

# Interaktive Lehr-Lern-Umgebungen: Didaktische Arrangements im Dienste des gründlichen Verstehens<sup>1</sup>

Rita Stebler, Kurt Reusser, Christine Pauli

Ein Unbehagen gegenüber der vielerorts herrschenden Lern- und Unterrichtskultur sowie Ergebnisse der Metakognitionsforschung, der Experten-Novizen-Vergleiche und ethnographischer Studien haben zu einer Neuorientierung in der Lehr-Lern-Forschung geführt. Dabei ist ein erweiterter kognitionspsychologischer Lernbegriff entstanden, der der interaktiven, situativen und selbstregulierten Natur des Lernens Rechnung trägt. Im vorliegenden Kapitel erörtern wir diesen neuen Lernbegriff und zeigen seine Bedeutung für die Unterrichtsgestaltung von Beispiel von fünf interaktiven Lehr-Lern-Umgebungen<sup>2</sup> auf, die von Forschungsgruppen entwickelt und in der Praxis erprobt wurden. Anschließend arbeiten wir einige zentrale Elemente dieser didaktischen Arrangements heraus, die auch dazu dienen könnten, Formen des 'offenen Unterrichts' bzw. 'neue Lernkulturen' zu analysieren, wie sie sich in jüngster Zeit vor allem in einer von Ideen der Reformpädagogik inspirierten Schulpraxis entwickelt haben.

## 1. Von der kognitionspsychologischen Lern- und Verstehenstheorie zur Gestaltung interaktiver Lehr-Lern-Umgebungen

Seit der kognitiven Wende (Miller, Galanter & Pribram, 1960/1973) wird Lernen in der pädagogisch orientierten Denkpsychologie als konstruktive und zielgerichtete Tätigkeit beschrieben. Unterricht soll dieser Auffassung von Wissenserwerb zufolge Bedingungen schaffen, die es dem Schüler<sup>2</sup> ermöglichen, in aktiver Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand neue Informationen so mit seinem Vorwissen zu verbinden, dass er die resultierenden Denkstrukturen in verschiedenen schulischen und außerschulischen Bereichen anwenden kann. Wie jedoch nicht nur der Schulalltag, sondern auch Ergebnisse der Metakognitionsforschung, der Experten-Novizen-Vergleiche und ethnographischer Studien zum außerschulischen Lernen immer deutlicher zeigen, greift dieses Verständnis von Wissenserwerb in verschiedener Hinsicht zu kurz: (a) Gründliches Verstehen ist im Schulunterricht eher die Ausnahme als die

<sup>1</sup> Das Schreiben des vorliegenden Kapitels wurde durch den Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung unterstützt (Projekt Nr. 10-2052.8/6).

<sup>2</sup> Der besseren Lesbarkeit halber verwenden wir stets die männlichen Formen. Wir hoffen damit auch allen Leserinnen, Forscherinnen, Lehrerinnen, Kritikerinnen (...) einen Dienst zu erwiesen.

Aus:

Reusser, K. & Reusser, M.  
(Hrsg.), (1994). *Verstehen.  
Psychologischer Prozess und  
didaktische Aufgabe.*  
Bern: Huber.

Regel. (b) Obwohl Lernprozesse bewussteinfähig und der intentionalen Steuerung zugänglich sind, wird diese Tatsache bei der Unterrichtsgestaltung kaum berücksichtigt. (c) Wissen und Strategien sind stark an den Lernkontext gebunden und ohne besondere Vorkehrungen nur bedingt transferierbar. (d) Effektives Lernen ausserhalb der Schule geschieht vorwiegend in Interaktionsgemeinschaften, also selten als 'Solo-Lernen'. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage (1) nach einem *erweiterten Lernbegriff*, der der interaktiven, situativen und selbstregulierten Natur des Lernens Rechnung trägt und im Zusammenhang damit (2) nach einem *theoretischen Rahmen*, der solches Lernen zu begründen vermag.

## 1.1 Auf dem Wege zu einem erweiterten Lernbegriff

Das Bedürfnis nach einem erweiterten schulischen Lernbegriff ist vor allem auf enttäuschte Erwartungen in Bezug auf *spontanen Transfer* zurückzuführen. Wie die Ergebnisse zahlreicher Forschungsarbeiten der vergangenen Jahre deutlich gemacht haben, ist die spontane und produktive Übertragung von Wissenstrukturen auf neue Inhalte und Situationen oder Wunschkunden als empirisch belegt Realität (Brown, 1992; De Corte, Verschaffel & Schrooten, 1992; Perkins & Salomon, 1989; Salomon, 1989). Geleitet von einem didaktischen Interesse wollen wir in folgenden den Zusammenhang zwischen strukturellem Lernen und Transfer untersuchen und gestützt auf neuere Forschungsergebnisse Merkmale eines erweiterten Lernbegriffs beschreiben.

Lernen und Transfer gehören eng zusammen: Strukturelles Lernen erfordert Transfer und geschieht im Hinblick auf Transfer. Voraussetzung für Transfer ist *gründliches Verstehen*. Transfer, d.h. die produktive Übertragung von Wissenstrukturen auf neue Inhalte und Situationen, ist gerade in der heutigen Zeit von entscheidender Bedeutung. Angesichts des rasant zunehmenden Wissens und der damit verbundenen Notwendigkeit zu lebenslangem Lernen, gilt es in der Auseinandersetzung mit ausgewählten Sachverhalten und Zusammenhängen kognitive Strukturen so aufzubauen, dass sie zu flexiblen Werkzeugen des Denkens werden und autonomes Lernen und Problemlösen ermöglichen (Witsdorf, 1991). Gründliches Verstehen ist eine entscheidende Voraussetzung dafür, dass die Erträge dieses exemplarischen Lernens in verschiedenen Bereichen genutzt werden können (Aebli, 1980, 1981; Adams, 1989; Messner, 1978; Perkins & Salomon, 1989). Doch was ist gründliches Verstehen, und wie kann es optimal angeleitet werden?

Verstehen ist ein vielschichtiges und facettenreiches Phänomen, für das bis anhin eine verbindliche Definition fehlt (vgl. Reusser & Reusser, in diesem Band). Je nach theoretischer Ausrichtung bedeutet Verstehen beispielsweise Einsicht in Sachzusammenhänge (Wertheimer, 1945/1964), produktives Denken (Düncker, 1974), Integration von Zusammengehörigem (Dewey, 1910/1951), operatorische Beweglichkeit (Aebli, 1951), Assimilation neuer Inhalte an bestehende Strukturen (Piaget, 1947/1976), Begriffsbildung (Aebli, 1980, 1981) oder Problemlösen (Reusser, 1984). Gemäss diesen Umschreibungen bezeichnet Verstehen zweitens: (1) den Pro-

zess oder Versuch der Deutung bzw. Aneignung einer Gegebenheit und (2) das Ergebnis oder Ziel dieses Prozesses, das Verstehensprodukt (vgl. Aeschbacher, in diesem Band).

Das Attribut 'gründlich' weist darauf hin, dass es einerseits qualitative Unterschiede und andererseits Normen des Verstehens gibt. Welche Verstehensziele eine Person in einer konkreten Verstehenssituation anstrebt oder erreicht, hängt sowohl (a) von ihren Sachwissen und (b) ihren Verstehensgütekriterien, als auch (c) von den Merkmalen des zu verstehenden Gegenstandes und (d) vom funktional-pragmatischen Verstehenskontext ab. Zu letzteren gehören aktuelle Verstehensabsichten ebenso wie langfristig verfügbare Ziele und situative Faktoren, welche das Verstehen in seiner aktuellen Dynamik steuern. Nicht immer ist es erforderlich, dass wir einen Sachverhalt oder einen Vorgang im Detail kennen. Wir können kompetent telefonieren, ohne genau zu verstehen, wie unsere Mitteilung in Impulse umgesetzt, zum Empfänger geleitet und wieder in hörbare Signale umgewandelt wird. Für einen Fernmelde techniker hingegen ist Einsicht in diese Zusammenhänge unerlässlich. Die Feinabstimmung des Verstehens auf unsere Bedürfnisse und Ziele ist im wesentlichen eine Frage der Selbstregulation. Sie wiederum hängt davon ab, wie wir das eigene Denken verstehen und unser Wissen darüber (Flavel, 1979) nutzen, um Verstehensprozesse zu überwachen und zu steuern. Somit wird klar, dass nicht nur äussere Sachverhalte und Verfahren, sondern auch die geistigen Prozesse im Umgang mit diesen Objekten Gegenstand des Verstehens sein können.

Gründliches Verstehen ist ein zentrales Anliegen von gutem Unterricht, und dennoch haben in manchen Klassenzimmern zahlreiche Schüler nur selten das beglückende Gefühl, einen Sachverhalt wirklich zu verstehen. Statt dessen erwerben sie unter Zeitdruck abstraktes Wissen (Adams, 1989), dem der Bezug zu ihrem Vorwissen und zu möglichen Anwendungskontexten fehlt. Die für gründliches Verstehen und Transfer nötigen Wechselwirkungen zwischen Alltags- und Fachwissen unterbleiben. Es werden isolierte Konzepte gebildet, die an Oberflächenmerkmalen des Schulstoffes haften bleiben. Dieses 'Scheinwissen' (Rumpf, 1971) hat u.a. zur Folge, dass Probleme jenseits der Sachlogik gelöst werden, d.h. auf der Basis fehlgeleiteter Erwartungen und internalisierter Erfahrungen über schulisches Lernen (Reusser, 1988; Schoenfeld, 1991).

Aus dem Bedürfnis nach mehr Gründlichkeit, nach Einverwurzelung nach unmittelbarer Erfahrung als Grundlage des Verstehens (Rumpf, 1987; Wagenschein, 1977) haben Lehrkräfte immer wieder Versuche unternommen, den schulischen 45-Minuten-Takt zu durchbrechen und fächerübergreifenden, ganzheitlichen Unterricht zu gestalten, der die Lehrplanaufgabe nach gleichmässiger Förderung der Selbst-, Sozial- und Sachkompetenz ernst nimmt (Achermann, 1992; Gallin & Ruf, 1991; Gasser, 1992; Kramis, 1990; Krapf, 1992; Waltrabenstein, 1991). Diese in der Praxis gewachsenen Lernkulturen orientieren sich vorwiegend an Ideen der Reformpädagogik (Oelkers, 1989; Röhrs, 1991; Schwerdt, 1959) und der humanistischen Psychologie (Cohn, 1975; Rogers, 1969/1974, 1961/1976).

Während sich reformpädagogische Ansätze vor allem an Zielen und an praktischen Konzepten unterrichtlichen Handelns orientieren, geben Ergebnisse der Metakognitionsforschung, der Experten-Novizen-Vergleiche und ethnographischer Studien auch Aufschluss über die Prozesse, die gründliches Verstehen beeinflussen. So lenkten u.a. zwei Jahrzehnte Metakognitionsforschung den Blick auf den Umstand, dass Lernprozesse bewusstenfähiger und der intentionalen Steuerung zugänglich sind. Gründliches Verstehen verweist auf intentionale Lerner, auf Menschen, die ihr Lernen bewusst (mit-) steuern, indem sie sich Ziele setzen, planen, ihr Vorgehen laufend überwachen, Denkprozesse und Handlungsweisen reflektieren und für ihr Lernen Verantwortung übernehmen (Mandl & Friedrich, 1992). Wer sich theoretisch mit Lernen beschäftigt oder Unterricht gestaltet, sollte demnach nicht bloss auf Inhalte fokussieren, sondern zugleich den aktiv konstruierenden Lernenden im Auge behalten, der unter Einbezug seines Vorwissens ausgewählte Inhalte zu bestimmten Zwecken erarbeitet.

In zahlreichen Untersuchungen zur Metakognition konnte zum einen gezeigt werden, dass zwischen Selbstregulationsaktivitäten und Lernergebnissen positive Beziehungen bestehen (Pressley, Borkowski & Schneider, 1987) und dass die zur Selbstregulation nötigen Strategien dann mit grosser Wahrscheinlichkeit beibehalten werden, wenn die Schüler genau wissen und erlebt haben, wie, wann, wo und warum sie zu gebrauchen sind (Aebli & Ruthemann, 1987; Brown, Bransford, Ferrara & Campione, 1983).

Zum andern zeigten die Ergebnisse dieser Untersuchungen aber auch deutlich, dass Strategien ohne besondere Vorkenntnisse kaum von Lernkontext auf verschiedene Anwendungskontexte übertragen werden (Garner & Alexander, 1989; Pressley, Shynler & Cariglia-Bull, 1987). Sie sind mit Denkstrukturen verschweisst, aus denen sie nur schwer wieder zu lösen sind (Brown et al., 1983).

Auch die Ergebnisse der Experten-Novizen-Forschung belegen diese Kontextgebundenheit von Wissen und Strategien. Expertise in einem Sachbereich beruht nicht vorwiegend, wie lange Zeit angenommen wurde, auf relativ allgemeinen, leicht übertragbaren Problemlöseverfahren (Newell & Simon, 1972), sondern auf einer umfangreichen, bereichsspezifisch strukturierten Wissensbasis in Verbindung mit zahlreichen darauf bezogenen Strategien. Dank dieses situativen prozeduralen und deklarativen Wissens können Experten den Schwierigkeitsgrad von Problemen aus ihrem Fach verlässlich einschätzen, die zur Lösung erforderlichen Mittel aktualisieren und unter Anwendung von Vorwissenstrategien auf das erkannte Ziel hinarbeiten (Chi, Glaser & Rees, 1982; vgl. Wehnert, in diesem Band). Lernen und Verstehen sind folglich zuerst und lange Zeit bereichsspezifisch geprägte Prozesse. Diese Kontextgebundenheit des Denkens, auf die Duncker (1974) mit seinem Begriff der 'funktionalen Gebundenheit' hingewiesen hat, und die sich in der Metakognitionsforschung, bei den Experten-Novizen-Vergleichen und, wie wir noch sehen werden, auch in ethnographischen Studien zeigt, wird in der amerikanischen Literatur als 'situated cognition' (Brown, Collins & Duguid, 1989) bezeichnet.

In lebensweltlichen Kontexten geschieht Wissenserwerb und kreatives Denken mehrheitlich in der Interaktion mit Spiel-, Arbeits- oder Forschungskollegen. Beim Teilnehmen an den Tätigkeiten einer Gruppe, bestehend aus Praktikern mit unterschiedlichen Kompetenzen und Arbeitsstilen, erlernen Novizen nicht nur den Gebrauch von Werkzeugen im Hinblick auf offensichtliche und gemeinsame Ziele, sondern sie übernehmen auch die Halungen der betreffenden Arbeits- und Interaktionsgemeinschaft: Aktivität, Werkzeuge und Kultur sind voneinander abhängig (Lave, 1988; Lave & Wenger, 1991; Resnick et al., 1991; Rogoff, 1990). In solchen Gemeinschaften, für die ein hohes Mass an Explizitheit und Kooperation charakteristisch ist, findet Lernen am Modell (Bandura, 1971/1976) und in der Zone der nächsten Entwicklung (Wygotski, 1986) statt. Zudem entstehen sozio-kognitive Konflikte (Doise & Mugny, 1984), deren Lösung gründlicheres Verstehen zur Folge hat. 'Solo-Lerner' (Bruner, 1986), die sich mittels rezeptiver Lernmöglichkeiten lebensstängliches Wissen aneignen, dürfen in solchen kooperativen Wissensbildungsgemeinschaften die Ausnahme sein.

