

Karin Ernst  
Lernen mit Sinn und Verstand -  
neuere Erkenntnisse zum  
Entdeckenden Lernen

Aus:

Angela Bolland u.a. (Hrsg.):  
Lernwege zum Thema Balance.  
Dokumentation der 10. bundesweiten  
Fachtagung  
der Lernwerkstätten

22.-26.9.1997 in Bredbeck bei Bremen

Bremen: Universität Bremen und Pädagogik-Kooperative, August 1998

S. 116 - 131

Karin Ernst

## Lernen mit Sinn und Verstand – neuere Erkenntnisse zum Entdeckenden Lernen<sup>1</sup>

### Die Ausgangsfrage

„Ist das jetzt eine Glaubensfrage, daß Entdeckendes Lernen mehr bringt als anderes Lernen? Oder gibt es dafür konkrete Beweise?“ Diese Frage wurde Hubert Dyasi nach seinem Vortrag „On Inquiry“ (vgl. Dyasi 1996) bei der 8. bundesweiten Fachtagung der Lernwerkstätten in Ludwigsfelde gestellt (S. 119). Dyasi antwortete unter Bezug auf eine umfangreiche meta-analytische Studie aus den USA, deren Ergebnisse 1983 publiziert worden waren (vgl. Shymansky / Kyle / Alport 1983), daß die Schülerinnen und Schüler, die seit den 50er Jahren entsprechend der ‚neuen‘ Curricula unterrichtet worden seien, gegenüber denen, die auf traditionelle Weise gelernt hätten, in entscheidenden Dimensionen des Schulerfolgs – Fähigkeit zur Kommunikation und zum Problemlösen, mathematisches Denken, Erinnerung von Fakten – alles in allem besser abgeschnitten hätten als die anderen (vgl. Dyasi 1996, S. 120; auch Worth u.a, S. 21), - was also wollten wir mehr?

Differenziertere Antworten vielleicht, wie sie im Rahmen einer kurzen Diskussion nach einem Vortrag nicht zu geben waren. Mich hat diese Frage seitdem immer wieder beschäftigt, zum einen, weil ich den Eindruck hatte, die zitierte Studie habe möglicherweise einen zu allgemeinen Begriff von Entdeckendem bzw. ‚neuem‘ Lernen zugrunde gelegt, bei dem die Abgrenzung gegenüber dem traditionellen Lernen dem heutigen Denken nicht entspräche, und zum anderen, weil ich gerne genauer gewußt hätte, was eigentlich das Besondere am Entdeckenden Lernen ist, das es zur ‚besseren‘ Lernweise macht.

Um mein Frageinteresse und das damit für mich verbundene Problem noch einmal genauer zu beschreiben: Die neuen Curricula

---

<sup>1</sup> Erweiterte Fassung von Vortrag und Diskussion anlässlich der 10. bundesweiten Fachtagung der Lernwerkstätten in Bredbeck im September 1997.

in den Naturwissenschaften, die in den USA seit den 50er Jahren entstanden sind und auf die sich die oben genannte Teilstudie bezieht<sup>2</sup>, stellten zwar alle eine Abkehr von der Vermittlung vieler, kurz gefaßter und oft unzusammenhängender Fakten dar und rückten statt dessen Schülerversuche und die damit verbundene Förderung der Entwicklung wissenschaftlichen Denkens in den Mittelpunkt. Sie enthielten in mehr oder minder großem Umfang Elemente, die geeignet waren, Entdeckungsprozesse zu initiieren und damit den Schülerinnen und Schülern die Prozeßhaftigkeit und Entwicklungsfähigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnis nahezubringen (vgl. DeBoer 1991, S. 147-172, Watson/Kopnick 1990, S. 2f.). Trotzdem war die pädagogische Spannweite der damit verbundenen Unterrichtskonzepte sehr groß. Die drei für den Grundschulbereich entwickelten Curricula beispielsweise betonten entweder relativ offene, unstrukturierte Entdeckungsprozesse entlang den Fragen und Ideen der Kinder (Elementary Science Study) oder ein hoch strukturiertes Einüben in wissenschaftliche Fähigkeiten (Science – A Process Approach) oder das vorgeplante Durchlaufen vorgegebener Untersuchungsphasen bei vorgegebenen Experimenten (Science Curriculum Improvement Study; zu allen vgl. DeBoer 1991, S. 158). Was „Entdeckendes Lernen“ bei Kindern und Jugendlichen ausmachen könnte, war zu dem Zeitpunkt, als die Curricula entwickelt wurden, selbst ein noch zu erforschendes Gebiet (vgl. auch DeBoer S. 158-166), so daß sich eigentlich nicht sagen läßt, welche Elemente Entdeckenden Lernens – etwa das freie Forschen und Fragen der Kinder oder die Betonung der grundlegenden Konzepte im naturwissenschaftlichen Denken oder die Einschränkung

---

<sup>2</sup> Die Meta-Analyse wurde von mehreren Forschungsgruppen zu unterschiedlichen Aspekten durchgeführt und hat sich auf etwa 3000 Artikel bezogen, die über das ERIC-Clearinghouse zur Verfügung standen. Die Auswertung ist im Journal of Research in Science Teaching, Vol. 20, No. 5, 1983 nachzulesen.

der Stofffülle zugunsten der vertieften Auseinandersetzung mit wichtigen Inhalten – zum Erfolg dieser Curricula hinsichtlich der größeren Leistungsfähigkeit der Kinder beigetragen haben könnten.

In Bezug auf die Auseinandersetzung mit Entdeckendem Lernen in Deutschland, auch und gerade im Rahmen der Lernwerkstätten, befinden wir uns meines Erachtens ebenfalls noch in einer unklaren Situation. Entdeckendes Lernen kann immer noch vor allem – mehr oder weniger ausgeprägt – in Workshops für Erwachsene erfahren werden, im Rahmen meiner eigenen Arbeit auch orientiert an einem fortschreitenden Erkenntnisstand, der sich in vielem parallel zur Entwicklung in den USA und England herausbildet. Trotzdem ist „erfahren“ noch nicht „selbst verwirklichen“; aus den Workshops für Erwachsene wird nur gelegentlich auch Entdeckendes Lernen für Kinder. Viele wichtige Elemente Entdeckenden Lernens, die wir in der Lernwerkstatt-Arbeit experimentell gefunden haben, werden überdies, sobald wir sie verallgemeinern und weitergeben, anders verstanden und angewandt, weil sie offensichtlich im Rahmen älterer Vorstellungen von Lernen, Unterricht und Schule interpretiert werden. So diskutieren wir bundesweit immer wieder neu, welchen Charakter die Fragen haben, die einen Entdeckungsprozeß einleiten sollen, was die Aufgabe der Lehrenden ist - ob sie nicht zu einem bestimmten Zeitpunkt vermitteln sollten, was „richtig“ ist oder ob sie vielleicht überhaupt nicht eingreifen sollten -, ob das „natürliche Lernen“, das ohne Schule stattfindet, nicht das bessere Lernen ist, ob die naturwissenschaftliche Sicht auf die Welt nicht verengt, überbetont kognitiv und allzu wert-

neutral ist und dabei Gefühle und Kreativität verlorengelassen, und vieles mehr.

Zu all diesen Fragen habe ich zwar eine aus Erfahrung gewonnene Position, aber auch immer wieder neue Fragen. Deshalb suche ich nach Möglichkeiten, Entdeckendes Lernen besser zu verstehen, verständlicher zu verallgemeinern und von anderen Lernweisen klarer abzugrenzen – auch in der Hoffnung, es damit anderen besser erklären zu können.

Insbesondere in den letzten zwei, drei Jahren sind nun im englischsprachigen Raum eine Fülle von zusammenfassenden Studien zu Lernen und Schule erschienen, die genauere Hinweise dazu geben können, warum Entdeckendes Lernen die bessere Lernweise sein könnte und welche Aspekte dazu im einzelnen beitragen. Diese Studien sind in ganz unterschiedliche bildungspolitische Zusammenhänge eingebunden, innerhalb derer Entdeckendes Lernen einen neuen und eigenen Stellenwert gewinnt.

Ich möchte im folgenden einen ersten Einblick in diese Arbeiten und ihre verschiedenen Argumentationsketten geben und sie durch einige Beispiele – auch aus meiner eigenen Arbeit – illustrieren. Vor allem aber möchte ich dazu anregen, sich auf diese Studien und Fragestellungen selbst einzulassen. Um noch einmal an Hubert Dyasi anzuschließen: „Es gibt andere Gruppen in der Welt, die sich in der gleichen spannenden Arbeit engagieren, die ihr auf Euch genommen habt. Diese Gruppen warten auf eure Beiträge, und für Euch könnte es wichtig sein, aus deren Erfahrungen und Einsichten zu lernen.“ (Dyasi 1996, S. 116)

## **Der bildungspolitische Kontext für Entdeckendes Lernen in den USA und in England**

Im folgenden werde ich zunächst den bildungspolitischen Rahmen skizzieren, in den die Studien, auf die ich dann hinweise, eingebunden sind, um anschließend zentrale Ideen und Erkenntnisse aus der neueren Lernforschung, der Curriculum-Entwicklung und der Schulentwicklungsforschung darzustellen und wesentliche Aussagen zu illustrieren. Dabei beziehe ich mich auf die beiden Länder, in

denen Entdeckendes Lernen mindestens seit den 60er Jahren immer wieder eine wichtige Rolle in der Schulreform spielt, nämlich die USA und England.<sup>3</sup> Der Schwerpunkt der Diskussion liegt dabei auf der Reform des natur-

<sup>3</sup> Im Vereinigten Königreich von Großbritannien erfolgt die Übernahme „englischer“ Bildungsreformen durch die Landesteile Wales, Schottland und Nord-Irland nicht automatisch.

wissenschaftlichen Unterrichts, denn dies ist traditionell die Domäne des Entdeckenden Lernens. Doch war und ist Entdeckendes Lernen meiner Erfahrung nach vor allem dann interessant, wenn das Prinzip des forschenden Denkens und Handelns, ausgehend von alltäglichen Problemstellungen, sich auch in anderen Fachgebieten wiederfinden läßt und sich mit kreativen Ausdrucksmöglichkeiten verbindet. Deshalb suche ich im folgenden auch nach solchen Ansatzpunkten.

### **„Inquiry“ in der Bildungspolitik der USA**

Die USA erleben zur Zeit einen bildungsreformerischen Boom, der sich in ausführlichen Berichten über Schulreform-Projekte, in Bildungsplänen, in der Gründung reformunterstützender Institutionen und in der Veröffentlichung einer Fülle von Forschungsberichten zeigt, die einzelne Aspekte veränderten Lernens beleuchten. Die Aufbruchstimmung, die durch die Veröffentlichungen weht, aber auch die Ideen und Handlungsansätze erinnern in vielem an die 60er und frühen 70er Jahre, die amerikanische Autorinnen und Autoren im Rückblick als das „Goldene Zeitalter“ der Bildungsreform beschreiben (vgl. u.a. Watson/Kopniecek 1990, S. 2).

Die Reformphase folgt auf eine Zeit harter Kritik am Bildungswesen. Zu Beginn der 80er Jahre wurde in großen Untersuchungsberichten der Zustand des öffentlichen Schulwesens beklagt. Die damit eingeleitete Diskussion über Ursachen der Misere, Erfolg oder Mißerfolg bisheriger Reformen und Möglichkeiten der Veränderung ist offensichtlich für viele WissenschaftlerInnen der Anfang neuer Forschungsinitiativen gewesen, denn viele aktuelle Veröffentlichungen nehmen auf diese Zeit Bezug.

Aus heutiger Sicht wird oft festgestellt, daß die in die Curriculumreform der 60er Jahre gesteckten Anstrengungen nur zu geringen Veränderungen in der Schule geführt hätten: die Unterrichtsmethoden hätten sich bis in die 80er Jahre, trotz gelegentlicher Lippenbekenntnisse zum Entdeckenden Lernen, gegenüber denen der 50er Jahre nicht wirklich verändert – die Naturwissenschaften wären auch weiterhin als ein zusammenfassendes System von Fakten unterrichtet worden, und die Kinder hätte man als ‚leere Schiefertafeln‘ betrachtet, auf die die Lehrer zu schreiben

gehabt hätten (vgl. u.a. Watson/Kopniecek 1990, S. 3).

