

# Lernen – der wichtigste Hebel der geistigen Entwicklung

Elsbeth Stern

Max-Planck-Institut für Bildungsforschung

Lentzeallee 94

14195 Berlin

email: [stern@mpib-berlin.mpg.de](mailto:stern@mpib-berlin.mpg.de)

Vortrag am Hanse-Wissenschaftskolleg vom 13. Januar 2003

Sendung im NordwestRadio am 9. Februar 2003 um 19 Uhr

Noch am selben Tag, an dem das schlechte Abschneiden der deutschen Schüler in der PISA-Studie bekannt gegeben wurde, war eine wichtige Ursache für den bescheidenen Lernerfolg der 15-Jährigen ausgemacht: die unzureichende Förderung in den früheren Lebensjahren. Streng genommen bleibt es aus wissenschaftlicher Sicht schleierhaft, wie ausgerechnet aus dem Aufbau der PISA-Studie messerscharf auf Versäumnisse in der Grundschule geschlossen werden konnte. Da aber bekanntlich auch aus falschen Gründen das Richtige getan werden kann, wurde die Besinnung auf die Förderung von Vor- und Grundschulkindern von vielen Wissenschaftlern begrüßt, die sich mit der geistigen Entwicklung im Kindesalter beschäftigen. Für viele Grundschulpädagogen, Fachdidaktiker und Psychologen war seit längerer Zeit offensichtlich, dass die wissenschaftlichen Erkenntnisse über die geistige Entwicklung im Kindesalter bei der Gestaltung von kindgerechten Umgebungen kaum berücksichtigt wurden.

Allem, was Menschen im Laufe ihrer kulturellen Entwicklung gestaltet haben, liegen Annahmen, Einstellungen und Glaubenssätze zugrunde, auch wenn diese nicht immer bewusst sind. Psychologen sprechen von sogenannten impliziten Theorien. In die Gestaltung von kindgerechten Umgebungen gingen – vielleicht typisch deutsch – insbesondere Vorstellungen über die Defizite von Kindern ein. Jeder, der Umgang mit Kindern hat, kennt deren Grenzen. Kinder verstehen vieles ganz anders als Erwachsene, sie zeigen sich bei deren Erklärungen häufig uneinsichtig, und ihre Interessen sind für viele Erwachsene schwer nachvollziehbar. Wissenschaftliche Schützenhilfe holte man sich gern bei dem berühmten Schweizer Biologen und Entwicklungspsychologen Jean Piaget. Seine weit über die Grenzen der Entwicklungspsychologie hinaus bekannt gewordenen vier Stufen der geistigen Entwicklung im Kindesalter lassen sich am besten durch Defizite bei bestimmten Anforderungen beschreiben. Der sensomotorische Säugling holt sich noch nicht den vor seinen Augen mit einem Tuch bedeckten Gegenstand. Das präoperative Grundschulkind behauptet, dass die vor seinen Augen aus einem flachen in ein hohes Gefäß umgegossene Flüssigkeit mehr geworden ist. Auch scheinen diese Kinder zu glauben, dass die in einer Reihe ausgelegten Bonbons mehr werden, wenn die Reihe auseinander gezogen wird. Das konkret-operative Grundschulkind behauptet, dass eine Mischung aus 3 Gläsern Himbeersirup und 8 Gläsern Wasser genau so schmeckt wie eine Mischung aus 13 Gläsern Himbeersirup und 18 Gläsern Wasser, da die Differenz und nicht das Verhältnis berücksichtigt wird. Jede Stufe ist durch geistige Grenzen charakterisiert.

Wenn ich im Folgenden Kritik an Piagets Entwicklungstheorie sowie insbesondere an deren Rezeption übe, dann stelle ich nicht die empirischen Befunde in Frage. Die häufig vorgebrachte Kritik an Piagets Werk, seine empirische Basis beschränke sich auf seine drei Kinder, trifft gerade nicht den Kern. Piagets Aufgaben waren genial, und die von ihm gefundenen Antworten lassen sich noch immer an Kindern in unterschiedlichen Kulturkreisen reproduzieren. Allerdings gibt es inzwischen zahlreiche Befunde, die zeigen, dass Piaget die geistige Leistung der Kinder unterschätzte, weil er Antworten der Kinder, die mit dem Kontext seiner Aufgabenstellung zu tun hatten, übergeneralisierte. Die Einbeziehung zusätzlicher Beobachtungsdaten, geringfügige Abweichungen in der Aufgabenstellung oder recht einfache Formen der Unterstützung zeigen, dass Kinder mehr von der Welt begreifen, als angenommen wurde. Studien, auf die ich an dieser Stelle aus Zeitgründen nur oberflächlich eingehen kann, zeigen, dass Säuglinge durchaus wissen, dass der Gegenstand sich unter dem Tuch befindet. An den Blickbewegungen der Kinder lässt sich ersehen, dass sie den Ort kennen, an dem der Gegenstand liegt. Was ihnen zu fehlen scheint, ist die Möglichkeit zur Entwicklung und Durchführung eines Handlungsplans. Darauf komme ich später noch zurück.

Vorschulkinder, die zuvor noch behauptet haben, dass die umgeschüttete Flüssigkeit mehr wird, verneinen, dass man mit dieser Methode einer drohenden Getränkeknappheit auf einem Kindergeburtstag entgegenwirken kann. Darf sich ein Vorschulkind zwischen einer kürzeren Reihe mit vielen eng aneinander liegenden Bonbons und einer längeren Reihe mit weit auseinander liegenden wenigen Bonbons entscheiden, so wählt es ohne zu zögern die kurze Reihe mit der größeren Zahl Bonbons. Soll ein Grundschulkind entscheiden, ob ein Gemisch aus 4 Gläsern Himbeersirup und 6 Gläsern Wasser stärker nach Himbeere schmeckt als ein Gemisch aus 3 Gläsern Sirup und 5 Gläsern Wasser, so wird es mit einfachen Hilfsmitteln erkennen, dass 2 zusätzliche Gläser Wasser eine Grundsubstanz von 3 Sirupgläsern stärker verwässern als eine Grundsubstanz von 4 Sirupgläsern. Tatsächlich hat meine frühere Doktorandin Susanne Koerber zeigen können, dass bereits Viertklässler mit Hilfe des Graphen einer linearen Funktion proportionale Saftmischungen erstellen konnten. Eigentlich werden Graphen einer linearen Funktion erst in der 8. Klasse behandelt. Auch darauf komme ich an späterer Stelle zurück.

An dieser Stelle ist es mir wichtig festzuhalten, dass viele Fehler und Inkompetenzen jüngerer Kinder in Anlehnung an Piagets Theorie mit generellen geistigen Entwicklungsdefiziten erklärt wurden. In Analogie zum Größenwachstum nimmt man an, dass das Gehirn heranreifen muss, bevor anspruchsvolle Lernangebote genutzt werden können. Für das Kör-

perwachstum in der Kindheit muss ein bestimmtes Nahrungsmittelangebot zur Verfügung stehen – wir wissen, dass Kinder, die dauerhaft hungern, als Erwachsene klein bleiben. Gleichzeitig wissen wir aber auch, dass wir durch Nahrungsaufnahme das Längenwachstum nicht beeinflussen können, sobald ausreichende Nahrung zur Verfügung steht. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von Schwellenwert. Diese für das Längenwachstum angemessene Modellvorstellung von der Interaktion zwischen internen Reifungsprozessen und Umwelteinflüssen wurde häufig auf die geistige Reifung übertragen. Man geht davon aus, dass emotionale und kognitive Grundbedürfnisse durch erwachsene Bezugspersonen befriedigt werden müssen, dass aber darüber hinaus gehende Anregungen den Entwicklungsprozess bestenfalls gar nicht und schlimmstenfalls negativ beeinflussen. Die Vorstellung von einer vorwiegend intern gesteuerten geistigen Entwicklung des Menschen hat sich auch bei Grundschullehrern und -lehrerinnen durchgesetzt. Dazu eine Anekdote: Die von der Piagetschen Entwicklungspsychologie beeinflusste Grundschullehrerin des frisch eingeschulerten Kindes einer Kollegin ließ die Eltern auf einem Informationsabend wissen, dass es völlig natürlich sei, wenn Kinder ihr Heft nicht von vorn nach hinten voll schrieben, sondern Eintragungen querbeet vornähmen. Auf die Bemerkung einer Mutter, ob man nicht in die Schule ginge, um ordentliche Heftführung zu lernen, meinte die Lehrerin, dass Piaget gesagt hätte, man könne Entwicklungsschritte nicht einfach überspringen.