In Anbetracht dieser Forschungsergebnisse wird klar, dass es besonderer Vorkenntnisse bedarf, um gründliches Verstehen anzuregen und dadurch die Übertragung von deklarativem und prozeduralem Wissen auf andere Kontexte zu erleichtern. Voraussetzung für Transfer ist nach Aebli (1980, 1981) der Aufbau differenzierter Bedeutungsnetze, deren Elemente und Beziehungen klar herausgearbeitet werden, und die durch die Anwendung in verschiedenen Situationen Beweglichkeit erlangen. Bei einem auf Transparenz und Beweglichkeit hin ausgerichteten Wissensanbau kommt dem Herausarbeiten der Struktur von Handlungen, geistigen Operationen und Begriffen eine entscheidende Bedeutung zu. Gedächtnis- und flexible Operations- und Begriffsstrukturen lassen sich als Assimilationsschemata via Mustererkennung auf Situationen mit ähnlicher Struktur übertragen. Sie ermöglichen herstellende und erckennende Anwendung (Messner, 1978).

Salomon und Globerson (1987) sprechen in diesem Zusammenhang von einer 'low road' und einer 'high road' zum Transfer. Erstere beruht auf der zunehmenden Automatisierung von Wissen und Fertigkeiten durch intensives Üben bei unterschiedlichen Gelegenheiten. Letztere ist ein willentlicher und metakognitiv gesteuerter Prozess, bei dem der Lernende die wesentlichen Zusammenhänge eines Sachverhaltes identifiziert ('überbrachte mindful abstraction') und die hervortretende Struktur allmählich vom Lernkontext ablot, indem er sie in vielen zunehmend verschichteten Situationen erprobt. Wird dem Lernenden dieser allmähliche Abstraktionsprozess ermöglicht, was erheblich Zeit und systematische Planung erfordert, erhöhen sich die Chancen für spontanen Transfer (Adams, 1989).

Gemäss diesen theoretischen Erörterungen erfolgt eine wirksame Informationsaufnahme in tätiger Auseinandersetzung mit einem Lerngegenstand (aktiv) in einem bestimmten Kontext (sitativ), gemeinsam mit anderen (interaktiv). Dabei werden neue Informationen mit bereits vorhandenen verknüpft (kumulativ) und Strukturen aufgebaut (konstruktiv). Lernen ist dann am erfolgreichsten, wenn der Schüler das Ziel kennt, auf das er hinarbeitet (zielgerichtet), und sein Vorgehen kompetent überwacht und steuert (selbstreguliert) (Simons, 1992). Nach diesem erweiterten kognitionspsy-

chologischen Verständnis von Wissenserwerb ist Lernen ein aktiver, konstruktiver, kumulativer und zielorientierter Prozess, der in Lerngemeinschaften und in bestimmten Kontexten abläuft, und metakognitiv gesteuert wird.

## 1.2 Ein theoretischer Rahmen für die Gestaltung interaktiver Lehr-Lern-Umgebungen

Wenn unsere Schüler nützliches, dauerhaftes Wissen und effektive Strategien erwerben sollen, müssen wir, unseren bisherigen Ausführungen zufolge, den Unterricht ausdrücklich und intentional auf Transfer ausrichten. Wir müssen Lerngelegenheiten schaffen, die das Vorwissen der Schüler aufgreifen, der Situationsbezogenheit des Denkens Rechnung tragen und Lernen als selbstgesteuerten Wissensaufbau im Rahmen von Lehr-Lern-Umgebungen. Mit Lehr-Lern-Umgebungen "sind die speziellen Arrangements der äusseren Lernbedingungen und Instruktionmassnahmen gemeint (...), die zielorientiertes Lernen ermöglichen oder erleichtern" (Soel, 1991, S. 350-351). Den Zusatz 'interaktiv' erhalten jene Lehr-Lern-Umgebungen, in denen Kooperation und Diskurs im Zentrum stehen.

Als Leitlinien für die Gestaltung solcher didaktischer Arrangements eignen sich Rahmentheorien wie 'cognitive apprenticeship' (kognitive Berufslöhre; Collins, Brown & Newman, 1989) oder 'knowledge-building communities' (Wissensbildungs-Gemeinschaften; Scardamalia & Bereiter, 1992).

Die Rahmentheorie der kognitiven Berufslöhre entstand in Anlehnung an ethnographische Studien von Lave (1988; Lave & Wenger, 1991), die das Lernen in einer Schneiderwerkstatt in Liberia beschreiben. Beim Arbeiten in einer Gruppe, bestehend aus mehr und weniger fortgeschrittenen Praktikern, erwerben die Schneiderlehrlinge berufsspezifische Fertigkeiten im Hinblick auf offensichtliche und gemeinsame Ziele. Zuerst führt der Lehrling die zu erlernende Tätigkeit unter Anleitung eines Meisters aus. Dieser zeigt vor ('modeling'), gibt gezielte Hinweise, korrigiert und bewertet ('scaffolding', 'coaching'). Im Laufe dieses angeleiteten Übens gewinnt der Lehrling eine Vorstellung der richtigen Ausführung und des gewünschten Produkts. Je klarer diese Vorstellung wird, desto weniger Unterstützung gewährt der Meister ('fading'). Durch das Zusammenspiel von 'modeling', 'scaffolding' und 'fading' erwirbt der Lehrling sowohl die berufsspezifischen Kompetenzen als auch Fertigkeiten zur Selbstüberwachung und Selbstkorrektur.

Ein weiteres zentrales Merkmal der Berufslöhre ist der soziale Kontext, in dem Lernen stattfindet. In einer Subkultur, in der die meisten Personen die verlangten Tätigkeiten ausführen, stehen dem Lehrling mehrere tüchtige Experten und somit unterschiedliche Ausprägungen von Expertentum als Modelle zur Verfügung. Der Lehrling wird gewahrt, dass es mehrere Arten geben kann, eine Tätigkeit auszuführen, und dass kein einziges Individuum alles Wissen oder Expertentum in sich vereint. Zudem kann er in diesem Umfeld mehr oder weniger fortgeschrittene Praktiker beobachten, im Vergleich zu ihnen sein eigenes Können beurteilen und das Lernen als stu-

fenweises Fortschreiten in Richtung Experimentum erleben. Bei der herkömmlichen Berufslehre sind die Tätigkeiten und Abläufe, um ein gewünschtes Produkt zu erstellen, ausserlich und daher für die Schüler und Meister leicht zu beobachten, zu kommentieren, zu modifizieren und zu korrigieren. Sie stehen ferner in einer offenkundigen Beziehung zum konkreten Endprodukt. Dies erleichtert den Aufbau einer Vorstellung und des Erkennens und Diagnostizierens von Fehlern.

Die Methoden der herkömmlichen Lehre auf kognitive Fertigkeiten übertragen, heisst Prozesse externalisieren, die gewöhnlich intern ablaufen, und Techniken wie nachdenken über Unterschiedsmodelle (reflection on differences) einsetzen, um Selbstüberwachung und Selbstkorrektur zu entwickeln, da die Beziehungen zwischen Prozess und Produkt nicht offensichtlich sind. Das Nachdenken über Unterschiede geschieht dadurch, dass sich Experte und Novize beim Ausführen einer Tätigkeit abwechselnd dieses Vorgehen sensibilisiert den Novizen für die Ausführung des Experten - und durch 'Arbeitsrückschau'. Die Methode der Arbeitsrückschau versucht die Aufmerksamkeit des Experten auf entscheidende Merkmale seiner Ausführung und der Ausführer Computer oder Video zum Einsatz gelangen.

In Analogie zur herkömmlichen Berufslehre betont die Metapher der 'kognitiven Berufslehre' die aktive, situative, interaktive und in Kulturen eingebundene Natur des Lernens. Das Kernstück der 'kognitiven Lehre' bilden die Methoden (1) 'modelling', (2) 'scaffolding' und (3) 'coaching'. Sie ermöglichen Schülern zu erwerben und zu integrieren, (4) Artikulation und (5) Reflexion helfen den Schülern sowohl, ihre Beobachtungen auf das Problemlösen von Experten zu lenken, als auch bewusste Kontrolle über die eigenen Problemlösestrategien zu gewinnen. (6) Das Erforschen ermutigt die Schüler zur Autonomie.

Vorbilder für die Rahmentheorie der Wissensbildungs-Gemeinschaften sind Forschungsgruppen (Schoenfeld, 1992; Scardamalia & Bereiter, 1992), die in steter Interaktion ein gemeinsames Wissen konstruieren. Alles, was der einzelne bei diesem gemeinsamen Wissensaufbau tut, jede Information, die er in die Gemeinschaft einbringt, verändert das ganze System und hat zur Folge, dass die Kollegen sich dem neuen Standard anpassen müssen. Dadurch machen die Gruppe und das Individuum Fortschritte. Es kommt eine Dynamik in Gang, die uns auch aus dem Sport oder der Wirtschaft bekannt ist. Das Wissen, das dabei entsteht, ist das kollektive Produkt der Gruppe. Es ist mehr als die Summe des Wissens in den Köpfen aller Mitglieder und kann als Objekt (Popper, 1972) behandelt, d.h. kritisiert, beurteilt, getestet, überarbeitet und elaboriert werden.

Folgende Merkmale kennzeichnen Wissensbildungs-Gemeinschaften in der Schule: (1) Die Themen werden eingehend und oft über längere Zeit studiert. (2) Im Zentrum steht das Problemlösen. (3) Die Forschungsaktivitäten werden von den Fragen der Schüler geleitet. Der Lehrer hilft, Fragen besser zu formulieren. (4) Die grösste Herausforderung ist das Erklären. Die Schüler werden ermutigt, eigene Theorien zu formulieren, um Fakten zu erklären und die Theorien ihrer Kameraden zu kritisieren, in-

dem sie Gegenbeispiele aufweisen. (5) Der Fortschritt wird in erster Linie im Hinblick auf das gemeinsame Ziel, den Sachverhalt zu verstehen, beurteilt. Erst in zweiter Linie wird das Lernen und die Leistung der Individuen bewertet. (6) Üblicherweise wird in kleinen Gruppen gearbeitet. Jede Gruppe arbeitet an einem anderen Thema, das in Beziehung steht zum Hauptproblem. Sie plant, wie die Arbeit auf die Mitglieder verteilt werden kann. (7) Von den Schülern wird erwartet, dass sie sich zu den Arbeiten ihrer Kameraden aussen, und dass sie lernen, dies in einer helfenden und unterstützenden Weise zu tun. (8) Der Lehrer ist eine unter verschiedenen Informationsquellen. Somit hängt das, was gelernt werden kann, nicht hauptsächlich von seinem Fachwissen ab. (9) Der Lehrer bleibt der Leiter, doch ändert sich seine Rolle, indem er nicht mehr ausserhalb steht und den Lernprozess leitet, sondern indem er aktiv am Lernprozess teilnimmt und sich als Experte fürs Lernen einbringt.

Während der Novize bei der Rahmentheorie 'kognitive Berufslehre' als Ziel den Erwerb des Expertenverhaltens vor Augen hat, ist bei der Rahmentheorie Wissensbildungs-Gemeinschaften keine obere Grenze vorgegeben. Die ganze Gemeinschaft wie auch das einzelne Mitglied, sei es nun Novize oder Experte, überschreitet in einem Prozess der steten Interaktion und des progressiven Problemlösens laufend die momentanen Kompetenzgrenzen.

Obwohl die beiden Rahmentheorien sich hinsichtlich des Zielbezugs und des Fokus der Leistungsbeurteilung stark gegeneinander abgrenzen, führen sie in der Praxis zu interaktiven Lehr-Lern-Umgebungen mit ähnlichen didaktischen Elementen.

## 2. Interaktive Lehr-Lern-Umgebungen

Entlang der theoretischen Leitvorstellungen 'kognitive Berufslehre' und 'Wissensbildungs-Gemeinschaften' haben in den vergangenen Jahren verschiedene Forschungsgruppen interaktive Lehr-Lern-Umgebungen gestaltet. Obwohl sich diese didaktischen Arrangements in bezug auf das Unterrichtsgeschehen kaum wesentlich von neueren Lernkulturen, wie sie aus der Praxis heraus entstanden sind, unterscheiden, sind sie jenen überlegen, was die Analyse der ablaufenden Lern- und Verstärkungsprozesse und die Beurteilung der Wirksamkeit anlangt.

In der Folge beschreiben wir fünf interaktive Lehr-Lern-Umgebungen, die von Forschungsgruppen entwickelt und teils in Zusammenarbeit mit den Lehrkräften während längerer Zeit in der Praxis erprobt und auf ihre Wirksamkeit hin überprüft wurden. Wir beginnen mit zwei Lehr-Lern-Umgebungen zur Integration von implizitem und formalem mathematischem Wissen (Lampert, 1986, 1990a, 1990b; Schoenfeld, 1985, 1987), gehen zu einer Umgebung über, bei der die Entwicklung von Lern- und Arbeitsstrategien im Zentrum steht (Beck, Guldinann & Zlatavem, 1991) und runden unsere Darstellung mit zwei computergestützten Wissensbildungs-Gemeinschaften ab (Brown & Campione, 1990; Scardamalia & Bereiter, 1992).

## 2.1 Strategien erfinden - Gesetzmäßigkeiten entdecken: Eine Lehr-Lern-Umgebung zur Integration von intuitivem und formalem mathematischem Wissen

Magdalena Lampert<sup>3</sup> hat die Erfahrung gemacht, dass manche Schüler im Unterricht falsche Vorstellungen von mathematischem Problemlösen erwerben und viele Verfahren, die sie kennenlernen, nicht wirklich verstehen. Problemlösen bedeutet für sie in erster Linie Regeln ablesen, richtig anwenden und schauen, ob der Lehrer die Lösung akzeptiert. Diese Vorstellungen rühren u.a. daher, dass die Schüler ihre Lösungsvorschläge nur selten erklären und ihre Annahmen kaum prüfen und begründen müssen. Auch die Lehrer sind ihnen diesbezüglich keine guten Modelle, denn selten haben die Schüler Gelegenheit, sie beim Lösen anspruchsvoller Probleme zu beobachten. In den Lampert (1986, 1990a, 1990b) ihren Unterricht auf gründliches Verstehen (building a culture of sense-making in the classroom) anstreicht, möchte sie erreichen, dass ihre Schüler die eigenen Denkprozesse verstehen lernen und überdies die Überzeugung gewinnen, dass das Einbeziehen von intuitivem Wissen nicht als Mogeln gilt. Sie versucht daher, ausgehend vom impliziten, ausserschulischen Mathematikverständnis der Schüler mittels problemleisender Aktivität und sozialer Konstruktion dauerhafte Lernergebnisse zu erzielen, die auf gründlichem Verstehen basieren.

