

Wie abstrakt lernt das Grundschulkind?

Neuere Ergebnisse der entwicklungspsychologischen Forschung

Elsbeth Stern

Sonderdruck

aus: Hanns Petillon (Hrsg.) (2002)
*Individuelles und soziales Lernen in der Grundschule -
Kindperspektive und pädagogische Konzepte* (S. 27-42)
Opladen: Leske + Budrich

Wie abstrakt lernt das Grundschulkind?

Neuere Ergebnisse der entwicklungspsychologischen Forschung

Der überwältigende Einfluss Jean Piagets auf die Forschung zur kognitiven Entwicklung im Kindesalter prägte auch die Sicht vom Lernen des Grundschulkindes. Das Grundschulalter fällt nach Piaget in die vorletzte Stufe der Denkentwicklung, also in die konkret-operatorische Stufe. Charakterisiert ist diese Stufe insbesondere durch die Tendenz der Kinder, nur gegebene Information in ihr Denken einzubeziehen. So können konkret operatorische Kinder beispielsweise noch nicht systematisch Hypothesen überprüfen, weil sie noch nicht in der Lage sind, neue, nicht explizit vorgegebene Testbedingungen aktiv herzustellen. Auch das beim deduktiven Denken geforderte sprachlogische Ableiten einer Aussage aus einer anderen bereitet Grundschulkindern noch Schwierigkeiten. Erst im Alter von 10-12 Jahren fangen Kinder an, zusätzlich benötigte Information, auf die sie nicht direkt hingewiesen wurden, zu gewinnen (dazu: Miller, 1993; Montada, 1995). Die Interpretation von Piagets Werk ging jedoch häufig deutlich über diese Unterscheidung zwischen konkretem und formalem Denken hinaus. So wurde beispielsweise häufig angenommen, dass das Denken von Grundschulkindern noch so stark an konkretes oder bildliches Anschauungsmaterial gebunden sei, dass der Umgang mit abstrakten Symbol- und Zeichensystemen noch schwer falle. Einer meiner Prüfungskandidaten in Entwicklungspsychologie leitete aus der Piagetschen Theorie sogar die Behauptung ab, dass es eigentlich erst in der formal-operatorischen Phase sinnvoll sei, den Kindern Lesen und Schreiben beizubringen. Selbst wenn weniger extreme Über- bzw. Fehlinterpretationen von Piagets Werk in die Unterrichtspraxis umgesetzt werden, kann dies zu einer bedenklichen Unterforderung von Grundschulkindern führen.

In diesem Beitrag soll gezeigt werden, dass sich das Denken und Lernen von Grundschulkindern zwar in vielen Aspekten von dem älterer Schüler und Erwachsener unterscheidet, dass die Entwicklungstheorie Piagets jedoch die Unterschiede nur unzureichend erklären kann. Ziel dieses Aufsatzes ist es, einen breiten Überblick über neuere, für die Grundschulforschung relevante entwicklungspsychologische Arbeiten zu geben. Die einzelnen Arbeiten kön-

nen deshalb meist nur sehr oberflächlich abgehandelt werden. Es wurde aber darauf geachtet, dass die zitierte Literatur gut zugänglich ist.

1. Vom Konkreten zum Abstrakten: eine überholte Vorstellung von kognitiver Entwicklung

Auf die in der kognitiven Entwicklungspsychologie zentrale Frage: „Was entwickelt sich?“, hätte Piaget wohl geantwortet: „Die Fähigkeit zur Abstraktion“. Dies klingt zunächst sehr plausibel, wird doch der Begriff der Abstraktion im Alltag wie in der Wissenschaft herangezogen, um die Schwierigkeiten im Umgang mit anspruchsvollen Wissensgebieten zu erklären. Physik und Mathematik gelten beispielsweise als Prototypen abstrakter und deshalb schwer zugänglicher Inhaltsbereiche. Bei genauerem Hinsehen stößt man jedoch schnell auf Widersprüche und Ungereimtheiten bei der Verwendung des Begriffs der Abstraktion (Stern, 2002). Zudem sprechen auch empirische Ergebnisse gegen die Vorstellung, wonach Probleme durch ihre Reduktion auf eine formale Struktur gelöst werden. Bei Dettermann (1993) und Stern (1998) werden Ergebnisse zum Umgang mit mathematischen Textaufgaben sowie mit Problemen der formalen Logik diskutiert, die zeigen, dass sich auch intelligente Erwachsene beim Lösen eher formaler Probleme von Kontextfaktoren leiten lassen, statt das Problem sofort auf seine abstrakte Struktur zu reduzieren. Dies zeigen insbesondere auch Ergebnisse zum ausbleibenden Wissenstransfer bei strukturell isomorphen Aufgaben.

1.1 Expertise und Abstraktion

Besonders überzeugend konnte in der Expertiseforschung der geringe Erklärungswert des Abstraktionsbegriffes demonstriert werden. Die Voraussetzung für Höchstleistungen in Bereichen wie Schachspiel, Musik oder Physik ist eine sehr breite, flexibel zugängliche Basis von konkretem, situationsbezogenem Wissen, das in hierarchisch angeordneten Bündeln (Chunks) zusammengefasst ist. Eine hierarchisch strukturierte Wissensbasis erlaubt es, die begrenzte Arbeitsspeicherkapazität effizient zu nutzen, d.h. in einer gegebenen Zeiteinheit eine große Menge an Information zu aktivieren. Schachgroßmeister haben beispielsweise mehrere tausend verschiedene Schachstellungen so in ihrem Gedächtnis abgespeichert, dass sie sehr schnell abrufen können, mit welchen Zügen eine Stellung in eine andere überführt werden kann (Gruber et al., 1994).

