

Entwicklung logisch-mathematischen Denkens

Ein Integratives Modell für die Fortbildung

ADELHEID MÜLLER

Zur kognitiven Strukturierung des logisch-mathematischen Denkens existiert bisher kein umfassendes und unumstrittenes Modell (HELLMICH, 2007). An dieser Stelle wird ein Modell vorgestellt, das für die Fortbildung von Pädagogen entwickelt wurde. Es bildet verschiedene Bereiche der Denkentwicklung über mehrere Altersstufen hinweg ab wie Aufmerksamkeitssteuerung, räumliche Vorstellung, Mengenvorstellung, räumlich-analoge Zahlenvorstellung und Sprachentwicklung (in hier relevanten Aspekten) in ihrem Zusammenwirken für die logisch-mathematische Denkentwicklung. Die mögliche Rolle des Arbeitsgedächtnisses wird integriert. Die kognitiven Entwicklungsprozesse werden mit neurologischen Untersuchungen vernetzt. Als ein zentrales Moment wird der Übergang von der Mengenvorstellung zur räumlich-analogen Zahlenvorstellung dargestellt (mentale Quantelung).

1 Einleitung

Für das vorzustellende integrative Modell zur Entwicklung der kognitiven Strukturierung logisch-mathematischen Denkens wird u. a. auf Arbeiten von DEHAENE (1999, 1992) und VON ASTER (2006) zurückgegriffen. Das Vier-Stufenmodell zum zeitlichen Aufbau zahlenverarbeitender Hirnfunktionen nach VON ASTER, KUCIAN & MARTIN (2006) beschreibt als Stufe 1 das Unterscheiden von Mengen im ersten Lebensjahr; als Stufe 2 das verbale Abzählen im Vorschulalter; als Stufe 3 das schriftliche Rechnen im Schulalter und als Stufe 4 das Schätzen, Vergleichen und Überschlagen ebenfalls im Schulalter.

Die in diesen Stufen im Vordergrund stehenden Handlungen sind mit den jeweils vorrangig aktiven Hirnregionen verknüpft. Die Arbeiten von VON ASTER greifen dabei auf die Untersuchungen von DEHAENE zurück, der mit dem »triple-code-model« (1992) seine intensiven neurologischen Forschungen zur kognitiven Bearbeitung der Kodierungsaspekte Sprache,

arabische Schreibweise und analoge Größenvorstellung der Zahl zusammenfügte. Das »triple-code-model« postuliert, dass Zahlen und deren Beziehungen in drei neurologischen Bereichen (Modulen) vernetzt bearbeitet werden.

DEHAENE nennt diese Funktionsbereiche sprachlich-alphabetisches Modul, visuell-arabisches Modul und semantisches Modul. Beide Modelle geben Auskunft darüber, welche Hirnfunktionen und -regionen bei welcher Art der Zahlverarbeitung aktiv sind.

In dem hier vorzustellenden Modell wird die prozesshafte Entwicklung des logisch-mathematischen Denkens bis zu einem Alter von etwa acht Jahren unter Einbeziehung der Entwicklung der Aufmerksamkeitssteuerung, der räumlichen Vorstellungsfähigkeit und des Arbeitsgedächtnisses dargestellt. Voraussetzungen zum Aufbau der räumlich-analogen Zahlenvorstellungen werden hergeleitet. Das Modell setzt eine positive psychoemotionale Entwicklung als wesentliche Grundlage