Derartige Fehlvorstellungen, die von der Entwicklungspsychologie längst korrigiert wurden, prägen den Alltag unserer Grundschule. Natürlich gibt es stark reifungsabhängiges Lernen. Es ist vergebliche Liebesmüh, Kindern Sauberkeitsverhalten anzutrainieren, bevor sich bestimmte Nervenverbindungen herausgebildet haben. Vor dem dritten Lebensjahr wird man Kindern bestimmte Satzkonstruktionen nicht entlocken können. Längerfristige Ziele zu bilden und diese zu verfolgen, fällt Kindern noch schwer, und man kann davon ausgehen, dass dies mit dem noch nicht vollständig ausgebildeten Frontalhirn zusammenhängt. Ich will also keineswegs in Frage stellen, dass sich im Kindesalter noch grundlegende geistige Veränderungen vollziehen, die eng an die Hirnentwicklung geknüpft sind. Aber trotz der noch nicht abgeschlossenen Hirnentwicklung müssen Kinder schon früh gefördert werden. Dazu müssen wir uns vergegenwärtigen, welche Funktion die Schule hat: sie muss Wissen und Kompetenzen vermitteln, welche die Menschheit erst vor relativ kurzer Zeit entwickelt hat. In seiner heutigen genetischen Ausstattung bevölkert der Mensch seit mindestens 40.000 Jahren die Erde. Es mussten aber 35.000 Jahre vergehen, bevor der Mensch Schriftzeichen nutzte. Die ältesten Spuren der Schrift sind erst 5.000 Jahre alt. Was heute ganz selbstverständlich Ge-

genstand der Mathematik in der Mittelstufe allgemeinbildender Schulen ist, wurde teilweise erst vor wenigen Jahrhunderten entwickelt. Geniale Geister wie Adam Riese, Isaac Newton oder Gottfried Wilhelm Leibniz, die die Mathematik entscheidend geprägt haben, beherrschten vieles von dem nicht, was ein mittelmäßig begabter Schüler heute lernen sollte. Etwa 50 Jahre ist es her, dass Watson und Crick mit der Modellierung der Doppelhelix die Genetik entscheidend voranbrachten. Bereits wenige Jahre später war die Doppelhelix Teil des Biologieunterrichts. Wenn wir wollen, dass möglichst viele Menschen wichtige Bereiche der kulturellen Errungenschaften auf eine Weise beherrschen, die eine kreative Weiterentwicklung ermöglicht, dann müssen besondere Anstrengungen unternommen werden. Die Natur hat den Menschen mit der Fähigkeit ausgestattet, sich ein möglichst warmes und futterreiches Plätzchen zu suchen, an dem er Nachkommen zeugen und aufziehen kann. Für die menschlichen Leistungen in Kunst, Wissenschaft und Technik können wir uns nicht auf die Natur verlassen. Nur wenn wir Institutionen schaffen, in denen das im kulturellen Kontext erworbene Wissen immer wieder neu genutzt und ausgebaut wird, bleibt es erhalten.

Was ich damit sagen will, ist, dass es in einer hoch technisierten und zivilisierten Gesellschaft, die sich sehr weit von den von der Natur zur Verfügung gestellten Lebensbedingungen entfernt hat, unlogisch ist, die Kinder bis in die Pubertät hinein in einem geistigen Naturzustand belassen zu wollen. Dies gilt erst recht für die sogenannten Wissensgesellschaften, zu denen wir uns zählen. Schreibhefte waren in der Natur nicht vorgesehen. Deshalb konnten uns unsere Gene nicht darauf vorbereiten, Hefte so mit Information zu füllen, dass wir und andere bestimmte Abschnitte mit minimalem Aufwand wieder finden. Derartiges lernt man auch nicht durch Versuch und Irrtum, sondern nur mit direkter Anleitung und Überwachung durch einen Mentor – sprich Lehrer.

Renne ich mit meinem Plädoyer für eine anspruchsvollere Erziehung im Kindergarten und in der Grundschule inzwischen offene Türen ein? Sollten wir uns, nachdem die Notwendigkeit einer Früherziehung endlich weitgehend allgemein akzeptiert wurde, nicht alle der Etablierung sowie der Aus- und Umgestaltung von Lerninstitutionen zuwenden? Handeln ist zweifellos notwendig. Dennoch – und davon möchte ich Sie in der verbleibenden Zeit überzeugen – kann eine Neugestaltung von Schule und Kindergarten von einer begleitenden wissenschaftlichen Reflektion profitieren.

Ich habe bisher begründet, dass sich die in einer Wissensgesellschaft benötigten Kompetenzen nicht durch Reifung entwickeln, sondern von Anfang an der gezielten Anregung bedürfen. Dies ist eine grundsätzliche Erkenntnis, die aber noch keine präzisen Anleitungen

für die konkrete Gestaltung von Lerngelegenheiten erlaubt. Wie soll man dem Kind beibringen, dass es sein Heft von vorn nach hinten voll schreibt? Indem man es nach wiederholter Ermahnung für abweichendes Verhalten bestraft? Indem man es belohnt, wenn es sich wunschgemäß verhält? Indem man Erklärungen und Begründungen für den Nutzen sauberer Heftführung abgibt? Wir alle kennen viele Möglichkeiten, wie wir andere Menschen zu einer Verhaltensänderung bringen können, aber niemand kennt ein Patentrezept, das ganz sicher klappt. Um aus den möglichen Verhaltensalternativen die richtige auszuwählen, benötigt man Wissen über deren Wirkungsmechanismen. Mit Strafen kann man willentlich gesteuertes, unerwünschtes Verhalten abbauen, mit Belohnungen willentlich gesteuertes, erwünschtes Verhalten aufbauen. Erklärungen und Begründungen entfalten ihre optimale Wirkung, wenn mit ihrer Hilfe Wissensdefizite kompensiert werden. Um in der Klasse erfolgreich agieren zu können, müssen Lehrer ein sehr präzises Wissen darüber besitzen, wann Strafen, Belohnungen oder Erklärungen angesagt sind.

Die Entwicklung komplexer geistiger Kompetenzen in der Mathematik und den Naturwissenschaften ist ein sehr umfangreiches Unterfangen. Obwohl noch vieles im Unklaren ist, konnten doch Lernvorgänge in den letzten Jahren durch die Wissenschaft aufgeklärt werden. Aus der Forderung nach einer anspruchsvolleren Gestaltung der Lernumgebung für jüngere Kinder allein lassen sich noch keine konkreten Richtlinien für diese Gestaltung ableiten. Hier kann noch eine Bringschuld von den Wissenschaftlern eingefordert werden. Was genau sollte an den Lerngelegenheiten geändert werden? Dieser Frage kann man sich nur annähern, wenn man sich präziser fragt, warum wir Kindern mehr zumuten sollten. Auf drei mögliche Antworten werde ich eingehen:

1. Zeitökonomie: Kinder könnten deutlich mehr lernen, wenn man den Schulstoff einfach vorverlegen würde. Eine zusätzliche Fremdsprache wäre dann ebenso möglich wie eine größere Themenvielfalt in den Naturwissenschaften.

In begrenztem Maße ist dem zuzustimmen. Verglichen mit anderen Ländern werden in Deutschland viele Themen sehr spät abgehandelt. In der Slowakei, wo ich gerade eine vergleichende Studie zum Mathematiklernen durchführe, wird beispielsweise bereits im 2. Schuljahr multipliziert, während in Deutschland diese Rechenart erst ein Jahr später auf dem Lehrplan steht. Das höhere Anspruchsniveau geht übrigens nicht zu Lasten der schwächeren Schüler – ein ganz wichtiger Punkt, auf den ich später noch einmal zu sprechen kommen werde. Dass im 1. Schuljahr häufig nur noch der Zahlenraum bis 20 behandelt wird, ist kein Naturgesetz, sondern ein Zugeständnis an die Bequemlichkeit. Wir könnten also durchaus

mehr Stoff in die Schulzeit packen, wenn diese effizienter genutzt würde. Dennoch treffen Argumente der Zeitökonomie nicht den Kern der Sache. Unser größtes Problem ist gegenwärtig nicht die mangelnde Breite und Themenvielfalt des Curriculums, sondern die Tatsache, dass selbst das Wenige, was auf dem Lehrplan steht, nicht gelernt wird. Nach 9 Jahren Hauptschule kann ein Viertel der Schüler nicht wirklich lesen. Der Physikunterricht an Gymnasien geht an der überwältigenden Mehrheit der Schüler völlig vorbei. Sie haben keines der physikalischen Prinzipien wirklich verstanden. Zunächst geht es also gar nicht darum, mehr zu lernen, sondern ganz generell anders und damit erfolgreicher zu lernen.

Wenden wir uns jetzt einer zweiten möglichen Begründung zu.

2. Gehirnentwicklung: Im Kindesalter ist das Gehirn ganz besonders aufnahmefähig.

Wenn das Gehirn nicht trainiert wird, gehen seine ungenutzten Kapazitäten verloren.