Im Mittelpunkt der Lehr-Lern-Umgebung von Lampert steht die Klassendiskussion über anspruchsvolle mathematische Probleme. Ziel ist es, das intuitive mathematische Wissen von Mittelstufenschülern - beispielsweise über die Multiplikation von zweistelligen Zahlen (Lampert, 1986), über Brüche (Lampert, 1989, 1990a) und über Exponentialzahlen (Lampert, 1990b) - mit mathematischen Konventionen zu verbinden und dadurch einschichtiges Problemlösen zu fördern. Beim Versuch, die Probleme zu lösen, entdecken die Schüler Lösungsverfahren und mathematische Gesetzmäßigkeiten, die dann in der Klassendiskussion geprüft werden. Es entsteht eine Kultur des mathematischen Problemlösens, in der die Schüler das Vokabular, die Repräsentationen und die Verfahren zur Diskussion, Beurteilung und Validierung von Hypothesen erlernen.

Für den Einstieg in ein Thema wählt Lampert ein Problem, das eine Vielzahl von Denkaktivitäten in einem Teilgebiet der Mathematik auslösen kann. So fordert sie ihre Schüler beispielsweise auf, die Quadratzahlen von 1 bis 100 auszurechnen (Taschenrechner), Gesetzmäßigkeiten zu suchen (Lampert, 1990b) und Hypothesen zu formulieren. Die Hypothesen der Schüler, die meist in Lösungsvorschläge eingebettet sind, enthalten sowohl intuitives als auch formales, sowohl korrektes als auch fehlerhaftes Wissen. Sie bilden die Basis für eine verteilte Verstehensdiagnose durch den Lehrer. Die Lösungsvorschläge werden gesammelt, in mathematischen Symbolen an der Wandtafel festgehalten und mit den Namen der Schüler versehen. Dadurch übernimmt jeder Schüler die Verantwortung für seinen Lösungsvorschlag; er wird haftbar für das eigene Verstehen (Rumpf, 1987). In der Folge wird er seinen Lösungsvorschlag so zu erklären und zu begründen versuchen, dass

<sup>3</sup> Magdalena Lampert ist als Forscherin auf Universitätsstufe tätig; gleichzeitig unterrichtet sie seit Jahren regelmäßig Mathematik in Grundschulklassen.

er ihm selbst, seinen Mitschülern und dem Lehrer einleuchtet. Anschließend werden die Hypothesen in der Klassen- oder Gruppendiskussion geprüft und überarbeitet. Der Lehrer ermutigt und unterstützt, indem er die Sprache, die Symbole und die Repräsentationen der Schüler präzisiert oder ergänzt. Hypothesen, die der Kritik standgehalten haben, werden an weiteren Aufgaben überprüft und erhalten dann den Status von Gesetzen, Algorithmen oder Strategien.

Mathematisches Denken wird auf diese Weise zu einer öffentlichen Tätigkeit, bei der die Schüler durch Erklären, Begründen und Überprüfen der eigenen Hypothesen mathematische Symbole und Fachausdrücke erwerben. So werden sie in zunehmendem Maße fähig, konventionelle Repräsentationsformen im Dienste des mathematischen Diskurses gezielt und flexibel einzusetzen (Lampert, 1989). Formeln erhalten die Bedeutung, die beim Diskutieren konkreter Probleme gemeinsam konstruiert werden. Dabei erkennen die Schüler, dass mathematische Wahrheiten nicht vom Lehrer oder einem Mitschüler aufgestellt werden, der sagt, ob etwas richtig oder falsch ist, sondern indem untersucht wird, welche Gründe für oder gegen eine Hypothese sprechen. Über die Gültigkeit mathematischer Schlüsse entscheidet damit nicht die Autorität einer Person; Gütekriterien sind Argumente, die Sinn machen. Die Schüler erleben aber auch, wieviel Mut und Ehrlichkeit es braucht, vorläufige Gedanken mitzuteilen (Polya, 1967). Wer eine Hypothese äussert, muss zulassen, dass sie in Frage gestellt und überarbeitet wird. Er muss sich eingestehen, dass seine Sicht der Dinge beschränkt ist und seine Schlussfolgerungen einer genaueren Prüfung möglicherweise nicht standhalten. Diese Erfahrung kann sehr schmerzhaft sein.

Klassendiskussionen sind jedoch nicht unproblematisch. Manche Schüler wagen keine Wortmeldungen, obwohl sie mit vorgeschlagenen Verfahren oder deren Begründungen nicht einverstanden sind. Andere wollen oder können ihre Hypothesen nicht begründen. Wieder andere schützen ihre Kameraden bei Meinungsverschiedenheiten ein oder wollen über Lösungsverfahren abstimmen, um eine Beurteilung zu vermeiden. Ferner gibt es auch jene Schüler, die, um das Gesicht zu wahren, auf ihrer Hypothese beharren, obwohl sie längst erkannt haben, dass sie einer genaueren Prüfung nicht standhält - der mathematische Diskurs kann zur Debatte geraten, in der nicht mehr die gemeinsame Suche nach mathematischer Schlüssigkeit, sondern das Durchsetzen von Meinungen im Zentrum steht (Balacheff, 1991). Es ist daher entscheidend, dass der Lehrer Formen und Gütestandards des sachbezogenen Kritisiens einführt und eine Gesprächskultur fördert, die auf gegenseitiger Wertschätzung beruht.

Der Lehrer nimmt beim Aufbau einer Lehr-Lern-Kultur, die auf diese Weise eine Integration von intuitivem und formalem mathematischem Wissen anstrebt, zwei wichtige Rollen wahr: Aufgrund seines Wissensvorsprungs ist er zum einen *Experte und Modell* für mathematisches Lernen und Problemlösen. Er zeigt den Schülern sowohl, wie er Hypothesen formuliert, begründet und prüft, als auch, wie er seine Lösung plant, Erwartungen aufbaut, Einsichten und Zusammenhänge mit geeigneten Mitteln konisch und symbolisch repräsentiert, Lösungssätze verwirft, sich aus Sackgassen befreit, Ergebnisse beurteilt und seinen Lösungsweg rekapituliert. Die Schüler erfahren nicht nur, welche Aktivitäten beim Problemlösen angemessen sind und welche nicht, sondern auch, wie sie sich kompetent an mathematischen Diskurs

beteiligen und ihre Denkprozesse reflektieren und optimieren können. Zum andern baut der Lehrer eine *Gesprächsgemeinschaft* auf und gewichtet bei Klassendiskussionen besonders diejenigen Erklärungen, die allgemeine mathematische Grundsätze und ihre Bedingungen betreffen. So trägt er dazu bei, dass die sich verfestigenden Konstrukte der Schüler sich zu einem gemeinsamen, von der Klasse akzeptierten Verfahren oder Gesetz zusammenschließen.

Hinsichtlich der längerfristigen Wirkungen des Problemlösens im Rahmen der beschriebenen interaktiven Lehr-Lern-Umgebung konnte Lampert (1986, 1990a, 1990b) immer wieder beobachten, dass die Schüler mathematische Grundsätze und Verfahren, die Gegenstand der Gruppen- und Klassendiskussionen waren, auf andere mathematische Kontexte übertragen und ihre Anwendung auf eine Art begründeten, die mathematischen Beweisen nahe kam, obschon sie ihr Vorgehen nicht im Sinne formalisierter mathematischer Ausdrücke benannten. Sie hatte aber auch den Eindruck, dass sich die Schüler zunehmend schlechter an die Bedeutung der erfindenden Verfahren und Prinzipien erinnern konnten, je häufiger diese angewendet worden waren. Damit stellt sich die Frage, was zu tun ist, damit das Wissen um die Bedeutung von Verfahren im Zuge der Automatisierung nicht schwindet.

Zusammenfassung: Im Vordergrund der von Lampert geschaffenen interaktiven Lehr-Lern-Umgebung stehen die Beziehungen zwischen Individuen, die mathematische Bedeutungen erzeugen, der Argumentations- und Gesprächskultur im Klassenzimmer und dem Fach Mathematik. Ausgangspunkt des Unterrichts sind mathematische Probleme, die in vertraute Aktivitäten eingebettet sind. Dadurch erfahren die Schüler den Wert ihres mitgebrachten (impliziten) Wissens und erkennen, dass es ihnen beim Lösen von offensichtlich unbekanntem Aufgaben hilft. Mit Hilfe der Lehrerin erzeugen die Schüler ihre eigenen Lösungsverfahren, wodurch sie Einsicht in ihr Vorgehen erlangen und zu bewussten, kreativen und kompetenten Mitgliedern einer fachlichen Kultur mathematischen Problemlösens werden, die über das entsprechende Vokabular, die Repräsentationen und die Verfahren verfügen.

## 2.2 Epistemische Einstellungen verändern: Eine Lehr-Lern-Umgebung zur Förderung der Selbststeuerung

Im Geometrieunterricht auf der Sekundarstufe II konnte Schoenfeld<sup>4</sup> (1985, 1987) über Jahre hinweg beobachten, dass seine Schüler geometrische Beweise, die sie an sich gut beherrschten, beim Problemlösen nicht anwendeten. Die Schüler sahen offenbar wenig bis keine Beziehungen zwischen ihrem formalen Wissen über Beweise und ihrem Wissen über geometrische Konstruktionen. Schoenfeld (1985, 1988) erklärt das Ausbleiben des gewünschten Transfers vom Lern- auf den Anwendungskontext zum einen mit der mangelhaften Selbststeuerung der Schüler, zum andern mit

<sup>4</sup> Auch A.H. Schoenfeld ist als Forscher auf Universitätsstufe tätig, hat aber längere Zeit auf Collegestufe (Gymnasium) Mathematik unterrichtet.

unangemessen, von den Schülern im Laufe der Schulzeit erworbenen epistemischen Einstellungen zur Mathematik.

Die von Schoenfeld (1987) bei vielen Schülern festgestellte mangelhafte Selbststeuerung im Vergleich zu Mathematik-Experten wirkt sich oft negativ auf das Lernen und Problemlösen aus. So beginnen manche Schüler mit dem Lösen einer Aufgabe, ohne sich vorher zu vergewissern, dass sie die Problemstellung tatsächlich verstanden haben. Sie planen nur oberflächlich, überwachen den Lösungsprozess kaum und setzen ihre Zeit und ihre Kräfte suboptimal ein. Zudem können die folgenden vier *Einstellungen* zur Mathematik und zum Mathematiklernen gründliches Verstehen behindern (Schoenfeld, 1988):

**Einstellung 1:** Formal mathematische Prozesse haben wenig bis nichts zu tun mit Entdecken oder Erfinden.<sup>4</sup> Die Folge: Die Schüler nutzen ihr formales mathematisches Wissen nicht, wenn sie Probleme zu lösen haben.

**Einstellung 2:** Schüler, die einen Sachverhalt wirklich verstehen, brauchen zum Lösen eines entsprechenden mathematischen Problems höchstens fünf Minuten.<sup>4</sup> Die Folge: Die Schüler brechen ihre Lösungsbegehungen nach relativ kurzer Zeit ab, weil ihnen die Erfolgsaussichten danach gering scheinen.

**Einstellung 3:** Nur Genies sind fähig, mathematische Zusammenhänge zu entdecken, zu erfinden oder wirklich zu verstehen.<sup>4</sup> Die Folge: Die Schüler übernehmen die Inhalte, die ihnen der Lehrer vermittelt, ohne zu erwarten, dass sie diese wirklich verstehen.

**Einstellung 4:** Man hat Erfolg in der Schule, wenn man die Aufgaben so löst, wie es der Lehrer vorschreibt.<sup>4</sup> Die Folge: Nicht das Interesse an Erforschen und Lösen anspruchsvoller mathematischer Probleme steht im Zentrum der Aufmerksamkeit der Schüler, sondern das speeditive Erledigen von Aufgaben: Lernen wird so zu einem zufälligen Nebenprodukt des Aufgabenslösens.

Ein solides Wissen über geometrische Beweise, so folgert Schoenfeld (1987, 1988), nützt den Schülern wenig, wenn ihre Einstellungen oder ihre mangelhaften Selbststeuerungsfertigkeiten sie davon abhalten, dieses Wissen im Bedarfsfälle flexibel und bewusst (*mindfully*)<sup>4</sup> anzuwenden. Um hier Abhilfe zu schaffen, setzt Schoenfeld (1985, 1987) in einjährigen Geometrie-Kursen auf der Sekundarstufe II vier didaktische Elemente ein. Damit verfolgt er zwei Ziele. Die vier Elemente sollen einerseits zu einer Lernkultur beitragen, die der Entwicklung adäquater Einstellungen zum Fach Mathematik förderlich ist, und andererseits die Schüler anregen, über eine verbesserte Selbststeuerung entscheidende Beziehungen zwischen mathematischen Fakten und Verfahren zu stiften.

*Videoregungen sensibilisieren die Schüler für ihr eigenes Denken:* Selbstberichterstattung und Selbstbeobachtung sind wichtige Voraussetzungen für Verhaltensänderungen. Um die Aufmerksamkeit der Schüler auf ihr eigenes Problemlösen zu lenken, zeigt ihnen Schoenfeld Videoaufnahmen von gleichaltrigen Schülern, die an Geometrieaufgaben arbeiten, welche seine Klasse eben erst gelöst hat. Die durch eigene Lösungsversuche sensibilisierten Schüler können sich mit den Problemlösungen auf dem Bildschirm identifizieren und ihr Problemlöseverhalten im Vergleich

zu den Videomodellen reflektieren. Dies dürfte vielen leichter fallen als eine direkte Analyse des eigenen Problemlösens. Beim Ansehen und Diskutieren der Videoaufnahmen lernen die Schüler die Bedeutung der Selbststeuerung kennen.