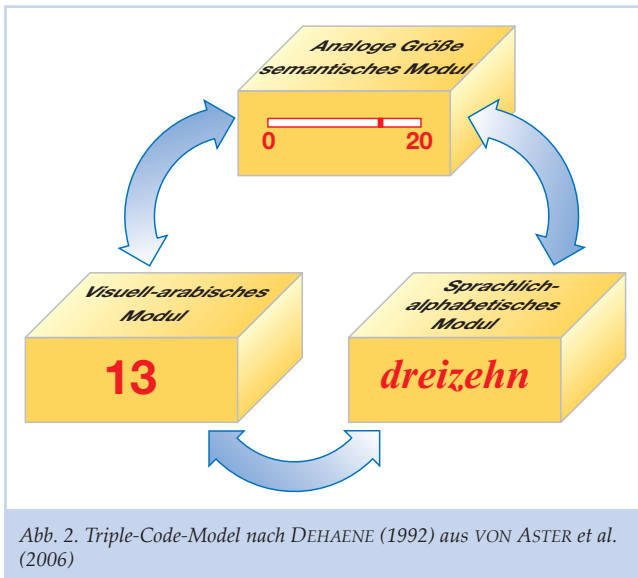
Kapazität Arbeitsgedächtnis	1. Stufe	2. Stufe	3. Stufe	4. Stufe
Repräsentation	Konkrete Mengengröße (Kardinalität) 	Zahlwortreihe <i>/eins/zwei/...</i>	Visuell arabisches Zahlensystem <i>...13, 14, 15...</i>	Abstrakte Zahlenraumvorstellung (Ordinalität) 
Lokalisation	biparietal	links präfrontal	biokzipital	biparietal
Funktion	Unterscheiden von Mengen	Zählen, Abzählen, arithmetische Zählprinzipien	Schriftliches Rechnen gerade/ungerade	Schätzen, Überschlagen, Vergleichen
	1. Lebensjahr	Vorschulalter	Schulalter	
				Zeit

Abb. 1. Vier-Stufenmodell der Entwicklung der zahlenverarbeitenden Hirnfunktionen aus VON ASTER et. al. (2006)



für Selbstbildungsprozesse voraus. Deren Ermöglichung ist nicht Teil des Modells.

Die Entwicklung dieses Modells basiert einerseits auf der Berücksichtigung empirischer Untersuchungen und andererseits auf qualitativen Beobachtungen, Analysen und Schlussfolgerungen aus der 12-jährigen, therapeutischen Arbeit mit Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen mit besonderen Schwierigkeiten im Rechnen.

2 Das Modell

Die logisch-mathematische Entwicklung ist mit der Entwicklung unterschiedlichster Fähigkeitsbereiche wie Sprachentwicklung, Aufmerksamkeitssteuerung, Gedächtnisleistung und visuell-räumlicher Wahrnehmung eng verknüpft. Eine Reihe von Untersuchungen existiert zu isolierten Kompetenzen und korreliert mit mathematischen Fähigkeitselementen. Das mehrdimensionale Zusammenspiel zur Entwicklung der Kompetenzen wird hier modellhaft betrachtet. Dafür wurden in theoretischer Anlehnung an VON ASTER und DEHAENE der Ausgangspunkt »angeborene Mengenvorstellung« (erstes Lebensjahr) und das Entwicklungsziel »operationalisierbare abstrakte analoge Zahlvorstellung« (Schulalter, ca. sieben Jahre) definiert.

Die Beschreibung der Entwicklungsschritte folgt den Metakategorien »Räumliches Vorstellungsvermögen«, »Sprachfähigkeit« und »Steuerung der Aufmerksamkeit« unter Berücksichtigung der Funktion des Arbeitsgedächtnisses und neurologischer Untersuchungen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde die Festlegung der Metakategorien hier auf die logisch-mathematischen Elemente der kognitiven Entwicklung beschränkt, wenngleich sensorische, physische und psychoemotionale Entfaltungprozesse eine notwendige und unverzichtbare Basis der beschriebenen Entwicklung darstellen.

Die Metakategorie »Räumliche Vorstellungsfähigkeit« ist gegliedert in die Unterkategorien

- a) allgemeine Entwicklung der räumlichen Fähigkeiten bezogen auf für das quantitative Denken relevante Aspekte und
- b) räumlich-analoge Größenvorstellung des semantischen Moduls (räumlich-analoge Zahlenvorstellung).

Entsprechend wird in der Metakategorie »Sprachfähigkeit« zwischen allgemeiner Entwicklung spezifischer sprachlicher Fähigkeiten und sprachlich-alphabetischem Modul unterschieden.

Eng verknüpft mit diesen Kategorien wird die Entwicklung der Kategorie der Aufmerksamkeitssteuerung und -leistung gesehen. Diese Kategorie dient als Einstieg in die Betrachtung der Entwicklungsstufen, die nach Lebensalter gegliedert sind.