Zweifellos gehört die Hirnforschung gegenwärtig zu den spannendsten Gebieten der Wissenschaft überhaupt, und ihre Ergebnisse stoßen auf großes Interesse auch außerhalb der Kreise der Spezialisten. Genau genommen ist das Interesse nicht neu. Schon immer rankten sich Mythen um das Gehirn, die als Begründung für esoterisch angehauchte Lebensformen dienten. Gern hat man sich Gedanken um das Zusammenwirken der männlich analytisch denkenden rechten und der weiblich intuitiv denkenden linken Gehirnhälfte gemacht. Für den Ausgleich zwischen den Gehirnhälften werden Übungen, Kopfhörer oder ähnliches angeboten. Auch gibt es Anleitungen zum Lernen im Schlaf, wo unser Gehirn angeblich aufnahmefähiger ist als im Wachzustand. Dem kindlichen Gehirn werden geradezu mythische Kräfte zugesprochen: Was Erwachsene nur mühsam lernen, saugt das Kind sozusagen wie ein Schwamm auf. Es gilt, die sensiblen Phasen – oder „windows of opportunity“ – zu nutzen. Werden von der Umwelt nicht zur richtigen Zeit die richtigen Angebote gemacht, treten Versäumnisse auf, die nie wieder kompensiert werden können. Als Beispiel wird gern auf die Sprachentwicklung verwiesen: In den ersten Lebensjahren wird ohne professionelle Instruktion nicht nur die Muttersprache, sondern - in mehrsprachigen Umgebungen - problemlos auch noch eine zweite Sprache erworben. Aus diesem Befund wird häufig unberechtigterweise auf eine generelle erhöhte Lernfähigkeit in der frühen Kindheit geschlossen. Es wäre nicht verwunderlich, wenn bei der gegenwärtigen Euphorie bald Kurse angeboten würden, bei denen man lernt, wie man bereits während der Schwangerschaft Buchstaben und Zahlen auf den Bauch malen muss, damit das Kind bald nach seiner Geburt lesen lernt. Mit Wissenschaft hat das alles wenig zu tun, und Leute, die sich derartige mythische hirnhysiologische Begründungen ausdenken,

befassen sich nicht wirklich mit den neuesten Forschungsergebnissen. Die Neurowissenschaftler selbst sind trotz der rasanten Fortschritte auf ihrem Gebiet erfreulich zurückhaltend.

Manches, was noch bis vor wenigen Jahren als unumstößliche Wahrheit in der Hirnforschung galt, musste aufgrund neuerer Ergebnisse aufgegeben werden. So ging man etwa davon aus, dass die Zahl der Hirnzellen bei der Geburt festliege und keine neuen mehr hinzu kommen könnten. Tatsächlich ließ sich jedoch nachweisen, dass sich das Gehirn nach Läsionen auf erstaunliche Weise regenerieren kann. Neue Areale können Funktionen übernehmen, die zuvor in anderen, zerstörten Teilen angesiedelt waren – etwa so, wie man in eine andere Wohnung zieht, wenn die alte ihre Funktion nicht mehr erfüllt. Auch die Spezialisierung der beiden Hirnhälften auf unterschiedliche Funktionsbereiche hat nicht den deterministischen Charakter, der ihr zugeschrieben wird. Das gesunde Gehirn eines Menschen scheint also ziemlich flexibel zu sein und kann sich vielem anpassen.

Völlig falsch aber ist eine oben bereits genannte Vorstellung von der Funktionsweise des Gehirns: das Bild vom Gehirn als Schwamm, der Information aufsaugt. Das Gegenteil ist der Fall: Ein gut funktionierendes Gehirn ist ständig damit beschäftigt, nur diejenigen Umweltreize herauszufiltern, die für das gerade aktualisierte Handlungsziel relevant sind. Der sogenannte Arbeitsspeicher, also die Informationsmenge, die man in einer bestimmten Zeiteinheit verarbeiten kann, ist begrenzt, und diese Begrenzung ist durchaus sinnvoll. Sie erlaubt uns, uns auf das Wesentliche zu konzentrieren, wenn wir einmal einen bestimmten Entschluss oder Plan gefasst haben. Das Frontalhirn, also der Teil des Hirns, der bei den Menschen besonders ausgeprägt ist, koordiniert derartige Funktionen und kann als Sitz der Arbeitsspeicherkapazität angesehen werden. Wenn wir in der Lage sind, uns beim Mittagessen trotz großen Hungers zurückzuhalten, weil wir abends in ein französisches Restaurant eingeladen sind, dann ist dies möglich, weil wir längerfristig planen können. Gleichzeitig scheint der Arbeitsspeicher auch der Teil des Gehirns zu sein, der sich im Laufe der Kindheit noch am stärksten verändert und entwickelt. Dies lässt sich in hirnphysiologischen Studien nachweisen und deckt sich mit Befunden und Beobachtungen, die zeigen, dass Kinder noch deutliche Defizite in der Handlungs- und Planungskompetenz aufweisen. Wer ein Kind aufzieht, weiß, dass man es ständig ermahnen muss, beim Essen lieber nachzunehmen, als sich den Teller zu voll zu laden. Auch das Verhalten von Kindern im Verkehr zeugt von eingeschränkter Arbeitsspeicherkapazität, und es ist keineswegs Ausdruck eines neurotischen Elternverhaltens, wenn das Überqueren einer Strasse rituell eingeübt wird. Die eingeschränkte Arbeitsspeicherkapazität im Kindesalter kann durchaus als funktional angesehen werden. Sie

hilft den Kindern, sich auf das Wesentliche zu konzentrieren. Auch dass Kinder in den ersten Lebensjahren ohne systematische Instruktion die Muttersprache fehlerfrei erwerben, erklärt sich durch ihre eingeschränkte Arbeitsspeicherkapazität. Obwohl Kinder von Anfang an komplexe, verschachtelte Sätze hören, bilden sie zunächst nur Einwortsätze, später dann Zwei- und Dreiwortsätze. Sie blenden zunächst sogenannte Funktionswörter wie Artikel und Präpositionen ganz aus und unterlassen auch das Konjugieren und Deklinieren. Erst wenn sie Substantive, Verben und Artikel besser im Griff haben, wenden sie sich Wortarten und Sprachkonstruktionen zu, die komplexere Satzkonstruktionen erlauben. Die Einschränkung der Gedächtniskapazität in der frühen Kindheit ist verantwortlich dafür, dass man die Muttersprache fehlerfrei lernt. Lernen wir zu einem späteren Zeitpunkt eine Fremdsprache, sind wir von Anfang an der Komplexität ausgeliefert. Von Anfang an müssen wir Verben konjugieren, Substantive und Adjektive deklinieren und Artikel und Präpositionen verwenden. Dabei machen wir Fehler, die Gedächtnisspuren hinterlassen und damit die Gefahr einer Wiederholung in sich bergen. Langfristig schleichen sich Fehler ein, die nur noch schwer auszumerzen sind.

Es sei also noch einmal festgehalten, dass die Annahme, man müsse möglichst viel Lernstoff in die ersten Lebensjahre packen, weil das Gehirn in diesem Zeitabschnitt neue Information wie ein Schwamm aufsaugt, falsch ist. Im Gegenteil, wie für die Sprachentwicklung gezeigt wurde, profitiert das Kind geradezu vom Nutzen der Beschränktheit. Einer der wenigen Bereiche, für den so etwas wie eine sensible Phase nachgewiesen wurde, ist der Zweitspracherwerb. Leben in einem Haushalt mit kleinen Kindern Erwachsene mit unterschiedlichen Muttersprachen, haben diese Kinder die Chance, eine zusätzliche Sprache gratis zu erwerben. Was für den Zweitspracherwerb in der natürlichen Umgebung gilt, gilt übrigens nicht automatisch für den Fremdsprachenunterricht. Auch wenn es immer wieder behauptet wird, gibt es bisher keinen Beleg dafür, dass Kinder vom Fremdsprachenunterricht mehr profitieren, als dies Erwachsene tun. Die Euphorie, mit der gegenwärtig der Englischunterricht im Kindergarten und in der Grundschule begrüßt wird, lässt sich jedenfalls nicht mit Besonderheiten der Hirnentwicklung im Kindesalter erklären.

Lassen Sie mich den Abschnitt über die Hirnentwicklung abschließen. Obwohl das Detailwissen über die Funktion unseres Gehirns rasant wächst, lassen sich doch aus den Ergebnissen noch keine neuen und überraschenden Forderungen hinsichtlich der Gestaltung von Lerngelegenheiten ableiten. Allerdings sind Fördermaßnahmen, die schon immer vernünftig klangen, durchaus mit den neuesten Ergebnissen der Hirnforschung vereinbar. Darauf komme ich später noch zu sprechen. Sehr gefreut habe ich mich über einen Befund der Magdeburger

Arbeitsgruppe um Henning Scheich, die nachweisen konnte, dass die plötzliche Einsicht in ein Prinzip mit der Ausschüttung von Stoffen im Gehirn einher geht, die Glücksgefühle signalisieren. Etwas nach langer Mühe gelernt zu haben, scheint Spaß zu machen, und diesen Spaß gönnen wir unseren Schülern zu selten. Die Ergebnisse der Hirnforschung unterstützen all das, was gute Lehrer schon immer machen: eine anregende Umgebung schaffen, in der Schüler aktiv neues Wissen aufbauen können.

