

## 1.2 Lernen, wissen, (sich) bilden: Zusammenhänge klären

von Martin Wellenreuther

### Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Problemstellung</b> . . . . .	14
<b>2</b>	<b>Was ist Bildung? Die Frage nach der Auswahl von Bildungsinhalten</b> . . . . .	14
<b>3</b>	<b>Wie wird Bildung vermittelt? Die Frage nach der angemessenen Unterrichtsmethode</b> . . . . .	16
3.1	Entdeckendes Lernen – die Methode zur Entwicklung von Selbstständigkeit? . . . . .	17
3.2	Entdeckendes Lernen und direkte Instruktion . . . . .	18
<b>4</b>	<b>Zusammenhänge klären</b> . . . . .	20
	<b>Literatur</b> . . . . .	24

## 1 Problemstellung

Wer sich mit der Zukunft der Bildung befasst, sollte wissen, (1) was unter Bildung zu verstehen ist und (2) wie die damit festgelegten Bildungsziele in der Schule erreicht werden können. Auf die erste Frage wird eingegangen, indem verschiedene Bildungstheorien diskutiert werden. Danach wird aufgrund neuerer Theorien und empirisch-experimenteller Forschung zur Arbeitsweise unseres Gedächtnisses untersucht, was Lernarrangements in der Schule zu berücksichtigen haben, um die festgelegten Bildungsziele zu erreichen.

Die Wettbewerbsfähigkeit einer hochentwickelten Wirtschaft hängt davon ab, in welchem Umfang die Entwicklung, Produktion und Vermarktung innovativer und wettbewerbsfähiger Produkte gelingt. Für diese Erhöhung der Effizienz der Wirtschaft tragen die Naturwissenschaften einen wesentlichen Teil bei. Entsprechend nimmt die Nachfrage nach Fachleuten im naturwissenschaftlich-mathematischen Bereich in den letzten Jahrzehnten ständig zu (vgl. Schoenfeld 2002). Das unzureichende Angebot an hochqualifizierten Naturwissenschaftlern führte dazu, dass Staaten wie die Bundesrepublik Deutschland „green cards“ einführten.

Nach den Ergebnissen der internationalen Vergleichsstudien (TIMSS, PISA) schneidet Deutschland im Vergleich zu westlichen Industriestaaten wie Schweden, Finnland und Kanada sowie vor allem zu asiatischen Staaten wie Singapur, Japan und Korea in Mathematik und den Naturwissenschaften mäßig bzw. schlecht ab. So liegt in Japan die durchschnittliche mathematische Kompetenz der Gesamtheit der Schüler der 9. Klasse noch deutlich über der durchschnittlichen Kompetenz deutscher Gymnasiasten. Diese Leistungsunterschiede haben mit divergierenden Auffassungen über die Prozesse des Lehrens und Lernens zu tun (vgl. Stevenson/Stigler 1992; Stigler/Hiebert 1998; 1999). Ein tieferes Verständnis dieser Prozesse steht deshalb im Mittelpunkt dieses Beitrags.

## 2 Was ist Bildung? Die Frage nach der Auswahl von Bildungsinhalten

Mit der Frage, welche Inhalte in der Schule behandelt werden sollten, befassen sich u. a. materiale und formale Bildungstheorien (vgl. Klafki 1963). Dabei werden die materialen Bildungstheorien nochmals in den „bildungstheoretischen Objektivismus“ und in die „Bildungstheorie des Klassischen“ unterteilt, die formalen Bildungstheorien in die „Theorie der funktionalen Bildung“ und die „Theorie der methodischen Bildung“. Auf diese vier Ansätze gehe ich im Folgenden kurz ein.

Der *bildungstheoretische Objektivismus* versteht unter Bildung das, was in der Schule an kulturell überlieferten Inhalten vermittelt wird. So hat sich im

Gymnasium im 19ten Jahrhundert eine Verwissenschaftlichung der Schule durchgesetzt. „Wissen im Sinne der Wissenschaft erscheint nun als der eigentliche Sinn der Bildung, jedenfalls der Schulbildung. Der Bildungswert der Inhalte – sprich Wissensinhalte – liegt ausschließlich in der wissenschaftlichen Struktur der Inhalte.“ (Klafki 1963, 28).

Für die *Bildungstheorie des Klassischen* ist „das Klassische“ bildend: Darunter versteht man nicht nur die Kulturgüter der Goethezeit oder die Beschäftigung mit den griechischen und den römischen Klassikern, sondern es wird „allgemein auf große Kulturschöpfungen und auf eine große Geistigkeit“ Wert gelegt (Klafki 1963, 30). Manche Vertreter dieser Bildungstheorie sehen im „exemplarischen Lernen“ von Meisterwerken das Klassische.