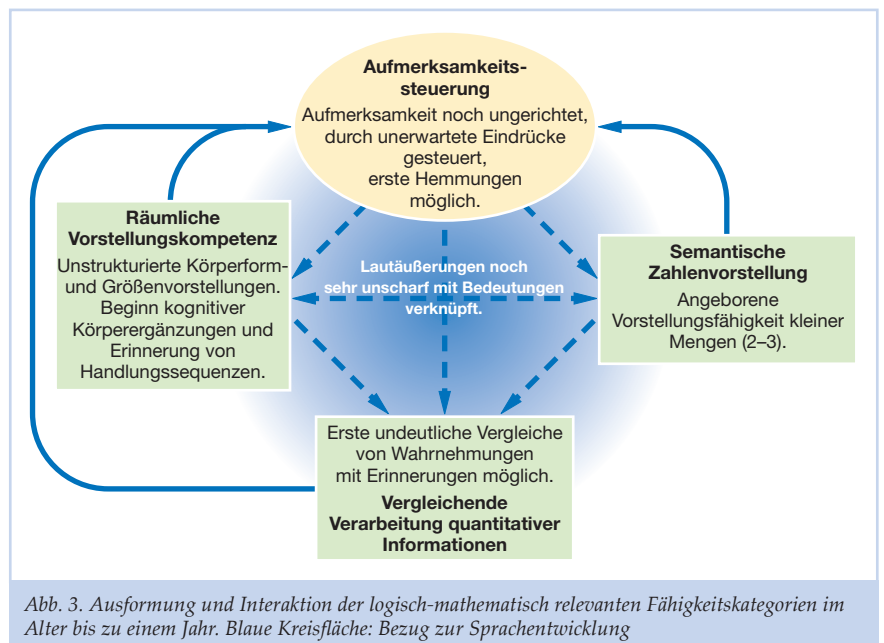
3 Die Entwicklungsverläufe

3.1 Erstes Lebensjahr

Im Lebensalter von null bis eins wird die Aufmerksamkeit des Kindes von allen neuen und unerwarteten Sinneseindrücken angezogen.

Erste Anfänge von Kategorisierungen im Sinne von Hemmung (Abbruch der Aufmerksamkeit) vs. Reaktion (Binden der Aufmerksamkeit) werden vollzogen. Das Kind verfügt über eine angeborene Mengenvorstellung kleiner Mengen (WYNN, 1992). Auf der allgemeinen Seite der Entwicklung der räumlichen Vorstellungsfähigkeit sind noch relativ unstrukturierte Körperform- und Größenvorstellungen zu verzeichnen. Dabei setzt das Verstehen einfacher raum-zeitlicher Muster, das kognitive Ergänzen verdeckter Körper, Einsicht in einfache Objektpermanenzen und die Erinnerung von Handlungssequenzen ein (RAUH, 1998, 216). Das sprachlich-alphabetische Modul ist noch kaum gestaltet.

Die Interaktion dieser Fähigkeitsbereiche ist noch undeutlich und ungerichtet. Einige Wahrnehmungen (rudimentäre Körperformen und sehr kleine Mengen) treffen auf bereits vor-



handene räumliche Vorstellungsbilder. Ein großer Teil der synaptischen Verbindungen im Gehirn wird nach der Geburt abgebaut, aktivierte Verbindungen werden ausgebaut, einzelne Vorstellungen werden vertieft und erweitert. Die Aufmerksamkeit kann in ersten Ansätzen beeinflusst werden, z. B. bei unangenehmen Empfindungen gehemmt oder auf Unbekanntes länger gerichtet werden. Das ermöglicht erste Vergleiche von Wahrgenommenem mit inneren Bildern und von Folgezuständen mit erinnerten Ausgangszuständen, wie zu beobachten bei den Untersuchungen von WYNN (1992). Im vorliegenden Modell wird davon ausgegangen, dass die Vertiefung und Schärfung von Vorstellungsbildern mit einer Erhöhung der synaptischen Verknüpfung und damit mit einem erleichterten »Zugriff« verbunden ist.