**Der laut denkende Lehrer als Modell für gutes Problemlösen:** Lehrer präsentieren ihren Schülern genaue perfekte Lösungen. Dadurch, dass sie ihnen ihre anfänglichen Unklarheiten, ihre Holzwege, aber noch die Geistes ihrer Einflüsse vorhalten, vermitteln sie ihnen ein falsches Bild von gutem Problemlösen. Eine Möglichkeit, Schülern anabehrd echtes Problemlösen zu zeigen, ist das prozessbegleitende laute Denken. Bei dieser Form des „modeling“ geht der Lehrer so vor, als würde er die Aufgabe zum erstenmal lösen. Er stellt fest, ob er die Aufgabe richtig verstanden hat, aussert einige Lösungsideen, wählt einen Ansatz und verfolgt diesen eine Weile. Dann fragt er sich: „Mache ich Fortschritte? Ist mein Vorgehen sinnvoll? Je nach Prüfergebnis setzt er seinen Lösungsweg fort oder bricht ab und sucht einen neuen Ansatz. Wenn der Lehrer mutig genug ist, ist er bei und da eine Aufgabe laut, die er noch nicht kennt. Auch mit dieser Technik will Schoenfeld seine Schüler für metakognitive Aktivitäten sensibilisieren.

**Klassensituationen:** Beim Problemlösen im Klassenverband moderiert Schoenfeld die Diskussion. Er verweilt lange bei der Problemstellung und ermutigt die Schüler, laut zu denken und verschiedene Lösungsvorschläge zu formulieren, die dann in der Diskussion geprüft werden. Aufgrund der Diskussionsergebnisse entscheidet sich die Klasse für einen Lösungsansatz und setzt ihn gemeinsam um. Unabhängig davon, ob der eingeschlagene Lösungsweg aus der Sicht des Lehrers zum Ziel führt oder nicht, wird nach etwa fünf Minuten eine Reflexionsphase eingeschaltet. Die Schüler diskutieren ihr bisheriges Vorgehen und entscheiden, ob sie den Lösungsweg weiterverfolgen oder verworfen. Im zweiten Fall suchen die Schüler nicht nur gemeinsam einen neuen Ansatz, sondern sie bestimmen auch, welche Elemente ihres ersten Lösungsversuchs sie übernehmen wollen. Es folgt der nächste Lösungsversuch, der nach etwa fünf Minuten wieder durch eine Reflexionsphase unterbrochen wird. Sobald die Klasse das Problem auf diese Weise gelöst hat, fasst Schoenfeld das Vorgehen zusammen und gibt Rückmeldungen über den Problemlösefortschritt. Er weist auf Überlegungen hin, die zu Schwächen führen haben und nennt Ansatzpunkte für alternative Lösungswege, was zur Folge hat, dass am Schluss der Lektion oft mehrere Lösungen an der Wandtafel stehen.

**Problemlösen in Kleingruppen:** Das Problemlösen in Kleingruppen macht bei Schoenfeld etwa zwei Drittel der gesamten Kurzzeit aus. Schoenfeld übernimmt dabei die Rolle eines Trainers („intellectual coach“), der das Problemlöseverhalten seiner Schüler genau beobachtet und sie immer wieder zur Selbstreflexion anhält. Er geht von Gruppe zu Gruppe und fragt einzelne Schüler:

- (a) Was machst Du jetzt genau? (Kannst Du das beschreiben?)
- (b) Warum machst Du das? (Wie verhält sich Dein Team zur Lösung?)
- (c) Was hilft Dir das? (Was hast Du mit dem Ergebnis vor?)

Diese Fragen bringen die Schüler anfänglich in Verlegenheit. Meistens können sie die erste Frage beantworten, die zweite und dritte aber nicht. Sie beginnen sich auf diese Fragen vorzubereiten und kommen allmählich dazu, ihr Problemlösen gewohnheitsmäßig zu überdenken und sich dessen Plausibilität und Zielbezug bewusst zu versgegenwärtigen. Mit zunehmender Internalisierung dieser Überwachungsaktivitäten geht die Fremdstuerung des Problemlösens in Selbststeuerung über.

Zusammenfassung: Schoenfelds interaktive Lehr-Lern-Umgebung ist der Versuch, mathematische Praxis zu erzeugen, in der die Schüler die zu dieser Kultur gehörenden Konzepte und Verfahren, aber auch die entsprechenden Einstellungen, erwerben können.

nen. Dabei sind Diskussionen im Klassenverband und in der Kleingruppe von zentraler Bedeutung. Schoenfeld legitimiert sie u.a. mit Wysockis (1986) Theorie der Internalisierung, wonach Problemlöseverfahren, Regulationsaktivitäten und Argumentationsmuster, die beim kooperativen Problemlösen externalisiert, verändert oder gemeinsam aufgebaut werden, ins Repertoire des einzelnen Schülers übergehen können. Wenn Schüler mit aneinander gleichem Voraussetzungen gemeinsam Probleme lösen und dabei Lösungsideen austauschen, vergleichen, kritisieren und diskutieren, werden Selbstlernfertigkeiten modelliert, die optimal auf die Voraussetzungen des einzelnen Schülers abgestimmt sind und internalisiert gutes Problemlösen ausmachen. Wichtig ist, dass der Lehrer als Experte und Modell durchaus lenkend und steuernd präsent ist. In dem Masse, wie die Schüler die spezifischen Heuristiken, Verfahrensweisen und Verstehensstandards des mathematischen Problemlösens internalisieren, zieht sich der Lehrer zurück und übergibt den Schülern die Verantwortung.

## 2.3 Nachdenken über das eigene Lernen und Denken: Bausteine einer Lehr-Lern-Umgebung zur Entwicklung von Arbeits- und Lernstrategien

Im Forschungsprojekt „Eigenständige Lerner“ haben Beck, Guldemann und Zinswern (1991) zusammen mit den Lehrkräften in 18 Untersuchungsklassen (4. und 7. Schuljahr) während zwei Jahren in den Bereichen mathematisches Problemlösen, Wissenserwerb oder Texte schreiben eine Lernkultur aufgebaut, in der die Schüler ihre eigenen Arbeits- und Lernstrategien entwickeln (vgl. Beck, Guldemann und Zinswern, in diesem Band).

Den Rahmen für das Projekt bildeten Metakognitionstheorien (Pressley, Borkowski & Schneider, 1987), sowie die Ergebnisse der Experten-Novizen-Vergleiche (Chi, Feltovich & Glaser, 1981) und die Untersuchungen zum „intentionalen Lernen“ (Berliner & Scardamalia, 1989). Gemäß diesen theoretischen und empirischen Grundlagen zeichnen sich eigenständig Lernende durch bestimmte kognitive, kommunikative, soziale, motivationale und metakognitive Kompetenzen aus. Sie sind Lern-Experten, die differenziert und beweglich denken können und über ein gut strukturiertes Wissen verfügen. Sie können sich nicht nur gewandt ausdrücken und mit anderen verständigen, sondern auch von anderen und mit anderen lernen. Zudem sind sie an der Sache und am Lernen interessiert und verfügen über Strategien, um aus eigenen Erfahrungen zu lernen.

Der Schlüssel zu diesem selbstgesteuerten und zielgerichteten Lernen liegt für Beck, Guldemann und Zinswern (1991) nicht in der Vermittlung von Strategien, sondern im Nachdenken über die eigenen Arbeits- und Lernverfahren und im dadurch angeregten individuellen Aufbau von Arbeits- und Lernstrategien. Beck, Guldemann und Zinswern geht es also in erster Linie darum, Schüler für ihr eigenes geistiges Funktionieren zu sensibilisieren, mit anderen Worten, ihre metakognitive Bewusstheit (Fiavelli, 1979) zu steigern.

Zu diesem Zweck haben Beck, Guddimann und Zuvavern, angeregt von amerikanischen Untersuchungen (Schoenfeld, 1987; Scardamalia & Bereiter, 1985), fünf didaktische Bausteine - sie nennen sie 'instrumente' - entwickelt. Durch ihre Anwendung entsteht eine Lehr-Lern-Umgebung, in der die Schüler an kognitiv und interaktiv anspruchsvollen Lehr-Lern-Prozessen teilnehmen und dabei eigene und fremde Arbeits- und Denkweisen verstehen lernen.

**Ausführungsmodell ('modeling'):** Ähnlich wie bei Schoenfeld zeigt der Lehrer oder ein Schüler laut denkend vor, wie er eine Aufgabe angeht und löst. Die Mitschüler beobachten das Verhalten des Ausführungsmodells, vergleichen es mit ihrem eigenen Vorgehen und werden dadurch angeregt, beobachtete Strategien auszuprobieren oder ihre eigenen Strategien zu modifizieren.

**Arbeitszeit ('monitoring'):** Jeder Schüler überweicht sein Arbeiten und Lernen und notiert seine Erfahrungen, Probleme und Fragen in einem Arbeitszeit. Selbstbeobachtung ist Voraussetzung sowohl für eine genaue Problemanalyse als auch für wirksame Selbststrukturen und Selbstkorrekturen (Mehnenbaum, 1977). Sie kann durch schriftliche Dokumentation von Lernerfahrungen gestützt und gefördert werden.

**Arbeitsrückblick im Lernjournal ('evaluation'):** Im Anschluss an eine Lerneinheit bittet der Schüler Arbeitsergebnisse (Aebli, 1985). Dabei überblickt er die gesamte Gliederung seines Vorgehens und stellt fest, welche Schritte er im Hinblick auf das Ziel gemacht und was er gelernt hat.

**Lernpartnerschaft ('peer coaching'):** Jeder Schüler hat einen Lernpartner, mit dem er seine Lernerfahrungen, seine Probleme und Fragen bespricht. In diesen Gesprächen findet eine gemeinsame Evaluation der Arbeits- und Lernerfahrungen statt. Die Partner entscheiden, welche Erkenntnisse und Fragen sie in die Klarsendiskussion einbringen wollen.

**Klassenkonferenz ('conferencing'):** In der Klassenkonferenz - dem Gespräch in der Grossgruppe bzw. der Klasse - werden Ergebnisse aus den Arbeits- und Lernzeiten diskutiert. Bei Bedarf werden neue Vorgehensweisen modelliert.

Die am Projekt teilnehmenden Lehrkräfte kennen die fünf Instrumente durch Selbsterfahrung kennen. Kognitive Selbsterfahrung ist ein wichtiges Mittel zur Steigerung der Diagnosekompetenz (Beck, Bornier & Aebli, 1986). Erst wenn Lehrkräfte die kognitiven und metakognitiven Prozesse der Schüler differenziert wahrnehmen können, sind sie in der Lage, diese angemessen zu stützen (Bromme, 1992). Die Lehrkräfte können die fünf Instrumente während einer zweijährigen Versuchsphase weitgehend frei anwenden. Sie mussten lediglich garantieren, dass alle Instrumente eingesetzt wurden und an den periodischen Diskussionen mit der Forschungsgruppe teilnehmen.

Das Projekt 'Eigenständige Lerner' scheint uns insofern wegweisend, als es anzeigt, dass sich interaktive Lehr-Lern-Umgebungen im Rahmen der herkömmlichen, schwer veränderbaren Schulstrukturen realisieren lassen, und dass genaue Vorschriften für die Ausgestaltung einer solchen Lehr-Lern-Umgebung nicht zwingend sind. Wie Beck et al. (1992, in diesem Band) darlegen, hat die Anwendung der fünf Instrumente zusammen mit der in der Lehr-Lern-Forschung unüblich langen Interventionsdauer zu Entwicklungen in Richtung der gewünschten Lernkultur geführt. Dies liegt nicht zuletzt daran, dass die fünf Instrumente dem einzelnen Lehrer einen grossen Gestaltungsspielraum lassen. Er kann diese didaktischen Elemente gemäss seinen Voraus-

setzungen und Bedürfnissen verändern und weiterentwickeln und muss ebensowenig wie die Schüler vorgegebene Strategien übernehmen, von deren Nutzen er nicht überzeugt ist. Die Arbeit mit den Instrumenten führt dazu, dass sich der Lehrer weniger als Wissensvermittler denn als Lernhelfer erlebt; eine Rolle, die andere Qualifikatio-

nen verlangt und das eigene Selbst- und Berufsverständnis erschüttern kann. Was sich aus unterrichtspraktischer Sicht als Vorteil erweist, ist mit Blick auf die Forschungsmethodologie nicht unproblematisch. Der Spielraum der Lehrer macht einen Vergleich der Klassen schwierig. Die Bandbreite des Lehrerverhaltens und - in Interaktion damit - auch der Schüleraktivitäten ist gross. Erhebungen der metakognitiven Bewusstheit und des Strategiewissens dürften zudem stark von den verwendeten Messverfahren abhängen. Wie in den meisten Untersuchungen zur Metakognition wird auch hier deutlich, dass Transfer von Arbeits- und Lernstrategien schwierig zu erfassen ist, insbesondere, wenn nicht zwischen nahen und fernem Transfer unterschieden wird.

**Zusammenfassung:** Im Projekt 'Eigenständige Lerner' entstand durch den Einsatz von fünf Instrumenten eine Lehr-Lernkultur, die es den Schülern erlaubt, in kognitiv und interaktiv anspruchsvollen Lernprozessen Strategien zu entwickeln. Die Lernpartnerschaften wirken sich günstig auf die Motivation der Schüler aus. Sie führen zu neuen Formen des kooperativen Lernens und tragen zur Entwicklung dialogischer Fähigkeiten bei. Die Hilfslosigkeit der Schüler im Umgang mit Schwierigkeiten nahm deutlich ab, Reflexion und Erfahrungsaustausch förderten eine offenerere Unterrichtssituation und verstärkten die Eigenverantwortung der Schüler. Der Lehrer wurde vom Informationsvermittler zum Lernhelfer, eine Aufgabe, die - korrekt wahrgenommen - anspruchsvoll ist und auch Irritationen hervorrufen kann.

#### 2.4 'Jigsaw' mit 'Reziprotem Lehren': Eine Forschungsgemeinschaft zur Heranbildung intelligenter Novizen

Brown und Campione (1990) liessen sich bei der Entwicklung ihrer interaktiven Lehr-Lern-Umgebung von der Zielvorstellung des 'ineffizienten Novizen' leiten. Intelligente Novizen sind zu autonomen Lernen fähig. Sie können sich das zum Lösen ausstehender Probleme nötige Wissen selbständig und kompetent aneignen und besitzen u.a. ein Repertoire an flexibel und vielseitig anwendbaren Strategien zum Textverstehen.

Durch die Kombination zweier Methoden des kooperativen Lernens - 'Jigsaw'<sup>5</sup> und 'Reziprokes Lehren' - haben Brown und Campione eine interaktive Lehr-Lern-Umgebung gestaltet, die Züge einer kognitiven Beruflehre (Collins, Brown & Newman,

<sup>5</sup> Arosanon (1978). Jigsaw = Puzzlespiel. Der Name dieser Methode weist auf das für Puzzlespiele charakteristische Zusammenfügen von sich ergänzenden Teilen zu einem Ganzen hin.



