



Prof. Dr. Marianne Nolte, Professorin für Erziehungswissenschaft unter besonderer Berücksichtigung der Didaktik der Mathematik, besonders im Anfangsunterricht; Arbeitsschwerpunkte: Rechenstörungen bei Kindern und Erwachsenen, mathematische Hochbegabung im Grundschulalter

Neurowissenschaftliche und psychologische Grundlagenforschung – brauchen wir das wirklich für die Praxis?

Einführung

Maurice war 10 Jahre alt, als er wegen seiner Schwierigkeiten beim Rechnen in eine lerntherapeutische Praxis kam. Er hatte ebenfalls Probleme in der visuell-räumlichen Orientierung. Seine Verhaltensweisen waren sehr angepasst, d. h., er war ausgesprochen höflich und zuvorkommend. Das wirkte jedoch nicht natürlich, sondern so, als habe er Sorge, etwas nicht richtig zu machen. Maurice besuchte ein Gymnasium. Seine Leistungen in den meisten Fächern waren gut. Mit Klassenkameraden hatte er aber Probleme. Es fiel ihm schwer Freundschaften zu schließen. Verschiedene Situationen zeigten, dass er leicht in die Rolle des Verlierers kam. Oft wurden ihm Streiche allein angelastet, an denen er nicht allein beteiligt war und die er in der Regel nicht initiiert hatte. Seine Mutter war sehr besorgt um ihn und hielt den Kontakt mit der Schule aufrecht. Lehrpersonen dort hatten an Weiterbildungsmaßnahmen im Bereich sensorische Integration teilgenommen. Sie waren darum bemüht, das Kind zu unterstützen.

Maurice ist ein typisches Beispiel für ein Kind mit einer Teilleistungsstörung. Probleme in der visuell-räumlichen Orientierung werden häufig bei Kindern mit Rechenstörungen beobachtet. Das führt dann auch zu Schwierigkeiten in anderen Leistungsbereichen, die auf visuell-räumlichen Orientierungsleistungen beru-

hen. Maurice kann sich z. B. nicht auf einer Landkarte orientieren. Auch das Einschätzen von Situationen, von Gestik und Mimik anderer Personen fällt ihm schwer, was Unsicherheiten im Umgang mit anderen hervorruft und vermutlich zu seinem überangepassten Verhalten beiträgt.

Kinder wie Maurice finden wir häufig in lerntherapeutischen Praxen. Für sie müssen aus einer didaktischen Perspektive Lernsituationen angeboten werden, die ihnen ein rasches Aufarbeiten fehlender mathematischer Kompetenzen ermöglichen. Unterstützend wirken in Maurices Fall Übungen zur Entwicklung visuell-räumlicher Fähigkeiten. Es ist weiterhin wichtig, mit dem Kind Kompensationsmöglichkeiten zu besprechen, die ihm die visuell-räumliche Orientierung erleichtern. Dazu kommen seine psychischen Probleme. Es ist schön, wenn Kinder höflich sind, aber wichtig ist, dass dies mit einem angemessenen Selbstbewusstsein verbunden ist. Gespräche mit der Mutter und den Lehrpersonen sind ebenfalls entscheidend für die therapeutische Intervention, um gemeinsam Möglichkeiten der Arbeit mit dem Kind abzugleichen.

Kinder mit Lernstörungen haben im Alltag in der Regel kein klar abgrenzendes Problem. Es ist vielmehr meistens so, dass die Arbeit umfassend und komplex ist. Fehlende Kompetenzen im Leistungsbereich befinden sich in Wechselwirkung mit Schwächen



oder Störungen in Lernvoraussetzungen und/oder in der Entwicklung und sie stehen ebenfalls in Wechselwirkung mit den verschiedenen sozialen Umfeldern wie Elternhaus, Hort und Schule. In der Praxis gilt es für jedes dieser Kinder ein individuell zugeschnittenes Förderangebot zu entwickeln und im Verlauf des Förderprozesses ständig zu evaluieren und anzupassen. Die erfolgreiche Arbeit von LerntherapeutInnen basiert deshalb darauf, dass sie Kompetenzen aus den unterschiedlichsten Fachgebieten fallbezogen zusammenfügen können und für das Kind ein passendes therapeutisches Konzept entwickeln können.

Was zeichnet Forschung aus?

Forschung versucht verallgemeinerbare Aussagen zu finden und zu überprüfen. Sie entwickelt Theorien, z. B. über das Lernen. Dabei ist sie abhängig von technischen Möglichkeiten und wird ebenfalls vom Zeitgeist beeinflusst. Bildgebende Verfahren haben in den letzten 20 Jahren rapide Fortschritte gemacht und den Zugang zu Fragen eröffnet, die vorher undenkbar waren. Diese Techniken in der Forschung einzusetzen ist zur Zeit ebenso aktuell wie große Studien zur Bildung durchzuführen wie z. B. PISA (Artelt, Baumert et al. 2001).

Fallstudien

Hier gibt es sehr viele verschiedene Ansätze. Auch Forschung analysiert Fälle. Fallstudien, die sich auf einzelne Personen oder kleine Gruppen beziehen, erheben

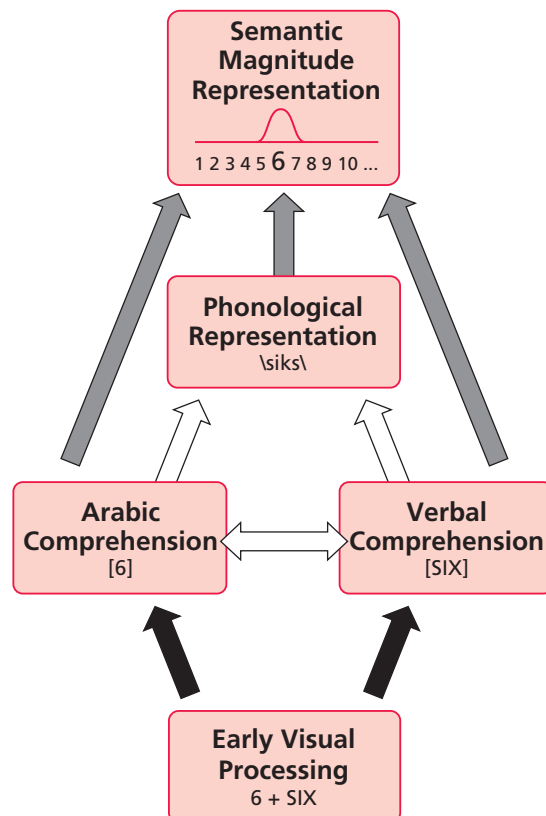
umfassende Wechselwirkungen von verschiedenen Faktoren. Sie schließen, je nach Fokus, oft die natürliche Umgebung ein, ganz so wie die lerntherapeutische Praxis oder gegebenenfalls auch die Praxis in der Schule. Auf diese Weise kann sehr genau ein Bedingungsgefüge erfasst werden. Dies ist mit dem Problem verbunden, dass die Aussagen spezifisch für den bestimmten Fall sind. Auf diese Weise kann Forschung aber Hypothesen generieren. Immer wieder neue Falldarstellungen ermöglichen es, diese Hypothesen zu verfeinern und das Gemeinsame und die Unterschiede der Fälle herauszuarbeiten. Studien dieser Art werden als qualitative Studien bezeichnet.