Für die konkrete Umsetzung in einzelnen Fächern – also für die Frage, wie man einen anregenden Unterricht in Mathematik, Physik, Deutsch oder Englisch schafft – geben die Ergebnisse der Hirnforschung bisher keine Anleitung. Ich sehe – im Gegenteil – eine gewisse Gefahr, wenn man die Forderung nach einer anregenderen Lernumgebung so allgemein und unspezifisch lässt. Es ist nämlich zu befürchten, dass eine unselige Tradition der Bildung aufrecht erhalten wird, die in Deutschland leider immer noch die Gestaltung des schulischen Curriculums bestimmt: die Idee von der formalen Bildung. Dieser Idee zufolge schulen wir unseren Intellekt optimal, indem wir uns mit möglichst komplexen und abstrakten Problemen beschäftigen, egal, was deren Inhalte sind. Es wird eine Analogie zum Sport hergestellt: So wie man seine allgemeine körperliche Kondition durch Kraft- und Ausdauertraining steigern kann, könne man seine geistige Kondition durch das Lernen von Latein oder Mathematik verbessern. Bereits um die Jahrhundertwende haben die amerikanischen Psychologen Thorndike und Woodworth berechnete Zweifel an dieser Annahme eines unspezifischen Transfers geäußert. Bereits vor mehr als 80 Jahren wurden theoretisch gut begründete Untersuchungen durchgeführt, die zeigten, dass das Lateinlernen keineswegs die ihm nachgesagten Auswirkungen auf andere Fächer hat. Einige Jahrzehnte später konnten Ludwig Haag und ich dies mit Hilfe modernerer statistischer Methoden bestätigen. Es ließen sich keinerlei Effekte des Lateinlernens auf das logische Denken nachweisen. Wir müssen uns von der Vorstellung verabschieden, dass es für die Optimierung der geistigen Entwicklung ausreicht, Menschen mit anspruchsvollen und komplexen, aber mehr oder weniger beliebigen Inhalten zu beschäftigen.

Nachdem ich versucht habe zu zeigen, dass Zeitökonomie und Hirnforschung uns noch keine optimalen Antworten auf die Frage geben konnten, warum unsere Kinder anspruchsvolle Lerngelegenheiten benötigen, wende ich mich einem neuen Feld zu. Wie Sie wahrscheinlich erwarten, möchte ich jetzt auf einen Ansatz zu sprechen kommen, auf den Hoffnungen zu setzen sich lohnt.

### 3. Wissenserwerb als der Schlüssel zum Können.

Der Begriff des Wissens hat in unserer Gesellschaft häufig einen negativen Beigeschmack. Wissen ansammeln ist etwas für weniger intelligente Menschen, während intelligente Menschen sich auch ohne dies behelfen können. In den letzten Jahrzehnten hat sich die Auffassung gefestigt, dass es intelligente Schüler nicht nötig haben, für die Schule zu lernen, was sich denn auch über Jahre hin zu bestätigen schien. Erst der Globalisierungsschock namens PISA förderte zutage, dass Deutschland, was Spitzenleistungen insbesondere in der Mathematik und den Naturwissenschaften angeht, nicht mehr mithalten kann. Die Vorstellung, dass es intelligente Menschen nicht nötig haben, sich der Mühsal des Lernens zu unterziehen, ist vor dem weiter vorn angesprochenen Hintergrund geradezu absurd. Ich hatte ja bereits hervorgehoben, dass der Schule die Aufgabe zukommt, Wissen weiterzugeben und zu erhalten, welches unter großen Mühen von teilweise genialen Geistern entwickelt wurde. Die Verfügbarkeit einer intelligenten Wissensbasis, die es einem ermöglicht, sich neuen Situationen flexibel anzupassen, gehört zum Höchsten, was Menschen erreichen können. Neuere Ergebnisse der Kognitionsforschung zeigen auf geradezu überwältigende Weise, dass Wissen und nicht Intelligenz der Schlüssel zum Können ist. Ich möchte dazu Ergebnisse aus zwei Forschungsparadigmen grob skizzieren:

- **Expertiseforschung:** In der Tradition der Expertiseforschung werden Menschen erforscht, die in einem anspruchsvollen und komplexen Gebiet Höchstleistungen erbringen. Schach, Mathematik, Musik und Naturwissenschaften sind gut erforschte Gebiete. Es zeigte sich, dass sich Menschen, die Höchstleistungen erbringen, von sogenannten Novizen nicht durch ihre Intelligenz, sondern durch ihr Wissen unterscheiden. Systematische biographische Forschungen haben gezeigt, dass Experten lange Jahre hindurch sehr intensiv auf ihrem Gebiet geübt haben. Natürlich sind Experten in vielen Bereichen auch überdurchschnittlich intelligent. Ein unterdurchschnittlich intelligenter theoretischer Physiker ist schwer denkbar. Aber während fehlendes Wissen nicht kompensierbar ist, können mögliche Defizite bei Intelligenz und speziellen Begabungen durch besonders intensives Üben ausgeglichen werden.
- **Vorhersage von Leistungsunterschieden:** Warum unterscheiden sich am Ende eines Schuljahrs die Schüler einer Klasse in ihren Leistungen auf Gebieten, welche im Unterricht ausführlich behandelt wurden? Eine einfache Erklärung wäre, dass manche Schüler aufgrund ihrer Persönlichkeit, die sich in Merkmalen wie Intelligenz, Motivation oder Anpassung ausdrücken kann, mehr vom Unterricht mitbekommen haben als andere. Tatsächlich liegt die Sache noch einfacher: Kinder, die unabhängig von ihrer

Intelligenz schon zu Beginn des Schuljahres Wissen mitbrachten, haben die besten Chancen, etwas dazu zu lernen. Unterschiede des Vorwissens z.B. in der Mathematik treten schon sehr früh auf. Manche Kinder können rechnen, lange bevor sie in die Schule kommen, und sich diesen Vorsprung oft auch erhalten. Dies zeigen Längsschnittstudien wie z.B. die unter der Leitung des vor zwei Jahren verstorbenen Lehr-Lern-Forschers Franz Emanuel Weinert durchgeführten Längsschnittstudien LOGIK und SCHOLASTIK. An mehreren hundert Münchener Schülern wurden über einen Zeitraum von 15 Jahren regelmäßig Leistungsmessungen in Mathematik, Lesen und Schreiben sowie naturwissenschaftlichem Verständnis vorgenommen. Gleichzeitig wurden auch Intelligenz und andere Persönlichkeitsmerkmale mehrfach erfasst. Die Studie wurde am Münchener Max-Planck-Institut für psychologische Forschung mit etwa einem Dutzend Wissenschaftlern durchgeführt. Ich war für die Erfassung der Daten zur mathematischen Entwicklung verantwortlich. In ganz unterschiedlichen Analysen zeigte sich immer wieder das gleiche Ergebnis: Sobald bereichsspezifisches Wissen in die Analyse aufgenommen wurde, verloren Persönlichkeitsunterschiede an Vorhersagekraft. Ein Ergebnis war besonders beeindruckend: Unterschiede der Mathematikleistung bei Gymnasiasten in der 11. Klasse ließen sich besonders gut durch Unterschiede der Mathematikleistung in der zweiten Klasse erklären. Es war sogar so, dass nur Kinder, die bereits in der 2. Klasse ein fortgeschrittenes Verständnis von Zahlen hatten – ich werde später näher darauf eingehen, was darunter zu verstehen ist –, in der 11. Klasse noch sehr gute Leistungen erbringen konnten. Vergleich man den Einfluss von Vorwissen und Intelligenz, so zeigt sich – wie nicht anders zu erwarten –, dass intelligentere Kinder im Allgemeinen auch über mehr Wissen verfügen. Wer es jedoch nicht geschafft hat, seine Intelligenz in Wissen umzusetzen, der hat in dem entsprechenden Fachgebiet weniger Chancen als jemand, der bei schlechteren Ausgangsbedingungen mit vielleicht etwas größerer Anstrengung Wissen erworben hat.

Wissen ist der entscheidende Schlüssel zum Können. Die angesprochene negative Einstellung zum Wissen hängt möglicherweise mit einer einseitigen Betrachtungsweise zusammen, die Wissen auf eine Ansammlung von Fakten reduziert. Wenn ich weiß, dass Manila die Hauptstadt der Philippinen ist, aber gleichzeitig denke, dass die Philippinen in Nordeuropa liegen, nützt das Wissen um die Hauptstadt nicht wirklich etwas. Ich kann aus diesem in fal-

sche Annahmen eingebetteten Funken Wahrheit keine neuen Schlüsse ziehen. Zweifellos sieht ein Großteil des in der Schule erworbenen Wissens genau so aus: einige korrekte Fetzen in einem wüsten Haufen Müll. Mit derartigem Wissen kann man mit etwas Glück einige Runden in den Quizsendungen überstehen, die in vielen Fernsehsendern angeboten werden. Ansonsten ist isoliertes Faktenwissen unbrauchbar.

Den Satz: „Kraft ist Masse mal Beschleunigung“, können Schüler noch korrekt herunterbeten, Beschleunigung und Geschwindigkeit im Zweifelsfalle aber nicht unterscheiden. Den Satz des Pythagoras kennen sie, aber es gelingt ihnen nicht, ihn heranzuziehen, wenn ein ungewöhnliches Problem gelöst werden soll. Faktenwissen ist wichtig und hilfreich, wenn es in intelligent vernetztes Begriffswissen eingebettet ist. Ist Begriffswissen nur in Form von Definitionen gespeichert, kann es auch nur in dieser Form abgerufen werden. Wurde man hingegen mit vielen unterschiedlichen Problemen konfrontiert, die eine bestimmte Art von Wissen erfordern, lässt sich diess Wissen auch flexibel einsetzen.