1989) trägt und zielgerichtetes Lernen (Scardamalia & Bereiter, 1989) in Forschungsgemeinschaften ermöglicht. Diese interaktive Lehr-Lern-Umgebung verfolgt eine doppelte Zielsetzung: einerseits die Förderung gründlichen Verstehens der Lerninhalte, und andererseits den Erwerb von Strategien zum selbständigen Wissenserwerb. Die Klasse bildet eine Lern- und Forschungsgemeinschaft (community of learning; Brown & Campione, 1990), die sich nach der Methode des 'jigsaw classroom' in zwei Phasen ein gemeinsames Wissen in einem Sachbereich aneignet.

In einer ersten Phase teilen sich die Schüler in fünf Forschungsgruppen auf, von denen jede einen anderen Teil des Gesamtthemas so eingehend erarbeitet, dass schließlich jeder Schüler einer Forschungsgruppe als 'Experte' für seinen Teilbereich des Themas gelten kann. Zum Erarbeiten des Themas gehört auch das Herstellen einer kleinen Dokumentation: die Schüler werden zu Autoren ihres eigenen Lernmaterials.

In einer zweiten Phase werden Lerngruppen gebildet, in denen für jeden Teilbereich ein Experte sitzt. Jeder Experte erarbeitet nun mit den Mitgliedern seiner Lerngruppe unter Anwendung des hergestellten Lernmaterials das Wissen seines Spezialbereichs, bis sich schließlich die fünf Teilbereiche zu einem stimmigen Ganzen zusammenschließen, das zur Wissensbasis der Lerngemeinschaft wird.

Die Arbeit in den Lerngruppen wird - vor allem in frühen Phasen der Zusammenarbeit und später nach Bedarf - unterstützt durch das Verfahren des 'Reziproken Lehrens' (Palincsar & Brown, 1984; Aeschbacher, 1989). Reziprokes Lehren ist eine Form des strukturierten, kooperativen Wissensaufbaus, die, wie zahlreiche Untersuchungen belegen (Brown & Campione, 1990), zu besseren Verständnisseleistungen in standardisierten Lesetests führt. Die Grundidee ist dabei, dass jeder Schüler einer Lerngruppe temporär die Funktion eines 'Lehners' oder Diskussionsleiters übernimmt und den Ablauf der gemeinsamen Bearbeitung des Lernmaterials strukturiert. Beim Erarbeiten von Texten geschieht dies durch die systematische Anwendung von vier Strategien des Textverstehens.

Der Diskussionsleiter bestimmt ein Gruppenmitglied, das den Textabschnitt vorliest, und wendet im Anschluss daran zusammen mit seinen Kameraden die Strategien in feststehender Reihenfolge an:

**Fragen** nach der Kernaussage dient dem Überprüfen des eigenen Textverständnisses und führt zu weiteren Fragen, die der Text aufwirft, aber nicht beantwortet.

**Zusammenfassen** ist wie Fragen eine Vorstufe der Selbstdiagnose. Schüler, die den Text nicht zusammenfassen können, bemerken, dass ihr Verständnis noch nicht ausreicht und sie den Text nochmals lesen und dadurch ihre Schwierigkeiten klären sollten.

**Klären** erfordert eine detaillierte Selbstdiagnose, bei der die Schüler versuchen, ihre speziellen Schwierigkeiten beim Verstehen des Textes zu isolieren und zu formulieren.

**Vorhersagen** ist eine allgemeine Strategie des Bildens und Testens von Hypothesen. Sie führt zu Erwartungen, die am Text überprüft werden.

In jeder Runde hat der Diskussionsleiter zuerst das Wort. Die Gruppenmitglieder können auf seine Vorschläge ergänzend, verbessernd oder widersprechend eingehen. Im Laufe dieser strukturierten Diskussion über einen Textabschnitt werden

mehrere Zusammenfassungen produziert, verschiedene Fragen formuliert, vielfältige Schwierigkeiten geklärt und unterschiedliche Vorhersagen gemacht.

Bei all diesen Aktivitäten konstruieren die Schüler ein gemeinsames und gründliches Verständnis des Textes. Sie erwerben Einseitigkeit in das Zielhandeln der Textteile, stiften Beziehungen zwischen ihrem Vorwissen und neuen Informationen (Aebli, 1980, 1981) und differenzieren beim Lösen von sozio-kognitiven Konflikten (Doise & Mugny, 1984) ihre Konzepte. Die reziproke Natur des Verfahrens garantiert Engagement und Motivation auf Seiten der Schüler. Die Einstiegsschwelle ist niedrig. Bereits sehr einfache Fragen führen zu einem sichtbaren und sozial inszenierten Erfolg. Die Mitschüler können die Fragen beantworten und nötigenfalls berichtigen. Zusammenfassungen sind nie falsch. Sie erweisen sich höchstens als verbesserungs- und ergänzungsbedürftig, und auch dabei können die Schüler einander helfen. Angestrebt und hohe Erfolgswahrscheinlichkeit sind aus der Verhaltenstherapie bekannte, wirksame Mittel, um ein erwünschtes Verhalten in Gang zu setzen (Aeschbacher, 1989).

Jigsaw mit Reziprotem Lehren wurde während eines Jahres in drei Mittelschulklassen (5./6. Schuljahr) eingesetzt.

Die Schüler arbeiteten pro Woche drei Lektionen an Projekten zum Thema Ökologie. Für ihre Arbeit in den Forschungsgruppen beschafften sie sich aus Texten, Videos und durch Nachfragen bei Erwachsenen und Mitschülern Informationen und schrieben mit Hilfe eines einfachen Textverarbeitungsprogramms eine Broschüre zu ihrem Teilbereich. Für die zweite Phase übernahm jeder 'Experte' an einem Tag die Verantwortung für den Unterricht in seiner Lerngruppe. Er stellte die Informationsbrochüre vor, die einen Teil der Gruppenlektüre ausmachte, leitete die Diskussion und bereitete Fragen für den Schlussatz über das Projekt vor, wobei das Lesen und Diskutieren der Informationsbrochüre nach der Methode des Reziproken Lehrens erfolgte.

Zur Evaluation des Projektes wurden durch ethnographische Beobachtungen der Schülerinteraktionen, Analysen schriftlicher Erzeugnisse und standardisierte Leistungstests unterschiedliche Daten erhoben (Brown, 1992; die Auswertung des Datenmaterials ist noch nicht abgeschlossen). Es zeigte sich, dass sich die Qualität der Lern- und Verstehensaktivitäten verbesserte. Im Laufe des einjährigen Projektes veränderten sich die Diskussionen dramatisch. In dem Masse, wie sich in den Lerngruppen eine Gesprächskultur entwickelte, verloren die vier Strategien an Bedeutung. Dafür wählten die Schüler häufiger Ursachen und begründeten ihre Erklärungen. Sie begannen über die Plausibilität ihrer Aussagen zu diskutieren und entwickelten eine Vielzahl von Denkstrategien. Ansichten wurden verglichen und verteidigt, und es wurden häufig Hypothesen gebildet. Allgemein liess sich ein wachsendes Bemühen um gründliches Verstehen beobachten (Brown & Campione, 1990).

Positive Veränderungen zeigten sich auch beim Textverstehen. Wurden zu Beginn vor allem Texte mit einer linearen Struktur produziert, entstanden im Laufe des Jahres zunehmend hierarchisch organisierte Texte.

Durch das Lernen und Unterrichten entwickelten sich einige Kinder zu Spezialisten für bestimmte Sachbereiche. Ohne offizielle Anknüpfung wurde in den Klassen all-

mlich bekannt, welcher Schüler für welche Themen und Fragen zuständig war. Es entstand eine Kultur gemeinsamen Forschens und gegenseitiger Unterstützung, in der die Strategien und das bereicherspezifische Wissen der Schüler signifikant zunahm. Der Lehrer war nicht länger die einzige Fachautorität. Als Mitglied der Lern- und Forschungsgemeinschaft hatte er zwei Funktionen: er begleitete und unterstützte die Verstehensprozesse der Schüler und war zugleich Modell für zielgerichtetes Lernen.

Eine erste Auswertung der Leistungen in den Bereichen Lesen, Arbeiten mit dem Computer und in Wissenstests zu den bearbeiteten Themen weist die Lehr-Lern-Umgebung ebenfalls als erfolgreich aus (Brown, 1992; Campione, Brown & Jay, 1992). So konnte beispielsweise im Vergleich mit verschiedenen Kontrollgruppen eine deutliche Überlegenheit der mit Jigsaw und Reziprotem Lernen unterrichteten Schüler in einem Wissenstest zum bearbeiteten Thema, in einem Test über die Anwendung und dem Transfer des erworbenen Wissens sowie in einem bereicherspezifischen Lesetest nachgewiesen werden (Campione, Brown & Jay, 1992).

Zusammenfassung: In der von Brown und Campione (1990) gestalteten interaktiven Lehr-Lern-Umgebung geschieht der Erwerb von Wissen und Strategien beim Lesen und Diskutieren, beim Entwerfen und Überarbeiten von Texten, beim Unterrichten und bei der Arbeit am Computer. Bei der aktiven Auseinandersetzung mit bestimmten Themen im Rahmen einer Lern- und Forschungsgemeinschaft, in der die Mitglieder gemeinsam ein Verständnis des Gegenstandes aufbauen und Lehrer und Schüler abwechselnd Modelle für selbstgesteuertes, individuelles und kooperatives Lernen sind, entwickeln sich Schüler zu Experten für bestimmte Fachbereiche. Grundlage dafür ist das Reziproke Lehren, bei dem die Schüler abwechselnd Produzenten und Kritiker sind. Beim Krisistieren müssen sie ihr Wissen darüber, was eine gute Frage, Vorhersage oder Zusammenfassung ist, artikulieren. Dadurch wird dieses Wissen zum einen besser verfügbar für das eigene Zusammenfassen, Fragen und Vorhersagen. Das Formulieren befreit das Wissen von kontextuellen Bindungen und macht es verfügbar für den Transfer. Zum anderen ist dieses externalisierte Wissen allen Gruppenmitgliedern zugänglich. Kognitive Aktivitäten, die im Bemühen um eine gemeinsame Deutung in Lern- und Forschungsgemeinschaften ins Spiel kommen, werden beobachtbar und können internalisiert werden. Beim Reziproken Lehren haben die Schüler zudem Gelegenheit, eine zureichendere Vorstellung von gründlichem Verstehen aufzubauen.

## 2.5 CSILE:

### Eine computergestützte Wissensbildungs-Gemeinschaft

CSILE ist die Abkürzung für 'Computer Supported Intentional Learning Environments' (Scardamalia & Bereiter, 1992) und bezeichnet ein Computernetzwerk, das es Gruppen von Schülern ermöglicht, sich zu Wissensbildungs-Gemeinschaften zu entwickeln. Die theoretischen Grundlagen von CSILE sind das 'Intentionale Lernen' (z.B. Bereiter & Scardamalia, 1989; Ng & Bereiter, 1991) und in Verbindung damit ein Verständnis von Expertise als progressives Problemlösen in sozialen Kontexten.

Den Ausgangspunkt für die Entwicklung von CSILE bildete u.a. die Feststellung, dass die Lernaktivitäten von Schülern oftmals von unzureichenden Auffassungen über Lernen und Unterricht geprägt sind, die letztlich verhindern, dass gründliches Verstehen zu einem erstrebenswerten Ziel wird. So glauben viele Schüler, ihre Hauptaufgabe im Unterricht sei, die gestellten Aufgaben möglichst schnell zu erledigen. Was sie dabei lernen, und wie gründlich sie verstehen, scheint ihnen sekundär. Demgegenüber geschieht intentionales Lernen, wenn Schüler aktiv auf kognitive Ziele hinarbeiten. Wenn sie nicht nur lernen, um gute Beurteilungen zu erhalten, sondern um die betreffenden Inhalte gründlich zu verstehen (Bereiter & Scardamalia, 1989). Eine interaktive Lehr-Lern-Umgebung, in der intentionales Lernen gefördert wird, sollte einerseits Gelegenheiten bieten, geeignete Strategien für den zielgerichteten Wissenserwerb zu erwerben, und andererseits den Schülern zunehmend mehr Verantwortung für ihr eigenes Lernen übergeben.

Eine Möglichkeit, diese Zielsetzungen zu realisieren, ist der Aufbau von Wissensbildungs-Gemeinschaften. Bei dieser Variante interaktiver Lehr-Lern-Umgebungen werden die Schüler in Situationen eingeführt, in denen sie unter Nutzung von Informationsquellen gemeinsam Wissen aufbauen und im Zuge dieser Aktivitäten Strategien erwerben. Erklären, argumentieren, diskutieren und Problemlösen sind dabei zentrale Tätigkeiten.

Wissensbildungs-Gemeinschaften in der Schule weisen idealerweise folgende Merkmale auf: Ausgewählte Sachbereiche werden eingehend und während längerer Zeit bearbeitet. Die Arbeit an diesen Themen geschieht problembezogen und ist von den Fragen der Schüler geleitet. Diskurse spielen eine wichtige Rolle. Die Schüler formulieren eigene Theorien, um Phänomene zu erklären, und begründen diese anhand von Fakten. Sie kritisieren aber auch die Theorien ihrer Mitschüler, indem sie Gründe auflisten, die dagegen sprechen und diese erläutern. Das Fachwissen des Lehrers ist nicht länger die einzige Informationsquelle. Bücher, Tabellen, Videos und das Wissen der Kameraden werden einbezogen. Der Lehrer behält zwar die Leitung des Unterrichts. Er steuert den Unterricht jedoch nicht von aussen, sondern beteiligt sich an der Konstruktion von Wissen, indem er sich als Experte für das Lernen einbringt. Der Fortschritt in solchem Wissensbildungs-Gemeinschaften wird in erster Linie im Hinblick auf das gemeinsame Ziel, den Sachverhalt zu verstehen, beurteilt und erst in zweiter Linie in bezug auf die Lernfortschritte und die Leistungen des Individuums.

Wenn Diskussionen in grösseren Gruppen produktiv sein sollen, müssen sie moderiert werden. Kleine Gruppen kommen ohne Moderator aus, doch ist hier die Informationsvielfalt geringer. Mündliche Ausserungen haben zudem kurzen Bestand. Ergebnisse und gute Ideen werden u.U. nicht beachtet oder schnell wieder vergessen. Schriftliche Kommunikation im Sinne der 'peer review' wäre diesbezüglich besser geeignet. Beim Reagieren auf Texte ihrer Kameraden könnten die Schüler ohne Zeitdruck kritisieren und argumentieren. Ohne technische Hilfsmittel ist für Mittelstufenschüler das Kommentieren und Überarbeiten von Texten jedoch sehr zeitaufwendig. Ein Computernetzwerk, das eine zentrale Speicherung und den Abruf aller Informationen erlaubt, ist in diesem Zusammenhang das Mittel der Wahl, um den Informationsaustausch optimal zu gestalten.

sichung erneut in den Blickpunkt des Interesses gerückt sind: (1) die Integration von Alltagswissen und Fachwissen, (2) die Prozess- und Produktorientierung des Lernens, (3) das Wechselspiel zwischen individuellem und kooperativem Lernen, (4) das Verhältnis zwischen Fremd- und Selbststeuerung und (5) der Aufbau von transferierbaren anstelle von bloß reproduzierbarem Wissen. Diese Fragen sollen uns beim Herausarbeiten kritischer Merkmale von interaktiven Lehr-Lern-Umgebungen leiten. Weiter können sie zur Analyse von Lernkulturen dienen, wie sie aus einer reformpädagogisch orientierten Praxis heraus entstanden sind.

