

Die Bewältigung neuer Anforderungen: Eine allgemeine oder eine inhaltspezifische Intelligenzleistung?

Elsbeth Stern

Zusammenfassung: In zahlreichen Untersuchungen wurde gezeigt, daß inhaltspezifische Kompetenzen einen weitaus größeren Anteil der bei der Bewältigung geistiger Anforderungen auftretenden interindividuellen Leistungsunterschiede erklären als die allgemeine Intelligenz. Hingegen wird angenommen, daß die allgemeine Intelligenz Leistungsunterschiede beim Lösen von Aufgaben aufklärt, die die Anwendung von bestehendem Wissen in neuen Situationen erfordern. In dieser Arbeit werden jedoch Ergebnisse einer Studie zur Mathematikleistung im Grundschulalter dargestellt, die zeigen, daß selbst Leistungsunterschiede bei der Bewältigung neuer Anforderungen besser mit inhaltspezifischen Kompetenzen als mit der allgemeinen Intelligenz erklärt werden können. Der Erklärungswert des Konstruktes "allgemeine Intelligenz" wird diskutiert.

Abstract: Several studies have shown that domain-specific competencies explain more variance in academic performance than general intelligence. Nonetheless general intelligence is still assumed to explain the variance in tasks that require the use of knowledge in new contexts. However, the results presented in this paper on elementary school mathematics indicate that even the variance in dealing with new tasks is better explained by domain-specific competencies than by general intelligence. The contribution of general intelligence to the explanation of interindividual differences in academic performance is discussed.

Die Erklärung von Leistungsunterschieden

Die einzigartige geistige Leistungsfähigkeit des Menschen, die ihn unter anderem in die Lage versetzt, komplizierte mathematische Probleme zu lösen, physikalische Gesetzmäßigkeiten zu erkennen und Fremdsprachen zu erlernen, ist Gegenstand unzähliger psychologischer Arbeiten. Neben Fragen nach den allgemeinen Voraussetzungen für das Zustandekommen geistiger Leistungen steht die Erklärung interindividueller Unterschiede im Mittelpunkt. Insbesondere interessieren die Ursachen für interindividuelle Unterschiede, die trotz relativ homogener Lerngelegenheiten, wie sie etwa in der Schule geboten werden, zu beobach-

ten sind. Zur Erklärung interindividueller Leistungsunterschiede werden entweder *inhaltsübergreifende* oder *inhaltspezifische Kompetenzen* herangezogen. In dieser Arbeit wird der Frage nach dem Erklärungswert der inhaltsübergreifenden Kompetenzen nachgegangen.

Inhaltsübergreifende Kompetenzen

Die Annahme, daß interindividuelle Leistungsunterschiede teilweise auf inhaltsübergreifende Kompetenzunterschiede zurückgeführt werden können, stützt sich unter anderem auf Ergebnisse korrelativer Studien, die unzählige Male repliziert wurden: (1) Werden Leistungen in Tests, die unterschiedlichste kognitive Aktivitäten

In D. Bartussek & M. Amelang (Eds.),
Fortschritte der differentiellen Psychologie und
psychologischen Diagnostik. Göttingen: Hogrefe.

messen, Faktorenanalysen unterzogen, läßt sich ein Faktor extrahieren, auf dem alle Tests laden. (2) Leistungen in nicht-sprachlichen Intelligenztests, die kein inhaltspezifisches Wissen voraussetzen, korrelieren mit Leistungen in den unterschiedlichsten akademischen Anforderungen.

In den Intelligenztheorien von Spearman (1904), Thurstone (1938) und Vernon (1965) wird die nicht auf inhaltspezifische Kompetenzen zurückführbare Varianz als "Faktor G" oder "allgemeine Intelligenz" bezeichnet. In der Intelligenztheorie von Horn und Cattell (1966) werden inhaltsübergreifende Kompetenzen in Form einer *fluiden Intelligenz* angenommen, die den Erwerb von Kulturtechniken, wie Lesen, Schreiben, sowie mathematischem und wissenschaftlichem Denken, also der *kristallinen Intelligenz*, steuern. In diesem Artikel wird der Begriff "inhaltsübergreifende Kompetenz" mit allgemeiner und fluider Intelligenz gleichgesetzt.

In den letzten Jahrzehnten gab es zahlreiche Versuche, die inhaltsübergreifenden Kompetenzen näher zu spezifizieren, also der Frage nachzugehen, was Intelligenztests eigentlich messen. Es kann unterschieden werden zwischen Ansätzen, die sich auf (1) *quantitative Aspekte* der basalen Informationsverarbeitung konzentrieren und Ansätzen, die sich mit (2) *qualitativen Aspekten* der Wissensorganisation befassen.

