei oben behandelten Probleme der Aneignung von Wissen im Unterricht sind vorwiegend theoretischer Natur – z.T. Fragen der psychologischen Grundlagenforschung. Häufig erfolgt daher ihre Untersuchung im theoretischen Kontext auf sehr eingegrenzte Fragestellungen bezogen. Dies engt dann die Transfermöglichkeiten der Ergebnisse wesentlich ein. Leider wird dieses Herangehen aktuell (z.B. durch die DFG) besonders gern gefördert.

Beispielsweise untersucht Lohrmann (2010a, b), welchen Einfluss der Faktor Ähnlichkeit (mit einem prototypischen – zweiarmigen – Hebel) auf das Erlernen des Hebelgesetzes bzw. die Aneignung von Kenntnissen über den Hebel hat. Konkret werden solche Fragen untersucht, wie: „Welche Wirkung hat die Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit zwischen Konkretionen auf den Aufbau des physikalischen Konzepts vom Hebel? Wie wird der Transfer der Kenntnisse auf unbekannte Phänomene dadurch beeinflusst? Gelingt dieser also besser bei ähnlichen bzw. unähnlichen Phänomenen?

Die Schlussfolgerungen, die aus einer solchen Untersuchung für den Unterricht zu ziehen wären, bezögen sich darauf, die lernende Auseinandersetzung mit dem Hebel entweder mit unähnlichen oder ähnlichen Hebeln zu beginnen. Welches Vorgehen sich in der Untersuchung aus der Perspektive der untersuchten Lerneffekte auch immer als vorteilhaft erweist, die hier gewonnenen Erkenntnisse sind praktisch ziemlich nutzlos. Dies vor allem deshalb, weil bei der wissenschaftlichen Abstraktion das eigentlich zu untersuchende System, die Einheit, hier naturwissenschaftlicher Unterricht, zerstört wurde. Dies deshalb, weil weder der zu lehrende und zu erlernende Gegenstand, noch der Aneignungsprozess hinsichtlich ihres Wesens analysiert wurden.

Die geschilderte Fragestellung und die Herangehensweise an ihre Beantwortung weist keinen konkreten Bezug zur Praxis des Unterrichts und dem zugrunde liegenden konstituierenden Widerspruch (Lehr- vs. Lerntätigkeit) auf. Die Frage nach Sinn und Bedeutung des Hebelgesetzes und der Lehr- bzw. Lerntätigkeit, die zu

seiner Aneignung führt, wird nicht einmal gestellt. Eine auf die Unterrichtspraxis bezogene Untersuchung muss jedoch wenigstens

- a. nach dem Wesen der betrachteten Phänomene und
- b. nach einer Strategie fragen, die es gestattet, das Wesen des Sachverhaltes anzueignen.

Das Wesen des betrachteten Phänomens ist jedoch nicht das Hebelgesetz, sondern die Tatsache, dass es aus physikalischer Sicht um Maschinen – wenn auch einfache – geht. Hinter der Erscheinung, den Phänomenen des Hebels, steht die Konzeption der Maschine. Das Wesen der Maschine besteht darin, eine möglichst große Arbeit zu verrichten und dies bei möglichst geringem Kraftaufwand. Dieser Bezug bzw. dieser inhaltliche Kontext wird aber durch die ausschließliche Einbettung des Problems in den psychologischen Kontext ausgeschlossen. Denn das zu Grunde liegende Problem ist unter dem Blickwinkel Unterricht nicht nur aus psychologischer, sondern auch aus physikalischer, anthropologischer oder kulturgeschichtlicher und weiteren Perspektiven zu analysieren.

Menschen haben Werkzeuge geschaffen, um Arbeit verrichten zu können, viele davon, um die vorhandenen geringen Kräfte zu vergrößern. Das aber ist die Aufgabe der Maschine: Der Mensch potenziert seine Kraft, muss dafür allerdings mehr Weg aufwenden (goldene Regel). Bereits die Schleppen der Jäger und Sammler zeugen von dieser Idee, ganz zu schweigen von den Ägyptern, die ohne die schiefe Ebene die bewundernswerte Bauleistung ihrer Pyramiden einfach nicht hätten bewältigen können. Die gleiche Idee zieht sich weiter über den Hebel zum Rad und zum Flaschenzug bzw. Getriebe (Giest im Druck).

Eine praxisorientierte Forschung wendet eine wissenschaftliche Strategie an, die a) die theoretischen Fragen beantwortbar macht und b) konkrete Schlussfolgerungen für die Gestaltung von Unterricht ermöglicht. Der damit verbundene Anspruch wird als anwendungsorientierte oder Entwicklungsforschung bezeichnet (vgl. Einsiedler 2011, Reinmann & Kahlert 2007).

Leont'ev (1973) weist darauf hin, dass das Erforschen des Wesens eines Gegenstands nur möglich ist, wenn dieser in seiner Veränderung bzw. dadurch untersucht wird, dass auf ihn verändernd eingewirkt wird. (Auch hierbei ergibt sich eine interessante Parallele zur theoretischen Begriffsbildung – weiter oben.) Auf den

Unterricht bezogen bedeutet das, diesen (im Sinne einer unabhängigen Variablen) zu verändern und dadurch die Phänomene (im Sinne abhängiger Variablen) zu erzeugen, die untersucht werden sollen (das Wesen der kausal-genetischen Methode). Wenn im Sinne der Effekte von Unterricht psychische Neubildungen entstehen und entsprechend untersucht werden sollen, dann muss dies so geschehen, dass das System Unterricht erhalten bleibt und nicht, z.B. durch eine einseitige psychologische Fragestellung, abstraktiv reduziert wird.