### 3.1 Interaktive Lehr-Lern-Umgebungen fördern die Integration von intuitivem und formalem Wissen

Gründliches Verstehen beruht darauf, dass wir vor einem Phänomen unser Vorwissen aktivieren und mit seiner Hilfe die neue Situation zu deuten versuchen. Jedes integrierte Fachwissen enthält intuitives Alltagswissen, das auf mehr oder weniger vielfältige Weise mit formalem, systematischem Wissen verknüpft ist. Die Integration und Kohärenz dieser Wissensbereiche zu fördern, ist eine vornehmliche Aufgabe von guten Unterricht. Unterricht darf dabei nicht an den 'naiven', ursprünglichen Auffassungen der zu behandelnden Themen vorbeiführen (Wagenschein, 1977). Er muss an die handlungs- und deuningswissens Vorstellungen der Schüler anknüpfen und ihre Berechtigung für schulisches Denken und Problemlösen aufzeigen (Fuglister, 1987). Wenn intuitives und formales Wissen nicht aufeinander bezogen werden, erleben die Schüler Unterricht und Alltag mit der Zeit als zwei getrennte Welten. Sie bauen unter Umständen nebeneinander widersprüchliche Wissensstrukturen auf, die sich nie als Kontradiktionen manifestieren. Die unerwünschten Wirkungen eines solcherart schlecht integrierten Wissens auf das Handeln, Denken und Problemlösen sind hinreichend bekannt (vgl. Gardner, 1993).

In allen hier beschriebenen interaktiven Lehr-Lern-Umgebungen wird entweder ausdrücklich auf eine Integration von Alltags- und Schulwissen oder auf eine Integration von Strukturen aus unterschiedlichen Fachbereichen hingearbeitet. Bei Lampert (1986) und bei Beck, Galdinam und Zuzavem (1991) erfinden die Schüler Verfahren und Strategien, die sie gruppen- oder klassenweise diskutieren. Dadurch wird deklaratives und prozedurales Wissen für alle zugänglich. Es wird bereitgestellt für die Verbindung mit neuem Inhalten. Schoenfeld (1985, 1987) versucht über die Vermittlung von Selbststeuerungsfertigkeiten und über den Aufbau von adäquaten Vorstellungen von guten Problemlösen Beziehungen zwischen zwei Bereichen der Mathematik zu stiften. Bei Brown und Campione (1990) wird das Vorwissen der Schüler vor allem beim Rezipieren von Texten aufgegriffen, wenn die Schüler gemeinsam versuchen, Texte zu deuten, und bei Scardamalia und Bereiter (1992), wenn die Schüler die Texte ihrer Lernpartner kommentieren.

Das Computernetzwerk CSILE bietet einer Gruppe von Schülern Gelegenheit, sit- und in seiner Interaktion eine gemeinsame Wissensbasis zu einem ausgewählten Thema aufzubauen und in Form von Texten und Bildern in einer Datenbank zu speichern. Die Arbeit mit dem Computernetzwerk kann man sich ähnlich vor einem Teilbereich einer Schullernstunde. Jeder Schüler beschäftigt sich mit einem Teilbereich eines Gruppenproblems und verfasst darüber Berichte. Je nach dem wichtig schen, gibt er sie in sein System ein. Seine Mitschüler, die an ähnlichen Fragestellungen arbeiten, lesen diese Texte, machen Anmerkungen, ergänzen oder schreiben Fragen dazu. Der Verfasser überarbeitet daraufhin seine Berichte und legt die neue Version nochmals seinen Kameraden oder direkt dem Lehrer vor. Berichte, die aus der Sicht des Lehrers in Ordnung sind, erhalten das Etikett 'publiziert' und erscheinen in einer separaten Spalte der Datenbank. Sie sind ein Teil des gemeinsamen Wissens, auf das die Mitschüler beim Verfassen weiterer Berichte zurückgreifen können. Am Ende des Schuljahres entscheidet die Klasse, welche Texte sie ihren Nachfolgern auf dem System überlassen will. Die Nachfolger können so, wie dies im Alltag üblich ist, das Wissen ihrer Vorgänger nutzen.

CSILE wurde im Realunterricht (Ökologie) bei 5- und 6-Klassen eingesetzt (Scardamalia, Bereiter, Brett, Burdick, Calhoun & Smith, 1992). Dabei war nicht nur ersichtlich, welchen Wissensstand eine Klasse erreichen kann, wenn die Schüler gemeinsam eine Datenbank aufbauen, sondern auch, wieviel die einzelnen Schüler von einer solchen Lehr-Lern-Umgebung profitieren. Schüler, die während eines Jahres mit CSILE gearbeitet hatten, wiesen in standardisierten Leistungstests keine schlechteren Leistungen auf als ihre Altersgruppe. In den Bereichen Lesen, Sprache und Wortschatz, aber auch was die Verstehensgüte, die Reflexion, die Beantwortung des eigenen Verstehens und das Wissen über das Lernen im Allgemeinen anbelangt, waren sie sogar wesentlich besser als eine Vergleichsgruppe.

Zusammenfassung: Scardamalia und Bereiter (1992) plädieren dafür, Schulen als Wissensbildungs-Gemeinschaften zu restrukturieren, in denen der Aufbau von Wissen als gemeinsames Ziel, zu dem Schüler und Lehrer gleichermaßen beitragen, gesehen und anerkannt wird. Diese Auffassung steht im Gegensatz zu einem Verständnis von Lernen, bei dem vor allem die persönliche Neugier als motivierendes Element angesehen wird und bei dem sich das Augenmerk stärker auf die konstruktiven Prozesse im Denken des Individuums richtet. Es trägt dem Umstand Rechnung, dass Wissenserwerbsprozesse ausserhalb der Schule sehr häufig im Rahmen solcher Wissensbildungs-Gemeinschaften ablaufen. Dies ist der tiefere Begründungszusammenhang für kooperatives Lernen.

### 3. Zentrale Elemente einer neuen Lernkultur

Die hier beschriebenen interaktiven Lehr-Lern-Umgebungen sind insofern von einer gewissen *Aufwertzucht*, als Aktivitäten wie Probleme lösen, Texte deuten, Texte verfassen und Informationen beschaffen repräsentativ sind für die Umwelt, in der die Schüler leben, und in Kontexten und Interaktionsgemeinschaften stattfinden, wie sie in Alltag und Beruf üblich sind. Sie versuchen, eine praktische Antwort auf einige klassische Fragen der Didaktik zu geben, die durch die Ergebnisse der Lehr-Lern-For-

### 3.2 Interaktive Lehr-Lern-Umgebungen fördern prozess- und zielorientiertes Lernen

Gründliches Verstehen ist eine zielgerichtete Tätigkeit. Sie geschieht im Hinblick auf eine befriedigendere Deutung eines vorliegenden Sachverhalts oder auf die Lösung eines Problems. Dabei geht es immer auch um Wissensaufbau. Dieser wird geleistet von internen Vorstellungen über den Prozess und das zu erreichende Produkt, die den Teilschritten Bedeutung verleihen und als Gütemaßstäbe dienen. Ziel- und Prozessvorstellungen werden selten explizit vermittelt. Eher bleiben sie bei der Lösung spezifischer Aufgaben implizit. Das hat zur Folge, dass viele Schüler nur rudimentäre und oft unzureichende Vorstellungen von gründlichem Verstehen oder gutem Prozessaufbau erwerben, was eine wirksame Selbststeuerung und einen effektiven Wissensaufbau verhindert.

Dieses Problem wird in allen hier dargestellten interaktiven Lehr-Lern-Umgebungen durch das Verfahren des 'modeling' in Kombination mit dem lauten Denken oder im Rahmen sozialer Interaktionen angegangen. Beim 'modeling' beobachten die Schüler, wie sich der Lehrer oder fortgeschrittenere Mitschüler beim Deuten und Problemlösen verhalten. Sie gewinnen dabei eine spezifische Vorstellung, wie sich Expertise in Konversationen und Aktivitäten prozesshaft manifestiert, und wie das Ergebnis dieser Tätigkeiten, die Deutung oder die korrekte Lösung einschließlich des Lösungsweges beschaffen ist. Selbstkorrekturen werden durch das Nachdenken über die Unterschiede zwischen der eigenen Ausführung und dem internalisierten Expertenverhalten erleichtert. Durch 'modeling' lassen sich auch Fertigkeiten, die schlecht verbalisierbar sind, vermitteln. Der Erwerb adäquater Ziel- und Prozessvorstellungen ist besonders dann wichtig, wenn es um die Veränderung von Einstellungen geht, z.B. vom 'Erdledigen der Aufgabe' zum intentionalen Lernen, wie sie in den interaktiven Lehr-Lern-Umgebungen von Schoenfeld (1987), Lampert (1990a,b) und Scardamalia und Bereiter (1992) angestrebt werden.

### 3.3 Interaktive Lehr-Lern-Umgebungen ermöglichen Wissensaufbau in Lernpartnerschaften und Kommunikationsgemeinschaften

Eine weitere Möglichkeit, gründliches Verstehen zu fördern, ist, Schüler in Interaktionen einzubeziehen, wie sie in Wissensbildungs-Gemeinschaften ausserhalb der Schule ablaufen. Dabei lernen die Schüler nicht nur, wie man seine eigenen Ansichten formulieren, begründen und verteidigen kann, sondern sie erfahren auch, wie man sich arbeitsteilig auf ein Ziel ausrichtet und wie man konstruktiv kritisiert.

Die Zusammenarbeit mit Lernpartnern schafft soziale Situationen, die günstige Voraussetzungen für die Förderung gründlichen Verstehens darstellen. So kann das Bedürfnis entstehen, einen Sachverhalt zu erklären, die eigene Meinung zu verteidigen, oder den Partner zu überzeugen. Das Generieren von Erklärungen kann den Verstehensprozess insofern positiv beeinflussen, als es eine Überprüfung des eigenen Ver-

ständnisses eines Lerngegenstandes auslösen und dadurch zur Aufdeckung von vorher unbemerkten Wissenslücken oder Widersprüchen führen kann, und zudem einen Anlass darstellt, seine Gedanken weiter zu elaborieren und neues und bekanntes Wissen zu integrieren (Chi, De Lennu, Chir & LaYanciter, 1993; Webb, 1989). Auch die Überwindung von Kontroversen durch die Koordination gegensätzlicher Perspektiven bis zur Konstruktion eines gemeinsam akzeptierten Standpunktes kann wesentlich zu gründlichem Verstehen beitragen.

Dass Schüler beim gemeinsamen Deuten und Problemlösen oft Einsichten gewinnen, zu denen sie im Alleingang nicht gekommen wären, mag u.a. auch daran liegen, dass beim Kooperieren Rollen, die ein guter Lerner oder ein guter Problemlöser in sich vereint, aufgeteilt und externalisiert werden können. Es entstehen Diskurse, in denen die Schüler abwechselnd Produzenten von Ideen und Kritiker sind. In diesen anspruchsvollen Lern- und Kommunikationsprozessen können jene sozialen und kognitiven Kompetenzen erworben werden, die zur aktiven Teilnahme an Kommunikation- und Wissensbildungs-Gemeinschaften auch in ausserschulischen Kontexten befähigen.

Kooperation funktioniert aber nicht zwangsläufig. Manche Schüler beteiligen sich kaum an den gemeinsamen Deutungs- oder Problemlöseversuchen und erwarten, dass begabtere oder höher motivierte Kameraden die Hauptarbeit leisten. Diese wiederum fühlen sich ausgenutzt und verringern ihre Anstrengung, oder sie dominieren die Gruppenaktivität und profitieren auf Kosten ihrer Kameraden (Webb, 1989, 1991). Wieder andere haben kein Interesse an der Aufgabe und erledigen sie mit möglichst geringem Aufwand. Neben diesen eher personenspezifischen Störgrößen können schlecht gestellte Aufgaben, ungeklärte Verantwortlichkeiten und rigide Vorschriften produktive Interaktionen verunmöglichen (Salomon & Globerson, 1989).

Um diesen und weiteren Problemen zu begegnen, werden in den hier dargestellten Lehr-Lern-Umgebungen Strukturen fürs Interagieren vorgegeben. Die Schüler erhalten beispielsweise ein Skript (Brown & Campione, 1990) und lernen, wie Argumente und Kommentare zu formulieren und zu kritisieren sind (Lampert, 1986; Schoenfeld, 1985, 1987; Scardamalia & Bereiter, 1992). Auch computergestützte Interaktionen bieten Gelegenheiten zum Nachdenken, Problemlösen und zu entdeckendem Lernen. Der Computer scheint als Medium des Lehrens und Lernens in kognitiver Hinsicht besonders dann effizient und effektiv zu sein, wenn er Kontroversen zwischen Lernpartnern veranlasst und zu ihrer Lösung beiträgt (De Corte et al., 1992).

### 3.4 Interaktive Lehr-Lern-Umgebungen erfordern ein neues Verständnis der Schüler- und der Lehrrolle

In interaktiven Lehr-Lern-Umgebungen kooperieren unterschiedlich kompetente, in wichtigen Bereichen selbstgesteuerte Schüler, die Verantwortung für ihr Lernen übernehmen, sowohl miteinander als auch mit einer Lehrperson, die Experten bezüglich Fachwissen, Lernen und Problemlösen ist. Dadurch ergeben sich neue Rollen, die

nicht nur an die Schüler, sondern auch an die Lehrer hohe und ungewohnte Anforderungen stellen. Die dazu erforderlichen Kompetenzen und Einstellungen müssen sorgfältig und über längere Zeit hinweg aufgebaut werden (Reusser, 1994).

Auf Seiten des Schülers sind dies u.a. die Fähigkeit zur Selbststeuerung und die Bereitschaft, für sein Lernen Verantwortung zu übernehmen. Was dies bedeutet, ist nur zu erlernen, wenn man sich die hohen Anforderungen vergegenwärtigt, die der Erwerb von beweglichem und subjektiv bedeutungsvollem Wissen an den Schüler stellt. Jeder Deutungs- und Problemlöseprozess erfordert die kontinuierliche Feinabstimmung der Aktivitäten mittels Strategien vor dem Hintergrund eines soliden Wissens über den Sachbereich und über das eigene Denken. Das Wissen vieler Schüler über ihr eigenes Denken ist jedoch rudimentär und fehlerhaft, die Funktion der Selbststeuerung wenig bekannt. Das Überwachen und Steuern der eigenen Verstehens- und Problemlösefähigkeit verläuft suboptimal.