Doch kam bereits damals die Kritik nicht nur von außen, sondern auch von den progressiven Bildungsreformerinnen und –reformern selbst. Vor allem die Gruppe, die mit der Curriculumreform ein verändertes Lernen angestrebt hatte und mit „Elementary Science Study“ und „African Primary Science“ verbunden war, setzte sich sehr kritisch mit dem (nicht) Erreichten auseinander. Die Konferenz „This Side of the Rainbow“ (vgl. Worth u.a.), die zur Zeit des Wahlkampfes der „Rainbow Coalition“ 1984 veranstaltet wurde, um die Möglichkeit für neue bildungspolitische Initiativen, insbesondere im Bereich des naturwissenschaftlichen Lernens, zu prüfen, war ein wesentlicher Auftakt zu den Bemühungen, „Inquiry“ als Leitprinzip im Bildungssystem zu etablieren. Weil ihr Einfluß bis heute zu spüren ist, möchte ich hier einen kurzen Einblick in die damalige Diskussion geben.

Als wesentliche Kritikpunkte wurden in den verschiedenen Vorträgen und Statements genannt:

Die früheren Bemühungen um eine grundlegende Bildungsreform seien gescheitert, denn das einzige Curriculum – Elementary Science Study –, das einen Sinn für anderes, nämlich aktives, entdeckendes Lernen entwickelt habe, sei nur von 15 % der Schulbezirke übernommen worden und werde in der Grundschule nur von 5 % der LehrerInnen benutzt (vgl. ebd., S. 21)<sup>4</sup>. Dies könne nicht an der Qualität des entwickelten Curriculums liegen, denn verschiedene Evaluationsstudien<sup>5</sup> hätten gezeigt, daß durch die andere Art des Lernens auch die Lese-, Sprach- und Denkfähigkeiten positiv beeinflusst und sogar Fakten besser erinnert würden, obwohl dies gar nicht zu den Hauptzielen des Projekts gehört habe (vgl. ebd.).

---

<sup>4</sup> Der Wissenschaftshistoriker DeBoer beschreibt es heute allerdings unter Bezugnahme auf einige große Überblicksstudien aus den 70er Jahren eher als Erfolg, daß landesweit etwa in einem Drittel aller Grundschulen und in Zweidrittel der weiterführenden Schulen neue Curricula eingeführt worden seien (vgl. De Boer 1991, S. 167).

<sup>5</sup> Neben der bereits erwähnten von Shymansky/Kyle/Alport auch ein Forschungsbericht von Ruth Wellman im Auftrag der National Science Teacher Association (vgl. Worth u.a., S. 21).

Als Begründung für die Schwierigkeiten der Realisierung wurde aus dem Blickwinkel eines Schulberaters genannt, daß Entdeckendes Lernen in den Klassen eine Menge ‚Durcheinander‘ verursache, mit Materialaufwand verbunden sei, damit mehr Arbeit mache, andererseits aber nicht so leicht abfragbares, Test-taugliches Wissen produziere wie herkömmlicher Unterricht und den Lehrerinnen und Lehrern grundlegende Kenntnisse in der adäquaten Begleitung von entdeckenden Lernprozessen mit Hilfe sokratischer Fragetechniken fehlten. Allerdings konnten in dem Schulbezirk, aus dem hier berichtet wurde, auch wirksame Unterstützungsmaßnahmen angeboten werden: ein zentraler Material- und Geräteservice zur Unterstützung von Unterrichtsvorhaben und Fortbildungen in sokratischer Gesprächsführung (vgl. Worth u.a., S. 24-26).

Vito Perrone, Begründer des Centers for Teaching and Learning an der University of North Dakota und einer der einflußreichsten reformpädagogisch orientierten Bildungsreformer in den USA, argumentierte im gleichen Zusammenhang, daß ESS, bzw. das Entdeckende Lernen gesellschaftliche Wertvorstellungen wie Sicherheit, Ordnung, Gehorsam und Konformität in Frage gestellt habe, eine Herausforderung für das gesamte schulische Lernen gewesen sei und deshalb in schwierigeren ökonomischen Zeiten wohl nicht mehr akzeptabel wäre (vgl. Worth u.a., S. 28).

Weitere Gründe für den geringen Erfolg sehen er und seine KollegInnen im überbordenden Test(un)wesen zur Bestimmung von Schulerfolg, in der mangelnden Ausrichtung von Lehreraus- und -fortbildung auf die pädagogischen Anforderungen der neuen Curricula, in der fehlenden Übertragung der entwickelten Grundhaltung – forschendes Fragen, Offenheit des Denkens, Skeptizismus – auf andere Bereiche des schulischen Lernens und im Fehlen von Beschreibungen guter pädagogischer Praxis, die aus den Plänen folgte (vgl. Worth u.a., S. 27-30).

Diese Selbstkritik wurde meines Erachtens zu einem ganz wesentlichen Motor der Aktivitäten, die nun, mehr als zehn Jahre später, zu umfassenderen, auf die Reform des Bildungssystems insgesamt zielenden Veränderungsvorschlägen führen. In Schulversuchen, Forschungsprojekten und Kommissionsarbeit wurde aktiv nach Wegen gesucht, das andere Lernen besser zu verankern und mehr Menschen durch beispielhafte Arbeit zu überzeugen. In einer ganzen Reihe von Pro-

jekten ist die Handschrift der bereits seit den 60er Jahren aktiven Bildungsreformer – Vito Perrone, Hubert Dyasi, Eleanor Duckworth, George Hein, Karen Worth, usw. – erkennbar.

Inzwischen wird der damals vermutete ‚negative‘ Zusammenhang zwischen Bildungsreform und Ökonomie auch bemüht, um daraus ein Plädoyer für verändertes Lernen abzuleiten. Beziehungen, wie sie David Perkins noch 1992 zwischen der sinkenden Produktivität in den USA und dem auf Faktenlernen ausgerichteten Bildungswesen einerseits und der prosperierenden Ökonomie in West-Deutschland (im Verein mit Japan, der Schweiz, Singapur und Dänemark) und seinem angeblich an der Schulung der Denkfähigkeit orientierten Bildungswesens herstellt, verdienten eine eigene Betrachtung, die ich mir hier jedoch sparen will (vgl. Perkins 1992, S. 37-40). Zu der Vermutung, daß grundlegende Änderungen im Bildungsverständnis in Richtung auf mehr Offenheit, Kreativität und Förderung des Denkens und Verstehens auch positive Wirkungen auf die wirtschaftliche Entwicklung haben könnten, hat sicher auch die Feststellung beigetragen, daß das konforme und traditionelle Lernen der späten 70er und folgenden 80er Jahre keinesfalls zu einer Belebung der Ökonomie und nachfolgender wirtschaftlicher Sicherheit beigetragen hat.

Alles in allem hat sich aus der Kritik und den vielen kontroversen Diskussionen über die Ursachen der Bildungsmisere in den 80er Jahren, so scheint es zumindest von außen, inzwischen eine reformfreudige Bildungslandschaft entwickelt, in der Initiativen aller Art blühen, aber vor allem und ganz wesentlich darauf hingearbeitet wird, ein verändertes Verständnis von Lernen plausibel und realisierbar zu machen.

Zu den herausragenden Initiativen der heutigen Zeit gehören aus meiner Sicht folgende Projekte:

- ☼ Die Etablierung von „Inquiry“ (entdeckend-konstruktivem Lernen) als Kern und Lernweise des naturwissenschaftlichen Unterrichts vom Kindergarten bis zum Schulabschluß:

Als Meilenstein sind hier die Ende 1995 veröffentlichten „National Science Education Standards“ zu sehen, die in einem Gesamtentwurf für die Reform der natur-

wissenschaftlichen Bildung wünschenswerte Veränderungen in den Unterrichtsmethoden, der Lehrerbildung, der Auswahl von Inhalten, den Prüfverfahren und der Organisation und Finanzierung des Bildungssystems insgesamt beschreiben (vgl. National Research Council, [4] 1996). Die Standards setzen die früheren Entwürfe anderer Gruppen fort und werden durch gesetzgeberische Leitlinien zur Bildungsreform abgesichert (vgl. den Überblick bei Rasmussen 1995 und Knuth/Jones/Baxendale 1991). Im Umfeld der Standards sind weitere Veröffentlichungen entstanden, die beispielsweise die Planung entsprechender Reformen für die Grundschulen eines Schulbezirks in den Mittelpunkt stellen und durch Fallstudien illustrieren (vgl. National Science Resources Center 1997) oder Hinweise für das erfolgreiche Entwerfen von Lehrerfortbildungsprogrammen für das mathematische und naturwissenschaftliche Lernen geben (vgl. Loucks-Horsley u.a. 1998).

- ⊗ Die Entwicklung und Erprobung neuer Methoden der Bewertung von Lernerefolgen jenseits der standardisierten Tests:  
„Portfolio Evaluation“ - d.h. die Auseinandersetzung mit dem in Projektberichten und anderen Materialien dokumentierten Lernen der einzelnen Kinder und dessen Einordnung in die innerhalb einer Schule entwickelten Vorstellungen von Lernerfolg – wird in vielen Schulen erprobt; Kathie Jervis dokumentiert die Möglichkeiten dieses Vorgehens in besonders eindrucksvollen Fallstudien (vgl. Jervis 1996). Für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Grundschule beschreiben George Hein und Sabra Price eine Fülle ganz unterschiedlicher Verfahren – Brainstormings, Zeichnungen, Arbeitsdokumentationen, Befragungen, usw. –, die über das (entdeckende) Lernen der Kinder Auskunft geben können (vgl. Hein/Price 1994, S. 13-51). Auch die „Standards“ enthalten entsprechende Beispiele; insgesamt geht diese Diskussion aber weit über die Reform des naturwissenschaftlichen Unterrichts hinaus (vgl. Perrone 1991).
- ⊗ Umfangreiche regionale Schulreformprojekte in Zusammenarbeit von Universitäten

und Schulen, wie das bereits seit den 70er Jahren bestehende „Project Zero“ von Howard Gardner und David Perkins und das mit ihm verbundene, unter der Leitung von Vito Perrone entwickelte aktuelle Projekt „Teaching for Understanding“ der Harvard-Universität:

Hier geht es nicht darum, Forschungsergebnisse, wie die von Gardner zur multiplen Intelligenz und zum kindlichen Lernen in der Schule nur ‚umzusetzen‘ oder ‚anzuwenden‘, sondern um die Entwicklung einer anderen, aus den Möglichkeiten der Praxis heraus entworfenen Pädagogik (vgl. Perkins 1993, Stone-Wiske 1998). Im Mittelpunkt steht das ‚Verstehen‘, und dies bedeutet für die Lernenden, ‚nicht nur etwas zu wissen, sondern fähig zu sein, mit diesem Wissen zu denken‘, sinnvoll zu argumentieren, ein Problem zu lösen, o.ä. (vgl. Perkins 1998, S. 41). Deshalb wird immer wieder versucht, die Bedeutung des konkreten Verständnisses eines Sachverhaltens bei der Lösung realer Probleme erfahrbar zu machen (vgl. Perkins 1993). „Teaching for Understanding“ bezieht sich auf alle Bereiche des Curriculums und experimentiert mit vielfältigen Wegen der Unterrichtsgestaltung, Entdeckendes Lernen ist eine Möglichkeit unter anderen (vgl. die Praxisberichte in Stone-Wiske 1998, S. 122-158).

- ⊗ Die Anwendung von Lernweisen in der Lehrerbildung, die dem erwünschten Lernverständnis – Lernen als aktive, persönliche Konstruktion von Erkenntnis im Austausch mit anderen – für den Schulunterricht entsprechen:  
Ein besonderes Merkmal vieler Projekte, die die Veränderung des alltäglichen Unterrichts zum Ziel haben, ist die langfristige Beratung am Arbeitsplatz durch ProjektmitarbeiterInnen der Universität oder Forschungseinrichtung, die das Projekt entworfen hat. Auf diese Weise werden interessierte Lehrerinnen und Lehrer dabei unterstützt, eine jeweils eigene, d.h. den persönlichen und konkreten schulischen Möglichkeiten entsprechende Variante des grundlegenden Projektgedankens zu entwickeln und dies im Austausch mit anderen – KollegInnen in der eigenen und in anderen Schulen, der Forschungsgruppe, usw. – zu reflektieren (vgl. z.B. Stone-

Wiske/Hetland/Buchovecky 1998; Jervis 1996, S. 19-22; Watson/Kopnick 1990, S. 11; Beattie 1995).

Eine Variante dieses Ansatzes ist die Unterstützung von Lehrerinnen und Lehrern bei der Erforschung ihres Unterrichts und die damit verbundene Wiederbelebung der Aktionsforschung als Mittel der Schulentwicklung (vgl. Shagoury-Hubbard/Miller-Power 1993, Hollingsworth 1997, Wells/Chang-Wells 1992, Wells u.a. 1994<sup>6</sup>).