Ich hatte im vorangegangenen Abschnitt bereits die formale Bildungstheorie angesprochen, die auf der Fehlvorstellung beruht, man könne das Gehirn durch unspezifische Übungen trainieren. Tatsächlich kommt es nur dann zur Lernübertragung von einer Aufgabe auf eine andere oder von einem Gebiet auf ein anderes, wenn beiden Gebieten die gleichen Wissens Elemente zugrunde liegen. In diesem Zusammenhang möchte ich noch einmal auf die Effekte des Lateinlernens zurückkommen. Unspezifische Effekte des Lateinlernens auf das schlussfolgernde Denken sind, wie bereits angesprochen, nicht zu erwarten. Voraussetzung für den Wissenstransfer ist, dass gemeinsame Wissens Elemente vorliegen. Vor diesem Hintergrund ist es jedoch durchaus plausibel, Transfereffekte von Latein auf das Lernen von romanischen Sprachen zu erwarten, deren Wurzel Latein ist. Zusammen mit Ludwig Haag, früher Lateinlehrer, jetzt Privat-Dozent für Psychologie, untersuchte ich, ob Französisch oder Latein die bessere Vorbereitung auf das Lernen von Spanisch ist. Es zeigten sich eindeutige Effekte zugunsten von Französisch, was bei genauerem Hinsehen auch durchaus logisch ist, da die Ähnlichkeiten der beiden lebenden romanischen Sprachen untereinander größer sind als ihre jeweiligen Ähnlichkeiten mit dem Lateinischen.

Möchte man der Forderung gerecht werden, dass man nicht für die Schule, sondern für das Leben lernen soll, dann muss man Wissen vermitteln, welches sehr breit einsetzbar ist. Dazu muss man durchaus nicht den gesamten Lehrplan umkrempeln, sondern kann auf das zurückgreifen, was sowieso im Curriculum vorgesehen ist. Lediglich die Art der Vermittlung sollte sich in dem einen oder anderen Falle ändern. Mathematik ist ein Beispiel dafür. In der

Schule wird dieses Fach – jenseits von direkt einsetzbaren Rechenkenntnissen – als Selbstzweck gelehrt, weil es angeblich das logische Denkvermögen schult. Tatsächlich kann Mathematik als ein Werkzeug verstanden werden, mit dessen Hilfe sich sprachlich schwer artikulierbare, komplexe Sachverhalte darstellen und auch vorhersagen lassen. Bekanntlich ist die Physik ohne die Mathematik nicht denkbar. Hätte ich im Mathematikunterricht des Gymnasiums schon gewusst, dass die Glockenkurve von Gauss für das Konzept der Intelligenz in der Psychologie zentral ist, hätte mich die Sache mehr interessiert. Es geht nicht darum, den Mathematikunterricht auf den lebensweltlichen Bereich zu beschränken – das wäre genau der falsche Ansatz. Es geht im Gegenteil darum zu zeigen, dass man sich mit Hilfe der Mathematik Bereiche erschließen kann, die anderen Sinneserfahrungen nicht zugänglich sind. Gemeinsamkeiten zwischen unterschiedlichen Inhaltsbereichen können in der Art und Weise gesehen werden, wie komplexe Systeme funktionieren. Wie es in einem komplexen System immer wieder zum Gleichgewicht kommt, kann an chemischen, biologischen und ökonomischen Inhalten verdeutlicht werden. Wenn man also möchte, dass nicht für die Schule, sondern für das Leben gelernt wird, dann sollte man nicht x-beliebige komplexe Inhalte vermitteln. Vielmehr muss man sich Gedanken darüber machen, welche Arten von Wissen in unterschiedlichen Inhaltsbereichen benötigt werden, und diesen Arten von Wissen dann in der Schule möglichst breiten Raum geben. Dazu gehören auch Prinzipien des wissenschaftlichen Denkens: Man hat verschiedene, widersprüchliche Erklärungen für ein Phänomen und stellt gezielte Beobachtungen an, um herauszufinden, welche Erklärung die richtige ist. Mit bestimmten Formen der Darstellung – z.B. dem Graph einer linearen Funktion – können Größen aus unterschiedlichen Inhaltsgebieten abgebildet werden, z.B. Geschwindigkeit, Stückpreis, Dichte und vieles andere mehr.

Einigen von Ihnen wird jetzt vielleicht der Modebegriff der Schlüsselqualifikation einfallen. Seit einiger Zeit wird gefordert, dass nicht die Vermittlung von Wissen im Mittelpunkt stehen sollte, sondern Dinge wie Sozial- und Lernkompetenz. Aus wissenschaftlicher Sicht ist dies nicht vertretbar, und zwar aus zwei Gründen. Zum einen ist das, was unter Sozial- und Lernkompetenz fällt, auch Wissen. Erfolgreiches Teamwork setzt voraus, dass man um die Stärken und Schwächen der einzelnen Mitarbeiter weiß. Eine zentrale Lernkompetenz ist das Wissen um angemessene Lesestrategien. Wenn man das Optimum aus einem Text herausholen will, muss man verschiedene Strategien kennen, etwa Querlesen oder wörtlich Lesen, und man muss wissen, wann welche Strategie angemessen ist. Nun könnte man das Versäumnis, Schlüsselqualifikationen auch als Wissen zu verstehen, als rein akademisches Problem abtun.

Der unbedachte Umgang mit dem Begriff „Schlüsselqualifikation“ birgt aber noch eine viel größere Gefahr in sich, nämlich die damit einhergehende Annahme, Sozial- und Lernkompetenzen ließen sich unabhängig vom Inhalt vermitteln. Nichts ist falscher als das. Leider haben mir Berliner Schüler schon von solchen Auswüchsen erzählt: In der ersten Woche nach den Ferien wurden in jedem Fach nur Lernstrategien vermittelt, bevor es „richtig“ losgehen sollte. Tatsächlich sind Lernstrategien oder Sozialkompetenzen zwar lernbar, aber nicht direkt lehrbar. In einer erfolgreichen Lernumgebungen fallen sie als höchst brauchbare Nebenprodukte ab. Man sollte also als Lehrer durchaus Gruppenarbeit machen und die Schüler zum systematischen Lernen und Lesen anhalten – aber eben nur im Zusammenhang mit der erfolgreichen Vermittlung von Inhalten.

Es bleibt also festzuhalten, dass man Wissen nicht von Kompetenzen und Qualifikationen abgrenzen sollte. Vielmehr ist Wissen der Oberbegriff für die beiden letztgenannten. Ohne Wissen können wir nichts, mit Wissen aber auch nicht immer alles. Es gibt jedoch intelligentes und weniger intelligentes Wissen, oder man könnte auch von brauchbarem und unbrauchbarem Wissen sprechen, d.h. brauchbar oder unbrauchbar für die Bewältigung bestimmter, als wichtig erachteter Anforderungen. Wenn ich von einem Land die Hauptstadt kenne, aber nicht weiß, auf welchem Erdteil dieses Land liegt, ist dies unbrauchbares Wissen. Dies trifft ebenso zu, wenn ich physikalische Begriffe zwar definieren, sie aber nicht auf reale Vorgänge in meiner Umwelt anwenden kann. Am Ende einer erfolgreichen Schulkarriere wurde möglichst viel intelligentes Wissen in unterschiedlichen Bereichen erworben, welches wiederum den Erwerb weiteren Wissens erleichtert. In diesem Zusammenhang sollte auch betont werden, dass die Redewendung „Wissen vermitteln“, zumindest wenn es um intelligentes Wissen geht, unangemessen ist. Intelligentes Wissen kann nicht über eine Art Fotokopierprozess vom Kopf des Lehrers in den Kopf des Schülers übertragen werden. Intelligentes Wissen muss vom Lernenden konstruiert werden, indem er mit der neu eingegangenen Information an sein bereits bestehendes Wissen anknüpft. Je mehr Wissen er hat und je besser dieses strukturiert ist, um so leichter kann er neu eingehende Informationen aufnehmen. Wenn ich Ihnen die Zahlen 91119893101990 vorlese, werden Sie sich diese kaum merken können. Im Allgemeinen kann sich der Mensch nur sieben bis neun Einheiten merken. Wenn ich ihnen aber sage, dass es sich hinter den Zahlen um zwei wichtige Daten der jüngsten deutschen Geschichte handelt, nämlich den Tag der Mauerfalls und den Tag der Wiedervereinigung, können Sie die Zahlenreihe wahrscheinlich problemlos reproduzieren: 9.11.1989 3.10.1990. Ich hatte weiter vorn zentrale Thesen des berühmten Entwicklungspsy-

chologen Jean Piaget in Frage gestellt. An dieser Stelle möchte ich Piaget nun rehabilitieren. Die gerade geäußerte Vorstellung vom Lernen als einem Konstruktionsprozess von Wissen stammt direkt von Piaget und verdient es, in den Mittelpunkt gestellt zu werden.

Damit komme ich endlich zum Kern meines Vortrags: Wir müssen eine anspruchsvollere Vor- und Grundschulziehung etablieren, weil in dieser Zeit mit dem Aufbau von Wissen begonnen werden muss. Der Aufbau einer intelligenten Wissensbasis benötigt Zeit, weil eben intelligentes Wissen nicht einfach aufgesogen werden kann, sondern in einem mühsamen Prozess der inneren Umstrukturierung entsteht. Diese Veränderung geht in zwei Richtungen: Automatisierung und Explikation bzw. Verstehen.