Qualitative Studien zeichnen sich durch ihre Flexibilität aus. Oft gibt es Leitideen, anhand derer verschiedene Fragen gestellt werden. Entscheidend ist aber, dass die Beobachter in der Situation frei sind, sich daran anzupassen, was gerade erforderlich ist. Wenn sich in einem qualitativen Interview ein Kind weigert, kann ein Spiel gespielt, die Fragestellung verändert oder es können andere Maßnahmen eingesetzt werden, um Zugang zu dem Kind zu gewinnen. Dieses den Bedingungen der jeweiligen Situation angepasste Vorgehen führt zu vertieften Einblicken in die Fragestellung. In einer Testsituation würde der Test abgebrochen. Damit läge zwar ein Ergebnis vor, das jedoch nur eine begrenzte Aussagekraft über das durch den Test zu messende hätte.

In der Neuropsychologie werden Fallstudien als wichtige Methode angesehen. Im Zusammenhang mit

Rechenstörungen bei Erwachsenen wurden z. B. Einzelfälle gesammelt und beschrieben, welche Folgen Verlustsyndrome wie Schlaganfälle oder Unfälle für die mathematischen Kompetenzen haben können. Da gibt es den Fall einer Frau G., die nach einem Schlaganfall nur noch bis 4 zählen kann. Sie kann nicht sagen, wie viele Tage eine Woche hat, wie alt sie ist oder welche Schuhgröße sie hat. Frau G. hat eine 13-jährige Schulbildung, und vor einem Schlaganfall die Rechnungen für das Familienhotel bearbeitet (Butterworth 1999). Beides lässt erwarten, dass sie vor dem Schlaganfall rechnen konnte und mit Größen wie Geld, Längen oder anderen alltagsrelevanten Größen umgehen konnte. Eine andere Person verfügt nicht mehr über bestimmte Einmaleinssätze wie $7 \cdot 7 = 49$, kann sich diese aber über arithmetische Gesetze wie $7 \cdot 7 = 7 \cdot 10 - 7 \cdot 3$ ableiten (Hittmair-Delazer, Semenza et al. 1994). Fälle wie diese bieten, gemeinsam betrachtet, eine wichtige Grundlage für die Entwicklung von Modellen über die Organisation unseres Wissens im Gehirn. Die Deutung verschiedener Befunde führte zu einer Isolierung von neuronalen Teilfunktionen, die bei der Informationsverarbeitung mathematischer Inhalte beobachtet werden konnten (Nolte 2001).

Eines der bekanntesten Modelle ist das Modell von Dehaene (1992). Es geht davon aus, dass wir drei unterschiedliche Module miteinander kombinieren, eins für die Fähigkeit, Zahlen als Folge arabischer Ziffern zu speichern, eins zu wissen, wie man sie liest und ausspricht zu entwickeln und ein weiteres Modul zu Vorstellungen über die Größe bzw. deren Bedeutung zu aktivieren.



(Dehaene und Akhaverin 1995, S. 315)

In diesem etwas erweiterten Modell beschreibt er die verschiedenen Komponenten, die zusammenwirken, wenn die Zahl 6 erfasst werden soll. Sie wird verbal oder als arabische Ziffer visuell identifiziert. Dabei wird ihre Bedeutung auf verschiedenen Ebenen erfasst. Sie wird gehört und gelesen, als 6 erkannt, ihre Größe, hier als Beispiel für den semantischen Gehalt, wird in eine Abfolge von Zahlen eingeordnet.

In der kindlichen Entwicklung wirken alle diese verschiedenen Aspekte zusammen. Kinder erwerben die Fähigkeiten zu zählen, sie lernen Vorstellungen zu Größen zu aktivieren, sie lernen Zahlen zu schreiben und zu lesen. Auch hier beobachten wir, dass Kinder nicht immer über alle Komponenten verfügen. Einige können zwar Zahlen aufschreiben, aber sie nicht lesen, einige entwickeln keine Vorstellungen dazu usw. In einem erfolgreichen Lernprozess wirken alle diese Module zusammen, in einem gestörten Lernprozess ist das häufig nicht der Fall.

Als Einzelfall betrachtet hilft uns eine Falldarstellung nicht weiter. Ob Frau G. noch rechnen kann oder nicht, ob sie ihre Schuhgröße noch kennt oder nicht, scheint zunächst keine Übertragung zuzulassen. Die Vielzahl der Fälle zeigt uns jedoch, dass Wissen in einzelnen Modulen gespeichert wird. Für das Lernen mathematischer Inhalte ist z. B. ein interessantes Ergebnis, dass die Einmaleinssätze wie $7 \cdot 7 = 49$ oder $12 \cdot 2 = 24$ einzeln gespeichert werden, die Multiplikation mit Null oder Eins hingegen auf dem Abruf von Regeln basiert: $a \cdot 1 = a = 1 \cdot a$ und $a \cdot 0 = 0 = 0 \cdot a$. Dies hat direkte Auswirkungen darauf, wie das Einmaleins gelernt wird. Die populärwissenschaftlichen Veröffentlichungen von Oliver Sacks machen es auch Laien leicht, die Phänomenologie verschiedener psychiatrischer bzw. neuro-wissenschaftlicher Störungsbilder nachzuvollziehen.

Für jede Forschung, insbesondere für qualitative Methoden, die sehr stark subjektive Bedingungen berücksichtigen müssen, ist es entscheidend, den Prozess der Forschung, der Vorgehensweisen, der Beobachtungen und der Analysen für andere transparent zu machen. Dies ermöglicht Kritik und Überprüfbarkeit der Forschungsergebnisse. Es unterscheidet Forschung an einzelnen Fällen von Erfahrungsberichten. Ich bin jetzt so lange Lehrerin und habe die Erfahrung gemacht, dass die Leistungen der Kinder immer schlechter werden! Eine solche Aussage basiert auf der Erfahrung einer einzelnen Person. Sollte überprüft werden, ob diese über eine persönliche Meinung hinausgeht, müssten die Bedingungen analysiert werden, aufgrund derer diese Lehrerin zu diesem Zeitpunkt zu dieser Einschätzung gelangt. Damit wäre immer noch nicht die Ebene der persönlichen Einschätzung verlassen. Ob es wirklich so ist, dass die Leistungen der Schülerinnen und Schüler in der Zeit ihrer Arbeit als Lehrerin schwächer geworden sind, müsste noch untersucht werden.