Spezifischer auf das Lernen des Entdeckenden Lernens bezogen sind Workshops, in denen Lehrerinnen und Lehrer eigenen Fragen in Bezug auf alltägliche Phänomene nachgehen (vgl. Warren u.a., 1992); das New Yorker Workshop Center ist hierfür aufgrund seiner inzwischen 25jährigen Erfahrung auf diesem Gebiet ein oft dargestelltes Modell und entwickelt gleichzeitig selbst neue Programme (vgl. Loucks-Horsley u.a. 1998, S. 48-53; Dyasi 1998).

- ⊛ Die Vernetzung der vielen einzelnen Initiativen und die Gründung reformbegleitender Institutionen:

Nationale Reformnetzwerke sind u.a. das „Project Zero“ der Harvard University, die „Coalition of Essential Schools“ und „Foxfire“; diese Gruppen beteiligen sich wiederum am „Four Seasons“-Projekt über authentische Beurteilungsverfahren, das vom „National Center for Restructuring Education, Schools, and Teaching (NCREST) am Teachers College der Columbia University begleitet wird (vgl. Jervis 1996, S. 2f.).

Das amerikanische Bildungsministerium hat durch das „National Eisenhower Mathematics and Science Education Program“ eine Reihe von regionalen pädagogischen Zentren aufgebaut; die Liste dieser und weitere Institutionen ist im World Wide Web zugänglich (vgl. Rasmussen 1995).

Elektronische Vernetzung spielt in den letzten beiden Jahren überhaupt eine gro-

ße Rolle bei der Unterstützung der Bildungsreform: Im World Wide Web wurden inzwischen u.a. Chats über Entdeckendes Lernen im Unterricht (vgl. Dyasi 1996), über Konstruktivismus in der naturwissenschaftlichen Grundbildung (vgl. Hein 1996) und über die Bewertung Entdeckenden Lernens (vgl. McCleary/Stein 1996) veranstaltet. Das „Institute for Inquiry“ des Exploratoriums in San Francisco ist einer der wichtigsten elektronischen Knotenpunkte, denn es veranstaltet solche Chats, stellt wichtige Texte zur Verfügung und verbindet zum „Teacher Educators Network“ (TEN), zum „Informal Science Educators Network“ (ISEN, vor allem Museen) und zu weiteren elektronisch präsenten Gruppen und Aktivitäten. Es organisiert allerdings auch viele ganz ‚reale‘ Workshops und Konferenzen. Wichtige Texte und Materialien werden im Web vor der Veröffentlichung zur Diskussion gestellt, so z.B. die „Standards“, aber auch die Fallstudien und kritischen Diskussionspunkte, auf deren Grundlage die Gruppe um Susan Loucks-Horsley gerade Empfehlungen zur Lehrerfortbildung in Buchform veröffentlicht hat.

Alle diese Aktivitäten zeichnen sich dadurch aus, daß sich zentrale Elemente Entdeckenden Lernens auf unterschiedlichste Weise wiederfinden lassen:

- ⊛ Lernen wird als aktive Konstruktion von Erkenntnis durch die Lernenden betrachtet, es geht um wirkliches Verstehen von Sachverhalten und Zusammenhängen statt um die Speicherung von Faktenwissen;
- ⊛ die Auseinandersetzung zwischen Lernenden und Lehrenden – sei es im Klassenraum oder in der Lehrerbildung – ist dialogisch, entwickelnd und unterstützend;
- ⊛ der Austausch untereinander trägt zum gemeinsamen Erkenntnisfortschritt bei.

Von den Reformvorhaben des „Goldenen Zeitalters“ unterscheiden sich diese Aktivitäten jedoch durch ihren systemischen Anspruch: Es werden nicht einzelne Modelle, z.B. Curricula, von Wissenschaftlergruppen entwickelt, deren Realisierung dann Angelegenheit des Systems Schule ist, sondern es wird versucht, das Gesamtsystem Schule vor

---

<sup>6</sup> Die Gruppe um Gordon Wells arbeitet am Ontario Institute for Studies in Education (OISE) in Kanada; die Arbeiten dieses Instituts sind auch in den USA sehr bekannt.

Ort – und damit an vielen Orten – real und forschend zu verändern. Wissenschaft wird auf diese Weise mehr als früher praktisch und konkret.

Gleichzeitig kann sich diese schulbezogene und veränderungsorientierte Wissenschaft auf reichhaltige Forschungsergebnisse in der Grundlagenforschung stützen, auf die oft mit dem Sätzchen ‚recent research shows, that...‘ verwiesen wird, oft leider ohne zu sagen, auf welche Forschungsergebnisse man sich genauer bezieht. Bevor ich der Frage nachgehe, was die ‚neuere Forschung zeigen‘ mag, ein Blick nach England, denn dort ist ein neues interessantes Curriculum-Projekt entstanden, das in den hier diskutierten Rahmen paßt.

### ***Das englische SPACE-Curriculum und sein bildungspolitischer Zusammenhang***

Aus England kommen, wie Lernwerkstätten bekannt ist, eine Reihe großartiger Materialien zum Entdeckenden Lernen. Die Bände von „Science 5/13“, die alten Praxisberichte aus dem Nuffield-Curriculum und die Kartei „Learning through Science“ haben uns in unserer Arbeit immer wieder weitergeholfen. Hier fanden wir eine Fülle von Möglichkeiten vor, unseren Alltag alltäglich forschend zu befragen, - besser gesagt, dies nicht nur selbst, sondern mit Kindern auf einfache Weise zu tun und trotzdem wissenschaftlich adäquate Vorgehensweisen anzuwenden und weiterzuentwickeln. Das „National Curriculum“ bereitet der Existenz solcher Materialien seit 1988 ein schleichendes Ende. Nachdem es in England vorher nirgendwo verordnete Lehr- oder Rahmenpläne gegeben hatte, wurde nun ein landesweit verbindliches Curriculum eingeführt, das eine kleinschrittige, von aufwendigen, teilweise landesweiten Tests begleitete Stoffvermittlung vorschrieb. Da die Einführung des Curriculums in der „Infant School“ für die 5- bis 7-Jährigen begann, der früheren Keimzelle des Offenen Unterrichts, war die Ablehnung durch die Lehrerinnen fast einhellig (vgl. Cox 1996, S.1). Das National Curriculum wurde sehr umfassend und kritisch diskutiert, es erwies sich durch seine Fülle an Vorschriften zunächst als praktisch kaum durchführbar und liegt inzwischen in einer reduzierten, machbareren Form vor (vgl. u.a. Moon 1996, Docking

1996, Cox 1996).

Allerdings hat es in England, ähnlich wie in den USA, schon seit langem eine große Diskrepanz zwischen der fortschrittlichen Pädagogik auf dem Papier und der Schulrealität gegeben, und hier wie dort kam die Kritik an der unzureichenden Praxis auch aus den Reihen der Reformbefürworterinnen und -befürworter. Insofern ist es nicht verwunderlich, daß das Verhältnis von „Plowden“-Orientierung und National Curriculum recht komplex ist. In einem aktuellen Elternratgeber wird beispielsweise darauf hingewiesen, daß das National Curriculum weder die Einrichtung bestimmter Schulfächer ab dem Beginn der Schulzeit vorschreibe, noch Aussagen über die zu verwendenden Methoden mache, - traditionelle Elemente der fortschrittlichen englischen Grundschule wie die Orientierung an fachübergreifenden Themen („Topics“) und die darauf bezogenen handlungsorientierten und differenzierten Bearbeitung könnten also im Prinzip erhalten bleiben (vgl. Moon 1996, S. 8f.). Eine Befürworterin der „Plowden-Orientierung“ wiederum bemerkt kritisch, daß in den meisten Schulen von einer fächerübergreifenden, problemorientierten Auseinandersetzung mit Alltagserfahrungen schon seit langem nicht mehr die Rede sei, Mathematik und Englisch meist in fachimmanenten Kursen gelehrt würden und es vielen LehrerInnen auch an Fachkenntnissen mangle, um sich mit den Fragen der Kinder angemessen auseinanderzusetzen zu können (vgl. Sanders 1996).

Bereits zu Beginn der 80er Jahre wurde in landesweiten Studien festgestellt, daß Kindern am Ende der Grundschulzeit, trotz der vorhandenen umfangreichen Curricula für die naturwissenschaftliche Grundbildung, viele der nötigen Prozeßfähigkeiten fehlten, um sich mit Naturwissenschaften angemessen auseinandersetzen zu können (vgl. Harlen/Symington 1996, S. 143f.). Insbesondere Wynne Harlen, die an der Durchführung dieser Untersuchungen beteiligt war und bereits zum Entwicklungsteam von „Science 5/13“ gehört hatte, hat sich seitdem in Lehrerfortbildungsprogrammen und begleitenden, methodisch orientierten Publikationen engagiert, die alle zum Ziel haben, ein qualitativ hochwertiges Entdeckendes Lernen in der Schule möglich zu machen (vgl. u.a. Harlen



1985, Harlen, Macro, u.a. 1990, Harlen 1996, Harlen/Jelly 1997).

Daß durch das National Curriculum der naturwissenschaftlich orientierte Unterricht für alle Kinder zu einem wichtigen Teil ihrer schulischen Bildung wird, wird von Wynne Harlen ausdrücklich begrüßt (vgl. Harlen/Jelly 1997, S. 1). Gleichzeitig legt sie zusammen mit Paul Black und einem großen Forschungsteam ein eigenes Curriculum für die naturwissenschaftliche Grundbildung unter dem Sammeltitle „Science Processes and Concept Exploration (SPACE)“ vor (vgl. Nuffield Primary Science [2] 1995, viele Bände).

Die Forschungsarbeiten zu diesem Projekt begannen bereits 1986 und nahmen die damals aktuell werdenden Erkenntnisse über die Denkentwicklung von Kindern und die Notwendigkeit, den „conceptual change“ aktiv zu fördern, auf (vgl. Harlen 1996, S. 17; Driver u.a. [3] 1989). In umfangreichen Studien wurde im Rahmen des Schulunterrichts untersucht, welche Vorstellungen Kinder unterschiedlichen Alters in die Auseinandersetzung mit ausgewählten Lerngegenständen einbringen und durch welche Aktivitäten sie dazu angeregt werden können, ihre Vorstellungen in Richtung auf eine wissenschaftlich angemessenere Denkweise zu erweitern. Darüber hinaus wurde mit nicht besonders vorgebildeten Lehrerinnen erprobt, welche methodischen Mittel geeignet waren, um in Erfahrung zu bringen, was Kinder denken, und wie sie die Kinder anschließend beim Entdeckenden Lernen unterstützen könnten (vgl. u.a. Russell/Watt 1990).

Auf diese Weise ist ein neues Curriculum zum Entdeckenden Lernen in den Naturwissenschaften entstanden, das es aufgrund seiner Übersichtlichkeit, seiner stark methodischen Ausrichtung und der ausgedehnten Begleitmaterialien auch ungeübten LehrerInnen ermöglichen kann, mit Kindern entdeckend zu lernen. Der Bezug zu den Anforderungen des National Curriculums wird in jedem Band hergestellt. Gleichzeitig wird aber festgestellt, daß die Trennung, die das National Curriculum zwischen den methodischen und den inhaltlichen Lernzielen vornimmt, unsinnig und nicht praktikabel sei (vgl. die Kapitel 1.5. in den Teachers' Guides). SPACE vertritt gegenüber dem National Curriculum sehr selbstbewußt eine progressive Position

und macht es gleichzeitig möglich, das vorgegebene Programm in diesem Sinne zu wenden.

Im Vergleich zu den älteren Materialien erscheint dieses Curriculum weniger ideenreich, dafür praktikabler. Viele methodische Hinweise halte ich für unsere Arbeit für unmittelbar anregend; der Gesamtaufbau des zugrunde liegenden Forschungsprojekts besticht durch seine Praxisgebundenheit und (Schul-)Alltagsnähe.

Wieweit dieses Curriculum mehr Erfolg hat als seine Vorgänger, und ob es als progressive Variante des National Curriculums in der Praxis angenommen wird, bleibt abzuwarten.

### ***Lernen aus der Grundlagenforschung zum Lernen***

Wie bereits weiter vorne angedeutet, berufen sich viele praxisorientierte oder bildungspolitische Veröffentlichungen zum Entdeckenden Lernen auf die ‚Ergebnisse der neuesten Forschung‘ und verweisen dabei kurz auf die Kognitionsforschung, die konstruktivistische Lerntheorie und/oder die Forschungen zur Veränderung von „Fehl“vorstellungen (conceptual change).