Eine solche Strategie muss aus unterschiedlichen Perspektiven, u.a. erkenntnistheoretisch, lerntheoretisch als auch fachdidaktisch begründet werden und kann sich nicht lediglich auf eine interessante psychologische Fragestellung beziehen.

Genau diese Komplexität weist die Lehrstrategie des Aufstiegens vom Abstrakten zum Konkreten auf. Sie ist zugleich auf die Gestaltung wie die Erforschung von Unterricht gerichtet. Sie vereint erkenntnistheoretische, lern- und handlungstheoretische, pädagogisch-psychologische, pädagogische und fachdidaktische Momente, um der Komplexität von Unterricht gerecht werden zu können. Ihr Praxisbezug überzeugte bisher jeden, der mit ihr Erfahrungen sammeln konnte. Das in ihr praktizierte Vorgehen weist einen Weg zur Herstellung der Einheit von Theorie und Praxis, indem Theoriebildung und Praxisveränderung verbunden werden.

Anmerkung 1

Das bei der Anwendung der Lehrstrategie des Aufstiegens vom Abstrakten zum Konkreten praktizierte Vorgehen ist bisher zwar nicht für alle, jedoch für eine ganze Reihe von Domänen bereits ausführlich ausgearbeitet und empirisch geprüft worden (Giest & Lompscher 2006, Lompscher 2006). Einen Vorschlag, wie dies auch für transdisziplinäre bzw. domänenübergreifende Inhalte/ Lerngegenstände erfolgen kann, ist von Walgenbach (2000) unterbreitet worden, wobei eine umfassende empirische Validierung des hier entwickelten Ansatzes noch weitgehend aussteht (für erste Versuche – vgl. Giest & Walgenbach 2002). Ohne Zweifel ist dieser aus transdisziplinärer Perspektive erarbeitete Ansatz jedoch mit einer prinzipiellen Erweiterung der Transfermöglichkeiten des angeeigneten Wissens verbunden und weist auf einen Weg hin, das weiter oben benannte Problem der bislang weitgehend nicht realisierten inhaltlichen Verknüpfung der Aneignung vertikal (systematisches, kumulatives Lernen) und horizontal vernetzten Wissens (situiertes Lernen) einer Lösung zuzuführen.

Literatur

- Ackermann, E.K. (1998): New trends in cognitive development: Theoretical and empirical contributions. *Learning and Instruction*, Vol. 8, No 4, 375-386.
- Adey, Ph., Csapó, B., Demetriou, A., Hautamäki, J. & Shayer, M. (2007): Can we be intelligent about intelligence? Why education needs the concept of plastic general ability. *Education Research Review*, 2, 75-97.
- Allal, L. & Ducrey, P. (2000): Assessment of – or in - the zone of proximal development. *Learning and Instruction*, 10, 2, 137-152.
- Angeli, Ch. & Valanides, N. (2009): Instructional effects on critical thinking: Performance on ill-defined issues. *Learning and Instruction*, 19, 4, 322-334.
- Aufschnaiter, C. & Rogge, Ch. (2009): Im Physikunterricht wird zu viel erklärt. *Lernchancen*, 69/70, 54-59.
- Ausubel, D.P. (1963): *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune & Stratton.
- Ausubel, D.P. (1978): In defense of advance organizers: A reply to critics. *Review of Educational Research*, 48, 251-257.
- Ausubel, D.P. (1980/81): *Psychologie des Unterrichts*. Weinheim/ Basel: Beltz.
- Bildungskommission der Länder Berlin und Brandenburg (2003): *Bildung und Schule in Berlin und Brandenburg. Herausforderungen und gemeinsame Entwicklungsperspektiven*. Berlin: Wissenschaft & Technik Verlag.
- Billiett, S. (1996): Situated learning: Bridging sociocultural and cognitive theorising. *Learning and Instruction*, 6, 3, 263-280.
- Bransford J.D., Sherwood R.D., Hasselbring T.S., Kinzer, C.K. & Williams S. M. (1990): Anchored Instructions: Why we need it and how technology can help. In D. Nix & R. Spiro (Hrsg.), *Cognition, education and multimedia: Exploring ideas in high technology*, pp 115-141. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Brown, D.E. & Hammer, D. (2008): Conceptual change in physics. In St. Vosniadou, (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, pp. 127 -154. New York, London: Routledge.
- Caravita, S. & Halldén, O. (1994): Re-Framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 1, 89-112.
- Carey, S. & Spelke, E. S. (1994): Domain specific knowledge and conceptual change. In L.A. Hirschfeld & S.A. Gelmann (Eds.): *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*, pp. 169-200. Cambridge: Cambridge University Press.
- Carey, S. (1984): Cognitive development. The descriptive problem. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *Handbook of Cognitive Neuroscience*, pp. 37-66. New York: Plenum Press.
- Carey, S. (1985): *Conceptual change in childhood*. Cambridge M.C.: MIT Press.
- Carey, S. (1991): Knowledge acquisition: Enrichment or conceptual change? In S. Carey & R. Gelman (Eds.), *The epigenesis of mind. Essays on biology and cognition*, pp. 257-291. Hillsdale, NJ a.o.: Erlbaum.
- Carey, S. (1996): Cognitive domains as models of thoughts. In D. R. Olson & N. Torrance (Eds.), *Modes of thought: Exploration in culture and cognition*, pp. 187-250. New York: Cambridge University Press.
- Chi, M.T.H. (2008): Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In St. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, pp. 61-83. New York, London: Routledge.
- Cognition and Technology Group at Vanderbilt (1990): Anchored Instructions and its relationship to situated cognition. *Educational Researcher*, 19, pp 2-10.

