

Koerber, Susanne

Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Vier- bis Achtjährigen

Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung 24 (2006) 2, S. 192-201



Empfohlene Zitierung/ Suggested Citation:

Koerber, Susanne: Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Vier- bis Achtjährigen - In: Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung 24 (2006) 2, S. 192-201 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-136239

in Kooperation mit / in cooperation with:

Zeitschrift zu Theorie und Praxis der Aus- und
Weiterbildung von Lehrerinnen und Lehrern

**BEITRÄGE ZUR LEHRERINNEN-
UND LEHRERBILDUNG**

Organ der Schweizerischen Gesellschaft für
Lehrerinnen- und Lehrerbildung (SGL)

ISSN 2296-9632

<http://www.bzl-online.ch>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen. Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF)
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Vier- bis Achtjährigen

Susanne Koerber

Die Metapher vom «Kind als Wissenschaftler» ist nach wie vor einflussreich in der Entwicklungspsychologie. Kinder bilden intuitive Theorien und Hypothesen über Phänomene ihrer Umgebung und über die eigene Person (physikalische, biologische, psychologische Theorien). Kinder prüfen und revidieren Theorien und Hypothesen auch in ihren alltäglichen Entdeckungsprozessen. Neuere Forschung zeigt, dass schon Vorschulkinder dabei recht rational vorgehen. Zudem sind sie auch schon in der Lage, Daten aus unterschiedlichen Repräsentationsformen (z. B. Diagramme und Graphen) zu interpretieren, um Hypothesen zu prüfen. Bereits im Vorschulalter entwickelt sich formales und inhaltliches wissenschaftliches Denken, auf das in der Grundschule aufgebaut werden kann. Für den Lehrer ist eine korrekte Einschätzung des kindlichen Vermögens zum wissenschaftlichen Denken wichtig, um adäquate Lerngelegenheiten zu schaffen (z. B. Experimentiermöglichkeiten), die der Lehrer mit moderat konstruktivistischen Elementen begleitet.

1. Einleitung

1.1 Die Metapher vom Kind als Wissenschaftler

«Das Kind als Wissenschaftler» ist eine Metapher, die auf den bekannten Schweizer Entwicklungspsychologen Jean Piaget zurückgeht. Er beschreibt damit den Forschergeist von Kindern, das Interesse und die Neugier, mit der schon Säuglinge ihre Umwelt erkunden. Mehr noch wird damit aber auch die Herangehensweise geschildert, mit der Kinder sich neues Wissen konstruieren. Auch in der aktuellen entwicklungspsychologischen Forschung wird diese Metapher vom Kind als Wissenschaftler aufgegriffen und zunehmend auch in populärwissenschaftlichen Publikationen umgesetzt (z. B. Gopnik, Kuhl, & Meltzoff, 2001; Elschenbroich, 2005).

Aber inwieweit sind Kinder mit Wissenschaftlern wirklich vergleichbar? Welche Prozesse des wissenschaftlichen Denkens sind bei Kindern und Wissenschaftlern ähnlich? Worin unterscheiden sie sich und worauf sind diese Unterschiede zurückzuführen? Auf diese Frage möchte ich in diesem Beitrag eingehen. Ich werde zunächst die Sichtweise der traditionellen, an Piaget orientierten Forschung darstellen, aufgrund deren Befunde erst Jugendlichen wissenschaftliches Denken im Sinne eines idealen wissenschaftlichen Standards zugeschrieben wird. Anhand einiger Beispiele aus der neueren Forschung werde ich demonstrieren, dass diese Sichtweise vom Kind als wissenschaftlichem Laien so nicht haltbar ist und dass Basiskompetenzen wissenschaftlichen Denkens sogar

schon im Vorschulalter feststellbar sind und Konsequenzen für die Didaktik im Vor- und Grundschulunterricht haben.