In den dargestellten interaktiven Lehr-Lern-Umgebungen werden die Schüler durch Videoausschnitte, durch 'modeling' mit lauten Denken und soziale Interaktionen in Lernpartnerschaften, Gruppen- und Klassendiskussionen und durch 'coaching' für das Überwachen und Steuern ihres Denkens sensibilisiert. Die dazu erforderlichen Strategien eignen sich die Schüler in der Auseinandersetzung mit der Sache (Beck, Guldimann & Zuisavern, 1991; Lampert, 1986), beim Beobachten von Ausführungsmodellen (Beck, Guldimann & Zuisavern, 1991; Brown & Campione, 1990), in der Interaktion mit dem Lehrer (Schoenfeld, 1985, 1987) und beim Deuten und Problemlösen zusammen mit den Lernpartnern an.

In diesen Situationen entwickeln oder erwerben die Schüler aber nicht nur Strategien, sondern sie erleben auch deren Nutzen (Aebli & Ruthemann, 1987) und lernen die Anwendungsmöglichkeiten kennen. Letzteres ist besonders im Hinblick auf Transfer wichtig. Das selbständige Erfinden von Strategien birgt aber auch Gefahren. So gibt es zum einen anspruchsvolle Strategien, die ohne explizite Vermittlung nicht erworben werden (Pressley, Harris & Marks, 1992). Zum anderen entdecken die Schüler häufig Strategien, die wenig effektiv sind (Van Lehn, 1990), und selbst wenn sie wirksame Strategien entdecken, verstehen sie diese oft nicht genügend und verwenden sie abwechselnd mit ineffektiven oder fehlerhaften. Ein Strategieerwerb, der nicht über explizite Vermittlung geschieht, ist daher nur in Kombination mit expertengestützten Reflexionsphasen, z.B. mit Gruppen- und Klassendiskussionen ergänzt durch modeling-Sequenzen, zu empfehlen, wie dies bei Lampert (1986) oder Beck, Guldimann und Zuisavern (1991) der Fall ist.

Mit zunehmender Selbststeuerung des Schülers verringert sich der Bedarf nach direkter Lenkung durch den Lehrer. Das allmähliche Abgeben von Kontrolle ist denn auch eine entscheidende Leistung, die ein Lehrer beim Aufbau einer interaktiven Lehr-Lern-Umgebung erbringen muss. Der Lehrer wird von vorwiegend expositorischen Wissensvermittler zum zunehmend interaktiven Förderer der Begriffsbildung und gleichzeitig zum Experten in Sachen grundlegendes Verstehen und Problemlösen. Damit verlässt er auch seinen Posten als vorwiegend ausstehender Unterrichtsmanager oder blosser Moderator von Lernprozessen und wird aktiver, wenn auch durch

seinen Expertenstatus deutlich 'ausgezeichnetes' Mitglied der Verstehens- und Problemlösegemeinschaft. Obschon dies auf den ersten Blick nach einem Kontrollverlust aussieht (und dies i.d.R. auch ist) und entsprechende Verunsicherungen nach sich ziehen kann (Beck, Guldimann & Zuisavern, 1991), ist es bei genauerem Hinsehen eine äußerst anspruchsvolle Aufgabe, wenn man die Tätigkeiten analysiert, welche der Lehrer in den hier beschriebenen interaktiven Lehr-Lern-Umgebungen übernimmt (Collins, Brown & Newman, 1989):

In seiner Funktion als Experte für den Lerninhalt und für den Lernprozess modelliert ('modeling') er grundlegendes Verstehen, gutes Problemlösen und wirksame Selbststeuerung. Er bedient sich dabei u.a. des lauten Denkens und externalisiert so kognitive Aktivitäten, die sonst im Verborgenen ablaufen. So gewährleistet er, dass seine Schüler eine zureichende Vorstellung des angestrebten Ziels und des hinführenden Weges aufbauen können. Bei Bedarf setzt er auch Schüler als Ausführungsmodelle ein (Beck, Guldimann & Zuisavern, 1991).

Er überwacht die Deutungs- und Problemlöseversuche seiner Schüler, gibt ihnen laufend Rückmeldungen und hilft ihnen durch Hinweise und erneutes 'modeling', ihre Leistungen zu verbessern ('coaching'). Voraussetzung dafür ist eine solide Diagnosekompetenz, die beispielsweise durch Selbsterfahrung (Beck, Bornier & Aebli, 1986; Beck, Guldimann & Zuisavern, 1991) und Selbstbeobachtung erworben werden kann. Bei den Deutungs- und Problemlöseversuchen der Schüler gibt der Lehrer Strukturierungshilfen, die auf ihre je spezifischen Bedürfnisse und Kompetenzen abgestimmt sind ('scaffolding') (Brown & Campione, 1990). Diese Hilfestellungen werden in den Masse verringert ('fading'), wie die Kompetenzen der Schüler steigen und sie Verantwortung für ihr Deuten und Problemlösen übernehmen.

Der Lehrer schafft Gelegenheiten, damit die Schüler ihr Wissen und ihre Denktivitäten in möglichst naturnächlichen Interaktionssituationen verbalisieren können ('articulation'). Er gibt soziale Skripts für das Zusammenarbeiten vor (Brown & Campione, 1990; Scardamalia & Bereiter, 1992), setzt Massstäbe für sinnvolles Argumentieren (Lampert, 1986) und moderiert die Gruppen- und Klassendiskussionen so, dass das Thema im Zentrum bleibt und das fortwährende Bemühen um gründliches Verstehen offensichtlich wird (Schoenfeld, 1985, 1987).

Er regt die Schüler an, ihre Ansichten und Problemlöseverfahren mit denjenigen der Kameraden, mit den modellierten Expertenverhalten und schliesslich mit der eigenen Vorstellung zu vergleichen. Zusammen mit den Schülern hält er Arbeiterschaubilder (Aebli, 1985). Dabei werden Entscheidungssituationen, angewendete Strategien und der Umgang mit Schwierigkeiten und Fehlern diskutiert ('reflection') (Schoenfeld, 1987).

Schliesslich wählt der Lehrer anspruchsvolle Aufgaben, die einen grossen Spielraum für eigenes Erforschen und Entdecken lassen ('exploration') (Lampert, 1986, 1990a,b). Die Schüler sollen erleben, dass sie unter Einsatz ihres Wissens in Kombination mit geeigneten Strategien die Situation kontrollieren können, sofern sie sich anstrengen. Das Erlebnis, einen Sachverhalt gründlich zu verstehen, erfüllt die

Schüler mit tiefer Befriedigung, wirkt sich günstig auf ihre Selbstwirksamkeitserwartungen (Bandura, 1986) aus und steigert ihre Motivation.

### 3.5 Interaktive Lehr-Lern-Umgebungen schaffen Voraussetzungen für Transfer

Begriffe und Fertigkeiten werden selten spontan vom Lernkontext auf andere Inhaltsbereiche übertragen. Wenn Schüler kognitive Transferleistungen erbringen sollen, ist es notwendig, dass der Unterricht ausdrücklich und intentional darauf abgestimmt wird. Die Schüler müssen über längere Zeit ein solides bereicherspezifisches Wissen und darauf bezogene Strategien aufbauen können. Die Lehrer müssen ihnen zudem zeigen, wie sie die Lerninhalte und Verfahren, die sie in einem Bereich erwerben, effektiv in anderen Kontexten anwenden können.

Alle hier beschriebenen interaktiven Lehr-Lern-Umgebungen erlauben eine längerfristige und eingehende Beschäftigung mit ausgewählten Themen. Zudem werden Strategien in hohem Maße externalisiert. Beides sind notwendige Voraussetzungen für Transfer. So zeigte sich denn auch, dass die Strategien zum Textverstehen aus der Lehr-Lern-Umgebung der Kombination von Jigsaw und Reziprotem Lehren auf andere Unterrichtssituationen übertragen wurden (Brown & Campione, 1990). Auch die in einem Bereich erworbenen Strategien der mathematischen Beweisführung wurden in anderen Bereichen der Mathematik angewendet (Lampert, 1990a). In beiden Fällen handelt es sich um nahen Transfer. Über ferne Transfer können wir keine Angaben machen, da er entweder mit ungeeigneten Instrumenten oder überhaupt nicht gemessen wurde (De Corte et al., 1992).

## 4. Interaktive Lehr-Lern-Umgebungen - eine Wunschkonstellation für das Theorie-Praxis-Verhältnis?

Die hier dargestellten interaktiven Lehr-Lern-Umgebungen widerspiegeln die Neuorientierung, die seit einigen Jahren in der pädagogisch orientierten Kognitionspsychologie und in der Lehr-Lern-Forschung stattfindet. Neben dem Sichtbarmachen der pädagogischen Konsequenzen aus der Erweiterung des seit den sechziger Jahren postulierten kognitionspsychologischen Lern- und Verstehensbegriffs (vgl. Reusser & Reusser, in diesem Band), zeigen die Arbeiten zur Gestaltung interaktiver Lehr-Lern-Umgebungen deutlich, dass Lernen auch innerhalb der (notwendigerweise künstlichen) Institution Schule sich nicht so krass vom außerschulischen Lernen unterscheiden muss (vgl. Resnick, 1987), wie dies traditionell-frontale didaktische Szenarien nahelegen. Es scheint möglich zu sein, dass auch schulisches Lernen analog zu ausser-schulischem anspruchsvollem Wissensbildungs- und Problemlösegemeinschaften vermehrt nach den Prinzipien authentischen - d.h. handlungs-, erfahrungs-, sozial- und kommunikationsbezogenen - Lernens und Arbeitens, wie sie jenen fünf interaktiven

Lehr-Lern-Umgebungen innezuwohnen, pädagogisch effektiv inszeniert und organisiert werden kann. Die Schüler werden nicht länger als bloße Empfänger, sondern als Konstrukteure (sense-makers) von Wissen verstanden, die stark beeinflusst sind vom Kontext, in dem sie ihre Deutungs- und Problemlöseaktivitäten entfalten. Der Lehrer wird vom Wissensvermittler zum Gestalter von interaktiven Lehr-Lern-Umgebungen, in denen die Schüler durch die Teilnahme an kognitiv und interaktiv anspruchsvollen Lern- und Problemlöseituationen Einsichten gewinnen und Selbststeuerungsfähigkeiten erwerben. Das Augenmerk hat sich von expositorischen Lehren auf Lernen und von einzelnen Schülern auf die Wissensbildungs- oder Interaktionsgemeinschaft verlagert. Somit stellt effektiver Unterricht einen quasi authentischen Kontext dar, nicht zuletzt auch für den Erwerb von Schlüsselqualifikationen wie Teamfähigkeit, Sozialkompetenz, vernetztes Denken und Problemlösekompetenz, wie sie unsere Gesellschaft fordert. Dadurch macht nicht nur die Lerngemeinschaft insgesamt Fortschritte, sondern der einzelne Schüler erwirbt ein gründlicheres Verständnis, Oberflächliche Deutungen, ineffektive Strategien und eine mangelhafte Selbststeuerung haben in gut funktionierenden Wissensbildungs- und Interaktionsgemeinschaften keinen Bestand. Somit tragen interaktive Lehr-Lern-Umgebungen sowohl der materialen als auch der formalen Bildung Rechnung. Sie fördern einerseits gründliches Verstehen der Lerninhalte und den Aufbau eines qualitativ hochstehenden Wissens, und andererseits den Erwerb eines Repertoires an Lern-, Denk- und Kommunikationsstrategien, die - zusammen mit Persönlichkeitsmerkmalen im Bereich der Lern- und Leistungsmotivation und des Selbstkonzeptes - eigenständige Lerner kennzeichnen.

Dieses Verständnis von Unterricht hat Forschung und Praxis näher zusammengeführt. Forscher sind darauf angewiesen, dass ihre auf der Grundlage der Kognitions- und Metakognitionstheorien entwickelten interaktiven Lehr-Lern-Umgebungen über Monate und Jahre in Klassen erprobt werden. Die Mitwirkung der Lehrkräfte ist dabei unerlässlich. Nur sie können in ihrer Funktion als Experten der Praxis jene inhaltlich- und situationspezifischen Elemente einbringen, die u.U. über Erfolg oder Misserfolg des ganzen Unternehmens entscheiden. Letztlich bieten nur Arbeits- und Interaktionsgemeinschaften, bestehend aus Forschern und Praktikern, Gewähr, dass interaktive Lehr-Lern-Umgebungen die intendierten Ergebnisse zeitigen. So gesehen geben Theorien wie 'kognitive Berufslöhre' und 'Wissensbildungs-Gemeinschaften' auch einen Rahmen für die Zusammenarbeit zwischen Lehrkräften und Forschern ab (Pallanca, Stevens & Gavelek, 1989).

Mit der Ablehnung von reinen Laboruntersuchungen stellen sich für die Lehr-Lern-Forschung in Zukunft zwei Aufgaben. Beim Gestalten von interaktiven Lehr-Lern-Umgebungen muss entschieden werden, welche Aktivitäten explizit gemacht und welche implizit belassen werden. Sollten diese Entscheidungen nicht intuitiv geschehen, müssen die Beziehungen zwischen expliziten und implizitem Wissen herausgearbeitet und geklärt werden. Zudem müssen Messtheorien und -verfahren entwickelt werden, die sowohl eine prozessbegleitende Verstehensdiagnose und eine dynamische Leistungsbeurteilung als auch einen detaillierten Vergleich zwischen interaktiven Lehr-Lern-Umgebungen und eher traditionellen Unterricht erlauben. Es soll nicht dabei bleiben, dass sich mittels herkömmlicher Leistungstests zeigen lässt, dass

Schüler aus interaktiven Lehr-Lern-Umgebungen bezüglich Verstehensstiefe und Transferleistungen einer Vergleichsgruppe oft überlegen sind (Scardamalia & Bereiter, 1992). Interessant wäre zu wissen, welche der hier beschriebenen Elemente in welcher Weise zu diesem Ergebnis beitragen.