Kommen wir zuerst zur Automatisierung und erinnern wir uns daran, wie wir Autofahren gelernt haben: Kupplung treten, Gang raus, Fuß auf das Gas, Schlüssel umdrehen, Fuß auf die Kupplung, Gang rein. Führt man diese Schritte nicht in der angegebenen Reihenfolge durch, besteht die Gefahr, dass das Auto absäuft bzw. gegen die Mauer springt. Ein geübter Autofahrer führt diese Schritte in Sekundenschnelle aus und kann seine Aufmerksamkeit problemlos auf etwas anderes – z.B. das Gespräch mit dem Beifahrer – lenken. Der Anfänger hingegen muss sich nach jedem ausgeführten Schritt selbst sagen, was als nächstes kommt, und wenn er abgelenkt wird, treten die genannten Ereignisse ein. Dass wir in Sekundenschnelle das Wort Mississippi dampfschiffahrtsgesellschaftskapitän lesen können, verdanken wir der hochgradigen Automatisierung des Erkennens von Buchstaben sowie dem Wissen darüber, welche Buchstabengruppen – jedenfalls in einer uns gut bekannten Sprache – welchen Silben zugeordnet sind. Ein im Lesen ungeübter Mensch hingegen muss jeden Buchstaben in einen Laut übertragen und daraus mühsam ein Wort konstruieren. Es wird Arbeitsspeicherkapazität gebunden, die für das Sinnverständnis verloren geht. Die PISA-Studie zeigte, dass hier das Problem für viele Hauptschüler liegt: Der Leseprozess ist so wenig automatisiert, dass die gesamte Aufmerksamkeit absorbiert wird und für das Stiften von Sinnzusammenhängen nichts übrig bleibt. Automatisierung wird in allen Bereichen gefordert. Das Beherrschen des 1x1 gehört ebenso dazu wie das Erkennen von Schaubildern oder das Vokabellernen in der Fremdsprache. Automatisierung ist die Folge von Übung in Teilschritten. Ein kapitaler Fehler der Bildungsreform der 60er und 70er Jahre bestand in der geringen Bedeutung, die dem Üben beigemessen wurde. Man sollte Dinge verstehen und nicht auswendig lernen. Damit wurden künstliche Widersprüche aufgebaut. Tatsächlich ist automatisiertes Wissen die Voraussetzung für Verstehensprozesse, eben weil man für Verstehensprozesse freie Kapazitäten braucht. Wenn ich die binomischen Formeln nicht nur

rekonstruieren kann, sondern sie auch auswendig weiß, kann dies beim Auflösen einer komplexen Gleichung hilfreich sein, weil ich auf einen Blick erkenne, wo ich etwas vereinfachen kann. Wer Vokabeln einer Fremdsprache ordentlich gelernt hat, kann sich bei der Konstruktion eines Satzes auf die Grammatikregeln konzentrieren.

Das teilweise durchaus stupide Üben in Teilschritten mit dem Ziel der Automatisierung hat seine Berechtigung, wenn es nicht dabei bleibt. Automatisiertes Wissen muss immer wieder in sinnstiftendes Lernen eingebettet werden. Aber Automatisierung braucht Zeit. Je früher bestimmte Teilschritte automatisiert werden, um so eher kann man sich auf Sinnstiftung konzentrieren. In der Vor- und Grundschulzeit kann bereits Wissen in wichtigen Bereichen automatisiert werden. Später gehe ich an einigen Beispielen noch näher darauf ein.

Prozesse der Automatisierung lassen sich in der Kognitionswissenschaft recht gut erklären und können auf dem Computer sehr gut simuliert werden. Schwerer ist es, Prozesse der Sinnstiftung oder des Verstehens wissenschaftlich in den Griff zu bekommen. Obwohl noch viele Fragen offen sind, lassen sich inzwischen Probleme gerade beim Verstehen mathematischer und naturwissenschaftlicher Inhalte recht gut beschreiben und erklären. Naturwissenschaftliche Erklärungen und Begriffe sind für Kinder schwer zu verstehen, weil sie zu den Erklärungen, die sich die Kinder selbst zurecht gelegt haben, im Widerspruch stehen. Dass Wal und Hund und nicht Wal und Hai unter dieselbe Kategorie fallen, ist schwer einzusehen. Die Einteilung der Tiere nach ihrem Lebensraum ist viel plausibler als die Einteilung nach der Art, wie der Nachwuchs heranreift. Was spricht dagegen, die Sonne als ein mächtiges Lebewesen zu sehen, das uns Erdenbewohnern in regelmäßigen Abständen Licht schenkt? Wer einen Strudel im Fluss oder abfließendes Wasser in der Badewanne beobachtet hat, kann sich durchaus vorstellen, dass das Wasser saugt. Wenn in Wasser eingetauchte Gegenstände untergehen, wird dies konsequenterweise damit erklärt, dass das Wasser sie nach unten saugt. Wer gesehen hat, wie der Wind – von Kindern mit Luft gleichgesetzt – Gegenstände aufwirbelt, wird die Tatsache, dass manche Gegenstände nicht im Wasser untergehen, damit erklären, dass die Luft sie nach oben zieht. Kinder entwickeln – ganz im Sinne von Piagets Konstruktivismus – durchaus plausible Erklärungen für die Vorgänge in ihrer Umgebung, nur haben diese Erklärungen mit den wissenschaftlichen Erklärungen von Biologie und Physik – die ja auch erst wenige Jahrhunderte oder Jahrzehnte alt sind – wenig gemeinsam. Haben sich die Erklärungen der Kinder jedoch verfestigt, ist es für sie sehr schwer, die wissenschaftlichen Erklärungen anzunehmen. Eine Erklärung dafür, dass vom Physikunterricht so wenig hängen bleibt, ist die, dass sich die Schüler bereits lange,

bevor das Fach in der Schule gelehrt wurde, so viele Gedanken über Begriffe wie Energie, Arbeit oder Geschwindigkeit gemacht haben, dass für die Feinheiten, die der Physiklehrer zu vermitteln versucht, in ihrem Wissensnetz kein Platz mehr ist.

Zu Beginn meines Vortrages hatte ich bereits ausgeführt, dass die Natur alle Lebewesen – auch den Menschen – mit Wissen ausgestattet hat, welches ihnen bei der Orientierung in der Welt hilft. Dazu gehört auch der Umgang mit Mengen. Säuglinge können bereits zwischen Mengen unterschiedlicher Größe unterscheiden. So wie der Erwerb der Muttersprache durch bestimmte Hirnprogramme gesteuert wird – der berühmte Linguist Noam Chomsky hat dies als erster in großem Stil ausgearbeitet –, so sind wir auch auf das Zählen vorbereitet. Alle bekannten menschlichen Kulturen – auch solche, die keine Schriftsprache ausgebildet haben – haben Zählwörter entwickelt. Die meisten Kinder lernen bereits in der Vorschulzeit zählen. Dazu wird kein Lehrer benötigt. Vorschulkinder verstehen, dass eine Menge bei Addition größer und bei Subtraktion kleiner wird. Auch die Multiplikation als Vervielfachung und die Division als Aufteilung ist für Kinder intuitiv nachvollziehbar. Kompliziert wird das mathematische Verständnis erst, wenn mathematische Begriffe von der konkreten Anschauung losgelöst sind. Brüche, Prozente oder nicht-natürliche Zahlen, um nur einige einfache mathematische Begriffe zu nennen, erfordern ein erweitertes mathematisches Verständnis, bei dem Zahlen nicht einfach nur Zählinstrumente sind. Wenn das Verständnis von Multiplikation auf den Aspekt der Vermehrung und das Verständnis der Division auf den Aspekt der Aufteilung beschränkt bleibt, wird man nicht verstehen, dass die Multiplikation mit einer Zahl, die kleiner als 1 ist, verkleinert und die Division mit einer solchen Zahl vergrößert. Auch das Verständnis von Brüchen erfordert ein Umdenken von der Regel, dass größere Zahlen automatisch größere Mengen beschreiben:  $6/7$  ist bekanntlich größer als  $6/8$ . Mathematische Begriffe, die über die reine Zählfunktion von Zahlen hinausgehen, sind kulturgeschichtlich gesehen an den logischen Aufbau von Zahlzeichen gebunden. Die Erfindung der Null gehört sicher zu den größten Fortschritten in der Mathematik: Sie ermöglichte die Entwicklung eines Stellensystems, das beliebig erweitert werden kann. Dieses Zahlensystem ist in unseren Breiten erst seit dem 9. Jahrhundert nach Christus gebräuchlich. Die römischen Zahlzeichen, die inzwischen nur noch zur Aufzählung genutzt werden, sind weniger flexibel. So erlauben sie keine Division und keine Bruchrechnung. Hätten uns die Araber und Inder nicht ihr intelligenteres Zahlensystem zur Verfügung gestellt, würden sich unsere mathematischen Kenntnisse auf das Zählen sowie das Addieren und Subtrahieren im kleinen Zahlenbereich beschränken. Zwar haben manche Kinder bereits in der Grundschule Schwierigkeiten mit der