Eine typische Zusammenfassung dieser Art ist etwa folgende in einem neuen Curriculum-Handbuch des Staates New York:

*„Kodierte Informationen können nicht durch die Aktionen von Lehrern auf die Schüler als persönlich bedeutungsvolles Wissen ‚übertragen‘ werden. Lehren mit dem Senden von Signalen und Lernen mit deren passiver Aufnahme gleichzusetzen, unterschätzt den Anteil von ‚Bedeutung‘ beim Lernen. Bedeutungsvolles Lernen geschieht, wenn neue Informationen mit dem Vorwissen der Lernenden nicht nur verbal verbunden werden, sondern auf eine Weise, die es ermöglicht, diese Informationen flexibel und kreativ in neuen Situationen anzuwenden.*

*Lernen ist ein psychologisch aktiver, konstruktiver Prozeß, bei dem ein Individuum das, was seine Sinne wahrnehmen, selektiv aufnimmt, filtert, organisiert und verändert, und bei dem es auf die sinnliche Wahrnehmung mit einer Veränderung seiner internen kognitiven Struktur antwortet. Lernen besteht im Herstellen ‚neuer Verbindungen‘; es ist ein sich wiederholender Prozeß, bei dem*

nach und nach Verständnisbrücken zwischen dem Bekannten und dem Unbekannten gebaut werden.

*Lernende jedes Alters sind keine blanken Schiefertafeln oder Schwämme; sie bringen ein beträchtliches Maß an Vorwissen (und neurologischen Strukturen und Fähigkeiten) aus weniger formellen Lernsituationen mit. Die ‚persönliche Konstruktion von Bedeutung‘ beginnt bei der Geburt und setzt sich ein Leben lang fort. Der Drang, zu verstehen, ist angeboren; er muß nicht notwendig durch äußere Belohnungen oder Strafen ange-regt werden. ... Menschen lernen am besten, wenn sie Fragen haben, auf die sie eine Antwort suchen. Erfolgreiche Lehrerinnen und Lehrer zapfen diesen natürlichen Wissensdrang an und sind fähig, die oft unausgesprochenen Fragen der Lernenden aufzunehmen. ...“ (NYSTEP 1996, S. 1; Übersetzung K.E.)*

Solche Erkenntnisse, die sich heute vergleichsweise einfach formulieren lassen und in die Gefahr geraten, entgegen ihrer konstruktivistischen Herkunft als neue Wahrheiten verabsolutiert zu werden, sind über viele Jahre gewachsen, meist fern von Schule. Viele einzelne Erkenntnisse, die bei der

## **Wichtige Erkenntnisse über Lernen**

### ***Ideen aus der Kognitionsforschung***

Seit der Phase der großen Schulkritik in den USA zu Beginn der 80er Jahre gibt es verstärkt Bemühungen, Erkenntnisse der Kognitionsforschung auf schulisches Lernen zu übertragen. John T. Bruer, ein führender Mitarbeiter verschiedener Forschungsförderungsorganisationen, der die entsprechenden Forschungsprogramme mitgestaltet hat, gibt in seinem Buch „Schools for Thought“ (1993) einen packenden Einblick in Ergebnisse der Kognitionsforschung, die für schulisches Lernen allgemein bzw. aus dem Blickwinkel besonderer fachlicher Erfordernisse heraus interessant sind.

Für die Kognitionsforschung waren laut Bruer Folgerungen aus landesweiten Schulerfolgstests, die in den USA seit 1969/70 alle vier Jahre an einer repräsentativen Stichprobe von SchülerInnen der 4., 8. und 11. Klassen durchgeführt werden, ein wichtiger Anlaß, danach zu fragen, wie schulisches Lernen verbessert werden könne. Diesen Tests sei zu entnehmen, daß sich die durchschnittlichen Schulleistungen über 20 Jahre nicht verändert

konkreten Auseinandersetzung mit Entdeckenden Lernprozessen im Laufe vieler Jahre erarbeitet wurden, können mit Hilfe dieser Forschungszweige jetzt besser aufeinander bezogen und in einen sinnvollen Zusammenhang gebracht werden.

Erst in jüngster Zeit werden Verbindungen zwischen der Grundlagenforschung zum Lernen und der Schulreform hergestellt; auch aus diesen Veröffentlichungen geht hervor, daß richtig verstandenes Entdeckendes Lernen die bessere Lernweise ist. Die Begründung erfolgt hier nicht vom Ergebnis des Vergleichs mit traditionellem Unterricht her, sondern aus einem neuen Verständnis von Lernen.

Ich möchte im folgenden, unterstützt durch Illustrationen und Beispiele, einige Aspekte der neueren Lernforschung beleuchten, da hier auch deutlicher werden kann, warum Entdeckendes Lernen die ‚bessere‘ Lernweise ist. (Die im Vortrag verwendeten Folien sind im Layout hervorgehoben.)

hätten, obwohl das Anspruchsniveau der „Abnehmer“ in der Berufswelt seitdem kontinuierlich gestiegen sei (vgl. Bruer 1993, S. 3). Insbesondere mangle es den Schulabgängern an „höheren kognitiven Fähigkeiten“: hierzu gehörten beispielsweise

- \* die Lösung mehrschrittiger mathematischer Probleme und das Arbeiten mit Exponenten, Quadratwurzeln, Funktionen und Koordinaten (vgl. ebd., S. 4),
- \* das Verstehen und Deuten naturwissenschaftlicher Vorgehensweisen, z.B., warum Experimente in bestimmter Weise angelegt werden oder wie eine Theorie durch Daten gestützt wird (vgl. ebd., S. 5),
- \* das Lesen und Verstehen schwieriger Texte mit dem Ziel, Informationen verschiedener Quellen zu integrieren und dazu fundiert Stellung zu nehmen (vgl. ebda.),
- \* das Schreiben von überzeugenden Texten, die über die Wiedergabe von Wissen hinausgehen (vgl. ebda.).

Bruer sieht den Grund für dieses Versa-

gen in Lehrplänen und Unterrichtsmethoden, die auf Faktenvermittlung und das Einüben von Fertigkeiten angelegt sind, aber es versäumen, das aktive und selbständige Denken und Verstehen zu fördern. Mit seiner Forderung, Schulen nicht nur zu verändern, sondern sie zu verbessern, steht er nicht allein da; praktische Veränderungsstrategien wie sie im „Teaching for Understanding“-Projekt erprobt wurden, basieren ebenfalls zu einem erheblichen Teil auf Ergebnissen der Kognitionsforschung.

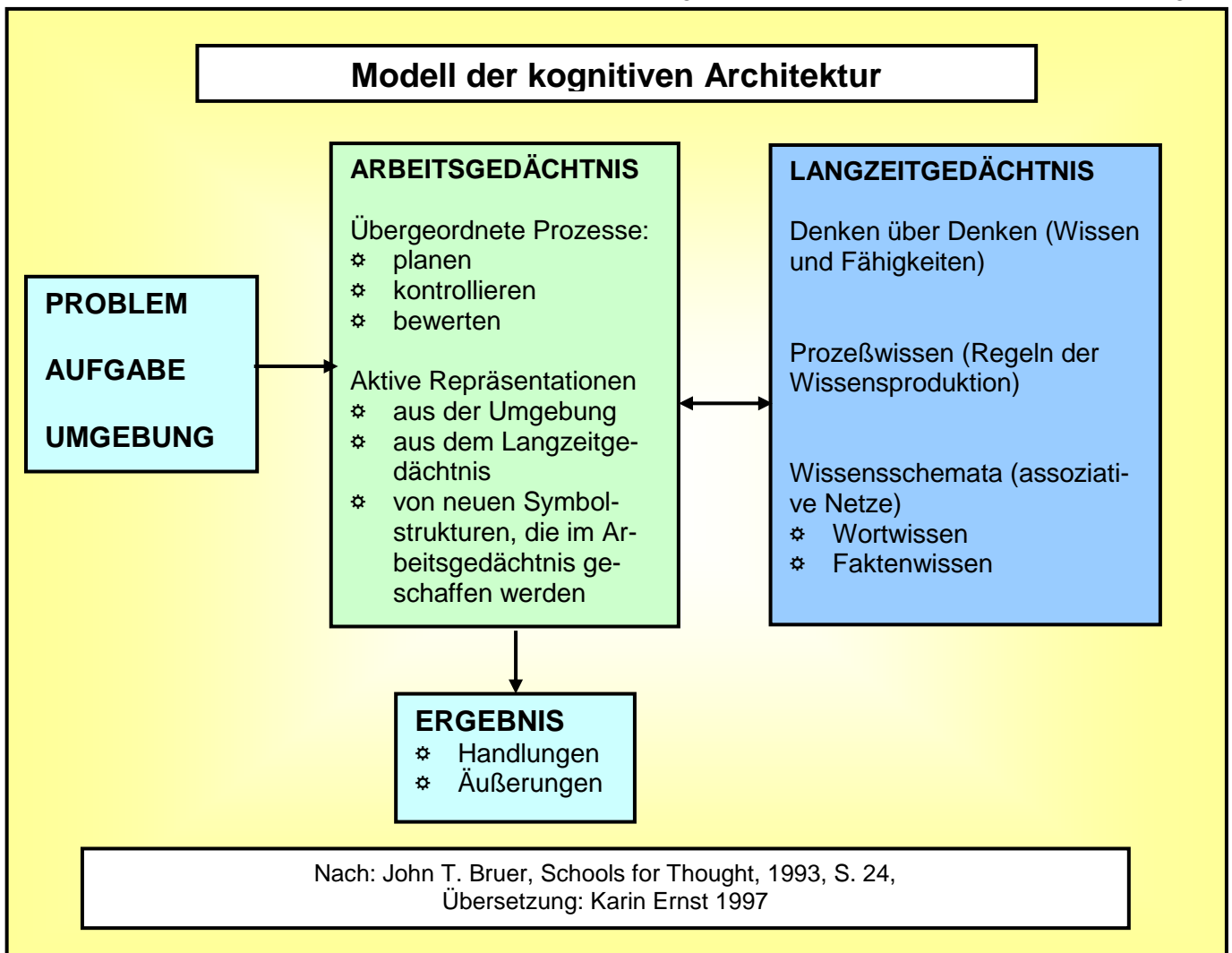
Interessant an Bruers Text ist für uns vor allem seine grundsätzliche Darstellung, wie sich kognitive Fähigkeiten aufbauen; lesenswert sind darüber hinaus seine Skizzen von Forschungsfragen und Vorgehensweisen, die deutlich machen, auf welche Weise seit fast vierzig Jahren versucht wird herauszufinden, wie der menschliche Geist arbeitet.

Im folgenden gebe ich einige grundsätzliche Erkenntnisse, die Bruer zusammengestellt hat, in stark verkürzter Form wieder (vgl. Bruer 1993, S. 7-14, 19-50):

Zu den frühen Beobachtungen der Kognitionsforschung gehört es, daß im Arbeitsgedächtnis nur eine begrenzte Zahl von Informationen gleichzeitig präsent sein kann. Man sprach schon in den 50er Jahren davon, daß es sich hierbei um nicht mehr als  $7 \pm 2$  Informations“brocken“ („chunks“) handle, entdeckte aber auch, daß diese Brocken in sich sehr komplex organisiert sein können. (S. 9).