Quantitative Studien

Studien, die sehr viele Personen oder Situationen mit einbeziehen und statistische Aussagen über Häufigkeiten machen, führen zu Aussagen, die nicht so differenziert die Situation einzelner Personen oder einzelner Ereignisse widerspiegeln. Auf diese Weise gelingt es, ein allgemeines Bild zu erheben, das gleichzeitig für den Einzelfall nicht zutreffend sein muss. Diese Studien werden quantitative Studien genannt.

Quantitative Studien arbeiten mit sehr vielen Probanden. Die Auswahl der beteiligten Personen soll repräsentativ für eine bestimmte Gruppe sein. Gemessen werden bestimmte Merkmale, z. B. der Zusammenhang zwischen verschiedenen Kompetenzen und der absolvierten Ausbildung von Lehrpersonen (Blömeke, Kaiser et al. 2010; Döhrmann, Kaiser et al. 2010). Auch aus solchen Studien werden Modelle entwickelt. Sie öffnen den Blick für allgemeine Zusammenhänge und haben im Bildungsbereich oft Auswirkungen auf politische Entscheidungen. Aus der Praxis wissen wir, dass Kinder aus einem sozial schwachen Umfeld häufiger Probleme haben und geringere Unterstützung von den Eltern erfahren. Werden solche Beobachtungen durch Studien belegt, können damit politische Diskussionen angestoßen werden.

Die Ergebnisse verschiedener Studien zur Situation von Kindern mit Migrationshintergrund machen darauf aufmerksam, dass sprachliche Kompetenzen für schulische Bildungsprozesse wichtig sind. Dieses Wissen ist zunächst etwas, das jeder, der von den Ergebnissen dieser Studien gehört hat, sofort als selbstverständlich angesehen hätte. Eine solche Aussage ist jedoch unter einer wissenschaftlichen Perspektive nicht differenziert genug. Wir kennen Kinder, die gut deutsch sprechen, die in deutsche Kindergärten gingen und deren Eltern bereits in Deutschland geboren wurden. Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass gut deutsch sprechen ungenügend differenzierte Aussagen über die sprachlichen Kompetenzen macht, die in der Schule relevant sind. Z. B. die Forschungen von Gogolin (2006; Gogolin und Lange 2011) haben gezeigt, dass die im Unterricht verwendete Sprache andere Anforderungen stellt. Gogolin bezeichnet sie als *Bildungssprache*. Der Begriff weist auf die Spezifik der im Schul- und Bildungskontext benutzten Redemittel und zugleich darauf hin, dass diese Mittel auch in diesem Kontext erworben bzw. vermittelt werden müssen – eben weil sie für diesen spezifisch und anderswo eher ungebräuchlich sind. (Gogolin 2012, S. 162). Forschungen wie diese haben dazu geführt, dass in vielen Bundesländern bereits im Kindergartenalter Sprachförderung angeboten wird.

Quantitative Studien können die Besonderheiten des Einzelfalls nicht berücksichtigen. Sie werden standardisiert durchgeführt, das heißt z. B. alle bekommen den gleichen Fragebogen oder in Interviews werden

die Fragestellungen und die Durchführung genau vorgegeben. Auf diese Weise können Statistiken erstellt werden, die Aussagen über eine Gesamtheit zulassen, nicht aber über einen Einzelfall. Oft werden quantitative Studien eingesetzt, um auf andere Weise entwickelte Hypothesen zu überprüfen.

Was bewirken Studien?

Manche Studien erwecken den Anschein, dass sie gar nichts dazu beitragen können, die komplexen Fragen des Alltags zu verstehen. So wurde eine Untersuchung bekannt, mit der sinnlose Vokabeln an Land gelernt und abgefragt, im Wasser gelernt und abgefragt oder im Wasser gelernt und an Land abgefragt wurden und umgekehrt (Godden und Baddeley 1975). Die wenigsten Menschen werden beim Tauchen Vokabeln oder Gedichte lernen und erst recht keine sinnlosen Silbfolgen. Aber die Ergebnisse führten zu einer Deutung, die in weiteren Untersuchungen differenziert überprüft wurden. Ebenfalls wurde in weiteren Studien deren Design weiter entwickelt. Die Ergebnisse dieser ersten Studie lassen vermuten, dass es leichter ist, Informationen zu erinnern, wenn sie in der gleichen Umgebung, in der sie gelernt wurden, abgerufen werden. Die Untersuchungen verweisen auf die Rolle der Umgebung beim Lernen und Erinnern von Materialien. Wenn diese mit richtigen Wörtern oder anderem Material, das einen Sinn enthält, durchgeführt worden wären, wären die Ergebnisse nicht so klar gewesen, denn das Einprägen und das Abrufen von Informationen wird durch das bereits vorhandene Wissen beeinflusst. Ebenso würde eine natürliche Umgebung eine Vielfalt von Kriterien mit einbringen, die letztlich das Erinnern von Material mit steuern.

Experimente werden oft sehr stark eingeschränkt, damit die das Experiment ausmachenden Variablen kontrolliert werden können. Eine Untersuchung für sich allein ist oft noch wenig aussagekräftig. Oft werden die Versuche wiederholt, um sie zu bestätigen, oft werden kleine Veränderungen durchgeführt, um den Einfluss bestimmter Aspekte zu überprüfen.

Viele verschiedene Untersuchungen mit Variation der entsprechenden Variablen führen zur Entwicklung von Theorien. In Folge der Studie von Godden und Baddeley (1975) wurden weitere Studien durchgeführt, die sich mit dem Phänomen des Abrufens und Erinnerns von Inhalten und den sie beeinflussenden Variablen befassen. Welche Rolle spielen z. B. Hinweisreize und wie müssen diese genau beschaffen sein, damit sie den Abruf von Informationen erleichtern? Ist es immer sinnvoll Hinweise zu geben oder sind sie manchmal hinderlich? Wie kommt es, dass Hinweise in Laborsituationen den Abruf von Wissen erschweren, aber wir alle wissen, dass Hinweise die Erinnerung unterstützen können? Wie vielfältig bereits für eine eingeschränkte Fragestellung die Untersuchungsmethoden sind und wie sich damit die Hypothesen präzisieren, lässt sich z. B. bei Samenieh (2009) nachlesen.