1.2 Was ist wissenschaftliches Denken?

Der Begriff wissenschaftliches Denken oder «scientific reasoning», wie er in der englischen Literatur verwendet wird, kann nach Sodian (1998) in zwei Bedeutungen verwendet werden: inhaltsbezogenes und formales wissenschaftliches Denken. Im Bereich des *inhaltsbezogenen* wissenschaftlichen Denkens geht es um das Denken über physikalische, biologische oder chemische Phänomene und Prozesse und seiner Entwicklung. Im Bereich des *formalen* wissenschaftlichen Denkens, auf das in diesem Artikel Bezug genommen wird, interessiert der Erkenntnisprozess selber. Hier geht es um die Entwicklung der Fähigkeit, Hypothesen abzuleiten, sie systematisch zu prüfen und gegebenenfalls zu revidieren und schliesslich, was sehr wichtig ist, über diesen Prozess zu reflektieren.

Die Bedeutung des formal-wissenschaftlichen Denkens im Vor- und Grundschulalter liegt in der Annahme, dass ein adäquates Verständnis formal-wissenschaftlichen Denkens als bereichsübergreifende Voraussetzung für den Erwerb inhaltsbezogener naturwissenschaftlicher Phänomene und Prozesse anzusehen ist (Kuhn & Pearsall, 2000).

2. Wissenschaftliches Denken erst im Sekundarschulalter?

In der traditionellen, an Piaget orientierten Forschung wurden Kindern vor dem formal-operatorischen Stadium (ab ca. 12 Jahren) wichtige Komponenten wissenschaftlichen Denkens im Sinne eines idealen wissenschaftlichen Standards abgesprochen. Grundschul Kinder hätten Probleme, *systematisch* Hypothesen zu bilden, *planvoll* zu experimentieren, sich von gegebener Information loszulösen und mehrere Variablen *gedanklich* zu *kombinieren* und zu abstrahieren. Piaget nahm globale Stadien der Denkentwicklung an und ging davon aus, dass der Erwerb formal operatorischer Strukturen auch Voraussetzung für den Erwerb domänenspezifischer Konzepte sei. Ich werde jeweils in drei Bereichen Studien aus der traditionellen und neueren entwicklungspsychologischen Forschung darstellen (vgl. 2.1–2.3 bzw. 3.1–3.3), in denen es um diese Defizite und Kompetenzen wissenschaftlichen Denkens von Vor- und Grundschulkindern geht: (1) Führen Grundschul Kinder schon spontan kontrollierte Experimente durch? (2) Testen Grundschul Kinder wirklich Hypothesen oder tendieren sie eher dazu, Effekte zu produzieren? (3) Können Grundschul Kinder aus (kovariierenden) Daten / Evidenz kausale Schlüsse ziehen und darüber reflektieren?

2.1 Beispiel Experimentierfähigkeit: Der Pendelversuch

Stellen Sie sich folgende Versuchsanordnung nach Inhelder und Piaget (1958) vor: An einem Arm hängen zwei Pendel (ein langes und ein kurzes), die mit zwei unterschiedlichen Gewichten beschwert sind. An dem langen Pendel hängt das leichtere Gewicht, an

dem kurzen Pendel hängt das schwerere Gewicht. Die beiden Pendel werden nun von der gleichen Stelle aus losgelassen und das Kind sieht, dass das kurze, schwere Pendel schneller schwingt als das andere. Auf die Frage, woran es liegt, dass eines der Pendel schneller schwingt, werden Vor-, Grund- und Sekundarschüler unterschiedliche Antworten geben. Während Vorschulkinder typischerweise nur auf eine Dimension achten werden («das *kurze* Pendel schwingt schneller» oder «das *schwere* Pendel schwingt schneller») werden Grundschul Kinder vermutlich das berichten, was sie auch gesehen haben («das kurze, schwere Pendel schwingt schneller»). Erst im Sekundarschulalter werden die Kinder angeben, dass diese Versuchsanordnung alleine noch nicht ausreicht, sie müssten auch die zwei noch fehlenden Kombinationen ausprobieren, (kurzes, leichtes Pendel und langes, schweres Pendel), um herauszufinden, ob die Schwingungsfrequenz von der Länge des Pendels (dies ist richtig), von seinem Gewicht oder von beiden Faktoren zusammen abhängt. Erst dann sind also Kinder in der Lage, Hypothesen systematisch zu testen, planvoll zu experimentieren und mehrere Variablen gedanklich zu kombinieren.