3.2 Zweites bis viertes Lebensjahr

Im Lebensalter von eins bis vier entwickelt das Kind die Fähigkeit, ein Merkmal im Auge zu behalten. Damit wächst die Abstraktionsfähigkeit. Dies beeinflusst die Fähigkeit, Informationen zu filtern und festzuhalten. Übertragungen beginnen: Z. B. kann ein Kind wesentliche Merkmale einer realen Treppe in einem Puppenhaus wieder erkennen und versuchen, diese hinunter zu krabbeln. Die Kinder dieser Altersstufe zeigen gezieltes Erkundungsverhalten. Es ist ihnen nun möglich, große Mengenunterschiede zu erkennen bedingt durch die Differenzierung der räumlichen Vorstellungskompetenz, die zu einer wachsenden Abbildungsfähigkeit des visuell-räumlichen Arbeitsspeichers beiträgt. Durch die reifende Fähigkeit, einfache Merkmale (z. B. eine kleine Menge) zu fokussieren und zu übertragen, ist der Anfang der abstrakten Mengenvorstellung gemacht. Ein Kind holt z. B. zwei Kekse für zwei Kinder. Die Vorform des inneren Zahlenstrahles (DEHAENE, 1992) wird durch das abstrahierte mentale Abbilden von Längenausdehnungen und -vergleichen gebildet (z. B. beim Vergleichen der Höhe eines Regalfaches mit einer Kiste und der eigenen Körperlänge, um einen Gegenstand zu erreichen). Körpervorstellung und Größenvergleiche werden differenzierter, aber mehrere Größenaspekte (wie Höhe, Breite und Tiefe gleichzeitig) können noch kaum verknüpft werden. Dies zeigen die vielfach nachvollzogenen Umgießversuche nach PIAGET (vgl. STANGL, 2009). Die Orientierungsleistung im Raum entwickelt sich. Handlungen und deren Ziele sind jetzt plan- und vorstellbar. Nach BADDELEY (zitiert in HASSELHORN & GOLD, 2009, 74) werden Handlungen kognitiv über den visuell-räumlichen Arbeitsspeicher verarbeitet, dessen Ausdifferenzierung, wie oben angedeutet, durch die Zunahme der räumlichen Vorstellungsfähigkeiten gefördert wird.

Insofern beeinflusst die räumliche Vorstellungskompetenz den mentalen Umgang mit Mengen, quantitativen Bezügen, geometrischen Bezügen und zeitlichen Bezügen – also aufeinander folgende Ereignisse oder Handlungen – und umgekehrt. Zahlenamen, die zu Beginn der Entwicklungsphase über die Reihenfolge (LUIT, RIJT & HASEMANN, 2001) definiert sind, werden zum Ende dieser Entwicklungsstufe hin mit eindeutigen Mengen verknüpft. Der innere Umgang mit Serialitäten geht mit der dazu notwendigen Differenzierung der Richtungsvorstellung einher. Inne-

re und äußere Bilder können zunehmend sprachlich benannt und ausgetauscht werden. Dadurch werden Einzelbedeutungen vertieft, und das Erkunden von Zusammenhängen wird beschleunigt.