Inzwischen geht man von folgendem Funktionsmodell des Geistes aus (siehe Abbildung):

Das Arbeitsgedächtnis hat die Aufgabe, sich mit den Anforderungen der Außenwelt auseinanderzusetzen, und verfügt dazu einerseits über bestimmte Prozeßfähigkeiten und holt sich andererseits aus dem Langzeitgedächtnis passende Erinnerungen heran, die es zu einer Situationsdeutung

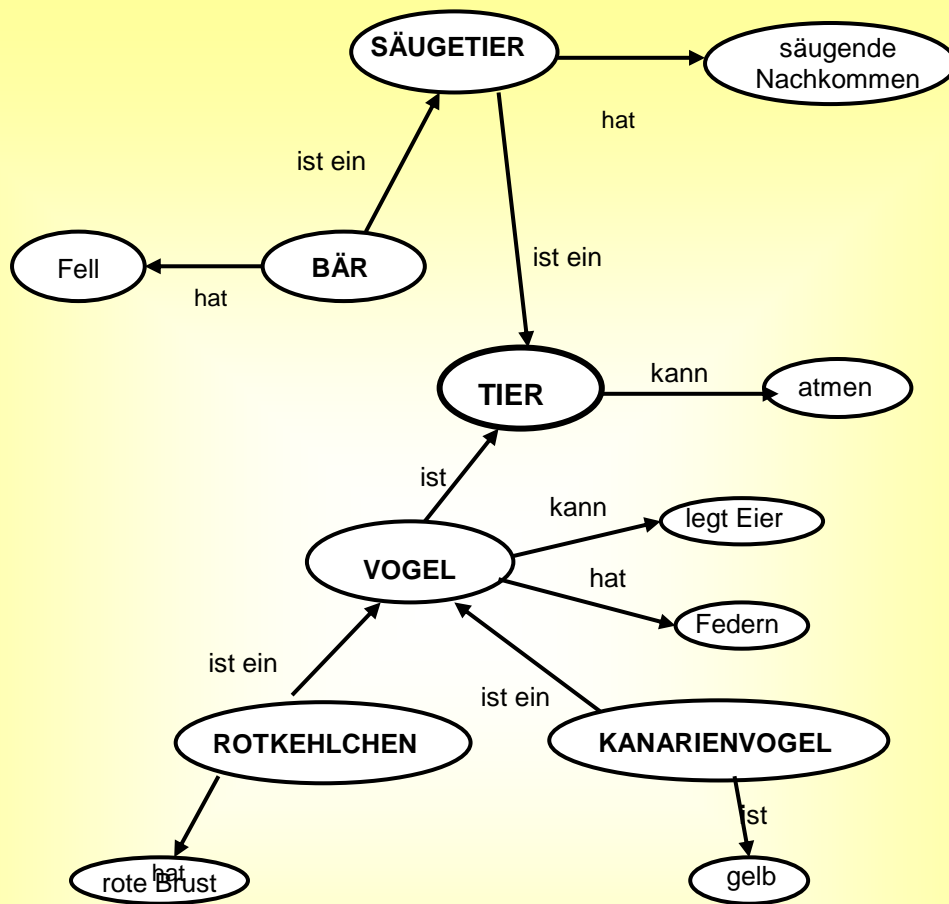


verarbeitet, mit der es auf die gestellte Anforderung reagiert, - durch Handlungen, Äußerungen oder beides. Je komplexer der Inhalt des Langzeitgedächtnisses organisiert ist, desto größere Strukturen können aktiviert und zu einer Art Mustervergleich mit der Außenwelt herangezogen werden.

Die Informations“chunks“ sind nun nicht als isolierte oder fachsystematisch gegliederte Fakten im Gedächtnis abgelegt, sondern in assoziativen Netzen organisiert, in denen auch gespeichert ist, wie das Wissen erworben wurde und welche Bedeutung es für die Person hat. Durch die Verarbeitung neuer Erfahrungen werden die Netze weiter ausgestaltet. Je differenzierter sie sind, desto erfolgreicher ist der Umgang mit neuen Situationen. „Unsere assoziativen Gedächtnisstrukturen sind

*kleine Theorien, die wir anwenden, um über die Welt zu verhandeln und sie zu verstehen. Die assoziativen Strukturen helfen uns, Voraussagen zu machen ... und Schlüsse zu ziehen, die über das hinausgehen, was wir buchstäblich erfahren.“* ... „Wenn wir etwas Neues lernen..., wird die Information nicht passiv ans Ende unseres Gedächtnisbandes angehängt, sondern wir integrieren es in das bereits existierende Schema.“ (Bruer 1993, S. 26, Übers. K.E.). Die vorhandenen Strukturen beeinflussen darüber hinaus wieder die Wahrnehmung, Interpretation und Erinnerung neuer Erfahrungen.

An einem Beispiel – Speicherung von Wissen zum Bereich „Tiere“ – illustriert Bruer ein solches assoziatives Schema: Ein Mensch, der



**Modell der möglichen Langzeit-Speicherung von Wissen zum Bereich "Tiere"**

(nach John T. Bruer, Schools for Thought, 1993, S. 27, Übersetzung Karin Ernst 1997)

Wissen über „Tiere“ auf diese Weise gespeichert hat, kann Säugetiere von Vögeln an bestimmten Merkmalen unterschieden – Eier, Federn, bzw. säugende Nachkommen - und würde einen gelben Vogel als Kanarienvogel bezeichnen. Begegnete ihm eine Eier legende Schildkröte, wäre er sicher zunächst verwirrt, würde nach den Federn suchen, und, weil er keine findet, versuchen, mehr Informationen zu erhalten, die ihm die Einordnung der neuen Erfahrung ermöglichen. Möglicherweise würde er bald einen neuen „Zweig“ in sein Wissensschema eingliedern, der mit der Bedeutung „Reptil“ von „Tier“ abzweigt und eine Verbindung zu „legt Eier“ herstellt.

Solche Erkenntnismuster müssen jedoch von jedem einzelnen Menschen aktiv aufgebaut werden und sind mit der individuellen Lebenssituation und Biographie verknüpft.

Die Ausführungen Bruers lassen sich dahingehend deuten, daß Unterricht dann besonders erfolgreich ist, wenn nicht die Erinnerung an Fakten trainiert wird, sondern Wissen, das für die Lernenden auch persönliche Bedeutung hat, durch eigenständiges Herausfinden aufgebaut wird. Vielfältige Wege („Umwege“, „Sackgassen“) des Herausfindens führen möglicherweise zu einer besseren Verankerung des Wissens und komplexeren Auseinandersetzung mit neuen Situationen, weil vorstellbar ist, daß die Wissensschemata dadurch besonders reichhaltig und differenziert werden.<sup>7</sup>

Erfolgreiche Elemente Entdeckenden Lernens können ebenfalls mit diesen Erkenntnissen über Lernen in Verbindung gebracht werden:

- \* Brainstormings zu Beginn eines Lernprozesses können die Struktur des eigenen Denkens verbildlichen helfen und auf wenig strukturierte Bereiche aufmerksam machen, die irritieren und neues Lernen anregen.
- \* Die verschiedenen Phasen (assoziatives Vorgehen – gezieltes Untersuchen) Entdeckenden Lernens entsprechen quasi einer Kontaktaufnahme mit dem bisherigen

Denken und seiner Neustrukturierung durch neue Erfahrungen und deren Verarbeitung.

- \* Die Komplexität von Lerninhalten (Hawkins: „to uncover the subject“) ist schon oft durch solche Netze eingefangen worden. Bekannte methodische Mittel sind „Nuffield Trees“ und „Topic Webs“ in England. Sie verweisen auf das „Gedächtnis“ der Gemeinschaft, die sich mit einem bestimmten Lerngegenstand auseinandersetzt.
- \* Wenn die persönlichen Wege und Deutungen nicht wirklich mit dem Inhalt der Informationen, die jemand speichert, verbunden sind, kommt es zu sinnlosem Wissen und Handlungen, die dem, was jemand „weiß“, nicht entsprechen.

Bruer selbst kommt schließlich zu Empfehlungen für die Veränderung des Unterrichts, die sich kaum von der „pädagogisch erfundenen“ Offenen Lernsituation unterscheiden:

- \* aktives Lernen in Gruppen an unterschiedlichen Aufgaben und in unterschiedlichem Tempo,
- \* Möglichkeiten, Fehler selbst zu erkennen und zu korrigieren,
- \* Bewertungen, die sich am persönlichen Lernfortschritt orientieren,
- \* Dezentralisierung der Lehrtätigkeit
- \* und insgesamt ein Lernen, bei dem aktiv verstanden wird, wie Wissen zustande kommt und die Lernenden diese Prozesse selbständig kontrollieren lernen (vgl. Bruer 1993, S. 290f.)

Das Projekt „Teaching for Understanding“, das aus der Zusammenarbeit von KognitionspsychologInnen, ErziehungswissenschaftlerInnen und LehrerInnen entstanden ist, ist hierzu eine Art reformpädagogisch geprägtes Pendant: hier wird vor allem das sinnvolle und persönlich bedeutsame Lernen in den Mittelpunkt gestellt.

Die von Perkins hierfür aufgestellten Grundsätze sind so allgemein, daß sie auch für einen Unterricht, indem das unmittelbare Umgehen mit konkreten Gegenständen nicht so leicht realisierbar ist wie beim Entdeckenden Lernen, Anregungen geben können (vgl. Perkins 1993, S. 6-8):

<sup>7</sup> An einem komplexeren Beispiel – „Farben entdecken“ - habe ich versucht, die Neustrukturierung von Wissen durch Entdeckendes Lernen modellhaft darzustellen, vgl. Ernst 1998, S. 35f.

### Wie man beim Unterrichten das Verstehen fördern kann

1. Das Lernen zu einem Langzeit-Prozeß machen, bei dem das eigene Denken im Mittelpunkt steht.
2. Die Lernprozesse differenziert und fortlaufend besprechen und bewerten.
3. Für eindrucksvolle Repräsentationen des zu Lernenden sorgen oder die Lernenden sie selbst anfertigen lassen.
4. Auf entwicklungsbedingte Faktoren Rücksicht nehmen.
5. In Sinn, Arbeitsweise und Leistungsfähigkeit der unterschiedlichen (wissenschaftlichen) Disziplinen einführen, die die schulischen Fachaspekte bestimmen, und Zusammenhänge hierzu herstellen.
6. Transfermöglichkeiten eröffnen und erproben.

### *Lernen als Konstruktion von Bedeutung*

In der Kognitionsforschung ist heute meist die Rede davon, daß Wissen nicht gespeichert, sondern aktiv und individuell „konstruiert“ wird. Diese Leitvorstellung ist einer der Anlässe, Beziehungen zwischen verschiedenen psychologischen Forschungszweigen, philosophischen Deutungsmustern und praktischer Unterrichtsreform herzustellen und von einer „konstruktivistischen Pädagogik“ zu sprechen (vgl. u.a. Fosnot 1996, Tobin 1993, Hein 1991). Für diejenigen, die die Weiterentwicklung Entdeckenden Lernens seit den 60er Jahren betreiben – Hein, Duckworth, Dyasi, usw. – bietet der Konstruktivismus die Möglichkeit, ihre über lange Jahre gewachsenen theoretischen und praktischen Erkenntnisse besser zu integrieren und sich in der Bildungsreformdiskussion aktuell verständlich zu machen. Bei anderen Autorinnen und Autoren hat man den Eindruck, sie erfinden noch einmal neu, was die frühere Bildungsreform an erfolgreichen Ergebnissen längst gebracht hat – die offene Lernsituation, die informelle und reichhaltige sprachliche Kommunikation darin, das Entdeckende Lernen und den Workshop-Ansatz in der Lehrerbildung. Was früher allerdings oft eine progressive und historisch inspirierte Entscheidung war und aus reichhaltigen alltagsgebundenen Experimenten erwuchs, erscheint heute als Ergebnis von Forschung, damit allgemeingültiger, oft aber weniger differenziert.

Es ist hier nicht der Ort, diese Zusammenhänge ausführlicher darzustellen und vor allem aufzuzeigen, in welchem komplexen Diskussionsprozeß die konstruktivistische Pädagogik aus dem Entdeckenden Lernen entstanden und mit ihm verknüpft ist. Auch auf die Frage, welche Besonderheiten die konstruktivistische Pädagogik im Rahmen des Konstruktivismus aufweist, kann ich hier nicht eingehen. Statt dessen nur eine kurze Skizze:

Konstruktivistisch orientierte PädagogInnen nehmen in der Regel die Erkenntnistheorie und Entwicklungspsychologie von Piaget zum Ausgangspunkt und verknüpfen sie mit neueren Forschungen. Radikaler noch als bei Piaget wird betont, daß wir Menschen uns unser Bild von der Wirklichkeit aus Wahrnehmungen, Erfahrungen und Deutungen konstruieren und nichts „Objektives“ außerhalb unserer persönlichen Deutungswelt erkennen können. Wir dürfen also auch nicht darauf vertrauen, daß in Fakten, die Wissenschaftler herausgefunden haben und mit denen wir uns lernend auseinandersetzen, die Wahrheit über die Wirklichkeit ausgesagt wird. Trotzdem gibt es Bilder der Wirklichkeit, die tragfähiger („viabler“) als andere sind. Um solche Konstruktionen herauszufinden, müssen wir uns mit anderen darüber verständigen. Die Konstruktion von Erkenntnissen über die Welt ist ein prinzipiell unabgeschlossener Prozeß, der im Dialog mit der Welt und mit anderen Menschen erfolgt. Als persönliche Vorstellungen

von der Welt sind zunächst alle Entwürfe akzeptabel, auch die alltäglichen Vorstellungen, die nicht wissenschaftlich begründet sind. Erst in der Auseinandersetzung mit anderen und in immer neuer Erprobung werden sie auf ihre Tragfähigkeit hin bewertet (vgl. u.a. von

Glasersfeld 1993, Tobin/Tippins 1993, S. 5f., Hein 1991).