Selbst in einem Gebiet wie der Physik, dessen Inhalte sich auf abstrakt-mathematische Strukturen reduzieren lassen, ist auch bei Experten das situati-

onsspezifische Wissen zentral. Nach Larkin (1985) kann physikalisches Wissen auf drei Ebenen verfügbar sein: (1) In der Situationsrepräsentation werden physikalische Ereignisse verbal oder durch analoge Bilder abgespeichert, wie z.B. dass man mit Hilfe eines Hebels einen schweren Gegenstand anheben kann. (2) In der formal-mathematischen Repräsentation liegt die Formel für das Hebelgesetz vor. (3) In einer anschaulichen Repräsentation wie z.B. einem Kräfteparallelogramm können Richtung und Größe der Kräfte abgebildet werden, die beim Einsatz eines Hebels wirken. Es ist gerade diese Form der anschaulichen Repräsentation, die Novizen fehlt, selbst wenn neben der Situationsrepräsentation auch das abstrakt-mathematische Wissen verfügbar ist. Auch bei Physikschülern wird häufig beobachtet, dass sie zwar die Formeln korrekt auf bekannte Situationen anwenden können, ihr mangelndes konzeptuelles Verständnis aber sofort zutage tritt, wenn Aufgaben in ungewohntem Format vorgegeben werden.

Experten und Novizen unterscheiden sich also nicht im Abstraktionsgrad ihres Wissens, sondern in dessen Vernetzung und Strukturierung. Experten können je nach Bedarf formal-mathematisches oder auf konkrete Situationen abgestimmtes Wissen abrufen und flexibel kombinieren. Ein zentrales Ergebnis der Expertiseforschung ist die Bereichsspezifität von Kompetenzen. Der Erwerb von anspruchsvollem Wissen in einem bestimmten Gebiet führt nicht zum Transfer auf neue Bereiche. Selbst sogenannte Zahlenkünstler, die sich bis zu 80 Zahlen (und nicht 7-9, wie „normale“ Menschen) merken können, zeigen bei verbalem Material keine besseren Gedächtnisleistungen (dazu: Stern 1998).

Dass bereits Kinder zumindest in manchen Bereichen eine derartige Wissensbasis aufbauen können, zeigen Untersuchungen an sogenannten Experten-Kindern im Bereich von Schach (Schneider et al., 1993) und auf anderen Gebieten (Kail, 1992). Experten-Kinder sind erwachsenen Novizen (beachte: es ist nicht die Rede von Laien, sondern von Personen, die über Grundkenntnisse auf einem Gebiet verfügen) in Gedächtnis- und Inferenzleistungen überlegen. Diese Ergebnisse sind vereinbar mit der Annahme, dass jüngere Kinder in vielen Kompetenzbereichen schlechter abschneiden als ältere, weil sie weniger Gelegenheiten zum Wissenserwerb hatten und nicht weil sie prinzipiell über schlechtere kognitive Voraussetzungen verfügen. Diese Vorstellung vom Kind als universellem Novizen wird uns weiter hinten noch ausführlicher begegnen.

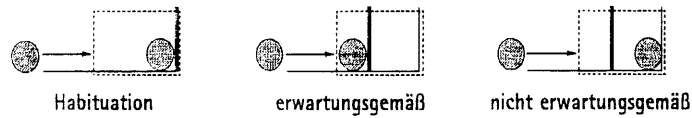
1.2 Säuglinge können bereits abstrahieren

Aus der fehlenden Objektpermanenz (nach einem in Reichweite des Kindes liegenden und von diesem begehrten Gegenstand wird nicht gesucht, wenn er vor den Augen des Kindes verdeckt wurde) schloss Piaget zunächst, dass das

Kind in den ersten Lebensmonaten noch nicht die einfachste Abstraktionsleistung vollziehen kann. Für das Kind existiert nur, was wahrgenommen wird. Diese Annahme muss jedoch vor dem Hintergrund der neueren Ergebnisse zur Säuglingsforschung grundlegend revidiert werden.

Dass Menschen nicht als geistige tabula rasa geboren werden, wie in der Piagetschen Theorie impliziert ist, ist spätestens seit Chomskys bahnbrechenden Arbeiten zur Sprachentwicklung bekannt (dazu: Pinker, 1994).

Experimentalgruppe



Kontrollgruppe

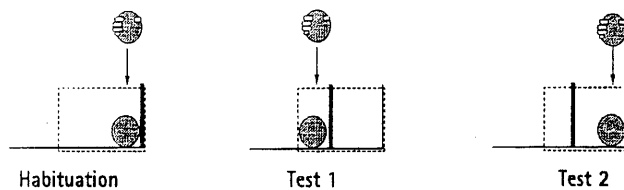


Abb. 1:

Heute wissen wir, dass Gene den Menschen nicht nur auf das Lernen der Sprache vorbereiten, sondern auch auf die Verarbeitung von Information aus der belebten und unbelebten Umgebung. In ausgeklügelten Experimenten konnte gezeigt werden, dass bereits wenige Wochen alte Säuglinge Wissen über Eigenschaften von Objekten und Vorgängen in der physikalischen Welt haben, das nicht aus der Handlungserfahrung entstanden sein kann. Im sogenannten Habituationsparadigma werden Säuglinge zunächst für einen längeren Zeitraum mit einem für sie interessanten Ereignis konfrontiert, wie z.B. ein rollender Ball (siehe Abbildung 1). Die Dauer, mit der die Kinder das Ereignis anschauen, wird als Indikator ihres Interesses herangezogen. Nachdem das Kind durch ein kurze Blickdauer signalisiert hat, dass es nicht länger an dem Ball interessiert ist, stellt der Versuchsleiter in der Experimentalgruppe unter Anwendung eines Tricks ein physikalisch unmögliches Ereignis her. Im

Beispiel in Abbildung 1 wird der Eindruck vermittelt, als hätte der Ball eine feste Wand durchdrungen, während in der Kontrollgruppe der Ball über die Wand gehoben wird. Wenn, wie bei Spelke (1994) gezeigt und seitdem mehrfach repliziert wurde, die Kinder der Experimentalgruppe das neue Ereignis deutlich länger fixierten als die Kinder der Kontrollgruppe, signalisiert dies Erstaunen über ein nicht erwartungsgemäß eingetretenes Ereignis. Dass Kinder auch über weitere physikalische Kenntnisse verfügen, die sie nicht durch eigene Erfahrung erworben haben können, ist inzwischen vielfach belegt. In diesem Zusammenhang stellt sich natürlich die Frage, warum Säuglinge, obwohl sie durchaus wissen, dass auch nicht wahrgenommene Gegenstände weiterexistieren, nicht nach dem unter dem Tuch versteckten Gegenstand greifen. Tatsächlich mehren sich die Befunde, wonach es die Koordination von Handlungsplänen ist, zu der die Kinder wegen fehlender Frontalhirnreifung noch nicht in der Lage sind (Diamond et al., 1997).