#### Literatur

- Aebchermann, E. (1992). *Mit Kindern Schule machen* (2. Aufl.). Zürich: Verlag Leubertinen und Lehrer Schweiz.
- Adams, M.J. (1989). Thinking skills curricula: Their promise and progress. *Educational Psychologist*, 24(1), 25-77.
- Aebli, H. (1981). *Didactique psychologique: Application à la didactique de la psychologie de Jean Piaget*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- Aebli, H. (1980). *Denken: das Ordnen des Tuns*. Band I: Kognitive Aspekte der Handlungstheorie. Stuttgart: Klett.
- Aebli, H. (1981). *Denken: das Ordnen des Tuns*. Band II: Denkprozesse. Stuttgart: Klett.
- Aebli, H. (1983). *Zwei Grundformen des Lehrens* (2. Aufl.). Stuttgart: Klett Cotta. (Ursprünglich erschienen 1961/1981 [1.-12. Aufl.] unter dem Titel Grundformen des Lehrens)
- Aebli, H. & Rutkemann, U. (1987). Ausgewandte Metakognition: Schüler vom Nutzen der Problemlösestrategien überzeugen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 14(1), 46-64.
- Aeschbacher, U. (1989). 'Reziprokes Lehren'. Eine amerikanische Unterrichtsmethode zur Verbesserung des Textverstehens. *Beiträge zur Lehrerfortbildung*, 7, 194-204.
- Aronson, E. (1978). *The Jigsaw classroom*. Beverly Hills, CA: Sage.
- Balacheff, N. (1991). The benefits and limits of social interaction: the case of mathematical proof. In A. J. Bishop, S. Mellis-Olsen & J. van Dornolen (Eds.), *Mathematical knowledge: its growth through teaching* (pp. 175-192). Dordrecht: Kluwer.
- Baouzat, A. (1976) *Lernen am Modell. Ansätze zu einer sozial-kognitiven Lerntheorie*. Stuttgart: Klett. (Original erschienen 1971: *Psychological modeling: Conflicting Theories*)
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action. A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Beck, E., Bonner, A. & Aebli, H. (1986). Die Funktion der kognitiven Selbsterfahrung des Lehrers für das Verarbeiten von Problemprozessen bei Schülern. *Unterrichtswissenschaft*, 3, 303-317.
- Beck, E., Goldmann, T. & Zinswern, M. (1991). Eigenständig lernende SchülerInnen und Schüler. *Zeitschrift für Pädagogik*, 37, 735-768.
- Beck, E., Buchmann, T., Geeng, P., Goldmann, T., Niedermann, R., Uhlend Mögg, E., Wigger, A. & Zinswern, M. (1992). *Projekte Eigenständige Lerner: Förderung des eigenständigen Lernens, Denkens und Problemlösens von Schülern durch die Erleichterung der Selbststeuerung, Selbstbeobachtung und Reflexion der eigenen Lernerfahrungen*. Wissenschaftlicher Schlussbericht an den Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung. Pädagogische Hochschule des Kantons St. Gallen.
- Bereiter, C. & Scardamalia, M. (1989). Intentional learning as a goal of instruction. In L.B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction. Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 361-392). Hillsdale, NJ: LEA.
- Brunna, R. (1992). *Der Lehrer als Experte*. Bern: Huber.

- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.
- Brown, A.L., Braunsford, J.D., Ferrara, R.A. & Campione, J.C. (1983). Learning, remembering, and understanding. In P.H. Mussen (Ed.), *Handbook of child psychology* (Vol. 3, 4th ed., pp. 77-166). New York: John Wiley & Sons.
- Brown, A.L. & Campione, J.C. (1990). Communities of learning and thinking: or a context by any other name. *Contributions to Human Development*, 21, 108-126.
- Brown, J.S., Collins, A. & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42.
- Bruner, J. (1986). *Actual minds, possible worlds*. Cambridge: Harvard University Press.
- Campione, J.C., Brown, A.L. & Jay, M. (1992). Computers in a community of learners. In E. De Corte, M.C. Lim, H. Mandl & L. Verschaffel (Eds.), *Computer-based learning environments and problem solving* (pp. 163-188). New York: Springer-Verlag.
- Chi, M.T.H., Glaser, P.J. & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.
- Chi, M.T.H., Glaser, R. & Reses, E. (1982). Expertise in problem solving. In R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (Vol.1, pp. 7-75). Hillsdale, NJ: LEA.
- Chi, M.T.H., De Leeuw, N., Glaser, M.-H. & LaVauchor, C. (1993). *Eliciting self-explanations improves understanding*. Manuskript. University of Pittsburgh. Learning Research and Development Center.
- Cohn, R.C. (1975). *Von der Psychoanalyse zur themenzentrierten Interaktion. Von der Behandlung einzelner zu einer Pädagogik für alle*. Suhrkamp: Klett.
- Collins, A., Brown, J.S. & Newman, S.E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the craft of reading, writing, and mathematics. In L.B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning and instruction. Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 453-494). Hillsdale, NJ: LEA.
- De Corte, E., Verschaffel, L. & Schreoten, H. (1992). Kognitive Effekte computergestützten Lernens: Zum Stand der Forschung. *Unterrichtswissenschaft*, 20(1), 12-33.
- Dewey, J. (1951). *Wie wir denken*. Zürich: Morgenröten-Verlag Conzett & Huber. (Original erschienen 1910: *How we think*)
- Doise, W. & Mugny, G. (1984). *The social development of the intellect*. Oxford: Pergamon Press.
- Duncker, K. (1974). *Zur Psychologie des Produktiven Denkens* (3. Aufl.). Berlin: Springer.
- Flavell, J.H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, 906-911.
- Fuglitzner, P. (1987). 'Abholen' und 'Begleiten' - ein unterrichtspraktischer Versuch, ein didaktisches Bild auf den Begriff zu bringen. *Beiträge zur Lehrerfortbildung*, 5, 180-187.
- Gallin, P. & Ruf, U. (1991). *Sprache und Mathematik* (2. Aufl.). Zürich: Verlag Lehrertinnen und Lehrer Schweiz.
- Gardner, H. (1993). *Der ungeschulte Kopf*. Stuttgart: Klett.
- Gardner, R. & Alexander, P.A. (1989). Metacognition: Answered and unanswered questions. *Educational Psychologist*, 24(2), 143-158.
- Gasser, P. (1992). *Didaktische Impulse zu den Erweiterten Lernformen und zu einer Neuen Lernkultur*. Gedruckt: Selbstverlag (Schüringstrasse 31, 4563 Gedrungen).
- Kramis, J. (1990). *Bedeutung, Effizienz, Lernklima. Grundlegende Gütekriterien für Unterricht und Didaktische Prinzipien. Beiträge zur Lehrerfortbildung*, 8, 279-296.

- Krapf, B. (1992). *Aufbruch zu einer neuen Lernkultur: Erhebungen, Experimente, Analysen und Berichte zu pädagogischen Denkfikuren*. Bern: Haupt.
- Lampert, M. (1986). Knowing, doing, and teaching multiplication. *Cognition and Instruction*, 3, 305-342.
- Lampert, M. (1989). Choosing and using mathematical tools in classroom discourse. In J. Brophy (Ed.), *Advances in research on teaching* (Vol. 1, pp. 223-264). London: JAI.
- Lampert, M. (1990a). Connecting inventions with conventions. In L.P. Steffe & T. Wood (Eds.), *Transforming children's mathematics education* (pp. 253-265). Hillsdale, NJ: LEA.
- Lampert, M. (1990b). When the problem is not the question and the solution is not the answer: Mathematical knowing and teaching. *American Educational Research Journal*, 27(1), 29-63.
- Lave, J. (1988). *Cognition in practice. Mind, mathematics and culture in everyday life*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Mandl, H. & Frölich, H.F. (Hrsg.). (1992). *Lern- und Denkstrategien. Analyse und Intervention*. Göttingen: Hogrefe.
- Meichenbaum, D. (1977). *Cognitive-behavior modification. An integrative approach*. New York: Prentice Hall.
- Messner, H. (1978). *Wissen und Anwenden. Zur Problematik des Transfers im Unterricht. Eine psychologisch-didaktische Analyse*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Miller, G.A., Galanter, E. & Pribram, K.H. (1975). *Strategien des Handelns. Pläne und Strukturen des Verhaltens*. Stuttgart: Klett. (Original erschienen 1960: Plans and the structure of behavior)
- Newell, A. & Simon, H.A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Ng, E. & Bereiter, C. (1991). Three levels of goal orientation in learning. *The Journal of the Learning Sciences*, 1, 243-271.
- Oelkers, J. (1989). *Reformpädagogik. Eine kritische Dogmengeschichte*. Weinheim und München: Juventa.
- Palincsar, A.S. & Brown A.L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension fostering and comprehension monitoring strategies. *Cognition and Instruction*, 1(1), 117-175.
- Palincsar, A.S., Stevens, D.D., & Givolek, J.R. (1989). Collaborating with teachers in the interest of student collaboration. *International Journal of Educational Research*, 13, 41-53.
- Perkins, D.N. & Salomon, G. (1989). Are cognitive skills context-bound? *Educational Researcher*, 18(1), 16-25.
- Piaget, J. (1976). *Psychologie der Intelligenz* (7. Aufl.). Olten/Freiburg i.B.: Walter. (Original erschienen 1947: La psychologie de l'intelligence)
- Polya, G. (1967). *Schule des Denkens* (2. Aufl.). Bern: Francke.
- Popper, K.R. (1972). *Objective knowledge: an evolutionary approach*. Oxford: Carendon Press.
- Pressley, M., Borkowski, J.G. & Schneider, W. (1987). Cognitive strategies: Good strategy users coordinate metacognition and knowledge. In R. Vasta & G. Whitehurst (Eds.), *Annals of Child Development*, 4, 89-129.
- Pressley, M., Snyder, B. L. & Cariglia-Roll, T. (1987). How can good strategy use be taught to children?: Evaluation of six alternative approaches. In S. Comrie & J. Hagman (Eds.), *Transfer of learning: Contemporary research and application* (pp. 81-121). Orlando, FL: Academic Press.
- Pressley, M., Harris, K.R., & Marx, M.B. (1992). But good strategy instructors are constructivist! *Educational Psychology Review*, 4(1), 3-31.
- Resnick, L.B. (1987). *Education and learning to think*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Resnick, L.B., Levine, J.M., & Teasley, S.D. (Eds.). (1991). *Perspectives on socially shared cognition*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Reusser, K. (1984). *Problemlösen in wissenschaftstheoretischer Sicht*. Dissertation. Bern: Universitätsdruckerei.
- Reusser, K. (1987). Problem solving beyond the logic of things: Contextual effects on understanding and solving problems. *Instructional Science*, 17, 309-339.
- Reusser, K. (1994). Die Rolle von Lehretinnen und Lehrern neu denken. Kognitionspädagogische Anmerkungen zu einer 'neuen Lernkultur'. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 12(1), 19-37.
- Rogers, C. (1974). *Lernen in Freiheit: Zur Bildungsreform in Schule und Universität*. München: Kösel. (Original erschienen 1969: Freedom to learn: A view of what education might become)
- Rogers, C. (1976). *Entwicklung der Persönlichkeit*. Stuttgart: Klett. (Original erschienen 1961: On becoming a person: A therapist's view of psychotherapy)
- Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in thinking. Cognitive development in social context*. Oxford: Oxford University Press.
- Röhrs, H. (1991). *Die Reformpädagogik. Ursprung und Verlauf unter internationalen Aspekten* (3. Aufl.). Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Rumpf, H. (1971). *Scheidlichkeiten*. Braunschweig: Westermann.
- Rumpf, H. (1987). *Belebungsvorlesung. Ausgrabungen gegen die Verödung der Lernkultur*. Weinheim, München: Juventa.
- Salomon, G. (1989). *Why should a learner bother to transfer?* Paper presented at the AERA, San Francisco.
- Salomon, G. & Globerson, T. (1987). Skill may not be enough: The role of mindfulness in learning and transfer. *International Journal of Educational Research*, 11, 623-638.
- Salomon, G. & Globerson, T. (1989). When teams do not function the way they ought to. *International Journal of Educational Research*, 13, 89-99.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (1985). Fostering the development of self-regulation in children's knowledge processing. In S.F. Chipman, J.W. Segal & R. Glaser (Eds.), *Thinking and learning skills. Research and open questions* (Vol.2, pp. 563-577). Hillsdale, NJ: LEA.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (1989). Schools as knowledge-building communities. In S. Strauss (Ed.), *Human development* (Vol.5). Norwood, NJ: Ablex.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (1992). An architecture for collaborative knowledge building. In E. De Corte, M.C. Linn, H. Mandl & L. Verschaffel (Eds.), *Computer-based learning environments and problem solving* (pp. 41-66). Berlin u.a.O.: Springer-Verlag.
- Scardamalia, M., Bereiter, C., Brett, C., Burtis, P.J., Calhoun, C. & Smith, L.N. (1992). Educational applications of a networked communal database. *Interactive Learning Environments*, 2(1), 45-71.
- Schoenfeld, A.H. (1985). *Mathematical problem solving*. New York: Academic Press.
- Schoenfeld, A.H. (1987). What's all the fuss about metacognition? In A.H. Schoenfeld (Ed.), *Cognitive science and mathematics education* (pp. 189-215). Hillsdale NJ: LEA.
- Schoenfeld, A.H. (1988). When good teaching leads to bad results: The disasters of 'well-taught' mathematics courses. *Educational Psychologist*, 2(2), 145-166.



- Schoenfeld, A.H. (1991). On mathematics as sense-making: An informal attack on the unfortunate divorce of formal and informal mathematics in I.F. Yoss, D.N. Perkins & J.W. Segal (Eds.), *Informal reasoning and education*. Hillsdale, NJ: LEA.
- Schoenfeld, A.H. (1992). On paradigms and methods: What do you do when the ones you know don't do what you want them to? Issues in analysis of data in the form of videotapes. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 179-214.
- Schwerdt, T. (1959). *Kritische Didaktik in klassischen Unterrichtsbüchern* (20. Aufl.). Paderborn: Schöningh.
- Seel, N.M. (1991). Lernumgebungen und institutionell-organisatorische Bedingungen des Instruktionsdesigns. *Unterrichtswissenschaft*, 19, 350-364.
- Simons, P.A.J. (1992). Lernen, selbständig zu lernen - ein Rahmenmodell. In H. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), *Lern- und Denkstrategien. Analyse und Intervention* (S. 251-264). Zürich: Hogrefe.
- Van Lehn, (1990). *Mind bugs. The origins of procedural misconceptions*. London: Bradford MIT Press.
- Wagenschein, M. (1977). *Verstehen lehren* (6.Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Wallabenstein, W. (1991). *Offene Schule - offener Unterricht. Ratgeber für Eltern und Lehrer*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt (rororo Taschenbuch 8752).
- Webb, N.M. (1989). Peer interaction and learning in small groups. *International Journal of Educational Research*, 13, 21-40.
- Webb, N.M. (1991). Task-related verbal interaction and mathematics learning in small groups. *Journal for Research in Mathematics Education*, 22(5), 366-389.
- Wertheimer, M. (1964). *Produktives Denken* (2. Aufl.). Frankfurt a. M.: Kramer. (Original erschienen 1945; Productive thinking)
- Wilsdorf, D. (1991). *Schlüsselsituationen: die Entwicklung selbständigen Lernens und Handlens in der Industrie- und gewerblichen Berufsausbildung*. München: Lexika.
- Wygotski, L.S. (1986). *Denken und Sprechen*. Berlin: Fischer.