Aus solchen Studien lassen sich für die Praxis folgende Schlüsse ziehen:

1. Wenn der Kontext des Lernens für den Abruf des Wissens wichtig ist, sich aber gleichzeitig in der Regel der Ort des Lernens und der Ort des Überprüfens unterscheiden, versuche ich mich an den Kontext des Lernens zu erinnern, bevor ich in eine Prüfung gehe. Wie sah die Umgebung aus, in der ich gelernt habe?
2. Wenn ich offensichtlich kontextspezifische Informationen mitlerne, kann ich diese nutzen, um mich zu erinnern: Ein Kind sollte Aufgaben zur Bruchrechnung bearbeiten und erinnerte sich nicht mehr an notwendige Verfahrensweisen. Die Erinnerung an den Kontext, in dem gelernt wurde, half dem Kind sich auch an den mathematischen Inhalt zu erinnern (Doblaev 1969). *Kannst du dich erinnern, was wir gelernt haben, als ich euch Murmeln mitgebracht habe?* Dies kann eine typische Frage sein, die ein Kind darin schult, sich über den Kontext einem bestimmten Inhalt zu nähern.

Studien eröffnen eine Diskussion unter Wissenschaftlern bevor aus den Ergebnissen verschiedener Studien eine Theorie gebildet wird. Ein Beispiel für eine solche Diskussion aus der Mathematikdidaktik soll hier vorgestellt werden. Im Zusammenhang mit der Bearbeitung von Sachaufgaben zeigen viele Schülerinnen und Schüler Herangehensweisen, die deutlich machen, dass sie sich nicht mit dem sachlichen Gehalt der Fragestellung befassen. Unsinnige Aufgaben, die zum Nachdenken veranlassen sollen, finden sich deshalb bereits in Schulbüchern vom Anfang des 20. Jahrhunderts. Ein Beispiel neueren Datums: 10 Musiker spielen einen Marsch in 4 Minuten. Wie lange brauchen 5 Musiker? (Athen und Griesel 1973), S. 85). In einer Studie untersuchte Radatz (1983) wie Kindergarten- und Schulkinder Sachaufgaben bearbeiten. Neben den üblichen Sachaufgaben stellte er auch unsinnige Aufgaben. Bezüglich unsinniger Aufgaben beobachtete er, dass sich Kindergartenkinder und Erstklässler

deutlich mehr mit dem Sachinhalt befassen als Kinder der dritten und vierten Klassen. Während in der ersten Gruppe nur 10,7 % der Kinder sich an einer Lösung versuchten, waren es unter den älteren Kindern 70,7% (Radatz 1983, S. 214). Diese Ergebnisse werden dahingehend gedeutet, dass die schulische Sozialisation Kindern den Eindruck vermittelt, alle vorgegebenen Aufgaben seien lösbar. Provokativ könnte man fragen, ob der Unterricht negative Auswirkungen auf die Fähigkeit der Kinder hat, Sachaufgaben zu lösen. Freudenthal (1984) wies im Zusammenhang mit unsinnigen Aufgaben (Kapitänsaufgaben) auf den magischen Kontext hin, den Kinder suchen um Aufgaben einen Sinn zu verleihen. Mit der Veröffentlichung der Untersuchungen von Baruk (1989) als Buch wurde eine breite Diskussion um unsinnige Aufgaben eröffnet. Mit ihren Veröffentlichungen hat sich die Bezeichnung Kapitänsaufgaben für diese Aufgabenklasse durchgesetzt, weil eine der von ihr eingesetzten Aufgaben lautete: Auf einem Schiff befinden sich 26 Schafe und 10 Ziegen. Wie alt ist der Kapitän? Die meisten der Zweit- und Drittklässler antworteten, der Kapitän sei 36 Jahre alt. Die Veröffentlichung dieser Befunde verbunden mit den provozierenden Ergebnissen der Studie von Radatz (1983) löste eine große Diskussion aus. Zunächst bestätigten weitere Studien die Befunde. Eine der Fragen war, ob sie diese Ergebnisse auch in anderen Ländern wiederholen konnten. Das war der Fall. Auch andere Kinder suchten bei vergleichbaren Aufgaben nach Lösungen und produzierten Ergebnisse. Burmester und Bönig (1994) fragten, ob eine Variation der Aufgabenvorgabe zu gleichen Ergebnissen führen würde und wiesen die Kinder darauf hin, die Aufgabenstellungen auf ihren Sinn hin zu überprüfen. Damit wurde der Anteil der Bearbeitung unsinniger Aufgaben drastisch reduziert. Weitere Studien bestätigten den Einfluss von Hinweisen wie: *einige der Aufgaben sind nicht lösbar* (Stern 1992; Selter 1994) auf die Vorgehensweise der Kinder. Selter (1994) führte darüber hinaus Interviews mit den Kindern durch und befragte sie nach Begründungen für ihre Vorgehensweisen. Die Ergebnisse dieser Interviews führten zu interessanten und lustigen Antworten.

ten seitens der Kinder. Selter griff den Gedanken von Freudenthal (1984) auf. Er veränderte mit seiner Suche nach einem Sinn in unsinnigen Antworten die Perspektive weg von einer defizitorientierten Perspektive auf Kinder und Unterricht hin zu Überlegungen, welchen Sinn es für die Kinder machen könnte, solche Aufgaben zu bearbeiten. Eine kompetenzorientierte Perspektive ist seit langem die Basis für eine erfolgreiche Lerntherapie. Die Analyse seiner Interviews macht deutlich, dass der Unterricht die Kinder nicht verumt, sie hingegen nach einem Sinn in unsinnigen Aufgabenstellungen suchen. So könnte der Kapitän zu jedem Geburtstag ein Tier geschenkt bekommen haben.¹ Überlegungen von Schülerinnen und Schülern sind oft vernünftiger, organisierter und intelligenter als wir es in der Flüchtigkeit des Unterrichts wahrnehmen (Selter 1994, S. 22). Die Untersuchungen zur Auseinandersetzung mit der Bearbeitung von Kapitänsaufgaben werden weiter geführt.

Die Analyse der verschiedenen Studien zu Kapitänsaufgaben zeigt, dass sich die Deutung der Befunde über Veränderungen in den Versuchsanordnungen und über Veränderungen in den Fragestellungen deutlich verschoben hat. Diese Ergebnisse gehen ein in Theorien zur Didaktik des Sachrechnens. Sie führen darüber hinaus zu methodischen Vorschlägen zur Gestaltung des Sachrechnens. Heute bilden Kapitänsaufgaben eine wichtige Grundlage, um Kinder dazu zu erziehen kritisch mit Sachtexten umzugehen. Sie sollen lernen, sich mit dem Kontext, der in einer Aufgabe angesprochen wird, zu befassen und die dabei notwendigen Fragestellungen mit den Mitteln der Mathematik zu lösen. Das ist weit mehr als Reproduktion von Rechenverfahren. Es entspricht vielmehr dem Ziel Sachrechnen zu lernen, um dabei mehr über unsere Umwelt zu erfahren.