Für unterschiedlichste Aspekte der physikalischen Umwelt, für einfaches numerisches Wissen und für das Erkennen einfacher zwischenmenschlicher Interaktionen müssen sogenannte universell verfügbare und auf genetischen Grundlagen beruhende Wissensmodule angenommen werden (Muir & Slater, 2000). Auf dieser Grundlage können auch ohne systematische Instruktion in den ersten Lebensjahren beiläufig wichtige geistige Kompetenzen erworben werden, wie z.B. das Zählen (Stern, 1998). Die Ergebnisse der Säuglingsforschung sprechen für einen bereichsspezifischen Ursprung der geistigen Entwicklung.

1.3 Grundschul Kinder verfügen bereits über formale Kompetenzen

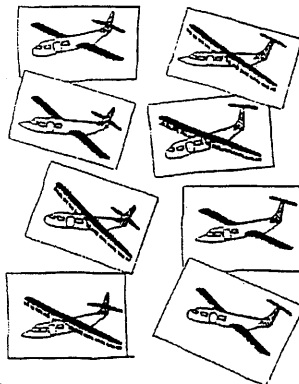


Abb. 2: Hypothesentesten zu den Eigenschaften eines Flugzeuges
Die Fähigkeit zur Hypothesenprüfung ist ein zentraler Aspekt bei der Abgrenzung von konkretem und formalem Denken. Grundschul Kinder sind im All-

gemeinen überfordert, wenn sie in einer Aufgabe, wie sie in Abbildung 2 dargestellt ist, herausfinden sollen, welche Merkmale eines Flugzeugs dessen Flugeigenschaften beeinflussen. Sie berücksichtigen noch nicht, dass in jedem Prüfungsvorgang nur ein Merkmal variiert werden darf, während die anderen konstant gehalten werden müssen. Neuere Ergebnisse zeigen jedoch, dass es sich bei den Defiziten im Hypothesenprüfen nicht um eine prinzipielle Überforderung handelt, sondern eher um einen Mangel an Erfahrung. Untersuchungen im Rahmen der Münchener Längsschnittstudie LOGIK (Bullock & Ziegler, 1999; Schneider, Bullock & Sodian, 1998; Sodian, 1995) ergaben, dass auch Kinder, die noch nicht in der Lage waren, Hypothesen selbst zu testen, durchaus in der Lage waren, inadäquates Vorgehen bei anderen zu erkennen. Wenn z.B. die beiden oberen Flugzeuge verglichen wurden, um herauszufinden, ob Flugzeuge mit einer langen Nase mehr Benzin verbrauchen, wurde dies moniert. Die Defizite der Grundschul Kinder in formalen Bereichen scheinen also eher durch mangelnde Erfahrung und Handlungspraxis und weniger durch generelle Einschränkungen im Denken und Verstehen verursacht zu sein. Dass bereits mit etwas Unterstützung recht junge Kinder die Prinzipien des kausalen Denkens im Allgemeinen und des wissenschaftlichen Vorgehens im Besonderen nachvollziehen können, zeigten Schremp und Sodian (1999) sowie Sodian, Zaitchik und Carey (1991). Auch für proportionales Denken konnte gezeigt werden, dass Grundschul Kinder bei bestimmten Aufgabenstellungen durchaus zum formalen Denken in der Lage sind (Koerber, 2000).

1.4 Fazit

Sowohl die geistigen Aktivitäten von Kindern als auch die von Erwachsenen lassen sich auf der Dimension „konkret-abstrakt“ nur unzureichend erklären und beschreiben. Es ist die Organisation und Vernetzung der Wissensbasis, die zu allen Zeitpunkten der Entwicklung die entscheidende Voraussetzung für bestimmte geistige Kompetenzen ist.

Mit Entwicklungstheorien, denen zufolge sich die geistige Veränderung auf einer zentralen kognitiven Struktur vollzieht, die sich dann auf alle Bereiche des Denkens auswirkt, sind die Ergebnisse der Wissenspsychologie nicht vereinbar.

2. Theorien zur geistigen Entwicklung im Kindesalter

Die beiden zentralen Elemente der Theorie Piagets, nämlich die strukturalistische Grundlage der Entwicklung und die Veränderung in qualitativen Stu-

fen, ließen sich in ihrer Kombination nicht aufrechterhalten. Der unbestrittene heuristische Wert der Theorie regte zur Entwicklung von Alternativen an, in denen einer der beiden Aspekte weiterverfolgt wurde. In Tabelle 1 findet sich eine Klassifikation neuer Entwicklungstheorien nach ihren Antworten auf die Fragen „Was verändert sich?“ und „Wie zeigt sich Veränderung?“. Strukturalistische Theorien (I) werden wissenspsychologischen gegenübergestellt. Letztere beziehen sich entweder auf einzelne Inhaltsbereiche (II), oder sie berücksichtigen auch bereichsübergreifende Kompetenzen (III). Unterschiede gibt es auch hinsichtlich der Art der angenommenen Veränderung: Das der Entwicklung zugrundeliegende Konstrukt kann qualitativ unterschiedliche Stufen durchlaufen (A), oder es kann bei gleichbleibender qualitativer Struktur einem quantitativen Zuwachs unterliegen (B). Im Folgenden werden neuere und klassische entwicklungspsychologische Arbeiten den sechs Zellen zugeordnet.