- Collins, A., Brown, J. S. & Newman, S. E. (1989): Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction*, pp. 453-494. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Davydov, V. V. (1986): Problemy razvivajuščego obučeniya. – Moskva: Pedagogika. [Probleme des entwickelnden Unterrichts]
- Davydov, V.V. (1998): The concept of developmental teaching. *Journal of Russian and East European Psychology* 36, 4, pp. 11-36.
- Davydov, V.V. (Dawydow) (1977): *Arten der Verallgemeinerung im Unterricht*. Berlin: Volk und Wissen.
- Davydov, V.V. (Dawydow) (1988): Problems of developmental teaching. *Soviet Education* 30 (8), pp. 15-97, 30 (9), pp. 3-83, 30 (10), pp. 3-77.
- Davydov, V.V. (Dawydow) (1996): *Teorija razvijuščego obučeniya (Theorie des entwickelnden Unterrichts)*. Moskau: Intor.
- De Corte, E. (2000): Marrying theory building and the improvement of school practice: a permanent challenge for instructional psychology. *Learning and Instruction*, 10, pp. 249-266.
- Demuth, R., Ralle, B. & Parchmann, I. (2005): Basiskonzepte - eine Herausforderung an den Chemieunterricht. *CHEMKON*, 12, 2, 55-60.
- Dermitzaki, I., Leondari, A. & Goudas, M. (2009): Relations between young students' strategic behaviours, domain-specific self-concept, and performance in a problem-solving situation. *Learning and Instruction*, 19, 2, 144-157.
- Developmental Science*, 2 (1999) 2.
- Dignath, Ch., Buettner, G. & Langfeldt, H-P. (2008): How can primary school students learn self-regulated learning strategies most effectively? A meta-analysis on self-regulation training programmes. *Educational Research Review*, 3, 2, 101-129.
- diSessa, A.A. (2008): A bird's-eye view of the "pieces" vs. "coherence" controversy (From the "pieces" side of the fence). In St. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, pp. 35-60. New York, London: Routledge.
- Dockrell, J.E., Braisby, N. & Best, R.M. (2007): Children's acquisition of science terms: Simple exposure is insufficient. *Learning and Instruction*, 17, 6, 577-594.
- Duit, R., Treagust, D.F. & Widodo, A. (2008): Teaching science for conceptual change: theory and practice. In St. Vosniadou, (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, pp. 629-645. New York, London: Routledge.
- Einsiedler, W. (Hrsg.) (2011): *Unterrichtsentwicklung und Didaktische Entwicklungsforschung*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Edelmann, W. (1996, 2000): *Lernpsychologie*. Weinheim: Beltz.
- Eigler G. & Straka G. A. (1978): *Mastery learning, Lernerfolg für jeden?* München/Wien/Baltimore: Urban & Schwarzenberg.
- Eilks, I. (2002): Von der Rastertunnelmikroskopie zur Struktur des Wassermoleküls – Ein anderer Weg durch das Teilchenkonzept in der Sekundarstufe I (Teil 1), *Chemie und Schule*, 4, 17, 7-12.
- El'konin, D.B. (1989): *Izbrannye psihologičeskie trudy (Ausgewählte psychologische Arbeiten)*. Mosva: Pedagogika.
- El'konin, D.B. (1999): Toward the problem of stages in the mental development of children. In: P. Hakkarainen & N. Veresov (Eds.), *D.B. El'konin and the Evolution of Developmental Psychology*. *Journal*

- of Russian and East European Psychology, 37, 11-30; On the Theory of Primary Education, ebenda, 71-83; On the Structure of Learning Activity, ebenda, 84-92.
- Fischer, H.E. (2009): Wozu brauchen wir empirische Unterrichtsforschung in den naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken? Vortrag am ZfL der Universität Potsdam am 09.06.09.
- Gal'perin, P.J. (2004): Zur Untersuchung der intellektuellen Entwicklung des Kindes. In W. Jantzen (Hrsg.), Die Schule Gal'perins, S. 15-30. Berlin: Lehmann. (International Cultural-historical Human Sciences, Bd. 8)
- Gal'perin, P. Ya. (1969). Stages in the development of mental acts. In M. Cole & I. Maltzman (Eds.), A handbook of contemporary Soviet psychology, pp. 249-273. New York: Basic Books.
- Gallin, P. (2006): Kernideen als Brücke zwischen Erfahrung und Fachwissen. Pädagogik, 6, 10-13.
- Galperin, P.J. (1979): Die geistige Handlung als Grundlage für die Bildung von Gedanken und Vorstellungen. In: Galperin, P.J., Leontjew, A.N. et al. (Hrsg.) Probleme der Lerntheorie, S. 29-42. Berlin: Volk und Wissen.
- Galperin, P.J. (1980): Zu Grundfragen der Psychologie. Köln: Pahl-Rugenstein.
- Gentner, D.; Loewenstein, J. & Thompson, L. (2003): Learning and transfer: A general role for analogical encoding. Journal of Educational Psychology, 95, 2, 393-408.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (2001): Methodologie und Empirie zum Situierten Lernen. München: LMU. (Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie, Forschungsberichte, Nr. 137).
- Giesecke, H. (1998): Kritik des Lern nihilismus. Neue Sammlung, 38, 85-102.
- Giest, H. & Lompscher, J. (2006): Lerntätigkeit - Lernen aus kulturhistorischer Perspektive. Ein Beitrag zur Entwicklung einer neuen Lernkultur im Unterricht. Berlin: Lehmann. (ICHS - International Cultural-historical Human Sciences, Bd. 15)
- Giest, H. & Walgenbach, W. (2002): System-learning - a new challenge to education - bridging special field to transdisciplinary learning. In B. Zeltserman (Ed.), Obrazovanije 21 veka: dostizhenija i perspektivij. Mezhdunarodnij sbornik teoreticheskikh, metodicheskikh i prakticheskikh rabot po problemam obrazovanija (Education in the 21st century: Results and Perspectives. International anthology of theoretical, didactical and practical work on problems of education), pp. 21-37. Riga: experiment.
- Giest, H. (2003): Zur Entwicklung des begrifflichen Denkens im Grundschulalter. Psychologie in Erziehung und Unterricht, 50, 3, 235-249.
- Giest, H. (Hrsg.) (2006): Erinnerung für die Zukunft. Pädagogische Psychologie in der DDR. Berlin: Lehmann. (ICHS - International Cultural-historical Human Sciences, Bd. 17)
- Giest, H. (im Druck): Die goldene Regel der Mechanik - Was Maschinen leisten. Erscheint in Grundschulunterricht/ Sachunterricht, 4.
- Giest, H., Hartinger, A. & Kahlert, J. (Hrsg.) (2008): Kompetenzniveaus im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt. (Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Bd. 7)
- Gruber, H. (1999): Erfahrung als Grundlage kompetenten Handelns. Bern: Huber.
- Grygier, P., Günther, J., Kircher, E. (Hrsg.) (2007): Über Naturwissenschaften lernen. Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. 2. Aufl., 1. Aufl. 2004. Baltmannsweiler.
- Halldén, O. (1999): Conceptual change and contextualization. In W. Schnotz, St. Vosniadou & M. Carretero, New Perspectives on Conceptual Change, pp. 53-65. Amsterdam...: Pergamon.