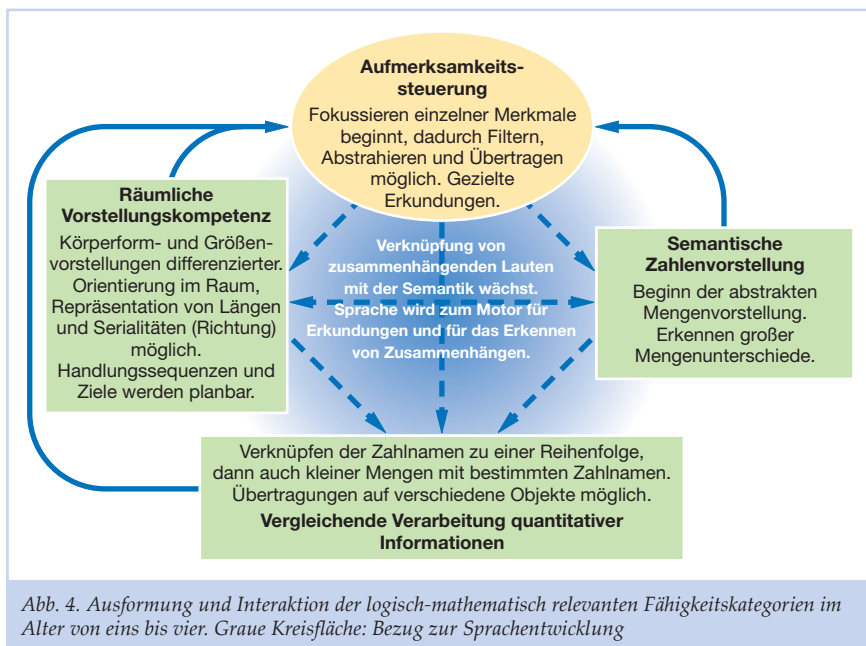
3.3 Fünftes bis siebentes Lebensjahr

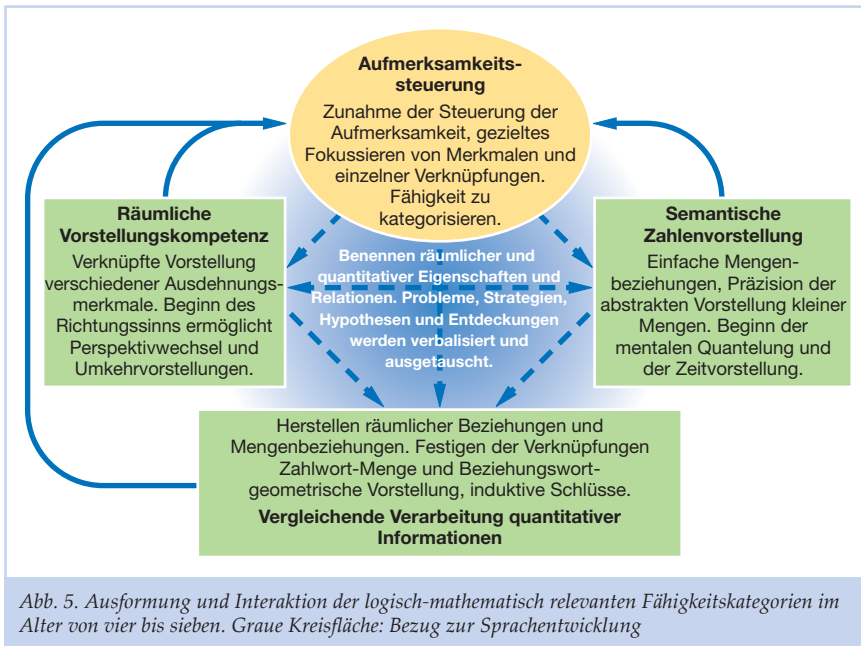
Im Lebensalter von vier bis sieben können durch die zunehmende Steuerungsfähigkeit der Aufmerksamkeit einzelne Merkmal gezielt verfolgt werden. Zugleich werden innere Vorstellungsbilder konturierter. Beide Vorgänge befördern sich gegenseitig. Die gewachsene Fähigkeit, sich auf ein Merkmal zu konzentrieren, ermöglicht das Bilden schlussfolgernder Hypothesen, die einen zentralen Teil der sogenannten prozeduralen Wissensstrukturen (vgl. ACT-Theorie von ANDERSON & LEBIERE, 1998) mit – dem logischen Denken zugrundeliegenden – Wenn-Dann-Bedingungsgefügen darstellen. Bei Problemlösestrategien können durch den differenzierteren Umgang mit Kategorien jetzt Prioritäten gesetzt werden.

Die abstrakte Mengenvorstellung wird präziser und in ihrer Übertragungsfähigkeit leistungsfähiger. Primär nicht zählbare Ausdehnungen wie Längen werden durch eine »mentale Quantelung« zählbar: Aus einer kontinuierlich wachsenden Größe wird mit Hilfe einer innerlich geschaffenen Einheit eine zählbare Menge. Nun sind die Voraussetzungen für den inneren Zahlenstrahl, die analoge Zahlenstrahlvorstellung, vervollständigt.

Die angesprochene Weiterentwicklung der Mengen- und Längenvorstellung benötigt eine weiter differenzierte räumliche Vorstellungsfähigkeit als »Werkzeug« zur inneren Abbildung der Längenverhältnisse. Die praktische Erfahrung im Umgang mit rechenchwachen Menschen bestätigt diesen Zusammenhang. Sie zeigt, dass eine mangelhaft aufgebaute räumliche Vorstellung in der Regel mit einer fehlenden analogen Zahlenstrahlvorstellung einhergeht.