Tab. 1: Systematik entwicklungspsychologischer Theorien hinsichtlich der Fragen „Was verändert sich“ und „Wie zeigt sich Veränderung?“

Was Wie	I) Allgemeine kognitive Voraussetzungen	II) Bereichs- spezifisches Wissen	III) Bereichs- übergreifende Kompetenzen
A. Qualitative Stufen	Strukturen der Informations- verarbeitung	Begriffswissen	Schlüssel- kompetenzen
B. Quantitativer Zuwachs	Arbeits- gedächtnis Kapazität	Strategien	Nutzung von Zei- chensystemen

1 A) Die Qualität zentraler kognitiver Strukturen verändert sich

In den älteren strukturalistischen Theorien der Entwicklung wird angenommen, dass die Entwicklung zentraler kognitiver Strukturen die Voraussetzung für den Erwerb und die Nutzung bereichsspezifischen Wissens ist. Piaget grenzte vier qualitativ unterschiedliche Stufen der Abstraktionsleistung voneinander ab, Werner (1926) unterschied zwischen holistischer und analytischer Informationsverarbeitung, und Bruner (1964) nahm an, dass sich die geistige Entwicklung von der Handlung über die Wahrnehmung zur symbolisch-konzeptuellen Repräsentation vollziehe. Derartige Vorstellungen über die geistige Entwicklung mussten aufgegeben werden, weil keine Synchronie der Veränderung über verschiedene Inhaltsbereiche hinweg beobachtet werden konnte (dazu: Sodian, 1995). Schwarzer (1993) konnte beispielsweise zeigen, dass entgegen der Annahme Werners bereits sehr junge Kinder Musik analytisch verarbeiten können. Vor dem Hintergrund der im vorangegangenen

Abschnitt diskutierten Ergebnisse der Säuglingsforschung ist die Vorstellung, wonach die Handlung der bildlichen Vorstellung vorangehen muss, hinfällig.

I B) Die effizient genutzte Arbeitsspeicherkapazität nimmt im Laufe der kindlichen Entwicklung zu

Die sogenannten Neo-Piagetianer, zu denen Case (1992) und Halford (1993) gehören, retteten den strukturalistischen Aspekt von Piagets Theorie, indem sie mit der Arbeitsspeicherkapazität ein in der Kognitionswissenschaft zentrales Konstrukt einführten. Es wird angenommen, dass die in einer bestimmten Zeiteinheit aktivierbare Information mit dem Alter zunimmt. Mit der Annahme einer geringeren Arbeitsspeicherkapazität im Kindesalter sind die bereits erwähnten Ergebnisse zur Expertise im Kindesalter durchaus vereinbar: Auch Kinder können durch eine hierarchisch organisierte und gut gebündelte Wissensbasis ihre vorhandene Arbeitsspeicherkapazität effizienter nutzen.

In neuropsychologischen Arbeiten wird ein Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Arbeitsspeicherkapazität und der Frontalhirnentwicklung gesehen, auch wenn die Vorstellungen im Einzelnen noch vage sind und die Untersuchungen sich vorwiegend auf das Säuglingsalter beziehen (Diamond et al., 1997). Dass sich jedoch die kognitiven Unterschiede zwischen Grundschul- und älteren Kindern nicht allein auf die neuropsychologischen Korrelate des Arbeitsspeichers reduzieren lassen, gilt als unbestritten.

II A) Im Laufe der kindlichen Entwicklung findet eine radikale Umstrukturierung des bereichsspezifischen Begriffswissens statt

In den 80er Jahren griffen insbesondere drei Wissenschaftler in herausragenden Büchern Piagets zentrale Idee auf, wonach sich der Erwerb von bereichsspezifischem Wissen nicht als kontinuierlicher Zuwachs abbilden lässt, sondern mit tiefgreifenden qualitativen Veränderungen einhergeht. Nach Carey (1985) besteht kognitive Entwicklung in der radikalen Umstrukturierung von Begriffswissen: Merkmale, die ehemals zentral waren, werden peripher und umgekehrt. Der Begriff „Eltern“ ist für jüngere Kinder verbunden mit „für kleine Kinder sorgen“, während ältere Kinder „Nachkommen haben“ als zentral ansehen. Jüngere Grundschul Kinder bejahen die Frage, ob ein Haufen Reis etwas wiege, verneinen aber die Frage, ob ein einzelnes Reiskorn etwas wiege. Diese zunächst unplausible Antwort wird sehr plausibel, wenn man weiß, dass jüngere Kinder „Gewicht“ und „sich schwer anfühlen“ noch gleich setzen. Nach Keil (1989) vollzieht sich im Laufe der Entwicklung der Übergang von der Berücksichtigung charakteristischer Merkmale zur Berücksichtigung definitorischer Merkmale. Diesen Übergang hat der Autor für eine

große Zahl von Begriffen aus unterschiedlichen Bereichen untersucht und große Altersvariationen festgestellt. In manchen Bereichen nutzen bereits Vorschulkinder definitorische Eigenschaften von Begriffen, während in anderen ältere Schüler und selbst Erwachsene auf charakteristische Merkmale zurückgreifen.

Karmiloff-Smith (1992) entwickelte aus Piagets Vorstellungen zur qualitativen Veränderung eine eigene, sehr anregende Theorie der bereichsspezifischen Entwicklung. Danach wird das modularisierte, implizit verfügbare Wissen im Laufe der Entwicklung durch einen Prozess der qualitativen Umschreibung (Re-Präsentation) in explizites, sprachlich verfügbares Begriffswissen umgewandelt. In dem sehr lesenswerten Buch der Autorin wird dieser Prozess unter anderem an den Bereichen Mathematik, Physik, Biologie und Sprache ausführlich diskutiert.

Im Unterschied zu den in IA) diskutierten Theorien wird in den hier dargestellten Arbeiten nicht eine zentrale kognitive Struktur als Motor der kognitiven Entwicklung angenommen. Letztere ist vielmehr das Resultat der Interaktion zwischen unterschiedlichen Wissensseinheiten. Moderne Klassiker neuerer wissenspsychologischer Entwicklungstheorien sind die Herausgeberbände von Carey und Gelman (1991) sowie Hirschfeld und Gelman (1994).