Bei der Experimentierfähigkeit kommt der so genannten *Variablenkontrollstrategie* eine besondere Bedeutung zu. Hat der Experimentator schon eine Hypothese, welche von mehreren Variablen (z. B. Länge des Pendels) einen Einfluss auf ein bestimmtes Ergebnis hat, so handelt er in einem kontrollierten Experiment so, dass er nur diese fokale Variable variiert (er vergleicht ein langes mit einem kurzen Pendel) und alle anderen Variablen kontrolliert (z. B. nimmt er für beide Pendel das gleiche Gewicht und lässt die Pendel vom gleichen Ort aus los), so dass ein möglicher Unterschied alleine auf die variierte fokale Variable zurückzuführen ist. Auch diese Fähigkeit wird erst Schülern im Sekundarschulalter zugeschrieben.

2.2 Produzieren statt Testen von Effekten?

Ein weiteres Defizit, das Grundschulkindern häufig nachgesagt wird, ist, dass sie nicht fähig seien, zwischen dem Testen von Hypothesen und dem Produzieren von Effekten zu unterscheiden. Wenn Grundschul Kinder beispielsweise den Einfluss verschiedener Variablen (z. B. Reifengröße, Motorgröße, Form der Karosserie) auf die Geschwindigkeit eines Autos herausfinden sollen, so neigen sie häufig dazu, die Variable, von der sie einen Effekt annehmen (z. B. Größe des Motors habe Einfluss auf Schnelligkeit), so zu variieren, dass ein positiver Effekt zustande kommt (Testen von mehreren Autos mit grossem Motor mit dem Ergebnis «schnelle Autos»), statt dass sie den Einfluss der Variable *testen*, indem sie zudem *auch* Autos mit kleinem Motor bauen und die Effekte zwischen Autos mit kleinem und grossem Motor bei Konstanthaltung der anderen Faktoren vergleichen (Variation der fokalen Variable, kontrolliertes Experiment).

2.3 Fehler bei der Beurteilung von Kovariationsevidenz?

Ein letztes Problem, das Grundschul Kinder häufig Schwierigkeiten bereitet, betrifft die Interpretation von kovariierenden (zusammenhängenden) Daten. Werden Kinder beispielsweise gebeten, anhand von Daten herauszufinden, ob und wenn ja welchen

Einfluss verschiedene Nahrungsmittel auf das Krankwerden haben, so ist ein häufiger Fehler, dass sie die Evidenz, die Daten gar nicht oder nur selektiv beachten. Sie haben besonders dann Schwierigkeiten, evidenzbasiert, d.h. auf die Daten bezogen zu antworten, wenn die Evidenz nicht eindeutig ist (die Daten nicht perfekt kovariieren, d.h. nicht alle Menschen, die x gegessen haben, werden krank) und wenn die Daten ihren eigenen Hypothesen widersprechen. Ein weiterer häufiger Fehler ist, dass Kinder ihre eigene ursprüngliche Hypothese (über den Zusammenhang zwischen Nahrungsmittel x und Krankwerden), die zuvor abgefragt wurde, *unbewusst* den Daten anpassen.