Gegen diese beiden Varianten der materialen Bildungstheorie kann vorgebracht werden, dass sie keine Legitimation für die Auswahl der Bildungsinhalte liefern. Weder liefert die „wissenschaftliche Struktur“ ein befriedigendes Auswahlkriterium, noch der Verweis auf das Klassische. Weniger hat dazu treffend bemerkt: „... welche Instanz stellt fest, was als klassisch zu gelten habe? Die Auffassung des Klassischen kann nicht selber ... kanonische Geltung für sich beanspruchen.“ (Weniger, zit. nach Klafki 1963, 31).

Der Ausgangspunkt der *formalen Bildungstheorien* ist das Kind. Nach der *Theorie der funktionalen Bildung* ist das Wesentliche der Bildung die Formung, Entwicklung und Reifung der körperlichen, geistigen und seelischen Kräfte des Kindes. Entsprechend stellt sich die Frage, welche Inhalte diese Kräfte des Kindes am besten zur Entfaltung bringen können. Im humanistischen Gymnasium waren dies die alten Sprachen und Mathematik. Implizit steckt in solchen Ansätzen das Argument, das im Rahmen der alten Sprachen oder der Mathematik Gelernte könne für das Lösen von Problemen in anderen Bereichen nutzbar gemacht werden. Diese Annahme ist empirisch nicht belegt.

Die zweite Variante der formalen Bildungstheorien, die *Theorie der methodischen Bildung*, versucht, die Kräfte des Kindes durch Methoden, über die man sich Inhalte aneignen kann, zu entwickeln. Methoden umfassen hier den Umgang mit Werkzeugen, mit Wörterbüchern und Lexika. Auch die Vermittlung von Arbeitstechniken wie das Anfertigen von Notizen, das Exzerpieren von Texten und das Erstellen brauchbarer Zusammenfassungen könne man diesem Ansatz zuordnen. Heute würde man dazu auch die Fähigkeit zum sinnvollen Umgang mit dem Computer rechnen.

Auch wenn alle vier Ansätze nach Klafkis Auffassung ein Körnchen Wahrheit enthalten, lösen sie das Problem einer Legitimierung schulischer Inhalte nicht. Klafkis Vorschlag einer Synthese dieser Ansätze im Exemplarischen oder Fundamentalen nennt einige Gesichtspunkte, die bei der Auswahl von Inhalten wichtig sind. Danach sollte sich der Lehrer in der Phase der Unterrichtsvorbereitung fragen, „welchen größeren bzw. welchen allgemeinen Sinn- oder Sachzusammen-

hang“ der Inhalt vertritt. „Welches Urphänomen oder Grundprinzip, welches Gesetz, Kriterium, Problem, welche Methode, Technik oder Haltung lässt sich in der Auseinandersetzung mit ihm ‘exemplarisch’ erfassen?“ (Klafki 1963, 135). Als Beispiele für das Exemplarische nennt Klafki: „Der Automotor für Benzinmotoren überhaupt, die Kirschblüte für das biologische Urphänomen ‘Blüte’, diese Geschichtenerzählung aus der Besiedlung des deutschen Ostens für die Ostkolonisation überhaupt, ...“ (Klafki 1963, 135).

Das Prinzip des Exemplarischen kann bei der Auswahl und Gewichtung von Lehrinhalten helfen; hinter solchen Auswahl- und Gewichtungsprozessen stehen Wertentscheidungen, die niemals in einem endgültig verbindlichen Sinne begründet werden können (vgl. Albert 1968). Man kann aber rational diskutieren, welche in der Schule zu vermittelnden Inhalte und Kompetenzen eine Rekonstruktion und Fortführung der Gesellschaft in ihren zentralen Bereichen der Wirtschaft und Kultur ermöglichen. Dabei spielen mathematisch-naturwissenschaftliche sowie sprachliche Kompetenzen eine zentrale Rolle. Bei der Festlegung und Konkretisierung von Lehrplänen sollten m.E. verschiedene Gruppen (z.B. Eltern, Lehrer, Wissenschaftler und gewählte Politiker) demokratisch am Entscheidungsprozess in institutionalisierter Form eingebunden werden, wobei nicht nur an die Festlegung allgemeiner Ziele zu denken ist, sondern auch an deren Umsetzung bei der Gestaltung von Schulbüchern.<sup>1</sup>

### **3 Wie wird Bildung vermittelt? Die Frage nach der angemessenen Unterrichtsmethode**

Wenn die Frage der Auswahl der Inhalte geklärt ist, kann sich der Lehrer der Frage zuwenden, in welcher Weise der Inhalt am besten zu vermitteln ist. In diesem Zusammenhang stellen sich folgende Fragen:

1. Welche Methoden werden durch die traditionelle Pädagogik für die Aneignung und Vermittlung von Wissen nahegelegt?
2. Was sagt die empirisch-experimentelle Forschung über die Methoden der Aneignung neuen Wissens?
3. Welche Beziehung besteht zwischen dem in der Schule erworbenen Wissen und der Fähigkeit, Zusammenhänge zu verstehen und Probleme zu lösen?