Durch das Modell wird ein zentrales Moment auf dem Weg zur mathematisch funktionalen Zahlenvorstellung sichtbar: der Übergang der Mengenvorstellung zur analogen Zahlenraumvorstellung. Damit beginnt auch die Übertragungslei-





gorisierungen vorzunehmen, zur Weiterentwicklung des schlussfolgernden Denkens. Vielschichtige Kategorien können mit Hilfe des räumlichen Arbeitsspeichers als zwei- oder dreidimensionale Hierarchien vorgestellt werden. Dadurch werden Ordnungssysteme mit mehreren Ebenen möglich. Die analoge Zahlenvorstellung und deren Bedeutung für quantitative Zusammenhänge vertieft sich durch das Anwenden in Alltagszusammenhängen, und ein Verständnis für wissenschaftliche Vorstellungsweisen (z. B. Balkendiagramme, vgl. KOERBER, 2006, 192) bildet sich heraus. Die komplexere räumliche Vorstellung ermöglicht eine feinere Unterscheidung geometrischer Zusammenhänge. Dimensionalitäten, Perspektiven und Umkehrungen werden fassbar. Die erforderlichen Vorstellungspotenziale für komplexe Handlungen, kausale Strukturen und logische Hierarchien sind nun gebildet.

tung auf eine gequantelte Zeitvorstellung, Vorstellungen über Rhythmus werden gebildet. Es gelingt nun zunehmend, verschiedene Ausdehnungsmerkmale gleichzeitig zu beachten und in Beziehung zueinander zu setzen. In Konstruktionsspielen kommen diese Fähigkeiten zum Tragen – sie nehmen jetzt einen großen Raum ein (MONTADA, 1998, 566 f).

Der Richtungssinn wächst und wird für die Verarbeitung von Umkehrhandlungen und Perspektivwechsel benötigt. Das Wissen um die Serialität von Zahlwörtern wird gefestigt. Die innere Verknüpfung von Zahlwort und Menge wird vertieft, und Beziehungswörter wie »mehr« oder »länger« werden mit geometrischen Vergleichsvorstellungen (die ebenfalls auf einer gewachsenen räumlichen Vorstellungsfähigkeit basieren) verbunden. Die differenziertere Sprachfähigkeit beeinflusst die Qualität der »verbalen Schleife« des Arbeitsspeichers (HASSELHORN & GOLD, 2009, 72 ff). So wird das gleichzeitige innere Bearbeiten sprachgebundener und räumlicher Inhalte möglich. D. h. mit Hilfe der gewachsenen Fokussierungsfähigkeit kann jetzt eine dynamische Folge von Handlungen logisch entwickelt und gleichzeitig sprachlich begleitet werden. Hypothesen werden austauschbar. Die Kinder bereichern sich gegenseitig mit ihren Erfahrungen. Das Zusammenspiel von Sprache und Bedeutungsvorstellung befördert induktive logische Schlüsse (»4 + 4 muss eins mehr sein als 3 + 4«). Je stärker die Vorstellung eines Merkmales synaptisch mit der betreffenden Sprachrepräsentation vernetzt ist, umso häufiger wird die Merkmalvorstellung aktiviert, wenn das betreffende Wort gehört wird.