Als Erklärung für dieses Problem, dass die Kinder die Evidenz nur selektiv interpretieren und häufig eher theoriegeleitet (nach ihren eigenen Hypothesen) statt evidenzbasiert antworten oder ihre eigene Hypothese unbewusst an die Evidenz anpassen, nehmen Kuhn und ihre Kollegen (z. B. Kuhn, Amsel & O'Laughlin, 1988) an, dass Kinder die Logik des Experimentierens nicht verstehen, weil ihnen Konzepte wie Hypothese, Theorie und Experiment fehlen. Konkret nehmen Kuhn und Kollegen an, dass Grundschulkindern noch nicht zwischen Theorien und Hypothesen auf der einen Seite und Daten bzw. Evidenz auf der anderen Seite unterscheiden. Hinweise darauf gibt auch eine Studie von Kuhn und Pearsall (2000), in der Vorschulkindern eine Bildergeschichte von einem Wettrennen zwischen zwei Jungen gezeigt wurde. Junge A hatte auffällig sportliche Schuhe an und hielt im letzten Bild den Siegerpokal in den Händen; Junge B hatte normale Schuhe an. Auf die Frage, woher sie wüssten, dass Junge A gewonnen hat, antworteten viele der Versuchspersonen mit einer Hypothese über die Ursache («weil er so gute Turnschuhe anhat») statt mit der korrekten evidenzbasierten Antwort («weil er den Pokal in den Händen hält»).

3. Kompetenzen wissenschaftlichen Denkens im frühen Kindesalter

Aber können Grundschulkindern wirklich nicht zwischen Hypothese und Evidenz unterscheiden? Verwechseln sie tatsächlich das Testen einer Hypothese mit dem Produzieren von Effekten? Fehlt ihnen wirklich ein grundlegendes Verständnis von Experimentierstrategien? Dieser Sichtweise, dass das wissenschaftliche Denken von Vor- und Grundschulkindern fundamental defizitär ist, wird in neueren Arbeiten widersprochen. Die oben besprochenen Studien verlangten häufig von Kindern mehr als nur Fähigkeiten im wissenschaftlichen Denken, sondern stellten auch hohe Anforderungen an die Informationsverarbeitungskapazität. So wurde in der Studie von Kuhn und Kollegen (1988) beispielsweise von den Kindern verlangt, Zusammenhänge zwischen mehreren Variablen gleichzeitig und kumulativ zu beachten (vier verschiedene Nahrungsmittel und deren (unterschiedlicher) Einfluss auf Krankwerden). Auch könnte bei den Ergebnissen der Vorschulkindern bei der Wettkampf-Bildergeschichte von Kuhn und Pearsall (2000) ein semantisches Missverständnis zugrunde liegen, anstatt ein fundamentales Defizit. Im Folgenden werde ich in den drei angesprochenen Bereichen Studien vorstellen, die

eben diese Fähigkeiten mit möglichst einfachen Aufgaben bei Vor- und Grundschulkindern geprüft haben.

3.1 Beispiel: Experimentierfähigkeit

Innerhalb einer grossangelegten Längsschnittstudie (LOGIC) testeten Bullock und Ziegler (1999) und Bullock und Sodian (2003) Experimentierstrategien von Kindern zwischen ihrem 8. und 21. Geburtstag. So wurde den Kindern in einer Aufgabe beispielsweise von einem Flugzeugingenieur, Herrn Müller, erzählt, der den Einfluss mehrerer Variablen (1. Höhenruder oben vs. unten, 2. spitze vs. runde Schnauze, 3. doppelte vs. einfache Flugzeugflügel) auf den Treibstoffverbrauch eines Flugzeuges testen wollte. Den Versuchspersonen wurde gesagt, dass der Ingenieur annehme, dass die Position des Höhenruders einen Einfluss habe, und sie wurden gefragt, wie man das herausfinden könne. Getestet wurde, ob und wann im Laufe ihrer Entwicklung die Kinder spontan ein kontrolliertes Experiment vorschlagen, in dem (nur) die fokale Variable (Position des Höhenruders) variiert wird, während alle anderen Variablen konstant gehalten werden (Variablenkontrollstrategie). Neben der *spontanen Produktion* eines kontrollierten Experimentes wurden die Versuchspersonen in einer *Auswahlaufgabe* auch darauf hin getestet, ob sie ein *kontrolliertes Experiment erkennen* würden. Dazu bekamen die Kinder alle möglichen Varianten vorgelegt und sollten daraus auswählen, welche Flugzeugtypen Herr Müller bauen müsste, um seine Annahme zu testen. Die Ergebnisse von Bullock und Kollegen belegten, dass in der Tat weniger als 20% der Versuchspersonen im Alter von acht, neun, und zehn Jahren spontan ein kontrolliertes Experiment produzierten. Erst mit 17 und 21 Jahren taten die Versuchspersonen dies zu ca. 65%. Dieses Ergebnis ist konform mit den Ergebnissen der traditionellen Studien (z. B. Inhelder und Piaget) und scheint zu bestätigen, dass sich die Bewusstheit für die Notwendigkeit eines kontrollierten Experimentes und die Einsicht in die Variablenkontrollstrategie erst im Laufe der Sekundarschulzeit entwickeln. Allerdings konnten schon über 40% der Achtjährigen und über 60% der Neunjährigen ein kontrolliertes Experiment *auswählen* und dies auch korrekt begründen. Dies deutet darauf hin, dass Grundschulkindern ab diesem Alter schon über ein Grundverständnis der Hypothesenprüfung verfügen, auch wenn es ihnen schwerer fällt, diese Experimentierstrategie *spontan zu produzieren*.