- Halldén, O., Scheja, M. & Haglund, L. (2008): An intentional approach to meaning making and conceptual change. In St. Vosniadou, (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, pp. 509-532. New York, London: Routledge.
- Hasselhorn, M. & Gold, A. (2006): *Pädagogische Psychologie: erfolgreiches Lernen und Lehren*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Hasselhorn, M. & Mähler, C. (1998): Wissen, auf das Wissen baut: Entwicklungspsychologische Erkenntnisse zum Wissenserwerb und zum Erschließen von Wirklichkeit im Grundschulalter. In J. Kahlert (Hrsg), *Wissenserwerb in der Grundschule*, S. 73-90. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Helmke, A. (2007): Lernprozesse anregen und steuern. *Pädagogik*, 6, 44-47.
- Hijzen, D., Boekaerts, M. & Vedder, P. (2007): Exploring the links between students' engagement in cooperative learning, their goal preferences and appraisals of instructional conditions in the classroom. *Learning and Instruction*, 17, 6, 673-687.
- Höffler, T. N. (2007). *Lernen mit dynamischen Visualisierungen: Metaanalyse und experimentelle Untersuchungen zu einem naturwissenschaftlichen Lerninhalt*. Essen: Universität Duisburg-Essen. [Elektronische Dissertation].
- Hoffmann, J. (1993): *Vorhersage und Erkenntnis*. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe.
- Inagaki, K. & Hatano, G. (2008): Conceptual change in naive biology. In St. Vosniadou, (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, pp. 240-262. New York, London: Routledge.
- Jonassen, D. (2008): Model building for conceptual change. In St. Vosniadou, (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, pp. 676-693. New York, London: Routledge.
- Kaufman, D.R., Keselman, A. & Patel, V.L. (2008): Changing conceptions in medicine and health. In St. Vosniadou, (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, pp. 295-327. New York, London: Routledge.
- Keil, F.C. & Newman G.E. (2008): Two tales of conceptual change: What changes and what remains the same. In St. Vosniadou, (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, pp. 83-101. New York, London: Routledge.
- Kirschner, P.A.; Sweller, J. & Clark, R.E. (2006): Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist* 41,2, 75-86.
- Klafki, W. (1993): *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik*. Weinheim & Basel: Beltz.
- Klauer, K.J & Leutner, D. (2007): *Lehren und Lernen. Einführung in die Instruktionspsychologie*. Weinheim: Beltz.
- Klauer, K.J. (2001). Situiertes Lernen. In D. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*, S. 635 - 641. Weinheim: Beltz.
- Klauser, F. (1998): Problem-based Learning. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 1, 2, 273-293.
- Klieme, E. & Leutner, D. (2006): Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52, 6, 876-903.
- Klix, F. (1998): Begriffliches Wissen - episodisches Wissen. *Enzyklopädie der Psychologie. Themenbereich C, Praxisgebiete, Serie 2, Kognition*, Bd. 6., S.167-212. Göttingen: Hogrefe.
- Kollar, I. & Fischer, F. (2008): Was ist eigentlich aus der neuen Lernkultur geworden? *Zeitschrift für Pädagogik*, 52, 1, 49-62.
- Kolodner, J-U; Camp, P.J.; Crismond, D.; Fasse, B.; Gray, J.; Holbrook, J.; Puntambekar, S. & Ryan, M. (2003): Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science class-