Einige weitere Beispiele

1. Motivation – Dopamin

In seinem Vortrag auf der FiL-Tagung 2009 erläuterte Korte (2009) die Bedeutung der Dopamin-Ausschüttung für die Möglichkeit der Kinder Aufgaben zu bearbeiten. Er wies darauf hin, dass unbewusst ablaufende Bewertungsprozesse überprüfen, ob eine Aufgabe lösbar ist, ob sie zu leicht oder zu schwer ist. Nur wenn sie als angemessen schwer bewertet wird, wird Dopamin ausgeschüttet. Da Dopamin neuronale Repräsentationen im Arbeitsgedächtnis stabilisiert (Durstewitz, Kelc et al. 1999), ist die Ausschüttung von Dopamin eine wesentliche Voraussetzung für die Steuerung und Kontrolle von Prozessen im Arbeitsgedächtnis. Diese neurobiologischen Befunde bestätigen die Ergebnisse der Motivationsforschung, allerdings nur zum Teil. Dass Aufgaben einen angemessenen Schwierigkeitsgrad haben müssen, um die Kinder dazu zu motivie-

¹ Beispiele für die teilweise lustigen Antworten finden sich unter <http://www.kira.tu-dortmund.de/upload/media2/Kapitaensplakat.pdf> Abruf 1.10.2012

ren, sie zu bearbeiten, ist kein neuer Befund, siehe z. B. Atkinson (1964). Die Psychologie befasst sich seit langer Zeit mit Fragen zur Motivation, in diesem Kontext zur Leistungsmotivation. Was veranlasst eine Person dazu, Aufgaben zu bearbeiten? Eine wichtige Rolle spielt dabei der Wille, etwas zu tun. Das ist aber nicht alles. Wir tun auch Dinge, die wir nicht wollen. Was beeinflusst uns, eine Aufgabe zu bearbeiten, wann entwickeln wir Widerstände? Die Forschung dazu basiert auf vielen verschiedenen Richtungen, die sich aus vielen verschiedenen Experimenten der Grundlagenforschung ergeben.

Die Forschung zur Leistungsmotivation untersucht die Bedingungen, unter denen Personen Aufgaben mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad aussuchen. Ein bedeutender Autor im deutschsprachigen Raum, der sich mit Leistungsmotivation befasst hat, ist z. B. Heinz Heckhausen (1977). Er modifizierte die Versuche Atkinsons (Cofer 1975) und stellte ebenfalls fest, dass die Erwartung eine Aufgabe lösen zu können, zur Entwicklung von Leistungsmotivation führt. Seine Untersuchungen zeigten, dass nicht jeder gleich auf den Schwierigkeitsgrad von Aufgaben reagiert. Wenn jemand erfolgsmotiviert ist, werden Aufgaben mit mittlerem Schwierigkeitsgrad bevorzugt. Damit ist zu erwarten, dass ein Erfolg eintritt und das Gefühl der Selbstwirksamkeit wird verstärkt. Misserfolgsorientierte hingegen wählen eher zu leichte oder zu schwere Aufgaben. Auf diese Weise vermeiden sie Misserfolg. Sind die Aufgaben sehr leicht, ist deren Lösung zu erwarten. Sind sie hingegen sehr schwer, ist es immer möglich, das Versagen auf das zu hohe Niveau der Aufgabenstellung zu schieben. Auf diese Weise verbindet Heckhausen das Motiv Erfolg zu erzielen und Misserfolg zu vermeiden mit Ansätzen zur Attribuierung (Heckhausen 1977). Als günstiges Attributionsmuster wird ein Muster bezeichnet, mit dem die Selbstachtung bzw. die Selbstwirksamkeit verstärkt wird. Es schreibt einen Erfolg den eigenen Fähigkeiten zu (Kündiger, Schmidt et al. 1997, S. 54).

Misserfolge werden bei günstiger Attribuierung mangelnder Anstrengung zugeschrieben, der Erfolg wird als Folge angemessener Anstrengung gesehen. Bei ungünstiger Attribuierung wird ein Erfolg auf äußere Faktoren zurückgeführt wie "Ich hatte Glück." oder "Das war Zufall.". Hingegen wird ein Misserfolg auf Faktoren wie mangelnde Begabung o. ä. zurückgeführt. Eine günstige Attribuierung ist deshalb mit Handlungsmöglichkeiten verbunden, eine negative schreibt die Ergebnisse der Leistung äußeren Faktoren zu.

Wenn man die Ergebnisse der neurobiologischen Forschung und der psychologischen Forschung vergleicht, sollten weitere Untersuchungen erfolgen, mit denen erfragt wird, ob die Ergebnisse der neurobiologischen Forschung für alle Personen verallgemeinerbar sind. Damit würden sie einen Teil der Befunde, die im Kontext Motivationsforschung erhoben wurden, widerlegen. Es lässt sich jedoch auch fragen, ob durch den

Versuchsaufbau der Neurowissenschaftler die Gruppe der misserfolgsorientierten Versuchspersonen zufällig nicht angesprochen wurde.

Diese Befunde haben direkte Auswirkungen auf die Arbeit mit Kindern. In der therapeutischen Praxis erleben wir immer wieder Kinder, die misserfolgsorientiert sind und einen Erfolg äußeren Faktoren wie Glück und Zufall zuschreiben. Misserfolge interpretieren diese Kinder aber nicht als fehlende eigene Anstrengung. Am Anfang bietet es sich deshalb an, Aufgaben zu wählen, die Aktivitäten erfordern, die das Kind überschauen und leisten kann. Langfristig kann die therapeutische Arbeit nur erfolgreich sein, wenn Kinder lernen, dass sich Anstrengung lohnt und ihr Attribuierungsschema ändern von misserfolgs- zu erfolgsorientiert. Hilfreich sind dabei Reaktionen des Therapeuten, die bewusst eine aktive Haltung der Kinder verstärken und die Dinge loben, bei denen die Kinder etwas mit Anstrengung erreicht haben. Bei einer schlechten Arbeit bietet es sich nicht an, so etwas zu sagen wie Da hast du einfach Pech gehabt!, sondern Wir müssen uns ansehen, was du noch lernen musst, damit du das nächste Mal mehr Erfolg hast!. Hinweise wie Hier sind noch viele Fehler. Aber das hast du alles schon gut gemacht! sind hingegen wichtig, weil sie dem Kind eine Perspektive bieten.