---

<sup>1</sup> Entsprechende demokratische Institutionen gibt es z.B. für die Schulbuchzulassung in der Schweiz.

### 3.1 Entdeckendes Lernen – die Methode zur Entwicklung von Selbstständigkeit?

In der traditionellen Pädagogik, wie sie z. B. durch W. Klafki repräsentiert wird, steht die Erziehung zur Mündigkeit, Selbstständigkeit und Eigenverantwortlichkeit im Vordergrund. Was dies konkret für den Einsatz von Unterrichtsmethoden bedeutet, ist allerdings weniger klar. Es gibt einige Hinweise, dass die Entwicklung von Selbstständigkeit in den theoretischen Analysen eng mit entdeckendem Lernen sowie mit der Gewährung von mehr Mitentscheidungsmöglichkeiten verknüpft wird. Ein darbietender frontaler Unterricht, der vom Lehrer weitgehend gestaltet und verantwortet wird, ist dann mit dieser Methodenvorstellung schwer vereinbar.

Klafki (1985) führt zum Thema entdeckendes Lernen und die Entwicklung von Selbstständigkeit aus:

„Lernen im Sinne kritisch-konstruktiver Didaktik muss in seinem Kern *entdeckendes* bzw. *nachentdeckendes* und *sinnhaftes, verstehendes Lernen anhand exemplarischer Themen* sein, ein Lernen, dem die reproduktive Übernahme von Kenntnissen und alles Trainieren, Üben und Wiederholen von Fertigkeiten eindeutig nachgeordnet oder besser: eingeordnet werden muss, als zwar notwendige, aber nur vom entdeckenden und/oder verstehenden Lernen her pädagogisch begründbare Momente“ (Klafki 1985, 77 bzw. 199/200).

„... die beiden wichtigsten ... Lernprozess-Typen [sind] diejenigen des entdeckenden Lernens – etwa im Sinne Copeys, Bruners und anderer – und des nachvollziehend-verstehenden Lernens (hier bedarf es unter anderem einer kritischen Auseinandersetzung mit Ausubel) ...“ (S. 227).

Klafki ist kein ideologischer Vertreter entdeckenden Lernens. So schreibt er: „In allen Unterrichtsbereichen bzw. Unterrichtsfächern müssen Lehrer in bestimmten Abständen in neue Erkenntniszusammenhänge, neue Fähigkeiten und Fertigkeiten, die die Kinder erlernen sollen, einführen“ (Klafki 1992; 7, vgl. auch Roßbach/Wellenreuther 2002). Und an anderer Stelle bemerkt er: „Gerade, wenn Unterricht zur Entwicklung der selbständigen Lernfähigkeit beitragen soll, dann darf er nicht durchgehend so organisiert sein, dass alle Kinder einer Klasse ständig unter direkter Leitung des Lehrers zur gleichen Zeit immer die gleichen Aufgaben in der gleichen Weise und im gleichen Lerntempo bearbeiten sollen ... Der vom Lehrer geleitete Unterricht ... muss ergänzt werden durch Phasen eines Unterrichts mit innerer Differenzierung (Binnendifferenzierung)“ (ebenda, 5). Auffassungen zum entdeckenden Lernen sind in bestimmten Vorstellungen der Reformpädagogik begründet, nach denen der übliche Klassenunterricht der Entfaltung des Kindes entgegenstehe und die natürliche Neugier des Kindes im Keim erstickte. Solche Vorstellungen wurden durch Beispiele eines bornierten Frontalunterrichts mit über sechzig Schülern in öffentlichen Schulen

genährt, in denen Lehrer durch Zucht und Einsatz strenger Disziplinierungsmittel das gewünschte Wissen vermittelten. Als Gegenmodell dazu wurden private Reformschulen gegründet, die im Wesentlichen einer begüterten Bildungsbürgerschicht zu Gute kamen.

Eine weitere Quelle für die Propagierung entdeckenden Lernens ist der Konstruktivismus. Dabei glaubt man sich auf die Werke von Jean Piaget<sup>2</sup> stützen zu können. Es wird dann behauptet, Wissen könne durch einen Lehrer gar nicht vermittelt, sondern nur durch den Lerner konstruiert werden. Ein genaueres Verständnis der Arbeiten Piagets deutet aber darauf hin, „that the assimilation of knowledge also plays a critical role in setting the stage for accomodation – that accomodation cannot proceed without assimilation“ (Anderson u. a. 2000, 11).