Mathematik – Kinder mit sogenannter Dyskalkulie sogar recht massive –, aber zur eigentlichen Massierung der Schwierigkeiten kommt es erst in der Sekundarstufe. Kinder, die in der Grundschule noch völlig problemlos die Grundrechenarten erworben haben, steigen spätestens bei der Algebra aus. In den bereits angesprochenen Längsschnittstudien konnte man das Wegbrechen größerer Gruppen von Schülern – darunter mehr Mädchen als Jungen – mit jedem Schuljahr beobachten. Ein Grund dafür dürfte sein, dass die Kluft zwischen dem primitiven und dem fortgeschrittenen Mathematikverständnis zu groß ist. Kinder wurden nicht hinreichend darauf vorbereitet, dass Zahlen nicht nur zum Zählen da sind. Natürlich sollte man Dezimalzahlen und Brüche nicht schon im ersten Schuljahr einführen. Man könnte aber bereits Textaufgaben stellen, die Situationen beschreiben, zu denen auch nicht-natürliche Zahlen passen. Wenn im deutschen Grundschulunterricht überhaupt Textaufgaben vorgegeben werden, dann solche, die ein eher primitives Zahlenverständnis erfordern. Dies ist z.B. der Fall, wenn man die Multiplikation immer nur als Verteilungssituation beschreibt, wie z.B.: „Es gibt drei Kinder und jedes Kind soll 10 Bonbons bekommen. Wie viele Bonbons werden benötigt?“. Multiplikation ließe sich aber auch als Veränderung der Größe beschreiben: „Ein Gummiband ist 10 cm lang, wenn nicht daran gezogen wird. Wenn man ganz fest daran zieht, kann es drei mal so lang werden. Wie lang ist es dann?“. Obwohl in beiden Aufgaben mit natürlichen Zahlen gerechnet wird und die Rechenoperationen selbst sehr einfach sind, führt die Gummibandaufgabe schon zu einem erweiterten Verständnis: Man könnte auch nicht-natürliche Zahlen einsetzen oder die Situation umkehren und ein ausgezogenes Gummiband in seinen ursprünglichen Zustand zurückschnellen lassen. Inzwischen wurden Rechenbücher für die Grundschule in unterschiedlichen Ländern analysiert. In den Ländern, die in internationalen Studien in Mathematik erfolgreicher waren, also insbesondere die ostasiatischen Länder, sind die Aufgaben für die Grundschule sehr viel anspruchsvoller als bei uns. Aber auch in der osteuropäischen Welt war eine anspruchsvollere Lernkultur üblich. Als ich selbst noch Professorin in Leipzig war, habe ich in einer Examensarbeit die Rechenbücher der DDR und der Sowjetunion mit einigen westdeutschen Rechenbüchern vergleichen lassen. Die Unterschiede waren frappierend. Der Anteil der anregenden, intelligenten Aufgaben im DDR-Buch war um ein Vielfaches höher als in den westdeutschen Büchern. Noch größer war der Unterschied zum sowjetischen Lehrbuch. Man hat Gott sei Dank inzwischen reagiert. In der Arbeitsgruppe um den Dortmunder Mathematikdidaktiker Erich Wittmann wird seit mehreren Jahrzehnten intelligentes Übungsmaterial entworfen, das spielerisch auf eine

anspruchsvollere Mathematik vorbereitet. Seit den letzten Jahren erhält das Programm von Seiten der Schulbehörden und Lehrer endlich die Aufmerksamkeit, die es verdient.

An dieser Stelle möchte ich noch mal auf das bereits erwähnte Ergebnis der Münchener Längsschnittstudien hinweisen, demzufolge nur Kinder, die bereits in der zweiten Klasse Textaufgaben lösen konnten, die ein anspruchsvolleres Zahlverständnis erforderten, in der 11. Klasse gut in Mathematik waren.

Ich denke, meine Botschaft ist klar. Der Erwerb komplexer Kompetenzen wie Schriftsprache, Fremdsprachen, Mathematik und Naturwissenschaften fällt allen Menschen – unabhängig von ihrer Intelligenz – schwer. Die Natur hat uns auf derartiges nicht direkt vorbereitet. Nur in langfristig angelegten, künstlich geschaffenen Lerninstitutionen können wir der Natur ein Schnippchen schlagen. Das schlechte Abschneiden deutscher Mittel- und Oberstufenschüler in internationalen Studie wie TIMSS und PISA kann nicht allein den unzureichenden Lernbedingungen der Mittelstufe angelastet werden. Die Kinder bringen offensichtlich in wichtigen Fächern nicht das Vorwissen mit, das sie benötigen, um selbst gut gestalteten Unterricht zu nutzen. In der Vor- und Grundschulzeit sollte Wissen vermittelt werden, an das später angeknüpft werden kann. Dazu wurden bereits Lerneinheiten entwickelt, auf die ich hier kurz eingehen möchte.

Wir wissen inzwischen, dass die Voraussetzung für einen unproblematischen Schriftspracherwerb die sogenannte phonologische Bewusstheit ist. Darunter versteht man die Fähigkeit, die lautlichen Merkmale einer Sprache zu erkennen. Dies drückt sich in der Fähigkeit aus, Silben zu klatschen oder Reime zu erkennen. Phonologische Bewusstheit ist Voraussetzung für eine Automatisierung des Lesens. Mit Hilfe von Sprachspielen, die z.B. von meinem früheren Kollegen Wolfgang Schneider und seiner Arbeitsgruppe entwickelt wurden, lässt sich die phonologische Bewusstheit bereits im Kindergarten trainieren. Kinder, die dieses Training durchlaufen haben, lernen in der Grundschule sehr viel unproblematischer Lesen und Schreiben. Dies trifft insbesondere für Kinder mit einer ungünstigen Prognose zu. Wenn in der Grundschule Buchstaben eingeführt werden, ohne dass ein gewisses Maß an phonologischer Bewusstheit vorliegt, können diese Buchstaben nicht angemessen auf Silben übertragen werden, und eine langfristig fehlerhafte Rechtschreibung ist vorprogrammiert. Wenn also gefordert wird, dass bereits im Kindergarten der Grundstein für den Schriftspracherwerb gelegt werden soll, dann heißt das nicht, dass der Grundschulunterricht vorverlegt wird, sondern dass durch Singen, Klatschen und Reimen bessere Voraussetzungen für den späteren Schriftspracherwerb geschaffen werden.

Vorhin war schon einmal die Rede davon, dass Schüler mit dem naturwissenschaftlichen Unterricht Probleme bekommen, weil sie bereits eigene Erklärungen entwickelt haben, die sich mit den wissenschaftlichen Erklärungen nicht vereinbaren lassen. Dass manche Gegenstände im Wasser schwimmen, weil Luft sie nach oben zieht und andere untergehen, weil Wasser sie nach unten saugt, ist mit den Konzepten Auftrieb und Dichte nicht vereinbar. Bereits in der Grundschule Definitionen von Auftrieb und Dichte einzuführen, wäre völlig verfehlt. Aber man kann Kindern Erfahrungen vermitteln, die mit diesen Konzepten übereinstimmen. Kornelia Möller, Professorin für die Didaktik des Sachunterrichtes an der Universität Münster, hat zusammen mit ihrer Arbeitsgruppe Unterrichtseinheiten entwickelt, die dies ermöglichen. Um nur einen Ausschnitt zu nennen: Die Kinder ziehen einen Plastikhandschuh an und tauchen ihre Hände in Wasser. Der ehemals weite Handschuh schmiegt sich eng an ihre Hände an. Sie machen die Erfahrung, dass das Wasser gegen die Hände drückt und dass die Hände gegen das Wasser drücken. An diese Erfahrung lässt sich anknüpfen, wenn das Konzept des Auftriebs vermittelt wird. Eine beliebte Erklärung der Kinder ist auch, dass alles, was schwer ist, untergeht. Kinder verwechseln also Dichte und Gewicht und beziehen das Volumen noch nicht mit ein. Ilonca Hardy und Susanne Koerber konnten jedoch zeigen, dass die einseitige Konzentration auf eine Größe – also in diesem Falle das Gewicht – kein generelles Entwicklungsdefizit ist, sondern lediglich ein Lerndefizit. Mit bestimmten Abschauungsformen – z.B. einer Balkenwaage, dem Koordinatensystem, einer Kästchenmatrix – kann man Kinder dazu bringen, beide Dimensionen zu berücksichtigen. Dass sich Kinder so einseitig auf eine Dimension konzentrieren, liegt vielleicht auch daran, dass sie gewöhnlich nicht über die Hilfsmittel verfügen, die sie zur Darstellung komplexer Inhalte nutzen können. Eine gute Vorbereitung für den naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe ist also, die Aufmerksamkeit der Kinder rechtzeitig auf Aspekte zu lenken, die mit den wissenschaftlichen Erklärungen vereinbar sind. Gegenwärtig setzen die Lehrer in der Mittelstufe häufig bei Null an, da die Schüler keinerlei Wissen mitbringen, an das sie anknüpfen können. Diese lernen den Unterrichtsstoff dann häufig auswendig, aber da sich dieses neue Wissen nicht vernetzen lässt, können sie es nur auf bereits bekannte, nicht aber auf neue Anforderungen anwenden.