Daneben konnten Bullock und Sodian (2006) mit ihren Längsschnittdaten zeigen, dass das Alter, in dem diese Strategie erstmals entdeckt und kontinuierlich angewendet wird, sich individuell stark unterscheidet (u.a.: 28% mit 11 Jahren, 26% mit 17 Jahren, 22% mit 21 Jahren). Diese individuellen Unterschiede sprechen gegen Piagets Annahme der globalen Entwicklung.

3.2 Testen von Hypothesen und Produzieren von Effekten

Frühe Kompetenzen konnten auch für die Unterscheidung zwischen dem Testen von Hypothesen und dem Produzieren von Effekten nachgewiesen werden. So gaben Sodian, Zaitchik und Carey (1991) Erst- und Zweitklässlern folgende Geschichte vor:

Zwei Brüder wissen, dass es in ihrem Haus eine Maus gibt. Sie wollen herausfinden, ob es sich um eine dicke oder um eine dünne Maus handelt, und wollen dafür nachts eine Schachtel mit Käse aufstellen. Auf die Frage, ob man eine Schachtel mit einer grossen Öffnung oder eine Schachtel mit einer kleinen Öffnung aufstellen muss, um herauszufinden, ob die Maus dick oder dünn sei, entschieden sich schon 60% der Erstklässer und fast alle Zweitklässer korrekt für das Aufstellen einer Mausefalle mit einer *schmalen* statt einer breiten Öffnung. Denn nur dann kann aus dem Vorhandensein oder Nicht-Vorhandensein des Käses auf die Dicke der Maus geschlossen werden (wenn er noch da ist, war die Maus dick und ist nicht durch die Türe gekommen). Wichtig ist aber, dass diese Kinder sich gleichzeitig auch für die Schachtel mit der grossen Öffnung entschieden, wenn ihnen in einer anderen Aufgabe gesagt wurde, dass die Brüder *sicherstellen wollten*, dass die Maus auf jeden Fall den Käse bekommt. Dies zeigt, dass Kinder in der Grundschule spätestens ab der zweiten Klasse in relativ einfachen Aufgaben, die keine weiteren Gedächtnisanforderungen stellen, durchaus schon zuverlässig zwischen dem Testen einer Hypothese und dem Produzieren eines Effektes unterscheiden können.

3.3 Interpretation von Kovariationsdaten

Schliesslich soll noch kurz auf das Kovariationsverständnis von Vorschulkindern eingegangen werden. Können Vorschulkinder bewusst zwischen Hypothesen bzw. Theorien auf der einen Seite und Daten/Evidenz auf der anderen Seite unterscheiden? Können sie, wie oben angedeutet, ihre eigenen Theorien und Hypothesen zum Gegenstand bewusster Reflexion machen?