### 3.2 Entdeckendes Lernen und direkte Instruktion

Auf diesem theoretischen Hintergrund ist es nicht verwunderlich, wenn „Frontalunterricht“ von Hilbert Meyer als Methode charakterisiert wird, die „zum obrigkeitstaatlichen Denken und Fühlen“ erzieht. Nach Meyer ist „Frontalunterricht besser als andere Sozialformen geeignet, einen Sach-, Sinn- oder Problemzusammenhang aus der Sicht und mit den Mitteln des Lehrers darzustellen. Er ist kaum geeignet, die Selbständigkeit des Denkens, Fühlens und Handelns der Schüler zu entfalten“ (Meyer 1987 II, 184). Doch stimmen die dieser Argumentation zu Grunde liegenden Annahmen?

1. *Eine Methode wirke unabhängig von den vermittelten Inhalten.* Unter bestimmten Voraussetzungen werden autoritär erzogene Menschen zu besonders kritischen und mündigen Bürgern. Möglicherweise haben die Lehrer dieser Personen durch die vermittelten Inhalte der abträglichen Wirkung dieser rüden Methoden entgegengewirkt. Außerdem lernen Schüler durch Lehrer, die sich in effektiver Weise selbst gegen Schüler durchsetzen, gerade diese Durchsetzungsfähigkeit.<sup>3</sup>
2. *Frontalunterricht sei eine eindeutig definierte Methode.* Meyer widerspricht hier seiner eigenen Analyse. So schreibt er, es gebe „guten und schlechten Gruppenunterricht ebenso wie guten und schlechten Frontal-

<sup>2</sup> Die Arbeiten von Piaget hatten einen starken Einfluss auf die sog. Neue Mathematik (in den USA New Math), die sich um eine grundlegende Reform des Mathematikunterrichts bemühte. Dieser Reformversuch musste nach kurzer Zeit abgebrochen werden. Ein besonders interessantes Beispiel ist Israel. Hier hat die flächendeckende Einführung einer strukturalistischen Methode dazu geführt, dass Israel vom 1. Platz in internationalen Vergleichsuntersuchungen auf einen hinteren Platz abgerutscht ist und sich neuerdings darum bemüht, in Singapur entwickelte Unterrichtsmaterialien einzusetzen (vgl. dazu Aharoni 2005).

<sup>3</sup> Es kann hier nur angedeutet werden, dass die tatsächlichen Zusammenhänge erheblich komplexer sind als die Ausführungen über die negativen Auswirkungen des Frontalunterrichts vermuten lassen.

unterricht“ (Meyer 1987 II, 193). Die Konsequenz dieser Aussage, dass Frontalunterricht unter bestimmten Voraussetzungen zu kritischem und selbständigem Denken erzieht, wird nicht gezogen.

Diese Parteinahme der Pädagogik gegen direkte Instruktion (bzw. Frontalunterricht<sup>4</sup>) und für entdeckendes Lernen wird durch empirische Forschung nicht gestützt (vgl. Kirschner u. a. 2006; Klahr/Nigam 2004; Mayer 2004). Danach ist direkte Instruktion in der Phase der Aneignung neuen Wissens deutlich effizienter als entdeckendes Lernen. Im Rahmen direkter Instruktion werden soziale Regeln diskutiert und angewendet, außerdem werden Wissensgrundlagen vermittelt, die das wichtigste kognitive Gerüst für Selbständigkeit und Mündigkeit bilden. Jede Unterrichtsmethode kann als Lernarrangement optimiert werden; es hängt letztlich vom Lehrplan und seiner Auslegung durch den Lehrer ab, ob direkte Instruktion zum obrigkeitstaatlichen Denken oder zu kritischem Denken führt und ob dadurch Selbständigkeit oder Unselbständigkeit gefördert wird.

Schon Aebli hat in seiner Doktorarbeit (1949) verdeutlicht, dass es in der Methodenfrage nicht um Frontalunterricht vs. Gruppenunterricht oder handlungsorientierten Unterricht geht, sondern um die Optimierung des ganz *normalen* Unterrichts, der bei Aebli als „moderner Unterricht“ bezeichnet wird (vgl. Wellenreuther 2004, Kap. 9). Diesem modernen Unterricht wird dann der bornierte, sich nicht um ein tieferes Verständnis der Schüler kümmernde Unterricht gegenübergestellt.