II B) Entwicklung besteht in allmählichem Strategiewechsel

Nach Siegler (1996) ist die Annahme einer Entwicklung in qualitativen Sprüngen für viele Bereiche unangemessen. Bereits Piaget versuchte mit der Annahme der „*décalage horizontale*“ der Tatsache gerecht zu werden, dass Kinder bestimmte kognitive Operationen in einigen Bereichen bereits durchführen können, in anderen aber noch nicht. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist die Invarianzaufgabe: Kinder, die wissen, dass sich die Zahl der Gegenstände durch das Auseinanderziehen einer Reihe nicht vergrößert, wissen häufig noch nicht, dass sich eine Flüssigkeitsmenge durch das Umgießen von einem breiten in einen hohen Behälter nicht vermehrt. Sieglers Beobachtungen gingen aber weiter: Insbesondere bei mathematisch-numerischen Aufgaben gab es große intraindividuelle Variationen in den angewendeten Lösungsstrategien. Die gleichen Kinder, die bei einer Aufgabe eine anspruchsvolle Lösungsstrategie anwendeten, wendeten bei der nächsten Aufgabe gleichen Typs häufig eine weniger anspruchsvolle, dafür aber vertrautere Strategie an. Dies zeigte sich u.a. bei der Zahleninvarianzaufgabe und bei Aufgaben vom Typ „ $a+b=b$ “ (Siegler & Stern, 1998). Kognitive Entwicklung zeigt sich also nicht darin, dass eine neue Lösungsstrategie eine alte abrupt ablöst, sondern dass immer neue Strategien hinzukommen. Allmählich nehmen die Wahrscheinlichkeiten ab, mit der die alten Strategien aktiviert werden. Die parallele Verfügbarkeit verschiedener Strategien ist durchaus funktional: Adaptiv

verhalten kann sich nur, wer auf ein breites Repertoire an Strategien zurückgreifen kann. Siegler's Arbeiten sind für die Lehr-Lern-Forschung besonders bedeutsam, da sie eine Erklärung für ein den Lehrpersonen sehr bekanntes Phänomen liefern: Über einen längeren Zeitraum wird neu erworbenes Wissen selbst von guten Schülern nur sehr unsicher beherrscht. Zu wissen, dass dies keine kognitive Dysfunktion, sondern im Gegenteil Ausdruck adaptiven Verhaltens ist, sollte für Lehrpersonen beruhigend sein. In den in Spalte II) abgehandelten Theorien vermischt sich die Unterscheidung zwischen Lernen und Entwicklung. Auch wenn die bereichsspezifischen Grundlagen des Wissens angeboren sind, kann es zu der beschriebenen Umstrukturierung des Begriffswissens doch nur kommen, wenn die entsprechenden Lerngelegenheiten zur Verfügung stehen. Zur Korrektur von Fehlvorstellungen, wie z.B. zum Konzept des Gewichtes, bedarf es sogar systematischer Instruktion. Dass kognitive Entwicklung dennoch mehr ist als der Erwerb bereichsspezifischen Wissens, wird im Folgenden gezeigt.

III A) Bereichsübergreifende Schlüsselkompetenzen als Ergebnis der kognitiven Entwicklung

Unter Umständen kann sich der geistige Horizont der Kinder in kurzer Zeit massiv erweitern, weil sich Schlüsselkompetenzen entwickelt haben, die den Erwerb und die Nutzung bereichsspezifischen Wissens in unterschiedlichen Gebieten entscheidend beeinflussen. Zwischen dem dritten und vierten Lebensjahr lernen Kinder, dass es in den Köpfen der Mitmenschen anders aussehen kann als im eigenen. Dieses Wissen eröffnet ganz neue Möglichkeiten der Interaktion: Man kann lügen und betrügen, und man kann auch die eigene Sicht der Welt anderen Menschen erklären sowie deren Sichtweise bewusst übernehmen. Dass die Grundlagen dieser Form der Perspektivübernahme als modularisiertes Wissen vorliegt, wird u.a. aus der fehlenden Perspektivübernahme von autistischen Menschen geschlossen (Frith, 1993). Aus der Fähigkeit zur Perspektivübernahme entwickelt sich die Metakognition, also Wissen über die Funktionsweise unseres Geistes. Dass man eine Telefonnummer wiederholen muss, um sie nicht zu vergessen, oder dass man sich Notizen machen muss, wenn man eine große Menge an Information behalten möchte, ist für Grundschulkindern keineswegs selbstverständlich (dazu: Flavell, 1978; Kail, 1992). Derartiges Wissen entwickelt sich im Laufe der Schulzeit, ohne dass es direkt gelehrt wird, und ist Voraussetzung für die effiziente Nutzung zahlreicher Lerngelegenheiten. Die vielen gescheiterten Versuche, Metakognition durch direkte Instruktion zu verbessern, sprechen dafür, dass es sich um ein indirektes Produkt der Entwicklung handelt. Das Verstehen von Proportionalität (dazu: Koerber, 2000) ist ein weiteres Beispiel für eine Schlüsselkompetenz, die sich auf den Erwerb und die Nutzung von Wissen in un-

terschiedlichsten Inhaltsbereichen auswirken kann, z.B. auch auf das Moralverständnis (Verteilungsgerechtigkeit).

III B) Entwicklung als der kompetente Umgang mit Zeichensystemen

Die Vorstellung, wonach die im kulturellen Umfeld entwickelten geistigen Werkzeuge – also die Zeichensysteme – die kognitive Entwicklung eines Kindes entscheidend prägen, geht vorwiegend auf Wygotsky zurück (dazu: Miller, 1993). Erst die mündliche und schriftliche Sprache, die mathematischen Symbolsysteme sowie Zeichnungen und Diagramme verschaffen den Zugang zu der Welt der Ideen und wissenschaftlichen Begriffe, d.h. sie erlauben es, sich von der unmittelbaren Wahrnehmung zu lösen und das Unsichtbare sichtbar zu machen. Voraussetzung hierfür ist, dass Zeichen nicht nur als Abbilder der wahrnehmbaren Realität gesehen werden, sondern selbst eine Bedeutung erhalten. Dies lässt sich besonders gut am Beispiel mathematischer Symbole zeigen: Dass Zahlen als Zählinstrumente dienen und damit die Mächtigkeit von Mengen abbilden können, gehört zu dem angeborenen, modularisierten Wissen (Wynn, 1992). Zu den kulturellen Errungenschaften hingegen gehört es, dass Zahlen darüber hinaus ein Eigenleben führen, welches von der wahrnehmbaren Realität losgelöst ist, und dass auf dieser Grundlage neue Konstrukte geschaffen werden können, die wiederum zur Erklärung von Ereignissen in der Welt herangezogen werden können (mehr dazu: Stern, 1998; Staub & Stern, 1997). Ein Beispiel: Durch Division kann aus zwei Zahlen eine neue Zahl geschaffen werden, die wiederum die Grundlage für die Entwicklung abgeleiteter Größen bilden wie z.B. Stückpreis, Geschwindigkeit oder Dichte.