Es ist unbestritten, dass schon Vierjährige Hypothesen/Vermutungen über Zusammenhänge bilden (z. B. rote Kaugummis machen schlechte Zähne), wenn sie entsprechende Daten sehen. Viel wichtiger ist aber, dass diese Kinder auch verstehen, dass eine Person, die eine bestimmte Überzeugung hat, diese aufgrund gegenteiliger (perfekt kovariierender) Daten revidiert (Koerber, Sodian, Thoermer & Nett, 2005). Um dies zu testen, haben wir den Kindern zunächst eine Puppe «Robby» und deren *Überzeugung/Hypothese* vorgestellt, dass eine bestimmte Kaugummisorte (grüne Kaugummis) schlechte Zähne macht. Nach einer Gedächtniskontrollfrage haben wir den Kindern und Robby dann *Gegenevidenz* in Form von Bildern gezeigt, auf denen Kinder grüne Kaugummis assen, aber gesunde Zähne hatten, und gleichzeitig Bilder, auf denen Kinder rote Kaugummis assen und schlechte Zähne hatten. Die Kinder sollten nun schlussfolgern, was Robby, nachdem er die Bilder gesehen hat, jetzt glaube. Sind die Kinder in der Lage, jemand anderem eine Revision seiner ursprünglichen Hypothese aufgrund gegenteiliger Evidenz zuzuschreiben, so ist dies ein Hinweis darauf, dass sie Hypothese und Evidenz klar unterscheiden können und ein Verständnis der Hypothese-Evidenz Beziehung haben. In der Tat waren jeweils etwa 90% der vier-, fünf- und sechsjährigen Kinder dazu in der Lage. Allerdings gilt dies vor allem dann, wenn die Evidenz in perfekter Kovariation (alle Kinder, die rote Kaugummis essen haben schlechte Zähne, und alle Kinder, die grüne Kaugummis essen, haben gute Zähne) vorliegt und wenn die Kinder selbst keine starke gegenteilige Überzeugung haben.

Noch ein weiterer interessanter Befunde sei hier erwähnt: Im wissenschaftlichen Kontext werden Daten üblicherweise in Form von Diagrammen und Graphen dargestellt. Wir haben in unseren Experimenten herausgefunden, dass nach einer kurzen Einführung in die Konventionen der Repräsentationsform (x-Achse, y-Achse, Legende) Kindergartenkinder ebenso leicht und gut Evidenz aus Säulendiagrammen interpretieren wie aus realistischen Bildern (Koerber et al., 2005).

3.4 Fazit

Zusammengefasst zeigen die Befunde, die in Kapitel 3 besprochen wurden, dass bereits Vorschulkinder über einige grundlegende Fähigkeiten im Bereich des formal-wissenschaftlichen Denkens verfügen. Unter adäquaten, altersangepassten Anforderungen können schon Grundschulalter schlüssige, kontrollierte Experimente zur Beantwortung einfacher Fragestellungen *auswählen*, sie unterscheiden zwischen Hypothesen/Überzeugungen und Evidenz/Daten und sie verstehen, dass Hypothesen aufgrund gegenteiliger Evidenz revidiert werden können. Dies ist zumindest dann der Fall, wenn ihnen klare, eindeutige Daten gezeigt werden und sie selber keine gegenteilige Hypothese haben. Darüber hinaus können sie Evidenz sowohl aus Bildern als auch aus hochstrukturierten Repräsentationsformen wie Säulendiagrammen interpretieren.

Die Metapher vom Kind als Wissenschaftler hat also ihre Berechtigung. Kinder nutzen nicht nur empirische Beobachtungen zur Bildung, Prüfung und Revision von Hypothesen, sondern sie sind auch schon im Vorschulalter zu grundlegenden Reflexionen über diesen Prozess fähig.

Dennoch gibt es mit zunehmendem Alter noch Entwicklungen im formal-wissenschaftlichen Verständnis. Diese betreffen u.a. die spontane Produktion von kontrollierten Experimenten (Variablenkontrollstrategie) im Sekundarschulalter und die Interpretation von komplexeren Kovariationsmustern.