Aus den vielfältigen Äußerungen zur Bedeutung des Konstruktivismus als grundlegender Sicht auf das Lernen lassen sich folgende Grundentscheidungen ableiten:

- Das Lernen **orientiert sich an den Lernenden**, ihrer Aktivität, ihrer Suche nach Verstehen und Sinn. Es enthält deshalb immer einen Anteil persönlicher bedeutsamer Erkenntnis.
- Im Lernen entsteht ein **direkter Bezug zur „Sache“** als Teil der Welt, die sich vom menschlichen Geist nur durch mehr oder weniger erfolgreiche Verständniskonstruktionen erfassen läßt, ohne je vollständig verstanden werden zu können. Dieses grundsätzliche Anderssein der Sache wird bei Naturphänomenen besonders deutlich, und es wird hier zu einer besonderen Herausforderung, aber auch Verständnisgrenze.
- Lernen ist deshalb **prinzipiell unabgeschlossen**. Fakten und sicheres Wissen spielen nur eine temporäre Rolle; wichtiger sind Fragen, die sich in immer neue Fragen ausdifferenzieren können, und Denkstrukturen, die sich entwickeln und ermöglichen, die Welt (und sich selbst) immer besser zu verstehen. Es geht nicht darum, möglichst viel Wissen abzudecken, sondern Zusammenhänge aufzudecken.
- Die Lernfähigkeit wächst mit der **kindlichen Entwicklung**, und die verschiedenen Stadien kindlicher Denkentwicklung sind auch Anteile im Denken Erwachsener. Das Erfassen mit allen Sinnen, das Wiedererkennen, Ordnen und Zuordnen, das konkrete Manipulieren und Untersuchen von Gegenständen und Gegebenheiten und schließlich das Schlußfolgern und Übertragen von Erkenntnissen auf neue Situationen sind solche Stadien und Anteile, die sich bei Kindern erst nach und nach herausbilden und bei Erwachsenen in vielfältigen Schleifen immer wieder neu durchlaufen werden. Dieses Lernen schließt Gefühl, Intuition und Phantasie mit ein.
- Lernen erfolgt im **Dialog** und in der **Gemeinschaft**. Im Gespräch mit anderen klären sich die eigenen Gedanken und werden Schlußfolgerungen als mehr oder auch weniger sinnvoll erkannt. Die Lehrenden und die Materialien der Lernumgebung helfen, Beziehungen zu anderen, historisch und kulturell bedingten Deutungsmöglichkeiten herzustellen. Persönliche Erkenntnis wird damit zu einem Teil allgemeiner Erkenntnis, ohne den emotionalen Wert persönlicher Bedeutsamkeit zu verlieren. (Ernst 1997, S. 30f.)

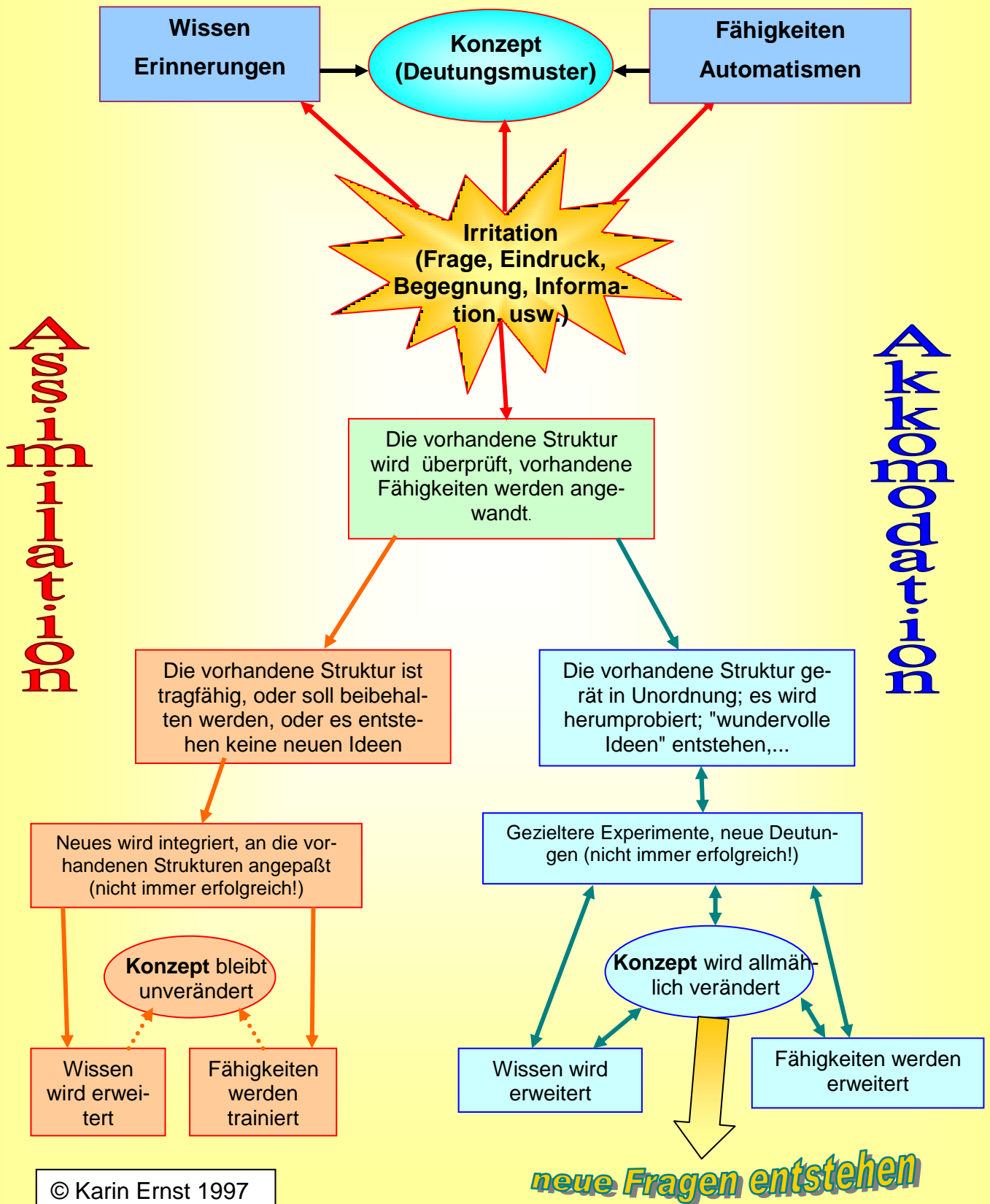
Wie der Umgang mit solchen Entscheidungen im Alltag aussieht, ist Gegenstand vielfältiger Diskussionen.

Die Nähe zu den Piagetschen Vorstellungen von Lernen zeigt sich in den oft wiederholten Vorstellungen, daß jeder Mensch sich seine eigenen Deutungsmuster (Konzepte) für die Welt konstruiert, die nur durch „Irritationen“ herausgefordert, ins Wanken gebracht und möglicherweise verändert werden. Diese Konzepte sind nicht unbedingt „richtig“ und integrieren faktisches Wissen über die Welt auch nicht unbedingt erfolgreich. Gelegentlich scheint es jedoch nötig und möglich zu sein, neue Erfahrungen nicht nur an die

bereits vorhandenen Deutungsmuster anzupassen, sondern die Konzepte umzuorganisieren, damit sie neuen Erfahrungen besser entsprechen.

Ich habe im folgenden versucht, diese Grundstruktur von Lernen grafisch darzustellen, um besser erläutern zu können, welche Problemstellungen in der Lern- und Unterrichtsforschung zur Zeit diskutiert werden und was wir für Entdeckendes Lernen daraus folgern können (ähnlich auch Ernst 1998, S. 33f.)

# Grundstruktur von Lernen





Folgende Fragestellungen erscheinen nicht nur mir interessant, sondern werden auch von anderen diskutiert:

- ✧ Unter welchen Bedingungen verankern sich die Konzepte in der persönlichen Denkstruktur? Welche Rolle spielen die bisherigen Erfahrungen und das Vorwissen im einzelnen? Wie werden Konzepte durch das kulturelle Umfeld geprägt? Welche Rolle spielen Gefühle? (vgl. u.a. Brown/Collins/Duguid 1989, Cobern 1993, Roschelle 1995)
- ✧ Von Seiten der Conceptual-Change-Forschung kommt die Aussage, daß Assimilationsprozesse ungleich viel häufiger stattfinden als Akkomodationsprozesse: selbst wenn das vorhandene Denken in Frage gestellt wird, wird nach Möglichkeiten gesucht, den inneren Konflikt durch Rückgriff auf bestehende Denkmuster zu lösen. Für die risikoreicheren Prozesse des neuen Denkens und der kreativen Verarbeitung neuer Erfahrung wird oft sehr viel Unterstützung gebraucht (vgl. u.a. Gardner 1993, Watson/Kopniecek 1990).
- ✧ Auf dieser Grundlage lassen sich neue Aufgaben für Lehrerinnen und Lehrer bestimmen: Sie hätten dafür zu sorgen, daß vorhandene unzureichende Denkmuster durch angemessene „Irritationen“ in Frage gestellt werden, aber auch dafür, daß mit den Irritationen so umgegangen wird, daß neue Erkenntnisse entstehen (vgl. die Vorgehensweise des SPACE-Curriculums).
- ✧ Wenn wirksamer Schulunterricht nicht als das „Schreiben auf die leeren Tafeln“ der Schülerhirne betrachtet werden kann, sondern nur Erfolg hat, wenn neues Wissen von den Lernenden aktiv in ihre jeweilige Denkstruktur integriert wird – wie kann man die Vielfalt des vorhandenen Schülerdenkens sichtbar machen und durch ein ebenso vielfältiges Lernangebot unterstützen? (vgl. die vielen Beispiele in Bruer 1993, Stone-Wiske 1998a)

Eine dieser Problemstellungen hat in den letzten zwanzig Jahren einen eigenständigen und für schulisches Lernen besonders brisanten Forschungszeitweig begründet: die

Untersuchungen zur Resistenz von „Fehlvorstellungen“ im Denken und von geeigneten Mitteln, um diese zu verändern und einen „conceptual change“ zu bewirken. Auch dies ist ein sehr umfassendes Forschungsgebiet mit unterschiedlichen Ansätzen geworden; deshalb kann ich auch hier nur einige grundlegende Hinweise geben (vgl. auch Ernst 1998, S. 34).

### ***Von Alltagstheorien zu wissenschaftlicheren Denkweisen („Conceptual Change“)***

Seit mehr als zwanzig Jahren beschäftigen sich Forscherinnen und Forscher damit, daß vor allem ältere SchülerInnen und StudentInnen das „richtige“ Wissen, das sie in Schule und Studium lernen, in veränderten Zusammenhängen nicht nutzen können, sondern sehr „naiv“ und alltäglich denken und argumentieren (vgl. die Überblicke bei Gardner 1993, S. 182-228, Bruer 1993, S. 127-141). Es gibt inzwischen vielfältige Untersuchungen zum Inhalt solcher „Fehl“auffassungen in verschiedenen Altersstufen (z.B. Driver u.a. 1989), mehrere Erklärungsansätze und unterschiedliche Entwürfe, wie damit umzugehen sei. In Deutschland wird diese Diskussion für den Grundschulbereich gerade erst aufgegriffen (vgl. Duit 1997, Einsiedler 1997, Max 1997).

Apelman/Hawkins/Morrison (1985) betonen z.B. die „kritischen Barrieren“, die von der Sache her kommen und bei vielfältigen Lerngegenständen die Grenze zwischen der alltäglichen Wahrnehmung und der physikalischen Verallgemeinerung beschreiben. Für sie ist, ebenso wie für Duckworth (1986), die adäquate Umgangsweise mit solchen selbstverständlichen Barrieren das vielfältige und ausgedehnte Entdeckende Lernen, weil nur so neue und komplexere Deutungsmuster aufgebaut werden können.

Im englischen SPACE-Curriculum wird konsequent davon ausgegangen, daß Kinder ihre eigenen Vorstellungen über die Welt haben, die sich durch Forschung aufdecken lassen und für die geeignete Veränderungsstrategien entwickelt werden können (vgl. Russell/Watt 1990). In den Lehrerhandbüchern zu den einzelnen Themen finden sich jeweils detaillierte Grafiken, in denen die häufigsten kindlichen Vorstellungen zusammen mit „sok-

ratischen“ Fragen und Untersuchungsvorschlägen aufgeschlüsselt sind (siehe Beispiel). Auch hier wird nach Prinzipien Entdeckenden Lernens vorgegangen.

Es gibt jedoch auch Empfehlungen, die didaktisch wenig phantasievoll und am Frontalunterricht orientiert sind (vgl. z.B. Fetherstonhaugh/Treagust 1992).