2. Eine nicht alltagstaugliche Methode: Eye tracking

Die Analyse der Augenfolgebewegung gehört zu den Methoden, die üblicherweise nur in der Grundlagenforschung eingesetzt werden. Es ist eine Methode, mit der aufgezeichnet werden kann, wohin Versuchspersonen blicken, wenn sie eine bestimmte Aufgabe bearbeiten. Sie wird in vielen Studien mit unterschiedlichen Fragestellungen eingesetzt und basiert auf der Annahme, dass die Aufmerksamkeit einer Person auf die Dinge gelenkt ist, auf die sie schaut.

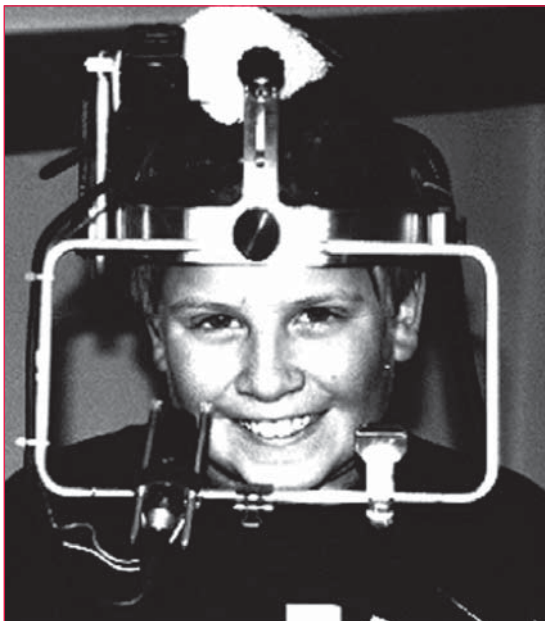


Bild 1

Diese Form der Untersuchung ist auch deshalb eine typische Methode aus der Grundlagenforschung, weil damit zunächst eine eingeschränkte Fragestellung in einer Laborsituation überprüft wird. Die Ergebnisse können jedoch weitreichende Auswirkungen auf die konkrete Arbeit mit Kindern haben. Merschmeyer-Brüwer (1998) verwendete sie, um zu überprüfen, wohin Kinder sehen, wenn sie geometrische Objekte betrachten.

Das erste Bild zeigt ein Kind mit einem solchen Gerät, das zweite die Augenfolgebewegung eines Kindes (siehe <http://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/e/gdm/1998/merschmeyer3.pdf>). Nicht alle Kinder waren in der Lage, dem Bild die notwendigen Informationen zu entnehmen und damit die geforderte Aufgabe zu bewältigen. Kurz gesagt gibt es Kinder, die sich die Struktur und wesentliche Eigenschaften über das Ansehen der Objekte erschließen und andere, denen das nicht gelingt. Die eye tracking Methode (Bild 2) zeigt, woran das liegt. Die Kinder sehen nicht überall dahin, wo sie wichtige Informationen erhalten.

In einer Studie zum Problemlösen wurden Kindern Aufgaben vorgelegt, die zu ähnlichen Schlussfolgerungen führten (Nolte und Kießwetter 1996). Die Lösung einer der Aufgaben basierte u. a. darauf, dass Kinder ein bestimmtes Muster in einem Papier erkannten, das sie zuvor bearbeitet hatten. Gefordert wird bei dieser Aufgabe, dass die Kinder das Papier wiederholt falten und die Ecken abschneiden. Auf diese Weise wird folgendes Muster erzeugt:

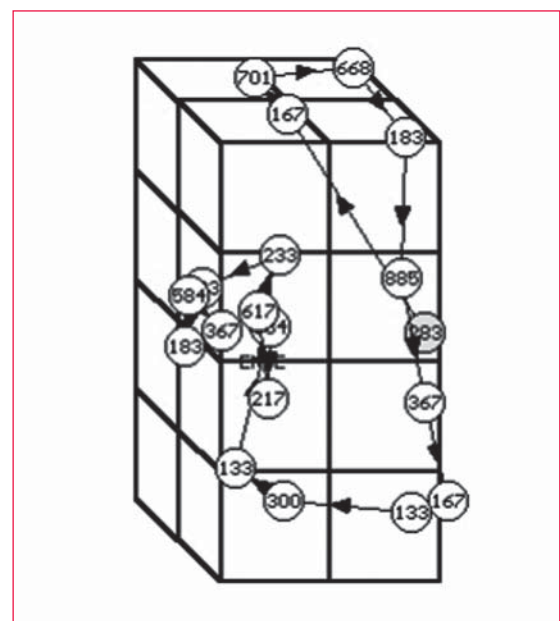
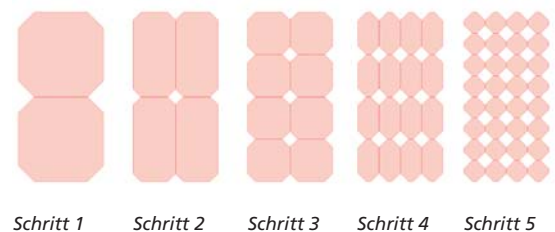


Bild 2

Gefragt wird, wie das Papier Schritt für Schritt nach der nächsten Faltung aussieht bzw. wie viele Löcher in dem Papier sein werden, wenn erneut geschnitten wird. Die erfolgreichen Kinder bezogen das gesamte Papier in ihre Überlegungen mit ein, die nicht erfolgreichen betrachteten nur Teile des Papiers. Diese Ergebnisse wurden den entsprechenden Antworten der Kinder entnommen. In unserer Arbeit mit mathematischen Problemstellungen beobachten wir immer wieder, dass Kinder nicht auf alle Informationen zurückgreifen, die sie brauchen und die auch vorliegen. Vermutlich würden diese Beobachtungen durch die Methode des eye trackings bestätigt, ebenso wie es interessant sein könnte, mit dieser Methode Kinder zu beobachten, die spontan auf Anzahligkeit fokussieren und solche, die das nicht tun (Kucian, Kohn et al. 2012).