- room: Putting Learning by Design into practice. *The Journal of the Learning Sciences*, 12, 4, 495-547.
- Kossakowski A. (2006): Die Rolle der Pädagogischen Psychologie im Bildungssystem der DDR. In: H. Giest (Hrsg.), *Erinnerung für die Zukunft. Pädagogische Psychologie in der DDR*. Berlin: Lehmanns Media, LOB.de, 2006, S. 9-22. (ICHS - International Cultural-historical Human Sciences, Bd. 17)
- Kossakowski, A. (1980): *Handlungspsychologische Aspekte der Persönlichkeitsentwicklung*. Berlin: Volk und Wissen.
- Kossakowski, A. (1991): Theoretische Ansätze zur Periodisierung der psychischen Entwicklung. In U. Schmidt-Denter & W. Manz (Hrsg.), *Entwicklung und Erziehung im ökologischen Kontext*, S. 68-80. München und Basel: Reinhardt.
- Köster, E. & Smendek, W. (1984): Zum Wesen und zur Funktion der Modellierung bei der systematischen Ausbildung der Lerntätigkeit. In: *Jahrbuch / Akademie der Pädagogischen Wissenschaften der DDR*, S. 292 - 305. Berlin: Volk und Wissen.
- Kuhn, D. (2009): Do students need to be taught how to reason? *Educational Research Review*, 4, 1, 1-6.
- Lander, H.-J. & Lange, K. (1996): Untersuchungen zur Struktur- und Dimensionsanalyse begrifflich repräsentierten Wissens. *Zeitschrift für Psychologie*, 204, 55-74.
- Larkin, J. H. (1985): Understanding, problem representations, and skill in physics. In S.F. Chipman, J.W. Segal, R. Glaser (Eds.), *Thinking and Learning Skills. Volume 2: Research and open questions*, pp. 141-159. Hillsdale: Erlbaum.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991): *Situated learning: legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lave, J. (1988): *Cognition in Practice*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Leach, J.T. & Scott, P.H. (2008): An approach drawing on individual and sociocultural perspectives. In St. Vosniadou, (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, pp. 647-675. New York, London: Routledge.
- Leont'ev, A.N. (1973): *Probleme der Entwicklung des Psychischen*. Frankfurt/M.: Fischer- Athenäum.
- Light, P. & Butterworth, G.E. (Eds.) (1993): *Context and cognition. Ways of learning and knowing*. New York: Harvester Wheatsheaf.
- Lohrmann, K. (2010a). (Un)ähnlichkeit zwischen naturwissenschaftlichen Phänomenen aus der Sicht von Grundschulkindern. Interviewstudien zum Structural Alignment. *Empirische Pädagogik* 24 (3), 264-285.
- Lohrmann, K. (2010b). Hebel. In M. Haider & A. Hartinger (Hrsg.), *Experimentieren im Sachunterricht* (S. 26-29). Berlin: Cornelsen.
- Lompscher, J. & Giest, H. (2010): Lehrstrategien. In: D.H. Rost (Hrsg.), *Handbuch Pädagogische Psychologie*, 437-446. (4., überarbeitete und erweiterte Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Lompscher, J. (1999): Learning activity and its formation: Ascending from the abstract to the concrete, pp. 139-166. In M. Hedegaard & J. Lompscher (Eds.), *Learning Activity and Development*, pp. 139-166. Aarhus: Aarhus University Press.
- Lompscher, J. (2006): *Tätigkeit - Lerntätigkeit - Lehrstrategie. Die Theorie der Lerntätigkeit und ihre empirische Erforschung*. Redaktionell bearbeitet und herausgegeben von H. Giest und G. Rückriem. Berlin: Lehmann. (ICHS - International Cultural-historical Human Sciences, Bd. 19)
- Lompscher, J. (Hrsg.) (1988): *Persönlichkeitsentwicklung in der Lerntätigkeit*. Berlin: Volk und Wissen, 3. Auflage.

- Lompscher, J. (Hrsg.) (1989): *Psychologische Analysen der Lerntätigkeit*. Berlin: Volk und Wissen.
- Mähler, C. (1999): Naive Theorien im kindlichen Denken. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 31, 2, 55-65.
- Mandl, H. & Spada, H. (Hrsg.) (1988): *Wissenspsychologie*. München- Weinheim: Psychologie-Verlags-Union.
- Marion, F. & Pang, M.F. (2008): The idea of phenomenography and the pedagogy of conceptual change. In St. Vosniadou, (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, pp. 533-559. New York, London: Routledge.
- Mayer, R. E. & Wittrock, M. C. (1996): Problem-solving and transfer. In D.C. Berliner & R.C. Calfee (Eds.), *Handbook of Educational Psychology*, pp.47-62. New York: Macmillan.
- Meichenbaum, D.W. (1977): *Kognitive Verhaltensmodifikation*. München: Urban & Schwarzenberg.
- Metz, K.E. (1995): Reassessment of developmental constraints on children's science instruction. *Review of Educational Research*, 65, 2, 93-127.
- Meyer, H. (2004): *Was ist guter Unterricht?* Berlin: Cornelsen-Scriptor.
- Mikelskis-Seifert, S. (2006): Lernen über Modelle: Entwicklung und Evaluation einer Kon-zeption für die Einführung des Teilchenmodells. In: Fischler, H.; Reiners, C.S. (Hrsg.): *Die Teilchenstruktur der Materie im Physik- und Chemieunterricht*, S. 165–198. Berlin: Logos.
- Mikelskis-Seifert, S.; Leisner, A. (2003): Das Denken in Modellen fördern. Ein Unterrichtsbei-spiel zur Entwicklung von Teilchenvorstellungen. *Naturwissenschaften im Unterricht, Physik*, 71, 32-34.
- Millhoffer, P. (2004): Der 'Inquiry Approach'- übergreifendes curriculares Prinzip in den USA und Kanada. In A. Kaiser & D. Pech (Hrsg.), *Basiswissen Sachunterricht, Bd.2*, S. 195-204. Ho-hengehren: Schneider.
- Möller, K.; Hardy, I.; Jonen, A.; Kleickmann, T. & Blumberg, E. (2006). *Naturwissenschaften in der Primarstufe – Zur Förderung konzeptuellen Verständnisses durch Unterricht und zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen*. In M. Prenzel, & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms BiQua*, S.(161–193. Münster: Waxmann.
- Murphy, P.K. & Alexander, P.A. (2008): The role of knowledge, beliefs, and interest in the conceptual change process: A synthesis and meta-analysis of the research, pp. 583-618. In St. Vosniadou, (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*. New York, London: Routledge.
- Nersessian, N.J. (2008): Mental modeling in conceptual change. In St. Vosniadou, (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, pp. 391-416. New York, London: Routledge.
- Oers, B. v. (1998): From context to contextualizing. *Learning and Instruction*, 30, 6, 473-488.
- Oers, B.v., Wardekker, W., Elbers E. & v.d. Veer, R. (Eds.)(2008): *The transformation of Learning*. Cambridge a.o.: Cambridge University Press.
- Pardon, E.-M. (1988): *Das Aufsteigen vom Abstrakten zum Konkreten im gesellschaftswissenschaftlichen Erkenntnisprozess unter besonderer Berücksichtigung der Dialektik von Wesen und Erscheinung*. Dissertation A: Universität Jena.
- Pintrich, P. R. (1999): Motivational beliefs as resources for and constraints on conceptual change. In W. Schnotz, St. Vosniadou & M. Carretero, *New Perspectives on Conceptual Change*, pp. 33-50. Amsterdam...: Pergamon.
- Popov, O. & Tevel, I. (2007): Developing prospective physics teachers' skills of independent experimental work using outdoors approach. *Journal of Baltic Science Education*, 6, 1, p. 47–57.