Wie bereits kleine Kinder aus der Sprache neue Bedeutungen konstruieren, zeigt das Beispiel eines vierjährigen Mädchens, das sich ein Schwesterchen wünschte. Eines Tages fragte es seine Eltern: „Kann ich nicht wenigstens eine Halbschwester haben?“ Es stellte sich heraus, dass an diesem Tag ein anderes Kindergartenkind von seiner Halbschwester erzählt hatte. Der Begriff „Halb“ war dem Mädchen aus Kompromissen mit den Eltern bekannt: Wenn es um einen ganzen Keks bat, ließen sich die Eltern manchmal zu einem halben erweichen.

Entwicklung zeigt sich in der zunehmenden Fähigkeit, einzelne Elemente der Sprache aus dem Erfahrungskontext zu lösen. Wie dies geschieht, hat insbesondere Karmiloff-Smith (1992) an einigen Beispielen eindrucksvoll demonstriert. So verstehen Kinder erst zu Beginn der Grundschulzeit, dass auch Funktionswörter (z.B. Präpositionen und Artikel, also Wörter, die keinen direkten Bezug zur wahrnehmbaren Realität aufweisen) eigenständige Wörter sind. Es sind nun aber gerade Funktionswörter sowie Prä- und Suffixe, die die Konstruktion von Bedeutungen jenseits der wahrnehmbaren Welt ermögli-

chen. Begriffe wie „unmöglich“ und „unendlich“ sind hierfür Beispiele. Am Beispiel von Kinderzeichnungen zeigt Karmiloff-Smith, wie sich Kinder mit zunehmender Erfahrung von der Realität lösen, indem sie Phantasiekonstrukte entwerfen. Der aufmerksame Leser mag sich wundern, warum ein und daselbe Werk von Karmiloff-Smith unter IIA) und IIIB) abgehandelt wird. Herausragende Wissenschaftler müssen es sich gefallen lassen, dass ihr Werk in manchen Aspekten anders als intendiert interpretiert wird. Karmiloff-Smiths Ziel war es, die bereichsspezifische Entwicklung in Anlehnung an Piaget in vier qualitativ unterschiedlichen Stufen zu modellieren. Dies ist – nicht nur nach meiner Einschätzung – nur unzureichend gelungen: Die zweite und dritte Stufe lassen sich nicht wirklich voneinander abgrenzen. Von großem heuristischen Wert ist hingegen die Modellierung der kognitiven Entwicklung als die Umwandlung von implizit verfügbarem, modularisiertem Handlungswissen in Wissen, das auf der Grundlage von im kulturellen Kontext entwickelten Zeichensystemen kommuniziert werden kann.

Die Bedeutung der schriftlichen Zeichensysteme für die kognitive Entwicklung betonte Olson (1996), indem er beispielsweise den Einfluss der Schriftsprache auf die Fähigkeit zur Unterscheidung zwischen wörtlicher und sinngemäßer Bedeutung nachwies. Nur Kinder, die schreiben konnten, unterscheiden zwischen den Sätzen „Big Bird möchte essen“ und „Big Bird ist hungrig“.

Vor dem Hintergrund der in dieser Zelle behandelten Arbeiten lässt sich sogar der weiter vorn als unbrauchbar deklarierte Abstraktionsbegriff in seiner wörtlichen Bedeutung rehabilitieren. Abstrahieren heißt „wegziehen“, und dies ist es, was Kinder mit zunehmendem Alter lernen: Sich von der konkreten Welt zu lösen, indem Zeichensysteme zur Konstruktion nicht direkt wahrnehmbarer Bedeutungsinhalte genutzt werden. Die sich hieraus ergebenden Implikationen für die Gestaltung von Lerngelegenheiten in der Grundschule unterscheiden sich jedoch grundlegend von den sich aus Piagets Theorie ergebenden Implikationen. In der Piagetschen Tradition sollte man dem Denken der Grundschulkinder durch eine möglichst konkrete Gestaltung der Lerngelegenheiten entgegenzukommen, während vor dem hier erörterten Hintergrund Kinder von Anfang an lernen sollten, wie man mit Zeichensystemen Bedeutung jenseits der Wahrnehmung konstruieren kann. Natürlich müssen die Lernangebote dem Entwicklungsstand angemessen sein und aufeinander aufbauen. Dass derzeit insbesondere im Mathematik- und Sachunterricht der Grundschule die Möglichkeiten zur Vermittlung von anspruchsvollen Kompetenzen im Umgang mit Zeichensystemen nicht ausgeschöpft werden, wird an anderer Stelle ausführlich erörtert (Stern, 1998; Stern & Staub, 2000; Stern, Hardy & Koerber 2002).