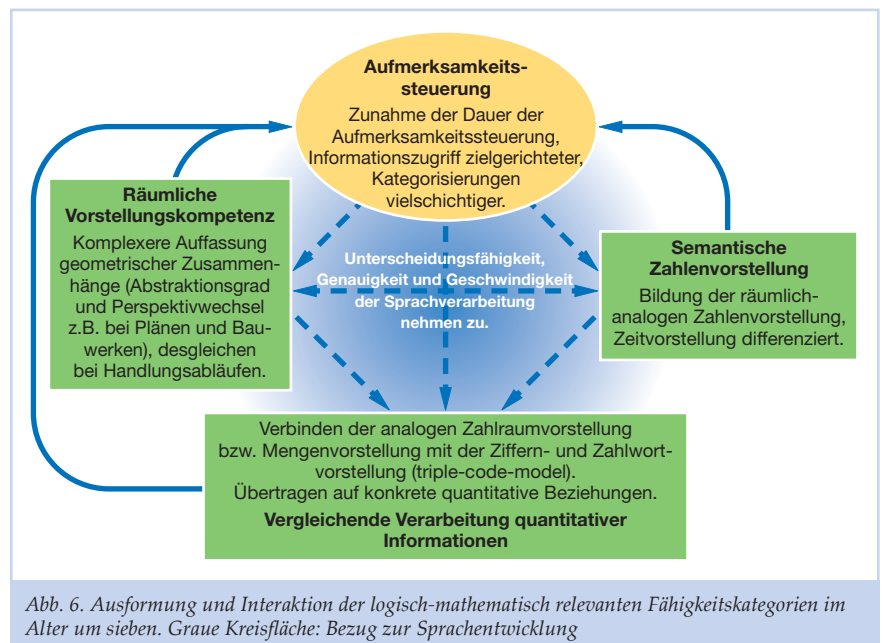
3.4 Ab achtem Lebensjahr

Ab dem achten Lebensjahr führt die gewachsene Steuerungsfähigkeit der Aufmerksamkeit, verbunden mit der ausgebauten Fähigkeit, logische Kate-

Die Zahlwörter im sprachlich-alphabetischen Modul und die Zahlsymbole im visuell-arabischen Modul sind jetzt mit der Mengen- und analogen Zahlraumvorstellung verknüpft. Der Aufbau der Vernetzung entsprechend dem Triple-Code-Model (DEHAENE, 1992) ist damit vollzogen.

In diesem Altersbereich befinden sich die Kinder bereits ein bis zwei Jahre in der Schule. Semantik, Sprache und nun auch Schriftzeichen verbinden sich. Mathematisch gilt dies für stufenweise sich vergrößernde Zahlen zuerst im Bereich der Strichoperationen, dann für abstrakter werdende Operationen (Multiplikation, Brüche, Potenzen, ...), Funktionen und ihre Umkehrungen.

Die Arbeit mit rechenschwachen Menschen im Alter bis Mitte dreißig zeigt, dass zur Bewältigung mathematischer Anforderungen der (therapeutische) Aufbau einer fundierten räumlich-analogen Zahlenvorstellung entscheidend ist. Bei guter



Compliance¹ gelingt in den nächsten Schritten auf der Basis dieser Zahlenvorstellung die Bildung (und Festigung) abstrakter Operationsvorstellungen bis in komplexe Oberstufenbereiche hinein. Die Praxis zeigt eine zweite wichtige Kompetenz, die in einfacherer Form bereits in der vorschulischen logisch-mathematischen Entwicklung bedeutsam ist: Die Fähigkeit, schnell und eindeutig abstrakt kategorisieren zu können, ist für den Umgang mit der Vielfalt an Zahlfunktionen in abstrakten Operationen notwendig. Problemstellungen, die für die betroffene Person zuvor als nicht bewältigbar eingeschätzt wurden, werden durch die Bildung der angesprochenen Kompetenzen lösbar. Das vorgestellte Modell lässt sich in erweiterter Form für die logisch-mathematische Entwicklung bis hin zur Oberstufe erfolgreich in Therapien mit rechenschwachen Menschen anwenden².

4 Praktische Anwendung des theoretischen Modells

Auf Grundlage dieses Entwicklungsmodells sind Fortbildungskonzepte für Erzieherinnen und Lehrerinnen entstanden. Im Mittelpunkt der Fortbildung steht der Ansatz, dass durch das Verständnis der logisch-mathematischen Denkentwicklung Kinder situativ passend unterstützt und Fehlentwicklungen frühzeitig erkannt werden können. Das hat den Vorteil, dass individuelle kindliche Handlungsimpulse pädagogisch aufgegriffen und ausgebaut werden können. Kinder erleben sich in solchen Lernsituationen als selbstwirksam und behalten dadurch die Lust am Entdecken, Entwickeln und Lernen. Das Verständnis der theoretischen Grundlagen wird mit den Fortbildungsteilnehmerinnen gemeinsam erarbeitet. Sie bringen ihre praktischen Erfahrungen ein, gemeinsam werden theoretische Bezüge extrahiert. Im Vorschulbereich kann so das Bildungspotenzial alltäglicher Handlungen hinsichtlich mathematischer Denkstrukturen erkannt und Impulse zum selbstkonstruierenden Lernen gegeben werden. Das Fortbildungskonzept hat sich in der Praxis bereits bewährt und ist durch das Landesinstitut für Schulentwicklung Baden-Württemberg zertifiziert. Ausführliche Beschreibungen von Fortbildungen, deren Evaluationen und theoretischen Grundlagen sind in einer Diplomarbeit (MÜLLER, 2011) zusammengefasst³.