Ein konkretes Unterrichtsexperiment soll diese Behauptung bezüglich der Wirksamkeit direkter Instruktion im Vergleich zum entdeckenden Lernen belegen. In diesem Experiment (vgl. Klahr/Nigam 2004) ging es darum, wie Schüler am besten lernen, im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule (4. Klasse) gültige Experimente durchzuführen: In einem gültigen Versuch dürfen nicht mehrere, sondern nur ein Faktor variieren, wenn man das Ergebnis auf diesen Faktor zurückführen will. Der Erwerb solcher Kenntnisse über gültiges Experimentieren ist für den naturwissenschaftlichen Unterricht grundlegend.

Die Autoren definierten beide Unterrichtsmethoden als Gegenpole:

„In our discovery-learning condition, there was no teacher intervention beyond the suggestion of a learning objective; there were no guiding questions and no feedback about the quality of the child's selection of materials, explorations, or self-assessments. Correspondingly, we used an extreme type of direct instruction in which the goals, the materials, the examples, the explanations, and the pace of instruction were all teacher controlled“ (S. 662).

<sup>4</sup> Der Begriff „Frontalunterricht“ legt von vornherein eine negative Bewertung nahe und sollte durch den neutralen Begriff „direkte Instruktion“, wie im englischsprachigen Raum üblich, ersetzt werden.

Dadurch sollte der Unterschied zwischen beiden Lernarrangements möglichst groß gehalten werden, um die Hypothese zur Unabhängigkeit zwischen Lehrmethode und Transfer streng überprüfen zu können. Das Material bestand aus zwei Rampen, die unterschiedlich ausgestattet werden konnten. Beide Rampen hatten einen leicht ansteigenden stufigen Auslauf. Variierbar waren die Höhe der Rampe (steil vs. flach), Oberfläche der Rampe (rau vs. glatt), ihre Länge (lang/kurz), der Ball war entweder ein Golfball oder ein Gummiball. Die Stufung erlaubte eine genaue Distanzmessung. Die Kinder sollten bestimmen, in welcher Weise diese Merkmale die Distanz der Kugel beeinflusste.

*Ergebnisse:* Wenn ein Kind im Nachtest mindestens drei der vier zu planenden gültig geplant hatte, wurden es als „Experimentiermeister“ bezeichnet. Bei direkter Instruktion erreichten von den 52 Schülern vierzig (77%) dieses Kriterium, bei entdeckendem Lernen zwölf von 52 Schülern (23%). Zusätzlich wird nun von Vertretern entdeckenden Lernens behauptet, nur entdeckende Lernformen führten zu nachhaltigem Lernen. Die Methode der Wissensaneignung entscheide wesentlich darüber, ob Schüler das Gelernte schnell wieder vergessen oder ob sie dieses in ihr Wissen integriert haben und auf neue Aufgaben übertragen können. Deshalb wurde zusätzlich eine Woche nach Beendigung des Versuchs geprüft, ob die Schüler, die durch direkte Instruktion „Experimentiermeister“ geworden waren, auch in der Lage sind, eine Aufgabe zu bewältigen, die einen Transfer des Gelernten auf eine neue Situation erforderte. Bei der Transferaufgabe handelte es sich um die Beurteilung der Folgerungen, die aufgrund eines auf einem Poster dargestellten Experiments gezogen wurden. Es zeigte sich kein Unterschied zwischen beiden Gruppen von „Experimentiermeistern“.

#### **4 Zusammenhänge klären**

Für das Lernen in der Schule sind zwei Erkenntnisse der neueren empirischen Forschung von entscheidender Bedeutung:

1. Der enge Zusammenhang zwischen riesigen, im Langzeitgedächtnis gespeicherten Wissensbeständen und der Fähigkeit, Zusammenhänge zu verstehen und Probleme zu lösen.
2. Die notwendige Unterscheidung zwischen Arbeitsgedächtnis und Langzeitgedächtnis, weil in beiden Systemen unterschiedliche Gesetzmäßigkeiten zu berücksichtigen sind.

Am einfachsten lässt sich der erste Punkt an Experimenten mit Schachspielern verdeutlichen. De Groot führte Versuche durch, nach denen Schachmeister Schachnovizen bei der Aufgabe, eine Schachstellung nach kurzem Studium zu rekonstruieren, haushoch überlegen waren. Eine mögliche Erklärung dieser Fähigkeit war, Schachmeister hätten überlegene geistige Fähigkeiten, insbesondere ein viel besseres Gedächtnis. Eine andere Erklärung war, dass Schachmeister