(1) Quantitative Aspekte der Informationsverarbeitung:

Intelligente Personen verfügen über effektivere Mechanismen der Informationsverarbeitung, die sich in höherer Geschwindigkeit und/oder größerer Kapazität niederschlagen. Eysenck (1982) und Jensen (1982) betonen den Aspekt der Geschwindigkeit: Intelligente Personen benötigen zur Verarbeitung der gleichen Informati-

onsmenge weniger Zeit als weniger intelligente Personen. Die Aussagekraft von Reaktionszeitmessungen für die Erklärung interindividueller Leistungsunterschiede ist jedoch nach wie vor umstritten (Horn, 1988).

Just und Carpenter (1992) gehen davon aus, daß intelligentere Personen über eine größere Arbeitsspeicherkapazität verfügen und deshalb in einer bestimmten Zeiteinheit eine größere Menge an Information aufnehmen und verarbeiten können als weniger intelligente Personen. Allerdings ist die Frage, ob es eine inhaltsunspecifische Arbeitsspeicherkapazität gibt, ebenfalls umstritten (Dempster, 1981; Chase und Ericsson, 1982).

(2) Qualitative Aspekte der Informationsverarbeitung:

Intelligente Personen haben ihr Wissen effektiver organisiert und können systematischer auf dieses zurückgreifen, weil sie über effizientere inhaltsübergreifende Planungs- und Kontrollprozesse verfügen als weniger intelligente Menschen. Diese *metakognitiven Fähigkeiten* (Flavell, 1976) werden in der Theorie von Sternberg (1984) als ein zentrales Merkmal der allgemeinen Intelligenz interpretiert. Hinweise auf interindividuelle Unterschiede in der Organisation von Information zeigen sich bei Sternberg (1977): Personen, die beim Lösen von Analogieaufgaben wie z.B. *Wald:Baum = Wiese:?* den größten Anteil der Bearbeitungszeit auf die Analyse der Beziehung zwischen Wald und Baum verwendeten, erbrachten bessere Leistungen als Personen, die sofort den Begriff "Wiese" einbezogen.

Die inhaltsunspecifische Kompetenz der systematischen Herangehensweise beim Problemlösen wird im Modell des "guten Strategieverwenders" von Pressley, Borkowski und Schneider (1987) beschrieben.

Der gute Strategiewerwerder zeichnet sich durch ein an die Aufgabenstellung adaptiertes Vorgehen aus. In eine ähnliche Richtung geht die Klassifikation von kognitiven Stilen in reflexives vs. impulsives Vorgehen (Schmeck, 1988).

Die Annahme, daß inhaltsübergreifende Kompetenzen in Form von Planungs- und Kontrollprozessen vorliegen, werden durch Ergebnisse der Neuropsychologie unterstützt. Bei Personen mit Frontalläsionen zeigen sich unabhängig vom Inhaltsgebiet Leistungseinbußen bei komplexen Aufgaben (Dempster, 1992). Zu Leistungseinbrüchen kommt es insbesondere bei Aufgaben mit Distraktoren, da Frontallirngeschädigte Probleme mit der Hemmung irrelevanter Information haben. Sie lassen sich bei der Bearbeitung einer Aufgabe leicht ablenken und verlieren die Aufgabenstellung aus dem Auge.

Inhaltsspezifische Kompetenzen

Gute Leistungen in einem Inhaltsgebiet setzen die Verfügbarkeit einer *elaborierten Wissensbasis* voraus, auf die in flexibler und effizienter Weise zurückgegriffen werden kann. Eine elaborierte Wissensbasis zeichnet sich durch die flexible Kombinierbarkeit der Informationselemente aus. Diese können zu größeren Einheiten zusammengefaßt und damit einer wenig kapazitätsintensiven Verarbeitung zugeführt werden (Chunking: De Groot, 1978), sie können aber gleichzeitig auch vom ursprünglichen Kontext gelöst und flexibel mit anderen Wissensseinheiten kombiniert werden (Karmiloff-Smith, 1992). Wie eine effiziente Wissensbasis aussehen kann, wurde in unterschiedlichsten Inhaltsgebieten erforscht (Schachspiel: De Groot, 1978; Mathematik: Greeno, Moore & Smith, 1993; Physik: McCloskey, 1983).