3. Kulturelle Determinanten der kognitiven Entwicklung

Alle Theorien der kognitiven Entwicklung – auch die von Piaget – setzen voraus, dass vorhandene Potenziale eines Individuums nur perfektioniert und genutzt werden können, wenn die Umgebung Lernangebote bereitstellt. Die konstruktivistische Grundidee Piagets, nach der das Kind sich auf der Grundlage seiner persönlichen Erfahrung entwickelt, dürfte maßgeblich für die weit verbreitete Forderung nach einer lebensnahen Gestaltung der Lernumgebung in der Grundschule sein. Dass derartige Erwartungen möglicherweise übertrieben sind, zeigt ein Ergebnis von Inagaki (1990): Das Zusammenleben mit Haustieren wirkte sich nicht auf das konzeptuelle biologische Wissen der Kinder aus. Hingegen häufen sich die Ergebnisse, wonach der Umgang mit Sprache und Zeichensystemen die kognitive Entwicklung indirekt beeinflusst. So zeigt sich die unter IIIA) diskutierte Fähigkeit zur Perspektivübernahme bei Kindern mit älteren Geschwistern früher als bei Erstgeborenen, was auf Besonderheiten der sprachlichen Kommunikation zwischen Kindern zurückgeführt werden kann (Perner et al., 1994). Zweisprachig aufwachsende Kinder zeigen bereits im Vorschulalter eine Flexibilität im Umgang mit Begriffen, die ansonsten erst mit dem Schulbesuch auftreten (Bialystok, 1999). Der universelle Einfluss der Kultur auf die kognitive Entwicklung im Kindesalter lässt sich erst durch den Vergleich mit Personen ermitteln, die keine Schule besucht haben: Diese wenden selbst die einfachsten Merk- und Denkstrategien nicht an (Kail, 1992; Olson 1996). Selbst wenn solche Strategien nicht direkt in der Schule gelehrt werden, fallen sie offensichtlich als „Nebenprodukt“ ab. Ein differentieller Einfluss der Schule zeichnet sich in internationalen Vergleichsstudien ab. Auch in der Grundschule sind ostasiatische Schüler (Mullis et al., 1997; Ho & Fuson, 1998) in fast allen Bereichen des mathematischen und naturwissenschaftlichen Denkens überlegen. Es gibt gute Gründe für die Annahme, dass sich das bessere Abschneiden ostasiatischer Schüler nicht allein auf deren größere Disziplin und Lernbereitschaft zurückführen lässt, sondern zumindest teilweise durch interkulturelle Unterschiede in der Nutzung von Zeichensystemen zu erklären ist. So sind in ostasiatischen Sprachen Zahlwörter nach regelmäßigen Prinzipien aufgebaut (zehn-eins statt elf), und das beständige Üben der sehr komplexen Symbolschriften fördert räumlich-visuelle Kompetenzen, die für mathematisches und naturwissenschaftliches Verständnis zentral sind. Zudem werden in ostasiatischen – wie auch in osteuropäischen Ländern – in der Grundschule bereits recht anspruchsvolle mathematische Textaufgaben vorgegeben, bei deren Bearbeitung die Kinder lernen können, dass Zahlen nicht nur zum Zählen, sondern auch zur Modellierung komplexer, nicht direkt wahrnehmbarer Ereignisse genutzt werden können (Stern & Staub, 2000).

4. Fazit: Das aktiv lernende Grundschulkind

In diesem Aufsatz sollte gezeigt werden, dass kognitive Entwicklung sich nicht, wie aus Piagets Theorie abgeleitet, vom konkreten Handeln zum abstrakten Denken vollzieht, sondern durch die Übernahme von im kulturellen Kontext entstandenen Werkzeugen. Was bleibt vor dem Hintergrund der hier diskutierten Befunde von Piagets monumentalem Werk für die Erklärung des Lernens und Denkens im Grundschulalter? Unangefochten ist seine konstruktivistische Grundidee der Entwicklung: Neue kognitive Kompetenzen sind das Ergebnis einer aktiven geistigen Konstruktion und nicht einer passiven Übertragung vom Lehrenden zum Lernenden. Mit anderen Worten: Das Kind muss die Angebote der Umgebung zum Aufbau von Verständnis aktiv und selbständig nutzen, und niemand kann ihm diese Aufgabe abnehmen. Dies gilt auch für den Umgang mit kulturellen Werkzeugen. Nur vor dem Hintergrund einer konstruktivistischen Vorstellung vom Lernen und Denken ist die in diesem Artikel zum Ausdruck gebrachte Forderung nach einer anspruchsvolleren Gestaltung der Lernumgebung von Grundschulkindern sinnvoll. Konstruktivistischer Unterricht im positiven Sinne zeigt sich darin, dass von Seiten der Lehrperson vielfältige Angebote hinsichtlich der Darstellung und Kommunikation von Wissen gemacht werden, dass deren Nutzung aber nicht erzwungen wird (dazu: Staub & Stern, unter Begutachtung). Aus der Lehr-Lern-Forschung ist hinreichend bekannt, welche fundamentalen Misskonzepte und Oberflächenstrategien entstehen können, wenn Schüler zu Vorgehensweisen gezwungen werden, die sie nicht verstanden haben (dazu: Bruer, 1993). Wie man Grundschulkindern besser als bisher dazu bringen kann, sich Kompetenzen im Umgang mit anspruchsvollen sprachlichen, mathematischen und graphisch-visuellen Werkzeugen anzueignen, ist eine zentrale Herausforderung für die Forschung der nächsten Jahre.

Literatur

- Bialystok, E. (1999): Cognitive complexity and attentional control in the bilingual mind. In: *Child Development* 70(3), S. 636-644
- Bruer, J. T. (1993): *Schools for thought: A science of learning in the classroom*. Cambridge, MA
- Bruner, J. S. (1964): The course of cognitive growth. In: *American Psychologist* 19, S.1-15
- Bullock, M./Ziegler, A. (1999): Scientific Reasoning: Developmental and Individual Differences. In: F. E. Weinert/W. Schneider (Eds.): *Individual Development from 3 to 12. Findings from the Munich Longitudinal Study*. Cambridge MA, S. 38-54
- Carey, S./Gelman, R. (1991): *The epigenesis of mind: Essays on biology and cognition*. Hillsdale, NJ
- Carey, S. (1985): *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA

- Case, R. (1992): The mind's staircase: exploring the conceptual underpinnings of children's thought and knowledge. Hillsdale, NJ
- Dettermann, D. K./Sternberg, R. J. (Eds.) (1993): Transfer on Trial: Intelligence, cognition and instruction. Norwood, NJ
- Diamond, A./Prevor, M. B./Callender, G./Druin, D. P. (1997): Prefrontal cortex cognitive deficits in children treated early and continuously for PKU. In: Monographs of the Society for Research in Child Development 62(4), S. 1-205
- Flavell, J. H. (1978): Metacognitive development. In: J. M. Scandura/C. J. Brainerd (Eds.): Structural/process models of complex human behavior. Alphen a.d. Rijn, S. 213-245
- Frith, U. (1993): Autismus. In: Spektrum der Wissenschaften 8, S. 48-55
- Gruber, H./Renkl, A./Schneider, W. (1994): Expertise und Gedächtnis. Längsschnittliche Befunde aus der Domäne Schach. In: Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie 26(1), S. 53-70
- Halford, G. S. (1993): Children's understanding: The development of mental models. Hillsdale, NJ
- Hirschfeld, L. A./Gelman, S. A. (Eds.) (1994): Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture. New York, NY Ho, C. S-H./Fuson, K. C. (1998): Children's knowledge of teen quantities and tens and ones: Comparisons of Chinese, British, and American kindergartners. In: Journal of Educational Psychology 90, S. 536-544
- Inagaki, K. (1990): The effects of raising animals on children's biological knowledge. In: British Journal of Developmental Psychology 8(2), S. 119-129
- Kail, R. (1992): Gedächtnisentwicklung bei Kindern. Heidelberg
- Karmiloff-Smith, A. (1992): Beyond modularity: A developmental perspective on cognitive science. Cambridge, MA
- Keil, F. C. (1989): Concepts, kinds, and cognitive development. Cambridge, MA
- Koerber, S. (2000): Der Einfluss externer Repräsentationsformen auf proportionales Denken im Grundschulalter. Dissertation, angenommen an der Technischen Universität Berlin. Berlin
- Larkin, J. H. (1985): Understanding, problem representation, and skill in physics. In: S. F. Chipman/J. W. Segal/R. Glaser (Eds.): Thinking and Learning Skills: Research on open questions (Vol. 2). Hillsdale, NJ
- Miller, P. (1993): Theorien der Entwicklungspsychologie. Heidelberg
- Montada, L./Oerter, R. (Eds.) (1995): Entwicklungspsychologie. Weinheim
- Muir, D./Slater, A. (2000): Infant Development. The Essential Readings. Malden, MA
- Mullis, I. V. S./et al. (1997): Mathematics Achievement in the Primary School Years. IEA's Third International Mathematics and Science Study. Chestnut Hill
- Olson, D. R. (1996): Literate mentalities: Literacy, consciousness of language, and modes of thought. In: R. David/N. Torrance (Eds.): Modes of thought: Explorations in culture and cognition. New York, NY, S. 141-151
- Perner, J./Ruffman, T./Leekam, S. R. (1994): Theory of mind is contagious: You catch it from your sibs. In: Child Development 65(4), S. 1228-1238
- Pinker, S. (1994): The language instinct. New York, NY (William Morrow & Co)
- Schrempp, I./Sodian, B. (1999): Wissenschaftliches Denken im Grundschulalter: Die Fähigkeit zur Hypothesenprüfung und Evidenzevaluation im Kontext der Attribution von Leistungsergebnissen. In: Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie 31(2), S. 67-77

- Schneider, W./Bullock, M./Sodian, B. (1998): Die Entwicklung des Denkens und der Intelligenzunterschiede zwischen Kindern. In: F. E. Weinert (Hrsg.): *Entwicklung im Kindesalter*. Weinheim, S. 53-74
- Schneider, W./Gruber, H./Gold, A./Opwis, K. (1993): Chess expertise and memory for chess positions in children and adults. In: *Journal of Experimental Child Psychology* 56(3), S. 328-349
- Schwarzer, G. (1993): *Entwicklung der Melodiewahrnehmung. Analytische und holistische Prozesse*. Heidelberg
- Siegler, R. S. (1996): *Emerging minds: The process of change in children's thinking*. New York, NY
- Siegler, R. S./Stern, E. (1998): Conscious and unconscious strategy discoveries: A microgenetic analysis. In: *Journal of Experimental Psychology* 127(4), S.377-397
- Sodian, B. (1995): Entwicklung bereichsspezifischen Wissens. In: R. Oerter/L. Montada (Hrsg.): *Entwicklungspsychologie*. Weinheim, S. 622-653
- Sodian, B./Zaitchik, D./Carey, S. (1991): Young children's differentiation of hypothetical beliefs from evidence. In: *Child Development* 62(4), S. 753-766
- Spelke, E. S. (1994): Initial knowledge: Six suggestions. In: *Cognition* 50(1-3), S. 431-445
- Staub, F. C./Stern, E. (1997): Abstract reasoning with mathematical constructs. In: *International Journal of Educational Research* 27(1), S. 63-75
- Staub, F. C./Stern, E. (1998): *The Nature of Teachers' Pedagogical Content Beliefs Matters for Students' Achievement Gains: Quasi-Experimental Evidence from Elementary Mathematics*. unter Begutachtung
- Stern, E. (1998): *Die Entwicklung des mathematischen Verständnisses im Kindesalter*. Lengerich
- Stern, E./Hardy, I./Koerber, S. (2002): *Die Nutzung graphisch-visueller Repräsentationsformen im Sachunterricht*. In: K. Spreckelsen/A. Hartinger/K. Möller: *Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht*. Bad Heilbrunn
- Stern, E./Staub, F. (2000): *Mathematik lernen und verstehen: Anforderungen an die Gestaltung des Mathematikunterrichts*. In: E. Inckermann/J. Kahlert/A. Speck-Hamdan: *Sich Lernen leisten. Grundschule vor den Herausforderungen der Wissenschaft*. Neuwied, S. 90-100
- Stern, E. (2001): *Intelligenz, Wissen, Transfer und der Umgang mit Zeichensystemen*. In: E. Stern/J. Guthke (Hrsg.): *Perspektiven der Intelligenzforschung*.
- Werner, H. (1926): *Einführung in die Entwicklungspsychologie*. Leipzig
- Wynn, K. (1992): Addition and subtraction by human infants. In: *Nature* 358, S. 749-750