4. Implikationen für die Didaktik des Vor- und Grundschulalters

Welche Implikationen haben diese Befunde nun für die Didaktik im Vor- und Grundschulalter? Zunächst sind diese Befunde wichtig, um die Bezugs- und Lehrpersonen der Vier- bis Achtjährigen über die Fähigkeiten und Kompetenzen ihrer Schüler im formal-wissenschaftlichen Denken in Kenntnis zu setzen. Ein adäquates Wissen von Lehrpersonen über den Ausgangsstand ihrer Schüler ist nicht selbstverständlich, wie eine Studie von Hengartner und Röthlisberger (1995) zeigte¹. Sie fanden beispielsweise heraus, dass die von ihnen untersuchten Lehrer die Rechenfähigkeit von neu eingeschulerten Kindern in ihrer Klasse massiv unterschätzten.

¹ Für diesen Hinweis danke ich Herrn Prof. Kornmann

Zweitens haben die oben genannten Befunde auch Implikationen für den Einsatzzeitpunkt und die Art der Förderung. Wir können schon früher als in der traditionellen Entwicklungspsychologie angenommen mit formal-wissenschaftlichem Denken rechnen. Konkret heisst dies, dass Experimente und (natur)wissenschaftlicher Unterricht nicht erst im Sekundarschulalter (formal operatorisches Stadium nach Piaget) einsetzen sollten, sondern dass Lehrer formal-wissenschaftliches Denken schon in der Vor- und Grundschule fördern und fordern können und Lerngelegenheiten bieten sollten.

Wie sollte diese Förderung aussehen? Aus den Befunden der LOGIC- Studie wurde deutlich, dass Kinder im Grundschulalter zwar selber noch nicht spontan korrekte Experimentierstrategien anwenden, dass sie aber wesentlich besser sind, wenn ihnen ein Rahmen vorgegeben wird, wie z. B. die Auswahl aus mehreren Experimenten. Dies ist vereinbar mit der Forderung nach *moderat konstruktivistischem* Unterricht, in dem Elemente des Konstruktivismus (hohe Eigenaktivität des Schülers, Bezug zu Alltagsproblemen, Kooperation der Schüler untereinander, Ermutigung zur aktiven Umstrukturierung von Misskonzepten) mit instruktionspsychologischen Ansätzen wie *Strukturierungselementen* von Seiten des Lehrers gekoppelt werden. Wichtig für den Vor- und Grundschullehrer ist also, das Kind mit Experimentiermöglichkeiten und seinem Forschungsinteresse nicht alleine zu lassen, sondern es durch die Einbettung der Aufgaben in einen sinnvollen Kontext, gezielte Fragestellungen («Was vermutest du ist für x verantwortlich?», «Wie könntest du dies herausfinden?» «Woran kannst du sehen, dass...?»), Anregungen zur Kooperation und zur gemeinsamen Reflexion der Ergebnisse in Verbindung mit dem vorher Vermuteten zu begleiten.

Die entwicklungspsychologische Forschung zeigt auch, dass es wichtig ist, sich zunächst auf eine Sache (Variable) zu konzentrieren und aufgabenirrelevante Anforderungen gering zu halten. Auch sollte der Lehrer bei einem Experiment dazu anregen, dass sich die Kinder Notizen über den Verlauf (was wurde variiert) und über die Ergebnisse machen. Wie unsere Studien zeigten, ist es selbst im Vorschulalter schon möglich, hochstrukturierte Repräsentationsformen, wie Diagramme, erfolgreich einzusetzen. Junge Schüler benötigen keine «Schonzeit», um sie mit adäquatem Material (Diagramme) vertraut zu machen. Im Gegenteil, es gibt Hinweise darauf, dass eine zu spät einsetzende Einführung in Diagramme und Graphen dazu führt, dass sich Schüler schon vorher (manchmal hartnäckige und falsche) Vorstellungen über deren Gebrauch machen (Mevarech & Kramarsky, 1997).