viele komplizierte Schachstellungen in ihrem Gedächtnis unter bestimmten Begriffen gespeichert hatten, und durch Verknüpfung der gegebenen Stellung mit diesem Repertoire an Stellungen eine detailgenaue Rekonstruktion bewältigten. In einer weiteren Serie von Experimenten prüften Chase und Simon (1973), welche dieser Erklärungen zutraf. Dazu verwendeten sie einmal „natürliche Schachstellungen“, also Schachstellungen, die im normalen Schachbetrieb tatsächlich auftreten konnten, und Schachstellungen, die künstlich waren und die im Turnierbetrieb nicht vorkamen. Bei den natürlichen Stellungen konnten die beträchtlichen Unterschiede erneut nachgewiesen werden. Bei den künstlichen Stellungen waren die Schachmeister den Novizen aber nicht mehr überlegen. Dies bedeutete, dass die besonderen Leistungen der Schachmeister offensichtlich ihren tieferen Grund in den umfänglichen Wissensbeständen über Schachstellungen hatten. Da jede natürliche Stellung aufgrund des Wissens sofort kategorisierbar war, hatten die Schachmeister keine Mühe mit der Rekonstruktion: Sie konnten sich z. B. an eine bestimmte abgespeicherte Schachpartie erinnern (z. B. Capablanca/Aljechin 1942, 20. Zug), und aufgrund der Kenntnis dieser Partie die Schachstellung rekonstruieren.

Die wichtigste Voraussetzung dieser Forschungen für die Entwicklung eines tieferen Verständnisses von Zusammenhängen sowie von Problemlösekompetenz ist, dass in den relevanten Bereichen ein gut strukturiertes Wissen im Langzeitgedächtnis gebildet wird. Wenn also Schüler im Rahmen direkter Instruktion gelernt haben, gültige Experimente selbst zu planen sowie die Gültigkeit von Experimenten angemessen zu beurteilen, haben sie ein Stück Selbständigkeit, Unabhängigkeit und Mündigkeit erworben. Dabei ist von herausragender Bedeutung, dass das relevante Wissen auf vielfältige Anwendungskontexte übertragen und dabei wiederholt wird. Wissen, das überlernt ist und fast ohne Nachdenken verfügbar ist, ist somit die entscheidende Voraussetzung für unsere Kompetenz. Sweller formuliert diese Erkenntnis in folgender Weise:

„It is now widely accepted that expertise, including problem solving expertise, is at least heavily dependent and possibly solely dependent on knowledge held in long term memory“ (Sweller 2004, 11).

Wenn allerdings versäumt wird, das erworbene Wissen über einen längeren Zeitraum verteilt in strukturierter Weise zu wiederholen und in konkreten Anwendungen zu verankern, wird das Gelernte wieder vergessen und die investierte Mühe war umsonst (vgl. Bahrack/Hall 1991).

Nach der zweiten grundlegenden Erkenntnis muss zwischen Arbeitsgedächtnis und Langzeitgedächtnis unterschieden werden. Damit gelangen Informationen über die verschiedenen Sinne in das Arbeitsgedächtnis und werden darüber in das Langzeitgedächtnis überführt. Durch seine besondere Konstruktion schützt das Arbeitsgedächtnis das Langzeitgedächtnis vor einer Informationsüberflutung. Während die Aufnahmekapazität des Langzeitgedächtnisses praktisch un-

begrenzt ist, kann das Arbeitsgedächtnis etwa sieben Informationseinheiten speichern. Falls diese Informationen aber nicht ständig wiederholt werden, werden sie sofort wieder vergessen. Wenn neue Informationen gleichzeitig verarbeitet werden sollen, dann reduziert sich diese Kapazität auf zwei bis drei Informationseinheiten.

Die begrenzte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses bei der Aufnahme und Verarbeitung von neuen Informationen hat weitreichende Konsequenzen für das Unterrichten. Sweller hat mit einer großen Gruppe von Forschern seit Anfang der 80er Jahre die pädagogischen Möglichkeiten erforscht, der Begrenztheit des Arbeitsgedächtnisses Rechnung zu tragen (vgl. Clark u. a. 2006). Sweller beobachtete, dass Menschen im Prozess des Problemlösens nicht in der Lage sind, etwas Neues zu lernen: Während des Problemlösens scheint das Arbeitsgedächtnis häufig so belastet zu sein, dass keine Kapazität für das Lernen neuer Inhalte verfügbar ist.

Für die Aneignung neuen Wissens ist somit entscheidend, eine Überlastung des Arbeitsgedächtnisses zu vermeiden. Solange Informationen aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen werden können, stellen sie für die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses kein Problem dar. Sweller schreibt dazu: „Whereas there are severe capacity limits to the amount of information from sensory memory that working memory can process, there are no known limits to the amount of information from long-term memory that can be processed by working memory“ (Sweller 2004, 13)<sup>5</sup>.