Was bedeutet das für die Praxis? Immer dann, wenn es darum geht, Texten, Bildern oder Objekten Informationen zu entnehmen, wird es Kinder geben, denen das schwerer fällt als anderen. Das muss nicht daran liegen, dass sie Probleme mit der visuellen Wahrnehmung haben oder dass sie zu wenig gehandelt haben, es kann einfach daran liegen, dass sie nicht richtig hinschauen. Kurzfristig kann es dann sinnvoll sein, den Kindern Hinweise zu geben und sie auf bestimmte Aspekte aufmerksam zu machen. Langfristig ist es allerdings hilfreich, mit den Kindern zu erarbeiten, wie sich Informationen erschließen lassen und sie darin zu schulen, zu überprüfen, ob sie auf möglichst alle Informationen zurück gegriffen haben. Abgebildete Objekte können nachgebaut werden, Bilder können abgedeckt und sukzessive wieder aufgedeckt werden, Tabellen können mit Bildern verglichen werden – es gibt viele Möglichkeiten, die Komplexität der vorgegebenen Information so zu reduzieren, dass sie sich dem Kind nacheinander erschließt.

3. Abschließende Bemerkungen

Es gäbe eine Vielzahl weiterer Forschungsergebnisse vorzustellen, auf denen Praxis basiert. Wir alle wissen, wie wichtig es ist, zu lernen, zu üben, sich anzustrengen, um ein Ziel zu erreichen. So zeigen Studien zu Intelligenz, Begabung und Vererbung, dass die Gehirnstruktur im Frontalhirn, (und evtl. die Myelinisierung) genetisch bedingt sind (im Präfrontalkortex bis 85%) (Neubauer 2012, Folie 25). Da jedoch die Struktur von Bereichen, mit denen wir Wissen speichern auf Lernen basiert, z. B. Strukturen die unser Wissen steuern, zu eher 20 – 30% genetisch bedingt scheinen (a. a. O.), können wir uns nicht mit einer besonderen Begabung ausruhen. Wir müssen allerdings bei einer schwachen Begabung auch nicht aufgeben. Diese Forschung zeigt, wie wichtig unser eigenes Lernen ist (siehe auch Neubauer und Stern 2009). Theoriebasierte Praxis beruht darauf, dass bestimmte Methoden bewusst eingesetzt werden, weil Experten anhand der Forschungsergebnisse diese empfehlen. Der sinnvolle Einsatz theoretischen Wissens erfolgt

jedoch nicht immer bewusst. Experten verwenden bestimmte Methoden oft intuitiv. Die Expertiseforschung zeigt, dass die intensive Arbeit in einem bestimmten Feld dazu führt, dass Erfahrungen erworben werden, aufgrund derer bestimmte Bewertungsprozesse nicht mehr bewusst reflektiert werden müssen. Im Unterschied zu einer Bauchentscheidung eines Nichtexperten kann ein Experte seine Vorgehensweise jedoch bei Bedarf auf Theorien beziehen und begründen.

Nicht jede Grundlagenforschung erscheint auf den ersten Blick sinnvoll. Aber Theorien basieren auf Grundlagenforschung. Diese verwendet wissenschaftliche Methoden, die Fragen sehr differenziert beleuchten und die von der Forschungsgemeinschaft kritisch diskutiert werden. Hinter Theorien steht die öffentliche Auseinandersetzung mit verschiedenen Forschungsergebnissen, die in der heutigen Zeit in vielen Bereichen international diskutiert werden. Theoretische Ansätze können widersprüchliche Ergebnisse liefern. Modelle werden entwickelt und vielleicht später für überholt erklärt. Es ist jedoch nicht möglich, zurück zu einer Ausbildung nach einem Lehrlingsmodell zu gehen. Dieses basiert auf Nachahmung und gemeinsamer Weiterentwicklung und sicher auch auf Reflexion. Es beruht überwiegend auf Erfahrungswissen. Eine theoriebasierte Praxis ist mehr. Sie umfasst die Auseinandersetzung mit verschiedenen theoretischen Ansätzen, die von der Forschungsgemeinschaft entwickelt wurden. Erfahrungswissen wird mit einbezogen, aber wird nur dann als verallgemeinerbar bewertet, wenn es auf mehr als der eigenen Erfahrung beruht. Qualitative Studien leisten insbesondere in jungen Forschungsgebieten und bei komplexen Fragestellungen einen wichtigen Beitrag. Qualitative Forschung beobachtet, konstatiert, analysiert und entwickelt Hypothesen in einem natürlichen Umfeld. Lerntherapie beobachtet, konstatiert und analysiert. Sie entwickelt Hypothesen zur Situation des Kindes theoriegeleitet.

Zurück zu Maurice

Die Grundlagenforschung macht auf den Zusammenhang von Problemen in der visuell-räumlichen Orientierung und Rechenstörungen aufmerksam. Sie untersucht z. B. verschiedene Störungsbilder, den Zusammenhang von Störungsbildern und bestimmten Fehlern, eine bestimmte Ausprägung von Rechenstörungen und neuronalen Auffälligkeiten usw. siehe z. B. Geary (1993); von Aster (2001); Rotzer, Loenneker et al. (2009). Bereits Weinschenk (1970) machte auf den Zusammenhang von Störungen in der Verarbeitung visuell-räumlicher Informationen und Verhaltensweisen aufmerksam. Aus solchen Erkenntnissen erwachsen konkrete therapeutische Ansätze für die Arbeit mit Kindern wie Maurice. Seine Verhaltensweisen werden nicht in erster Linie auf einen unangemessenen Erziehungsstil zurückgeführt, sondern auf seine Störung der Verarbeitung von visuell-räumlichen

Informationen, mit denen es ihm schwer fällt, soziale Situationen zu erfassen. Gespräche mit Eltern und Lehrpersonen werden entsprechend geführt werden. Auch therapeutische Interventionen mit dem Kind sowie didaktisch-methodische Überlegungen zur Entwicklung seiner mathematischen Kompetenzen unterscheiden sich bei Kindern mit diesem Störungsbild von Kindern mit anderen Entwicklungsauffälligkeiten. Die

Arbeit mit dem Kind erwächst dann nicht allein aus der persönlichen Erfahrung von Therapeuten, sondern erfolgt theoriebasiert. Dementsprechend hat Integrative Lerntherapie die anspruchsvolle Aufgabe, verschiedene Theorien aus verschiedenen Disziplinen zusammen zu führen, je nachdem, was die konkrete Situation des Falles verlangt und daraus eine erfolgreiche Therapie zu entwickeln.