Es gibt weiter Hinweise darauf, dass formal-wissenschaftliches Denken im Grundschulalter erfolgreich in einem wissenschaftstheoretischen Curriculum trainiert werden kann. So setzten neun- und zehnjährige Kinder, deren Verständnis von wissenschaftlichen Erkenntnisprozessen trainiert wurde, dies erfolgreich in einer spontanen Anwendung der Variablenkontrollstrategie bei der in der LOGIC-Studie beschriebenen Flugzeugaufgabe um (Sodian, Thoermer, Kircher, Grygier & Günther, 2002).

Formal-wissenschaftliches Denken ist nicht nur per se eine wichtige Kompetenz, mit der Kinder sich ihre Welt erschliessen, es gilt auch als bereichübergreifende Voraussetzung für die Entwicklung physikalischer, chemischer und biologischer Konzepte. Daher animieren die dargestellten Befunde dazu, formal-wissenschaftliches Denken im Vor- und Grundschulalter ernst zu nehmen und die Schüler in altersadäquater Form an den wissenschaftlichen Erkenntnisprozessen heranzuführen.



Literatur

- Bullock, M. & Sodian, B.** (2003). Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens. In W. Schneider & M. Knopf (Hrsg.), *Entwicklung, Lehren und Lernen* (S. 75–92). Göttingen: Hogrefe.
- Bullock, M. & Sodian, B.** (in press). Scientific thinking. In W. Schneider (Ed.), *Longitudinal Study on the genesis of individual competencies. Report No 14. Assessment, procedures, and results of wave 11*.
- Bullock, M. & Ziegler, A.** (1999). Scientific reasoning: Developmental and individual differences. In F.E. Weinert & W. Schneider (Hrsg.), *Individual Development from 3 to 12. Findings from the Munich Longitudinal Study* (S. 38–60). Cambridge: Cambridge University Press.
- Elschenbroich, D.** (2005). *Weltwunder: Kinder als Naturforscher*. München: Verlag Antje Kunstmann.
- Gopnik, A., Kuhl, P. & Meltzoff, A.** (2001). *Forschergeist in Windeln*. München: Piper.
- Hengartner, E. & Röthlisberger, H.** (1995). Rechenfähigkeit von Schulanfängern. In H. Brügelmann, H. Balhorn & I. Füssenich (Hrsg.), *Am Rande der Schrift. Jahrbuch der Deutschen Gesellschaft Lesen und Schreiben 6* (S. 66–86). Bottighofen: Lybelle Verlag.
- Inhelder, B. & Piaget, J.** (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. New York: Basic Books.

Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens

- Koerber, S., Sodian, B., Thoermer, C. & Nett, U.** (2005). Scientific reasoning in young children: Preschoolers' ability to evaluate covariation evidence. *Swiss Journal of Psychology*, 64 (3), 141–152.
- Kuhn, D., Amsel, E. & O'Loughlin, M.** (1988). *The development of scientific thinking skills*. San Diego: Academic Press.
- Kuhn, D. & Pearsall, S.** (2000). Developmental origins of scientific thinking. *Journal of Cognition and Development*, 1, 113–129.
- Mevarech, Z. R. & Kramarsky, B.** (1997). From verbal descriptions to graphic representations: Stability and change in students' alternative conceptions. *Educational Studies in Mathematics*, 32, 229–263.
- Sodian, B.** (1998). Wissenschaftliches Denken. In D. Rost (Hrsg.). *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 789–794). Weinheim: Beltz/PVU.
- Sodian, B., Thoermer, C., Kircher, E., Grygier, P. & Günther, J.** (2002). Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45, 192–206.
- Sodian, B., Zaitchik, D. & Carey, S.** (1991). Young children's differentiation of hypothetical beliefs from evidence. *Child Development*, 6, 753–766.

Autorin

Susanne Koerber, Dr., Ludwig-Maximilians-Universität München, Departement Psychologie, Lehrstuhl für Entwicklungspsychologie, Leopoldstrasse 13, D-80802 München, koerber@edupsy.uni-muenchen.de