Wenn Schule vor allem die Aufgabe hat, neues Wissen im Langzeitgedächtnis zu verankern, dann sind alle Kenntnisse über die Prozesse und Techniken, die bei der Aufnahme und Verarbeitung neuer Informationen über die Sinne eine Rolle spielen, für die Schulpädagogik von größter Bedeutung. Folgende Techniken haben sich dabei als lerneffektiv erwiesen (vgl. Clark u. a. 2006):

- Die Verwendung von *Lösungsbeispielen*, wobei der Lernprozess von vollständig gelösten Beispielen bis zu teilweise gelösten und ungelösten Aufgaben strukturiert werden kann. Forschungen haben gezeigt, dass in der Schule nach der Erklärung zu schnell auf die eigenständige Lösung der Aufgaben übergegangen wird. Die Verwendung mehrerer Lösungsbeispiele erleichtert erheblich die nachfolgende eigenständige Bearbeitung von Aufgaben. Dabei ist allerdings wichtig, dass bei der Analyse der Lösungsbeispiele auch ein tieferes Verarbeiten und Verstehen gefordert wird.
- Die *Integration von Informationen in Bilder und Grafiken*, um den sog. *Aufmerksamkeitsteilungseffekt* zu vermeiden. Wenn eine Person sich während des Studiums einer Veranschaulichung oder einer Grafik die

<sup>5</sup> Hierzu passt die Beobachtung, mit welcher Schnelligkeit und Güte Schachmeister in Blitzpartien agieren!

untenstehenden Informationen bestimmten Teilen des Bildes zuordnen muss, geht ein Großteil der vorhandenen Verarbeitungskapazität schon für diese unnötige Leistung verloren.

- Bei komplexen Informationen ist eine *Strukturierung in kleinere Einheiten* erforderlich, die zunächst kohärent textlich, bildhaft und symbolisch abstrakt erläutert werden sollten, bis diese Informationen im Langzeitgedächtnis abgespeichert sind. Danach kann die nächste Einheit aufgenommen und mit der vorher Gelernten verknüpft werden. Daraus ergibt sich, dass beim Lernen dieser sukzessive Aufbau einer kohärenten Wissensstruktur im Mittelpunkt stehen sollte.

*Die Entwicklung komplexer Wissensstrukturen in den relevanten Bereichen ist die zentrale Aufgabe der Schule, weil ohne sie Bildung im Sinne von Erkennen, tieferes Verständnis von Zusammenhängen und Selbständigkeit, Mündigkeit und Problemlösefähigkeit undenkbar ist.* Dabei wird Selbständigkeit nicht mit der schnellen Ausführung von Routinehandlungen gleichgesetzt; Selbständigkeit ist vor allem die Fähigkeit zur selbständigen Problemlösung in einem komplexen Wissensgebiet. Wenn die Schule die Aneignung komplexer Wissensstrukturen zu unterstützen hat, dann wird ihr Arbeitsschwerpunkt auf solchen Aspekten von *Instruktionen* und *Erklärungen* liegen, die eine sukzessive Aufnahme, Verarbeitung und Integration neuen Wissens mit vorhandenem Wissen unterstützen. Unter diesem Aspekt besteht im Hinblick auf eine Professionalisierung der Schularbeit ein beträchtlicher Handlungsbedarf. Dieser zeigt sich vor allem in zwei Dingen: Einmal in der Qualität von Schulbüchern, die bislang nicht unter den genannten Gesichtspunkten des Wissenserwerbs entwickelt werden. So entsprechen Mathematikschulbücher, wie sie in Japan oder in China entwickelt werden, viel besser unserem heutigen Wissen über strukturierte Wissensvermittlung als die deutschen Schulbücher, die im Wesentlichen nur Übungsbücher sind. Der andere Punkt bezieht sich auf eine weitgehend unkritische Übernahme von sog. innovativen Methoden, deren Wirksamkeit nicht streng geprüft wird. So hat sich an vielen Grundschulen in Deutschland z. B. eine problematische Praxis der Stationenarbeit und des Werkstattunterrichts eingebürgert. Da leistungsschwache Schüler für die Arbeit an Stationen mehr Zeit benötigen und gleichzeitig an verschiedenen Stationen arbeiten, kann man diese Schüler nicht zu einer Gruppe zusammenfassen und gezielt fördern (vgl. Wellenreuther 2004, 160). Auch erscheint eine vertiefte Erarbeitung der Struktur eines Wissensgebietes im Rahmen dieser Arbeitsformen schwer möglich. Eine Professionalisierung der Schule wird somit, wenn die Bildung unserer Kinder verbessert werden soll, um eine Berücksichtigung des empirisch streng geprüften Wissens über Gedächtnisprozesse nicht herum kommen.