- Rakhkockhine, A. (2009): Grundschule und Grundschulforschung im östlichen Europa: Aktuelle Entwicklungen. In: Röhner, Ch., Henrichwark, Cl. & Hopf, M. (Hrsg.), *Europäisierung der Bildung*. Wiesbaden, S. 43-54. Verlag für Sozialwissenschaften. (Jahrbuch Grundschulforschung, Bd. 13)
- Reigeluth, C.M. (Ed.) (1987): *Instructional Theories in Action*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Reinmann, G. & Mandl, H. (2006): Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie*. Ein Lehrbuch, S. 613-658. (5. vollst. überarbeitete Auflage). Weinheim: Beltz.
- Reinmann, G. & Kahlert, J. (Hrsg.) (2007): *Der Nutzen wird vertagt... . Lengerich u.a.: Pa bst.*
- Reusser, K. (1998): Denkstrukturen und Wissenserwerb. *Enzyklopädie der Psychologie*. Themenbereich C, Praxisgebiete, Serie 2, Kognition, Bd. 6., S.115-166. Göttingen: Hogrefe.
- Rogoff, B. (1990): *Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context*. Oxford: Oxford University Press.
- Romero, M.F.G. (2004): Epistemological understanding and inductive inference: A study of physics in early childhood education. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology and Psychopedagogy*, 2, 1, 63-80.
- Roth, W.-M. (2008): The nature of scientific conceptions: A discursive psychological perspective. *Education Research Review*, 3, 30-50.
- Sak, A.S. (1984): *Razviti teoreticeskogo myslenija u mladsich skol'nikov* (Entwicklung theoretischen Denkens bei jüngeren Schulkindern). Moskva: Pedagogika.
- Säljö, J. (1999): Concepts, cognition and discourse: From mental structures to discursive tools. In W. Schnotz, St. Vosniadou & M. Carretero, *New Perspectives on Conceptual Change*, pp. 81-90. Amsterdam...: Pergamon.
- Schäfer, G.E. (1999): Frühkindliche Bildungsprozesse. *Neue Sammlung*, 39, 2, 213-226.
- Schänk, R.C.; Pano, A.; Bell, B. & Jona, M. (1993/1994): The design of goal-based scenarios. *The Journal of the Learning Sciences* 3(4), pp. 305-345.
- Schliemann, A.D. (1998): Logic of Meanings and situated cognition. *Learning and Instruction*, 9, pp 549-560.
- Schnotz, W. (2001): Conceptual change. In D. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*, S. 75 - 81. Weinheim: Beltz.
- Schnotz, W. (2006): *Pädagogische Psychologie*. Weinheim, Basel, Berlin: Beltz, PVU.
- Schnotz, W., Vosniadou, St. & Carretero, M. (Eds.)(1999): *New Perspectives on Conceptual Change*. Amsterdam...: Pergamon.
- Schrader, F-W., Helmke, A. & Hosenfeld, I. (2008). Stichwort: Kompetenzentwicklung im Grundschulalter. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 11, 1, 7-29.
- Schrempf, I. & Sodian, B. (1999): Wissenschaftliches Denken im Grundschulalter. Die Fähigkeit zur Hypothesenprüfung und Evidenzevaluation im Kontext der Attribution von Leistungsergebnissen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 3, 2, 67-77.
- Schwartz, D.L.; Varma, S. & Martin, L. (2008): Dynamic transfer and innovation. In St. Vosniadou, (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, pp. 479-508. New York, London: Routledge.
- Siebert, B. (2004): *Begriffliches Lernen und entwickelnder Unterricht. Grundzüge einer kulturhistorischen Didaktik für den integrativen Unterricht*. Berlin: Lehmann. (International Cultural-historical Human Sciences, Bd. 18)