Welche Möglichkeiten es gibt, bereits bei jüngeren Kindern das Zahlenverständnis anspruchsvoller zu gestalten, ohne die Kinder zu überfordern, hatte ich bereits angesprochen. Bei den Schülern sollte gar nicht erst der Eindruck erweckt werden, dass man Rechnen braucht, um den Alltag zu bewältigen – z.B. um sich sein Taschengeld einzuteilen – und dass

die höhere Mathematik zu nichts nütze ist. Vielmehr sollte man ihnen von Anfang an das Gefühl vermitteln, dass sich mit Hilfe der Mathematik bestimmte Muster und Regeln beschreiben und sogar Vorhersagen über zukünftige Ereignisse treffen lassen. Der kreative Umgang mit mathematischen Werkzeugen sollte von Anfang an im Mittelpunkt stehen. Internationale Studien zum Unterrichtsvergleich zeigen, dass den Schülern in den erfolgreicherer Ländern mehr Freiheit bei der Entwicklung von Lösungsansätzen gelassen wird. In den weniger erfolgreichen Ländern – wie Deutschland auf allen Klassenstufen – erwarten die Lehrer, dass die von ihnen vorgeführten Wege reproduziert werden. Auf diese Weise schaffen es denn auch viele Schüler, das Klassenziel zu erreichen, ohne wirklich etwas verstanden zu haben.

In den nächsten Jahren müssen Wissenschaftler und Lehrer enger zusammenarbeiten, um gemeinsam den langfristigen Aufbau einer intelligenten Wissensbasis in unterschiedlichen Fächern zu planen. Welche Übungen in Vor- und Grundschule den späteren Unterricht am besten unterstützen, muss in langfristig angelegten empirischen Studien untersucht werden.

Ganz zum Schluss möchte ich noch einen häufig vorgebrachten Einwand gegen anspruchsvollere Lernbedingungen in der Vor- und Grundschule ausräumen. Der Einwand betrifft die Schüler mit ungünstigeren geistigen Voraussetzungen. Es wird befürchtet, dass diese von Anfang an überfordert und damit frustriert werden. Diese Annahme ist jedoch nicht berechtigt. Gerade Schüler mit ungünstigeren Voraussetzungen bedürfen der besonderen Anregung, und die beschriebenen Übungen zur phonologischen Bewusstheit im Kindergarten bewahren etwa schwache Schüler vor einer Lese-Rechtschreibschwäche. Ebenso unberechtigt ist allerdings auch die Hoffnung, ein anregender Unterricht würde die Unterschiede zwischen den Schülern zum Verschwinden bringen. Tatsächlich werden durch anregenden Unterricht und sinnvolle Übungen alle Schüler entsprechend ihren Voraussetzungen gefördert. Das allgemeine Niveau steigt, aber auf diesem höheren Niveau bleiben die Unterschiede bestehen.

Ich möchte schließen mit einem Zitat von meinem akademischen Lehrer, Franz Weinert, der kurz vor seinem zu frühen Tod im Jahre 2001 in seinem letzten Buch schrieb:

**„Unabhängig von den unterschiedlichen Fähigkeiten und Talenten der Schüler muss alles gelernt werden, was später gewusst und gekonnt wird. Lernen ist der mächtigste Mechanismus der kognitiven Entwicklung. Das gilt uneingeschränkt sowohl für hochbegabte Kinder als auch für schwächer begabte Schüler. In vielen Fällen ist dabei didaktische Unterstützung notwendig und wirksam. Noch so gut gemeinte motivationspsychologische oder sozialpädagogische Maßnahmen können für den eigentlichen Lernakt kein Ersatz, sondern nur eine oft sehr wirksame Voraussetzung sein.“** F. E. Weinert (Hrsg.), Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim: Beltz. 2001, S.85

### Ausgewählte Arbeiten zum Thema (ab 2000)

#### Entwicklung im Kindesalter

- Stern, E. (in Druck). Kompetenzerwerb in anspruchsvollen Inhaltsgebieten bei Grundschulkindern. In: D. Cech & H. J. Schwier (Hrsg.), Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardts.
- Stern, E. (2002). Wie abstrakt lernt das Grundschulkind? Neuere Ergebnisse der entwicklungspsychologischen Forschung. In: H. Petillon (Hrsg.), Jahrbuch Grundschulforschung 5. Individuelles und soziales Lernen in der Gundschule – Kindperspektive und pädagogische Konzepte (S. 27–42). Opladen: Leske + Budrich.
- Stern, E., & Koerber, S. (2000). Mentale Modelle von Zeit und Zukunft. In: B. Strauß, J. Möller & S. Jürgensen (Hrsg.), Psychologie und Zukunft (S. 15–29). Göttingen: Hogrefe.

#### Mathematik

- Stern, E. (in Druck). Kognitive Entwicklungspsychologie des mathematischen Denkens. In: M. van Aster (Hrsg.), Dyskalkulie. Bern: Huber.
- Stern, E. (in Druck). Früh übt sich: Neuere Ergebnisse aus der LOGIK-Studie zum Lösen mathematischer Textaufgaben in der Grundschule. In: A. Fritz, G. Ricken & S. Schmidt (Hrsg.), Handbuch Rechenschwäche. Lernwege, Schwierigkeiten und Hilfen. Beltz: Weinheim.
- Hasemann, K., & Stern, E. (2002). Die Förderung des mathematischen Verständnisses anhand von Textaufgaben – Ergebnisse einer Interventionsstudie in Klassen des 2. Schuljahres. Journal für Mathematik-Didaktik, 23 (3/4), 222–242.
- Staub, F. C., & Stern, E. (2002). The nature of teachers' pedagogical content beliefs matters for students' achievement gains: Quasi-experimental evidence from elementary mathematics. Journal of Educational Psychology, 93, 144–155.
- Stern, E., & Hardy, I. (2001). Schulleistungen im Bereich der mathematischen Bildung. In: F. E. Weinert (Hrsg.), Leistungsmessungen in Schulen (S. 153–168). Weinheim: Beltz.
- Stern, E., & Staub, F. C. (2000). Mathematik lernen und verstehen: Anforderungen an den Unterricht. In: E. Inckermann, J. Kahlert & A. Speck-Hamdan (Hrsg.), Sich Lernen leisten. Grundschule vor den Herausforderungen der Wissenschaft [Affording learning. Elementary school challenged by the sciences] (S. 90–100). Neuwied: Luchterhand.

#### Wissenschaftliches Denken

- Möller, K., Jonen, A., Hardy, I., & Stern, E. (2002). Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In:

- M. Prenzel & J. Doll (Hrsg.), Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen (S.176–191). Weinheim: Beltz (Zeitschrift für Pädagogik, 45. Beiheft).
- Stern, E., Möller, K., Hardy, I., & Jonen, A. (2002). Warum schwimmt ein Baumstamm? Kinder im Grundschulalter sind durchaus in der Lage, physikalische Konzepte wie Dichte und Auftrieb zu begreifen. Physik Journal, März 2002, 63–67.
- Stern, E., Hardy, I., & Koerber, S. (2000). Die Nutzung graphisch-visueller Repräsentationsformen im Sachunterricht. In: K. Spreckelsen, K. Möller & A. Hartinger (Hrsg.), Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht (S. 119-131). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

### **Latein**

- Haag, L., & Stern, E. (2003). In search of the benefits of learning Latin. Journal of Educational Psychology.
- Haag, L., & Stern, E. (2003). Latein oder Französisch? Eine Untersuchung zum Einfluss der zweiten Fremdsprache auf das Lernen von Spanisch. Französisch heute 33, 522-525.
- Haag, L., & Stern, E. (2000). Non scholae sed vitae discimus. Auf der Suche nach globalen und spezifischen Transfereffekten des Lateinunterrichts. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 14, 146–157.
- Haag, L., & Stern, E. (2000). Lateinunterricht auf dem Prüfstand. Altsprachlicher Unterricht, 4–5, 86–89.
- Stern, E., & Haag, L. (2000). Non vitae sed scholae discimus: Das Schulfach Latein auf dem Prüfstand. Forschung und Lehre, 11, 91–93.

### **Intelligenz und Lernen**

- Stern, E. (in Druck). Lernen ist der mächtigste Mechanismus der kognitiven Entwicklung: Der Erwerb mathematischer Kompetenzen. In: W. Schneider & M. Knopf (Hrsg.), Lernen und Denken: Das Werk und Vermächtnis von Franz E. Weinert. Göttingen: Hogrefe.
- Stern, E., & Hardy, I. (in Druck). Differentielle Psychologie des Lernens in Schule und Ausbildung. In: K. Pawlik (Hrsg.), Enzyklopädie der Psychologie: Differentielle Psychologie: Theorien und Anwendungen. Göttingen: Hogrefe.
- Stern, E. (2001). Intelligenz, Wissen, Transfer und der Umgang mit Symbolsystemen. In: E. Stern & J. Guthke (Hrsg.), Perspektiven der Intelligenzforschung (S. 163–204). Lengerich: Pabst Publisher.
- Stern, E. (2001). Intelligence, prior knowledge, and learning. In: N. J. Smelser & P. B. Baltes (Hrsg.), International encyclopedia of the social and behavioral sciences (Vol 11, pp. 7670–7674). Oxford: Elsevier Science.

**Weitere Informationen zur Forschung von Frau Stern finden sich unter:**

<http://www.mpib-berlin.mpg.de/de/forschung/eub/projekte/enterprise.htm>