Vor allem aber muss eine glaubwürdige Pädagogik professionell als *evidenzbasierte Wissenschaft* agieren, die eine neue Methode nicht deshalb akzeptiert,

weil sie zum Zeitgeist passt, sondern weil aufgrund strenger empirischer Prüfungen belegt ist, dass sie zur Bildung unserer Kinder einen Beitrag leistet (vgl. Wellenreuther 2007).

## Literatur

- Aharoni, R. (2005): What I Learned in Elementary School. In: *American educator*, 29 (3), 8–10.
- Albert, Hans (1968): *Traktat über kritische Vernunft*. Tübingen: Mohr.
- Anderson, J. R./Reder, L. M./Simon, H. A. (2000): Applications and Misapplications of Cognitive Psychology to Mathematics Education. In: *Texas Educational Review*.
- Bahrick, H. P./Hall, L. K. (1991): Lifetime Maintenance of High School Mathematics Content. In: *Journal of Experimental Psychology: General*, 120, (1), 20–33.
- Chase, W. G./Simon, H. A. (1973): The mind's Eye in Chess. In: W. G. Chase (ed.): *Visual Information Processing*. New York: Academic Press.
- Clark, R./Nguyen, F./Sweller, J. (2006): *Efficiency in Learning. Evidence-based guidelines to manage cognitive load*. Pfeiffer: San Francisco.
- Kirschner, P. A./Sweller, J./Clark, R. E. (2006): Why Minimal Guidance During Instruction Does not Work: An Analysis of the failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experimental, and Inquiry-Based Teaching. In: *Educational Psychologist*, 41 (2), 75–86.
- Klafki, W. (1963): *Studien zur Bildungstheorie und Didaktik*. Weinheim und Basel: Beltz.
- Klafki, W. (1985): *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik*. Weinheim und Basel: Beltz.
- Klafki, W. (1992): Selbsttätigkeit als Grundprinzip des Lernens in der Schule – Wiederaufnahme und Weiterentwicklung einer reformpädagogischen Idee und ihre Verwirklichung in der Schule. Im Internet als sechster von neun Vorträgen zum Thema „Erziehung – Humanität – Demokratie“ erschienen, die Klafki in Japan gehalten hat und 1992 von Ogasawara herausgegeben wurden [verfügbar unter: <http://archiv.ub.unimarburg.de/sonst/1998/0003>].
- Klahr, D./Nigam, M. (2004): The Equivalence of Learning Path in Early Science Instruction. Effects of Direct Instruction and Discovery Learning. In: *Psychological Science*, 15 (10), 661–667.
- Mayer, R. E. (2004): Should There Be a Three-Strikes Rule Against Pure Discovery Learning? In: *The American Psychologist*, 59 (1), 14–19.
- Meyer, H. (1987): *Unterrichtsmethoden I und II. (I) Theorieband und (II) Praxisband*. Berlin: Cornelsen: Scriptor.
- Roßbach, H.-G./Wellenreuther, M. (2002): Empirische Forschungen zur Wirksamkeit von Methoden der Leistungsdifferenzierung in der Grundschule. In: Heinzel, F./Prengel, A. (Hrsg.): *Heterogenität, Integration und Differenzierung in der Primarstufe. Jahrbuch Grundschulforschung 6*, Opladen: Leske + Budrich, 44–57.
- Schoenfeld, A. H. (2002): Making Mathematics Work for All Children: Issues of Standards, Testing, and Equity. In: *Educational Researcher*, 31 (1), 13–25.
- Stevenson, H. W./Stigler, J. W. (1992): *The Learning Gap*. Simon & Schuster: New York.
- Stigler, J. W./Hiebert, J. (1998): Teaching Is A Cultural Activity. In: *American Educator*, 22 (4), 1–10.

- Stigler, J./Hiebert, J. (1999): The teaching gap. Best ideas from the world's teachers for improving education in the classroom. New York: Free Press.
- Sweller, J. (2004): Instructional Design Consequences of an Analogy between Evolution by Natural Selection and Human Cognitive Architecture. In: *Instructional Science*, 32 (1/2), 9–31.
- Tuovinen, J.E./Sweller, J. (1999): A Comparison of Cognitive Load Associated With Discovery Learning and Worked Examples. In: *Journal of Educational Psychology*, 91 (2), 334–341.
- Wellenreuther, M. (2004): Lehren und Lernen – aber wie? Empirisch-experimentelle Forschungen zum Lehren und Lernen im Unterricht. *Grundlagen der Schulpädagogik*, Bd. 50. Baltmannweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Wellenreuther, M. (2007): Quantitative Forschung. In: Oelkers, J. u. a. (Hrsg.): *Handwörterbuch Pädagogik der Gegenwart*. Im Druck.