- Siegler, R.S. (1989): Commentary. *Human Development*, 32, 104-109.
- Sinatra, G.M. & Mason, L. (2008): Beyond knowledge: Learner characteristics influencing conceptual change. In St. Vosniadou, (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, pp. 560-582. New York, London: Routledge.
- Smith, C. L., Maclin, D., Houghton, C. & Hennessey, M. G. (2000): Sixth-grade students' epistemologies of science: The impact of school science experiences on epistemological development. *Cognition and Instruction*, 18, 3, 349-422.
- Sodian, B. (1998): Wissenschaftliches Denken. In D.H. Rost, *Handwörterbuch der Pädagogischen Psychologie*, S. 566-570. Weinheim: Beltz, Psychologie Verlags Union.
- Sodian, B. (2002): Entwicklung begrifflichen Wissens. In R. Oerter & L. Montada (Hrsg.), *Entwicklungspsychologie*, S. 443-468. München, Weinheim: Psychologie Verlags Union. (vollständig überarbeitete 5. Auflage)
- Sodian, B., Jonen, A., Thoermer, C. & Kircher, E. (2006): Die Natur der Naturwissenschaften verstehen. Implementierung wissenschaftstheoretischen Unterrichts in der Grundschule. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms*, S. 147-160. Münster: Waxmann.
- Sodian, B.; Koerber, S.; Thoermer, C. (2006): Zur Entwicklung des naturwissenschaftlichen Denkens im Vor- und Grundschulalter. In: Nentwig, P. & Schanze, S. (Hrsg.): *Es ist nie zu früh! Naturwissenschaftliche Bildung in frühen Jahren*, S. 11-20. Münster: Waxmann.
- Spelke, E.S. (1999): Innateness, learning and the development of object representation. *Developmental Science*, 2, 2, 145-149.
- Spelke, E.S. (2002): Developmental neuroimaging: a developmental psychologist looks ahead. *Developmental Science*, 5, 3, 392-396.
- Star, J.R. & Rittle-Johnson, B. (2008): Flexibility in problem solving: The case of equation solving. *Learning and Instruction*, 18, 6, 565-579.
- Stark, R. (2003): Conceptual change: kognitiv oder situiert? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17, 2, 133-144.
- Stark, R., Gruber, H. & Mandl, H. (1999): Motivationale und kognitive Passungsprobleme beim komplexen situierten Lernen. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 44, 202-215.
- Stark, R., Gruber, H., Renkl, A. & Mandl, H. (1999): Instructional effects in complex learning: Do objective and subjective learning outcomes converge? *Learning and Instruction*, 8, 2, 117-130.
- Steiner, G. (2006). Lernen und Wissenserwerb. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch*, S. 163-202. Weinheim: Beltz.
- Stern, E. (2002): Wie abstrakt lernt das Grundschulkind? In: H. Petillon, H. (Hrsg.), *Individuelles und soziales Lernen in der Grundschule – Kindperspektive und pädagogische Konzepte*, S. 27-42. Opladen: Leske & Budrich. (Jahrbuch Grundschulforschung, Bd. 5)
- Sugarman, S. (1989): Commentary. *Human Development*, 32, 110-112.
- Taasobshirazia, G. & Carr, M. (2008): A review and critique of context-based physics instruction and assessment. *Educational Research Review*, 3, 2, 155-167.
- Talysina, N.F. (2001): Die Tätigkeitstheorie des Lernens als Grundlage einer neuen Didaktik. In W. Jantzen (Hrsg.), *Jeder Mensch kann lernen – Perspektiven einer kulturhistorischen (Behinderten-)Pädagogik*, S. 204-220. Neuwied; Kriftel; Berlin: Luchterhand.

- Talyzina, N.F. (2002): Psychologische Mechanismen von Verallgemeinerung. In E. Berger & G. Feuser (Hrsg.), *Erkennen und Handeln. Momente einer kulturhistorischen (Behinderten-)Pädagogik und Therapie*, S. 137-158. Berlin: ProBusiness.
- Thagard, P. (2008): Conceptual change in the history of science: Life, mind, and disease. In St. Vosniadou, (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, pp. 374-389. New York, London: Routledge.
- Tiberghien, A. (1994). Modelling as a basis for analyzing teaching – learning situations. *Learning and Instruction*, 4, 71–87.
- Trendel, G., Wackermann, R. & Fischer, H.E. (2008): Lernprozessorientierte Fortbildung von Physik Lehrern *Zeitschrift für Pädagogik*, 54, 3, 322- 341.
- Vosniadou, St. (2008a): Conceptual change research: An introduction. In St. Vosniadou, (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, i- xiii. New York, London: Routledge.
- Vosniadou, St. (Ed.) (2008): *International Handbook of Research on Conceptual Change*. New York, London: Routledge.
- Vosniadou, St., Vamvakoussi, X. & Skopeliti, I. (2008): The framework theory approach to the problem of conceptual change In St. Vosniadou, (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, pp. 3 -34. New York, London: Routledge.
- Vygotskij (Wygotski), L.S. (1987): *Ausgewählte Schriften*, Bd. 2: *Arbeiten zur psychischen Entwicklung der Persönlichkeit*. Berlin: Volk und Wissen.
- Vygotskij (Wygotski), L.S. (2002): *Denken und Sprechen*. Weinheim und Basel: Beltz.
- Vysozkaja, E.B. & Pavlova, B.B. (2007): Tätigkeitsbezogene Studien von Fächern in verschiedenen Unterrichtssystemen und die Qualität der Handlungsausführung (des Handelns). In W.W. Rubzov, N.I. Poliwanov, *Bildungsressourcen der Schule als Faktor der psychischen Entwicklung der Schüler*. Moskau: Obninsk. (Original: Высоцкая Е.В., Павлова В.В., (2007): Деятельностная проработка предмета в различных образовательных системах и качество усвоенных действий. В.В. Рубцова, Н.И. Поливановой *Образовательная среда школы как фактор психического развития учащихся Москва – Обнинск: ИГ-СОЦИН*, 2007. С. 223-250).
- Walgenbach, W. (2000): *Interdisziplinäre Systembildung - Eine Aktualisierung bildungstheoretischer Ansätze*. Frankfurt a. M.: Lang.
- Weinert, F. E. (2000). *Lehren und Lernen für die Zukunft – Ansprüche an das Lernen in der Schule*. *Pädagogische Nachrichten Rheinland-Pfalz*, 2, 1–17.
- Weinert, F.E. & Schrader, F.-W. (1997): Lernen lernen als psychologisches Problem. In F. E. Weinert & H. Mandl (Hrsg.), *Psychologie der Erwachsenenbildung*, S. 296-335. Göttingen u.a. Hogrefe, Verlag für Psychologie. (= Enzyklopädie der Psychologie: Themenbereich D, Praxisgebiete: Serie 1, Pädagogische Psychologie. Bd. 4)
- Weinert, F.E. (2001): *Entwicklung, Lernen, Erziehung*. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*, S. 121-131. Weinheim: PVU, Beltz.
- West, L.H. & Pines, A. L. (Eds.) (1985): *Cognitive Structure and Conceptual Change*. Orlando a.o.: Academy Press.
- White R.T. & Gunstone, R.F. (2008): The conceptual change approach and the teaching of science. In St. Vosniadou, (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, pp. 619-628. New York, London: Routledge.