Nun ist es auch deutschen Lehrerinnen und Lehrern vertraut, daß Kinder mit ihren eigenen Vorstellungen in den Unterricht kommen. Die bisherige Strategie, die gerne in begleitenden Lehrerhandbüchern zu Schulbuchserien zum Ausdruck kommt, besteht jedoch meist darin, möglichst schnell darüber hinwegzugehen und den Kindern „richtiges“ Wissen beizubringen. Das „Conceptual-Change“-Problem macht demgegenüber grundsätzlich andere Vorgehensweisen nötig, denn

- Die Denkmuster, die Kinder noch vor der Schule aufbauen, bleiben erstaunlich konstant und werden durch das Lernen von Fakten und Regeln kaum beeinflusst. (vgl. Gardner 1993).
- Der Prozeß der Veränderung solcher „Fehlvorstellungen“ ist langwierig und erfolgt am besten auf dem Weg experimenteller Erfahrung und ausführlicher Diskussion mit anderen.
- „Naive“ Vorstellungen vom Funktionieren

der Welt bleiben auch deshalb bestehen, weil sie für das alltägliche Leben genügen und eine wissenschaftlichere Weltsicht mit den Alltagserfahrungen möglicherweise in Konflikt gerät.

- Kinder können ihre naiven Weltdeutungen nicht zu jeder beliebigen Zeit ändern, sondern brauchen dazu jeweils ihren eigenen Entwicklungsprozeß. Trotzdem kann man ihnen als Erwachsener helfen, mit ihren Verwunderungen und Irritationen aktiv umzugehen.

Nimmt man diese Aussagen ernst, so macht üblicher Schulunterricht wenig Sinn, und es müßte gründlich diskutiert werden, wie Schulerfolg zu verstehen ist, was in der Schule wirklich erreicht werden soll und warum die Erfolglosigkeit von Schule trotzdem weithin akzeptiert wird.

Um das Nachdenken über den Umgang mit dem „Conceptual Change“ zu fördern, habe ich im folgenden einige Hinweise für anderen Unterricht zusammengestellt. Sowohl die Amerikaner Bruce Watson und Richard Kopniczek, die über ein exemplarisches Unterrichtsprojekt zum Thema „Wärme“ berichten (vgl. Watson/Kopniczek 1990 und in diesem Band), wie das Team das SPACE-Curriculums haben entsprechende Strategien entwickelt.

### **Hilfreiche Faktoren bei der Veränderung des Denkens**

**(nach Watson/Kopniczek 1990, S. 7f.)**

- ✦ Relevanz des zu Lernenden im Leben aufzeigen und erfahrbar machen.
- ✦ Voraussagen über mögliche Ergebnisse machen lassen, um bisheriges Denken und neue Erkenntnisse aktiv miteinander zu verbinden.
- ✦ Die innere Logik (Konsistenz) des Gedankengebäudes überprüfen lassen.
- ✦ Immer wieder Gelegenheiten schaffen, um
  - ✦ Ereignisse direkt zu beobachten und dadurch bisherige Erklärungsmuster in Frage zu stellen,
  - ✦ nach neuen Erklärungen zu suchen, die verständlich und plausibel sind,
  - ✦ die neuen Erklärungen experimentell zu überprüfen.

## Wie man die Ideen der Kinder herausfinden kann

### Den Kinder zuhören und beobachten, was sie tun

- ✧ Im Gespräch mit dem Kind
- ✧ Im Gespräch mit kleinen Gruppen von Kindern bei der Arbeit
- ✧ Im Kreisgespräch (der ganzen Klasse)
- ✧ Bei Diskussionen der Kinder untereinander
- ✧ Beim Sortieren von Materialien und Ergebnissen

### Die Kinder ermutigen, ihre Ideen aufzuschreiben

- ✧ Kommentierte Zeichnungen oder Diagramme
- ✧ Bildergeschichten
- ✧ Strukturiertes Schreiben (nach einer vorgegebenen Gliederung)
- ✧ Tagebücher, Berichtsheft

© Nuffield-Chelsea Curriculum Trust 1993, 1996 / Übersetzung: Karin Ernst 1997

## Wie man Kindern helfen kann, ihre Ideen weiterzuentwickeln

### Kindern ermöglichen, ihre eigenen Ideen zu erproben

- ✧ "Prozeßfähigkeiten" in einer Untersuchung oder einem Experiment anwenden und sehen, ob das Ergebnis der Voraussage oder Vermutung entspricht

### Generalisierungen unterstützen

- ✧ ein "Konzept" benutzen, um unterschiedliche, aber aufeinander bezogene Ereignisse zu erklären

### Über die Wörter reden, die Kinder benutzen, um ihre Ideen zu beschreiben

- ✧ sich bewußt werden, daß Worte in unterschiedlichen Zusammenhängen unterschiedliche Bedeutung haben können und lernen, zwischen diesen Bedeutungen zu unterscheiden

### Das Erfahrungsspektrum erweitern

- ✧ nach weiteren Erfahrungen, Beweisen und Erklärungen suchen, besonders, wenn die Ereignisse schwer zu beobachten sind

### Kinder auffordern, ihre Ideen mit anderen zu besprechen

- ✧ den Kindern Gelegenheit geben, ihre eigenen Ideen zu durchdenken und sie in Beziehung zu den Ideen der anderen Kinder zu setzen

© Nuffield-Chelsea Curriculum Trust 1993, 1996 / Übersetzung: Karin Ernst 1997

## Ausblick

Einer der am meisten zitierten Texte in der Diskussion um die Konstruktion von Wissen und die Herausbildung von sinnvollen Konzepten im Denken ist die kleine Schrift von Eleanor Duckworth, „Inventing Density“ (vgl. Duckworth 1986). Sie zeichnet hier den Lernprozeß einer Gruppe von Pädagoginnen und Pädagogen nach, die sich mit der Frage beschäftigen, warum ein Gegenstand schwimmt, und die dabei die „Dichte“ für sich neu erfinden. Ihr Text gilt deshalb als so besonders interessant, weil sie die Einzelheiten im Denken und in der Kommunikation einschließlich der Irrtümer, Umwege, Vermutungen, Ideen und falschen Schlüsse genau darzustellen versucht und in der Lage ist, hieraus, unter Bezugnahme auf Piaget, differenzierte Schlüsse im Hinblick Lernen zu ziehen.

Ähnliche Texte gibt es auch bei uns zum Entdeckenden Lernen von Erwachsenen in Lernwerkstätten und auf Fachtagungen. Wenn ich an unsere Erfahrungen mit dem Zusammenstellen von Dokumentationen denke, denn habe ich allerdings den Verdacht, daß das genau Aufzeichnen des eigenen Herausfindens und Denkens oft schamhaft vermieden wird, weil die Ergebnisse zu vorläufig,

nicht besonders spektakulär und oft auch gar nicht „neu“ sind, und weil man seine scheinbare Dummheit lieber für sich behalten möchte.

Ich hoffe, ich konnte mit diesem Vortrag deutlich machen, für wie normal die moderne Lernforschung unser so seltsam und unvollkommen wirkendes Denken hält, und wie sehr wir darauf angewiesen sind, darüber mehr zu erfahren – und zwar in allen Einzelheiten. Uns darüber zu verständigen, welche Alltagstheorien wir und die Menschen, die wir unterrichten, über die Phänomene der Welt haben und zu beschreiben, auf welchen Wegen ein vertieftes Verständnis zu erreichen ist, könnte ein ausgesprochen wirksamer Beitrag zur Veränderung von Unterricht sein, der aus den Lernwerkstätten kommt.

Deshalb schlage ich vor, bei künftigen Lernwerkstatt-Fachtagungen die Lernerlebnisse im Workshop nicht nur als individuelle Bereicherung und Pause im Alltag zu betrachten, sondern auch als Forschungsmaterial, mit dessen Hilfe wir mehr über aktives Lernen, die konzeptuelle Strukturierung von Lerngegenständen und die „Irritationen“, für die wir als Lehrende mit zuständig sind, herausfinden können.

## Literatur- und Lesehinweise

Anderson, Ronald D., Stuart R. Kahl, Gene V. Glass, and Mary Lee Smith: Science Education: A Meta-Analysis of Major Questions. In: Journal of Research in Science Teaching, Vol. 20, No. 5, 1983, S. 379-385.

Apelman, Maja, David Hawkins, Philip Morrison: Critical Barriers Phenomenon in Elementary Science. Grand Forks: North Dakota Study Group on Evaluation, Februar 1985.

Baumert, Jürgen, Rainer Lehmann, u.a.: TIMSS - Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde. Opladen: Leske + Budrich 1997.

Beattie, Mary: Constructing Professional Knowledge in Teaching. A Narrative of Change and Development. Foreword by Elliot W. Eisner. New York: Teachers College Press 1995.

Bettencourt, Antonio: The Construction of Knowledge: A Radical Constructivist View. In: Kenneth Tobin (Hrsg.): The Practice of Constructivism in Science Education. Hillsdale, NJ/Hove: Erlbaum 1993, S. 39-50.

Brown, John Seely, Allan Collins, Paul Duguid: Situated Cognition and the Culture of Learning. In: Educational Researcher, Vol. 18, No. 1, Feb. 1989, S. 32-42. (<http://netra.exploratorium.edu/IFI/resources/museumeducation/situated.html>)

Bruer, John T.: Schools for Thought. A Science of Learning in the Classroom. Cambridge, MA / London: MIT Press, 4. Aufl. 1997.

Coburn, William W.: Contextual Constructivism: The Impact of Culture on the Learning and Teaching of Science. In: Kenneth Tobin (Hrsg.): The Practice of Constructivism in Science Education. Hillsdale, NJ/Hove: Erlbaum 1993, S. 51-70.

Cox, Theo (Hrsg.): The National Curriculum and

- the Early Years. Challenges and Opportunities. London / Washington D.C.: Falmer Press 1996.
- DeBoer, George E.: A History of Ideas in Science Education. Implications for Practice. New York/London: Teachers College Press 1991.
- Docking, Jim (Hrsg.): National School Policy. Major Issues in Education Policy for Schools in England and Wales, 1979 onward. London: David Fulton Publ.1996.
- Driver, Rosalind, Edith Guesne, Andrée Tiberghien (Hrsg.): Children's Ideas in Science. Milton Keynes / Philadelphia: Open University Press, 3. Auflg. 1989.
- Driver, Rosalind, John Leach, Robin Millar und Phil Scott: Young People's Images of Science. Buckingham / Philadelphia: Open University Press 1996.
- Duckworth, Eleanor: Inventing Density. Grand Forks: North Dakota Study Group on Evaluation 1986.
- Duckworth, Eleanor: Wundervolle Ideen haben. Aus dem Amerikanischen übertragen von Raymond King und Karin Ernst. In: Dokumentation der 8. Bundesweiten Fachtagung der Lernwerkstätten in Ludwigsfelde, Struveshof, vom 25.9.- 29.9.1995, Wolfsburg: Immen 1996, S. 126-137.
- Duit, Reinders: Alltagsvorstellungen und Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht - Forschungsstand und Perspektiven. In: Walter Köhnlein u.a.: Kinder auf dem Wege zum Verstehen der Welt. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1997, S. 233-246.
- Dyasi, Hubert, u.a.: TEN WebChat on hands-on science experiments in the classroom. 12.3.1996, transcript of the discussion. (<http://www.exploratorium.edu/Isen/ten/webchat2.html>)
- Dyasi, Hubert: On Inquiry. / Über Forschung und Entdeckendes Lernen. Aus dem Amerikanischen von Karin Ernst. In: Dokumentation der 8. Bundesweiten Fachtagung der Lernwerkstätten in Ludwigsfelde, Struveshof, vom 25.9.- 29.9.1995, Wolfsburg: Immen 1996, S. 102-121.
- Dyasi, Hubert: The Workshop Center at City College of New York. In: Susan Loucks-Horsley u.a.: Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics. Thousand Oaks: Corwin Press 1998, S. 267-274.
- Einsiedler, Wolfgang: Probleme und Ergebnisse der empirischen Sachunterrichtsforschung. In: Brunhilde Marquardt-Mau u.a. (Hrsg.): Forschung zum Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1997, S. 18-42.
- Elliott, John: School-based Curriculum Development and Action Research in the United Kingdom. In: Sandra Hollingsworth (Hrsg.): International Action Research. London / Washington D.C.: Falmer Press 1997, S. 17-28.
- Elstgeest, Jos: Die richtige Frage zur richtigen Zeit. Aus dem Englischen von Ilka Wentzcke. In: Dokumentation der 8. Bundesweiten Fachtagung der Lernwerkstätten in Ludwigsfelde, Struveshof, vom 25.9.- 29.9.1995, Wolfsburg: Immen 1996, S. 151-158.
- Elstgeest, Jos: Teaching science by posing problems. In: Prospects, Vol. VIII, No. 1, 1978, S. 66-72.
- Ernst, Karin: Blütenstaub und Fibonacci-Folge. Einblicke in das Entdeckende Lernen von Erwachsenen. In: Die Lernwerkstatt. Eine lebendige Verbindung von Kreativität und Lernen. Zusammengestellt und bearbeitet von Beate Irskens. Frankfurt am Main: Eigenverlag des Deutschen Vereins für öffentliche und private Fürsorge 1997, S. 23-41. (= Materialien für die sozialpädagogische Praxis 28)
- Ernst, Karin: Farben entdecken – Lernen entdecken. In: Die ganze Welt begreifen – Wie lernen Kinder? Dokumentation der Tagung vom 11.-12.9.1997, veranstaltet vom Amt für Kindertagesstätten der EKIBB. Berlin 1998, S. 24-38. (=Anschläge, Sonderheft Januar 1998).
- Ernst, Karin: Von New York über Berlin nach Ludwigsfelde. In: Dokumentation der 8. Bundesweiten Fachtagung der Lernwerkstätten in Ludwigsfelde, Struveshof, vom 25.9.- 29.9.1995, Wolfsburg: Immen 1996, S. 25-36.
- Fetherstonhaugh, Tony, und David F. Treagust: Students' Understanding of Light and Its Properties: Teaching to Engender Conceptual Change. In: Science Education 76 (6), 1992, S. 653-672.
- Fosnot, Catherine Twomey: Enquiring Teachers, Enquiring Learners. A Constructivist Approach for Teaching. New York / London: Teachers College Press 1989.
- Fosnot, Catherine Twomey (Hrsg.): Constructiv-