Literatur:

- Artelt, Baumert, et al. (2001). **Pisa 2000: Zusammenfassung zentraler Befunde**. Berlin, www.mpib-berlin.mpg.de/pisa/dt.
- Aster, M. v. (2001). **Zareki. Neurobiologische Testbatterie für Zahlenverarbeitung und Rechnen bei Kindern**. Göttingen, Hogrefe.
- Athen, H. and Griesel, H. (1973). **Mathematik heute 7**. Hannover, Schroedel.
- Atkinson, J. W. (1964). **An introduction to motivation**. New York, Van Nostrand.
- Baruk, S. (1989). **Wie alt ist der Kapitän? Über den Irrtum in der Mathematik**, Birkhäuser Verlag.
- Blömeke, S., Kaiser, G. et al. (2010). **TEDS-M. Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Primarstufenlehrkräfte im internationalen Vergleich**. Münster, Waxmann.
- Burmester, K. and Bönig, D. (1994). **"Das kann man nicht rechnen." – "Das ergibt doch keinen Sinn."** Schüler im Umgang mit Kapitänsaufgaben. *Mathematische Unterrichtspraxis*.
- Butterworth, B. (1999). **The Mathematical Brain**. London, Papermac.
- Cofer, C. N. (1975). **Motivation und Emotion**. München, Juventa.
- Dehaene, S. (1992). **Varieties of numerical abilities**. *Cognition* 44: 1- 42.
- Dehaene, S. and Akhavein, R. (1995). **Attention, Automaticity, and Levels of Representation in Number Processing**. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition* 21(2): 314-326.
- Doblaev, L. P. (1969). **Thought Processes Involved in Setting up Equations**. *Soviet Studies in the Psychology of Learning and Teaching Mathematics III*, University of Chicago.
- Döhrmann, M., Kaiser, G. et al. (2010). **Messung des mathematischen und mathematikdidaktischen Wissens: Theoretischer Rahmen und Teststruktur. TEDS-M 2008**. Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Primarstufenlehrkräfte im internationalen Vergleich. S. Blömeke, G. Kaiser and R. Lehmann. Münster, Waxmann 2010: 169-194.
- Durstewitz, D., Kelc, M. et al. (1999). **A Neurocomputational Theory of the Dopaminergic Modulation of Working Memory Functions**. *The Journal of Neuroscience* April 1, 19(7): 2807-2822.
- Freudenthal, H. (1984). **Wie alt ist der Kapitän?** *Mathematik lehren* 5: 38-39.
- Geary, D. C. (1993). **Mathematical Disabilities: Cognitive, Neuropsychological, and Genetic Components**. *Psychological Bulletin* 114: 345-362.
- Godden, D. R. and Baddeley, A. D. (1975). **Context-dependent memory in two natural environments: on land and under water**. *British Journal of Psychology* 66: 325-331.
- Gogolin, I. (2006). **Bilingualität und die Bildungssprache der Schule**. Die Macht der Sprachen. Englische Perspektiven auf die mehrsprachige Schule. P. Mecheril and T. Quehl, Münster, Waxmann: 79-85.
- Gogolin, I. (2012). **Sprachliche Bildung im Mathematikunterricht**. Mathematikunterricht im Kontext von Realität, Kultur und Lehrprofessionalität. W. Blum, R. B. Ferri and K. Maass. Wiesbaden, Vieweg+Teubner Verlag, Springer Fachmedien.
- Gogolin, I. and Lange, I. (2011). **Bildungssprache und Durchgängige Sprachbildung**. Migration und schulischer Wandel: Mehrsprachigkeit. S. Fürstenau and M. Gomolla. Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften Springer: 107-127.
- Heckhausen, H. (1977). **Achievement motivation and its constructs**. A cognitive model. *Motivation and Emotion* 1(4): 283-329.
- Hittmair-Delazer, M., Semenza, C. et al. (1994). **Concepts and facts in calculation**. *Brain* 117: 715-728.
- Korte, M. (2009). **Im Gespräch zum Vortrag: Lernen lernen – Lehren lernen – Lernen fördern: Anmerkungen aus Sicht der Hirnforschung**. XIX. Fachtagung FIL, Erkner 8./9. Mai 2009.
- Kucian, K., Kohn, J. et al. (2012). **Kinder mit Dyskalkulie fokussieren spontan weniger auf Anzahligkeit**. *Lernen und Lernstörung* 1(4): 241-253.
- Kündiger, E., Schmidt, S. et al. (1997). **Leistungsbezogene Kognitionen angehender Grundschullehrerinnen und -lehrer**. *Journal für Mathematikdidaktik* (1) 18: 51-80.
- Merschmeyer-Brüwer, C. (1998). **How do primary school pupils see and structure twodimensional representations of cube configurations?** Case studies with analyses of eye movements during spatial structuring processes *Developments in Mathematics Education in German-speaking Countries. Selected Papers from the Annual Conference on Didactics of Mathematics, Munich, 1998*. G. f. d. d. Mathematik, H.-G. Weigand, A. Peter-Koopet al. <http://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/egdm/1998/merschmeyer3.pdf> Goettingen State and University Library.
- Neubauer, A. (2012). **Systemische Begabungsförderung aus psychologischer und neurowissenschaftlicher Perspektive**. Vortrag bei den 13. ECHA-Österreich Tagen 2012, Linz.
- Neubauer, A. and Stern, E. (2009). **Lernen macht intelligent**. Warum Begabung gefördert werden muss. München, Wilhelm Goldmann Verlag.
- Nolte, M. (2001). **Rechenschwäche bei Kindern und Erwachsenen – Mathematikdidaktische und neuropsychologische Ansätze**. Beiträge zum Mathematikunterricht 2001. Vorträge auf der 35. Tagung für Didaktik der Mathematik in Ludwigsburg. G. Kaiser. Hildesheim, Verlag Franzbecker: 35-42.
- Nolte, M. and Kießwetter, K. (1996). **Können und sollen mathematisch besonders befähigte Schüler schon in der Grundschule identifiziert und gefördert werden?** Ein Bericht über einschlägige Überlegungen und erste Erfahrungen. *ZDM Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 5: 143-157.
- Radatz, H. (1983). **Untersuchungen zum Lösen eingekleideter Aufgaben**. *Journal für Mathematikdidaktik* 4: 205-218.
- Rotzer, S., T. Loenneker, et al. (2009). **Dysfunctional Neural Network of Spatial Working Memory Contributes to Developmental Dyscalculia**. *Neuropsychologia* 47(13): 2859-2865.
- Samenieh, A. (2009). **Selektives Erinnern: Hemmende und fördernde Effekte auf den Abruf verwandter Gedächtnisinhalte**. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Philosophischen Fakultät II (Psychologie, Pädagogik und Sportwissenschaft) der Universität Regensburg. Regensburg, Publikationsserver der Universität Regensburg
- Selter, C. (1994). **Jede Aufgabe hat eine Lösung**. Vom rationalen Kern irrationalen Vorgehens. *Grundschule* 3: 20-22.
- Stern, E. (1992). **Warum werden Kapitänsaufgaben gelöst**. *Mathematikunterricht* 5: 7-30.
- Weinschenk, C. (1970). **Rechenstörungen**. Stuttgart.