Frau ELKE KAUSCHINGER gilt besonderen Dank für die Mitgestaltung des Artikels.

Literatur

ANDERSON, J. R. & LEBIERE, C. (1998). *The atomic components of thought*. Vahwah, NJ: Erlbaum.

ASTER, M. VON, KUCIAN, K. & MARTIN, E. (2006). Gehirnentwicklung und Dyskalkulie. *Sprache, Stimme und Gehör* 30, 1–6.

DEHAENE, S. (1992). Varieties of Numerical Abilities. *Cognition* 1992, 44, 1–42.

DEHAENE, S. (1999). *Der Zahlensinn oder warum wir rechnen können*. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser.

HASSELHORN, M. & GOLD, A. (2009). *Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Juventa.

HELLMICH, F. (2007). Möglichkeiten der Förderung mathematischer Vorläuferfähigkeiten im schulischen Bereich. *Bildungsforschung*, 4, 1. URL: <http://www.bildungsforschung.org/Archiv/2007-01/mathematik/> (21.5.2010).

KNIEVEL, J., DASEKING, M. & PETERMANN, F. (2010). Kognitive Basiskompetenzen und ihr Einfluss auf die Rechtschreib- und Rechenleistung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 42(1) 15–25.

KOERBER, S. (2006). Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Vier- bis Achtjährigen. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 24(2), 192–201.

KRAJEWSKI, K. (2005). Vorschulische Mengenbewusstheit von Zahlen und ihre Bedeutung für die Früherkennung von Rechenschwäche. In: HASSELHORN, M., MARX, H. & SCHNEIDER, W. (Hg.). *Diagnostik von Mathematikleistungen*. Göttingen: Hogrefe, 49–70.

LORENZ, J. H. (2005). Diagnostik mathematischer Basiskompetenzen im Vorschulalter. In: HASSELHORN, M., MARX, H. & SCHNEIDER, W. (Hg.). *Diagnostik von Mathematikleistungen*. Göttingen: Hogrefe, 29–48. Zitiert in MEYER et al., 2010.

LUIT, H. VAN, RIJT, B. VAN DE & HASEMANN, K. (2001). *Osnabrücker Test zur Zahlbegriffsentwicklung*. Göttingen, 7–9.

MÜLLER, A. (2011). *Förderung der logisch-mathematischen Entwicklung im Vorschulalter – Darstellung eines Fortbildungsansatzes zur Nutzung des didaktischen Potenzials alltäglicher Situationen*. Diplomarbeit am Institut für Erziehungswissenschaft der Universität Tübingen.

RAUH, H. (1998). Frühe Kindheit. In: OERTER, R. & MONTADA, L. (Hg.). *Entwicklungspsychologie*. München, Weinheim: Psychologie Verlags Union.

RENKL, A. (2009). Wissenserwerb. In: WILD, E. & MÖLLER J. (2009). *Pädagogische Psychologie*. Heidelberg: Springer, 4–25.

SCHWEITER, M., WEINHOLD-ZULAUF, M. & ASTER, M. VON (2005). Die Entwicklung räumlicher Zahlenrepräsentationen und Rechenfertigkeiten bei Kindern. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 16(2), 105–113.

STANGL, W. (2009): Werner Stangls Arbeitsblätter: Piaget. <http://arbeitsblaetter.stangl-taller.at/> KOGNITIVEENTWICKLUNG/Egozentrismus.shtml (7.5.2009).

STERN, E. (2005). Zahlenstrahl zündet Geistesblitze. *Max Planck Forschung*, 1, 36.

WYNN, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358, 749–750.

ADELHEID MÜLLER, adelheid.mueller@web.de, Beethovenweg 16, 72076 Tübingen, ist Diplomingenieurin und Diplompädagogin und arbeitet in den Bereichen frühkindliche Bildung, Erwachsenenbildung und Rechenschwäche-therapie.

¹ Bereitschaft eines Patienten zur aktiven Mitarbeit an therapeutischen Maßnahmen

² Die Online-Ergänzung zu diesem Beitrag enthält eine Fallbeschreibung eines jungen Erwachsenen mit Rechenschwäche.

³ Frau ELKE KAUSCHINGER gilt besonderen Dank für die Mitgestaltung des Artikels. ■