- ism. Theory, Perspectives, and Practice. New York/London: Teachers College Press 1996.
- Gardner, Howard: Der ungeschulte Kopf. Wie Kinder denken. Stuttgart: Klett-Cotta (3) 1996.
- Glaserfeld, Ernst von: Piagets Konstruktivismus - eine Interpretation. In: Ernst von Glaserfeld: Wissen, Sprache und Wirklichkeit. Wiesbaden 1987, S. 221-240.
- Glaserfeld, Ernst von: Questions and Answers about Radical Constructivism. In: Kenneth Tobin (Hrsg.): The Practice of Constructivism in Science Education. Hillsdale, NJ/Hove: Erlbaum 1993, S. 23-38.
- Harlen, Wynne (Hrsg.): Primary Science ...taking the plunge. How to teach primary science more effectively. Oxford: Heinemann Educational 1985.
- Harlen, Wynne, Christine Macro, u.a.: Progress in Primary Science. Workshop Materials for Teacher Education. London: Routledge 1990.
- Harlen, Wynne, und David Symington: Kindern helfen zu beobachten .Aus dem Englischen von Karin Ernst. In: Dokumentation der 8. Bundesweiten Fachtagung der Lernwerkstätten in Ludwigsfelde, Struveshof, vom 25.9.- 29.9.1995, Wolfsburg: Immen 1996, S. 138-150.
- Harlen, Wynne, und Sheila Jelly: Developing Science in The Primary Classroom. Harlow: Addison Wesley Longman, 2. Auflg. 1997.
- Harlen, Wynne: The Teaching of Science in Primary Schools. London: David Fulton Publ., 2. Auflg. 1996.
- Hein, George E.: Active Assessment for Active Science. In: Vito Perrone (Hrsg.): Expanding Student Assessment. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development 1991, S. 106-131.
- Hein, George E.: Constructivism. TEN WebChat, moderiert von George E. Hein, am 26.9.96. (Internet: TEN Chat Space, <http://www.exploratorium.edu/isen/ten/webchat4.html>)
- Hein, George E.: Constructivist Learning Theory. In: The Museum and the Needs of People. CECA (International Committee of Museum Educators) Conference, Jerusalem Israel, 15. - 22. Oktober 1991.(<http://netra.exploratorium.edu/IFI/resources/research/constructivistlearning.html>)
- Hein, George, und Sabra Price: Active Assessment for Active Science. A Guide for Elementary School Teachers. Portsmouth, NH: Heinemann 1994.
- Hollingsworth, Sandra (Hrsg.): International Action Research. A Casebook for Educational Reform. London / Washington D.C.: Falmer Press 1997.
- Hopkins, David: A Teacher's Guide to Classroom Research. Buckingham / Philadelphia Open University Press 2. Auflg. 1996.
- Irskens, Beate (Hrsg.): Die Lernwerkstatt. Eine lebendige Verbindung von Kreativität und Lernen. Frankfurt am Main: Eigenverlag des Deutschen Vereins für öffentliche und private Fürsorge 1997. (= Materialien für die sozialpädagogische Praxis 28)
- Jervis, Kathe: Eyes on the Child. Three Portfolio Stories. New York / London: Teachers College Press 1996.
- Kanzler, Eberhard: Kinderfragen als Ausgangspunkt für Sachunterricht. In: Richard Meier u.a. (Hrsg.): Sachunterricht in der Grundschule. Frankfurt am Main: Arbeitskreis Grundschule 1997, S. 206-212.
- Knuth, R.A., B. F. Jones, S. Baxendale: What does Research Say About Science? NCREL, Oak Brook 1991. (Internet: [http://www.ncrel.org/sdrs/areas/stw\\_esys/3science.htm](http://www.ncrel.org/sdrs/areas/stw_esys/3science.htm))
- Köhnlein, Walter, Brunhilde Marquardt-Mau, Helmut Schreier: Kinder auf dem Wege zum Verstehen der Welt. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1997. (= Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, Band 1).
- Loucks-Horsley, Susan, Peter W. Hewson, Nancy Love und Katherine E. Stiles: Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics. Thousand Oaks: Corwin Press 1998.
- Marquardt-Mau, Brunhilde, Walter Köhnlein, Roland Lauterbach (Hrsg.): Forschung zum Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1997. (= Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Band 7).
- Marquardt-Mau, Brunhilde: Neue Curricula für primary science education aus den USA - Anregungen für den Sachunterricht und die Lehrerbildung? In: Brunhilde Marquardt-Mau u.a. (Hrsg.): Lehrerbildung Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1996, S. 69-88.

- Max, Charel: Verstehen heißt verändern - "Conceptual Change" als didaktisches Prinzip des Sachunterrichts. In: Richard Meier u.a. (Hrsg.): Sachunterricht in der Grundschule. Frankfurt am Main: Arbeitskreis Grundschule 1997, S. 62-89.
- McCleary, Joel, und Fred Stein: The Evaluation of Inquiry. TEN WebChat am 13.5.1996. (<http://www.exploratorium.edu/isen/ten/chat3.html>)
- Meier, Richard, Henning Unglaube, Gabriele Faust-Siehl (Hrsg.): Sachunterricht in der Grundschule. Frankfurt am Main: Arbeitskreis Grundschule 1997. (= Beiträge zur Reform der Grundschule - Band 101).
- National Research Council: National Science Education Standards. Washington, D.C.: National Academy Press, 4. Auflg. Okt. 1996.
- National Science Resources Center, u.a.: Science for All Children. A Guide to Improving Elementary Science Education in Your School District. Washington, D.C.: National Academy Press 1997.
- NYSTEP (New York Science, Technology and Society Education Project): Constructivist Learning Theory and Teaching for Conceptual Change. (Teacher Guide - Section 6). Oktober 1996
- Nuffield Primary Science (SPACE): The Earth in Space. Teachers' Guide. Ages 7-12. London: Collins Educational 2. Auflg. 1995. (= Science Processes and Concept Exploration)
- Nuffield Primary Science, Science Processes and Concept Exploration: Forces and Movement. Teachers' Guide. Ages 5-7. London: Collins Educational 2. Auflg. 1995.
- Perkins, David: Smart Schools. Better Thinking and Learning for Every Child. New York / London: Simon & Schuster / The Free Press: Paperback 1995.
- Perkins, David: Teaching for Understanding. In: American Educator: The Professional Journal of the American Federation of Teachers; Vol. 17, No. 3, Fall 1993, S. 8, 28-35. (<http://netra.exploratorium.edu/IFI/resources/workshops/teachingforunderstanding.html>)
- Perkins, David: What is Understanding? In: Martha Stone-Wiske: Teaching for Understanding. San Francisco: Jossey Bass 1998, S. 39-57.
- Perrone, Vito (Hrsg.): Expanding Student Assessment. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development, 1991.
- Perrone, Vito: Why Do We Need a Pedagogy of Understanding? In: Martha Stone-Wiske: Teaching for Understanding. San Francisco: Jossey Bass 1998, S. 13-38.
- Rasmussen, Claudette: Critical Issue: Ensuring Equity and Excellence in Science. NCREL 1995. (<http://www.ncrel.org/sdrs/areas/issues/content/cntareas/science/sc200.htm>)
- Roschelle, Jeremy: Learning in Interactive Environments: Prior Knowledge and New Experience. In: American Association of Museums: Public Institutions for Personal Learning: Establishing a Research Agenda, 1995. (<http://netra.exploratorium.edu/IFI/resources/museumeducation/priorknowledge.html>)
- Russell, Terry, and Dorothy Watt: Growth. Primary SPACE Project Research Report. Liverpool: Liverpool University Press, Januar 1990. (= Science Processes and Concept Exploration)
- Sanders, Susan E.: Teaching Subjects, Teaching Children: Topic-based Teaching within a Subject-based National Curriculum. In: Theo Cox (Hrsg.): The National Curriculum and the Early Years. Challenges and Opportunities. London/Washington D.C.: Falmer 1996, S. 63-76.
- Shagoury-Hubbard, Ruth, und Brenda Miller-Power: The Art of Classroom Inquiry. A Handbook for Teacher-Researchers. Portsmouth, NH: Heinemann 1993.
- Shymansky, James A., William C. Kyle, Jr., Jennifer M. Alport: The Effects of New Science Curricula on Student Performance. In: Journal of Research in Science Teaching, Vol. 20, No. 5, 1983, S. 387-404.
- Stone-Wiske, Martha (Hrsg.): Teaching for Understanding. Linking Research with Practice. San Francisco: Jossey Bass 1998a.
- Stone-Wiske, Martha, Lois Hetland und Eric Buchovecky: How Can Teaching for Understanding Be Extended in Schools? In: Martha Stone-Wiske (Hrsg.): Teaching for Understanding. Linking Research with Practice. San Francisco: Jossey Bass 1998, S. 319-344.
- Stone-Wiske, Martha: What Is Teaching for Understanding? In: Martha Stone-Wiske: Teaching for Understanding. San Francisco: Jossey

Bass 1998b, S. 61-88.

Tobin, Kenneth (Hrsg.): The Practice of Constructivism in Science Education. Hillsdale, NJ / Hove: Erlbaum 1993.

Tobin, Kenneth, und Deborah Tippins: Constructivism as a Referent for Teaching and Learning. In: Kenneth Tobin (Hrsg.): The Practice of Constructivism in Science Education. Hillsdale, NJ/Hove: Erlbaum 1993, S. 3-21.

Warren, Beth, Gillian M. Puttick, Faith Conant, Ann S. Rosebery: Sense-Making Practices in Science: Case Study of an ESL Teacher. In: Hands on! Vol. 15, No. 2, Fall 1992, S. 4-5. (<http://netra.exploratorium.edu/IFI/resources/workshops/sensemaking.html>)

Watson, Bruce, und Richard Kopniecek: Teaching for Conceptual Change: Confronting Children's Experience. In: Phi Delta Kappan, May 1990, S. 680-684. (<http://netra.exploratorium.edu/IFI/resources/>

[workshops/teachingforconcept.html](http://netra.exploratorium.edu/IFI/resources/workshops/teachingforconcept.html))

Weber, Lillian: Looking Back and Thinking Forward. Reexaminations of Teaching and Schooling. Hrsg. v. Beth Albery. New York/London: Teachers College Press 1997.

Wells, Gordon, u.a.: Changing Schools from Within. Creating Communities of Inquiry. Toronto / Portsmouth, NH: OISE Press / Heinemann 1994.

Wells, Gordon, und Gen Ling Chang-Wells: Constructing Knowledge Together. Classrooms as Centers of Inquiry and Literacy. Portsmouth, NH: Heinemann 1992.

Worth, Karen, Mary Iatridis, Ken Manning, John Terry und Phylis Morrison: This Side of the Rainbow. Boston: Wheelock College / Cambridge: Massachusetts Institute of Technology o.J. [1984].