- White, B.Y. & Frederiksen, J.R. (1998): Inquiry, modelling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16, 1, 3-118.
- Wittig, D., Gößler, K. & Wagner, K. (1980): *Marxistisch-leninistische Erkenntnistheorie*. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Zukerman, G.A. (2005): Das System D.B. Elkonins - W.W. Dawydows als Ressource zur Steigerung der Kompetenz russischer Schüler. *Fragen der Psychologie*, 4, 84-95. (Original: Г.А. Цукерман (2005): Система Д.Б. Эльконина – В.В. Давыдова как ресурс повышения компетентности российских школьников. *Вопросы психологии*, 2005, №4, с. 84-95).

Sachregister

Abstraktion
 empirische
 theoretische
 Aneignung von Wissen
 Aufsteigen vom Abstrakten zum
 Konkreten
 Begriffsbildung
 Alltagsbegriff
 wissenschaftlicher Begriff
 Conceptual change
 Dekontextualisierung
 Lernen
 situatives
 systematisches
 Lehrstrategie AK
 Sinnkonstruktion
 Rekontextualisierung
 Repräsentation
 begriffliche
 Wissenstransfer

Personenregister

Ackermann
 Adey
 Alexander
 Allal
 Allolio-Näcke
 Angeli
 Aufschneider
 Ausubel
 Bell
 Berger
 Berliner
 Best
 Billett
 Blumberg
 Boekaerts
 Braisby
 Bransford
 Brown
 Buettner
 Butterworth
 Calfee
 Camp
 Caravita
 Carey
 Carr
 Carretero
 Chi
 Chipman
 Clark
 Cole
 Collins
 Crismond
 Csapó

Davydov	Gray
De Corte	Gruber
Demetriou	Grygier
Demuth	Gunstone
Dermitzaki	Günther
Dignath	Haglund
diSessa	Haider
Dockrell	Hakkarainen
Ducrey	Halldén
Duit	Hammer
Edelmann	Hardy
Eigler	Hartinger
Eilks	Hasselbring
Einsiedler	Hasselhorn
El'konin	Hatano
Elbers	Hautamäki
Fasse	Hedegaard
Feuser	Helmke
Fischer, F.	Hennessey
Fischer, H.E.	Henrichwark
Fischler	Hijzen
Frederiksen	Hirschfeld
Gal'perin	Höffler
Gallin	Hoffmann
Gazzaniga	Holbrook
Gelmann	Hopf
Gentner	Hosenfeld
Gerstenmaier	Houghton
Giesecke	Inagaki
Giest	Jantzen
Glaser	Jona
Gold	Jonassen
Gößler	Jonen
Goudas	Kahlert

Kaiser	Maclin
Kaufman	Mähler
Keil	Maltzman
Keselman	Mandl
Kinzer	Manz
Kircher	Marion
Kirschner	Martin
Klafki	Mason
Klauer	Mayer
Klauser	Meichenbaum
Kleickmann	Metz
Klieme	Meyer
Klix	Mikelskis-Seifert
Koerber	Millhoffer
Kollar	Möller
Kolodner	Montada
Kossakowski	Murphy
Köster	Nentwig
Krapp	Nersessian
Kuhn	Newman
Lander	Nix
Lange	Oers
Langfeldt	Oerter
Larkin	Olson
Lave	Pang
Leach	Pano
Leisner	Parchmann
Leondari	Pardon
Leont'ev	Patel
Leutner	Pavlova
Light	Pech
Loewenstein	Petillon
Lohrmann	Pines
Lompscher	Pintrich

Poliwanov	Scott
Popov	Segal
Prenzel	Shayer
Puntambekar	Sherwood
Rakhkochkine	Siebert
Ralle	Siegler
Reigeluth	Sinatra
Reiners	Skopeliti
Reinmann	Smendek
Renkl	Smith
Resnick	Sodian
Reusser	Spada
Rittle-Johnson	Spelke
Rogge	Spiro
Rogoff	Star
Röhner	Stark
Romero	Steiner
Rost	Stern
Roth	Straka
Rubzov	Sugarman
Rückriem	Sweller
Ryan	Taasoobshirazia
Sak	Talysina
Säljö	Tevel
Schäfer	Thagard
Schänk	Thoermer
Schanze	Thompson
Scheja	Tiberghien
Schliemann	Torrance
Schmidt-Denter	Treagust
Schnotz	Trendel
Schrader	v.d. Veer
Schrempp	Valanides
Schwartz	Vamvakoussi

Varma
Vedder
Veresov
Vosniadou
Vygotskij
Vysozkaja
Wackermann
Wagner
Walgenbach
Wardekker
Weidenmann
Weinert
Wenger
West
White
Widodo
Williams
Wittig
Wittrock
Zeltserman
Zukerman