Folgende Befunde unterstreichen die Bedeutung inhaltspezifischer Kompetenzen:

- Intelligenztestleistungen können interindividuelle Leistungsunterschiede weitaus schlechter erklären als Tests, die bereichsspezifische Kompetenzen messen. So zeigt sich in Untersuchungen zur Erklärung der bei Grund- und Hauptschülern gefundenen Leistungsunterschiede in Mathematik, daß Intelligenz deutlich weniger zu deren Aufklärung beiträgt als das mathematische Vorwissen (Renkl & Stern, 1993; Weinert, Schneider & Helmke, 1990). Auch bei der Vorhersage der Lese- und Rechtschreibleistungen verliert die allgemeine Intelligenz an Bedeutung, sobald inhaltspezifische Indikatoren einbezogen werden (Schneider & Näslund, 1992).

- In der kognitiven Entwicklungstheorie Piagets (1950) wird angenommen, daß erst mit der Entwicklung einer inhaltsunspezifischen Abstraktionsfähigkeit die Voraussetzung für den Erwerb bestimmter inhaltspezifischer Kompetenzen gegeben ist. Diese Annahme wurde in den letzten Jahren massiv herausgefordert. Trainingsstudien zeigen, daß bereits jüngere Kinder inhaltspezifische Kompetenzen erwerben können, die hohe Anforderungen an die Abstraktionsfähigkeit stellen und die sie deshalb nach Piaget erst zu einem späteren Alterszeitpunkt erwerben sollten (Gelman, 1978). Neuere Befunde unterstützen die Annahme, wonach Kinder und Erwachsene sich nicht in allgemeinen Mechanismen der Informationsverarbeitung, wie z.B. der Abstraktionsfähigkeit, unterscheiden, sondern in inhaltspezifischen Kompetenzen (Karmiloff-Smith, 1992).

- Die Frage, worin sich Experten und Novizen in einem Inhaltsgebiet unterscheiden, wurde in den letzten Jahren häufig unter-

sucht. In zahlreichen Untersuchungen wurde auf eindrucksvolle Weise gezeigt, daß Personen, die in Intelligenztests nur durchschnittlich abschnitten, bei entsprechender Übung in unterschiedlichsten Bereichen überragende Leistungen vollbringen können (Ericsson, Krampe & Tesch-Römer, 1993; Schneider, Körkel & Weinert, 1989).

Offene Fragen

Wie dargestellt, lassen sich Leistungsunterschiede in bestimmten Inhaltsgebieten besser mit inhaltspezifischen als mit inhaltsübergreifenden Kompetenzen erklären. Offen bleibt jedoch die Frage nach der Bedeutung inhaltsübergreifender Kompetenzen beim *Erwerb* einer elaborierten Wissensbasis und bei deren Nutzung in *neuen* Situationen. Ackerman (1986) betont die Bedeutung der allgemeinen Intelligenz bei Aufgaben, die komplex und wenig konsistent sind. Unter Konsistenz ist der Grad an Übereinstimmung einer Anforderung mit vergangenen Anforderungen zu verstehen. Mit zunehmender Komplexität und abnehmender Konsistenz einer Aufgabe nimmt der Anteil der Leistungsvarianz, die durch Intelligenz aufgeklärt werden kann, zu. Die umfangreichen empirischen Belege von Ackerman decken sich mit der Auffassung von Sternberg (1984), wonach der erfolgreiche Umgang mit neuen Aufgabenstellungen ein zentrales Merkmal der Intelligenz ist.

Bei den meisten akademischen Anforderungen sind inhaltspezifische und inhaltsübergreifende Kompetenzen konfundiert, d.h. Personen, denen höhere inhaltsunabhängige Kompetenzen zugesprochen werden, verfügen gleichzeitig über höhere inhaltspezifische Kompetenzen. Selbst bei Grundschulkindern konnten Renkl und Stern (1993) zeigen, daß zwar die Leistung im Intelligenztest einen sehr viel geringeren Teil der Varianz in der Mathematikleistung

aufklären konnte als das inhaltspezifische Vorwissen, daß jedoch ein beachtlicher Anteil der Leistungsunterschiede im Mathematiktest auf die konfundierte Varianz aus Intelligenz und Vorwissen zurückgeführt werden konnte. Dieses Ergebnis ist vereinbar mit der Annahme, daß Intelligenzunterschiede sich auf die Nutzung von Lerngelegenheiten auswirken. Daß darüber hinaus intelligenten Kindern mit größerer Wahrscheinlichkeit bessere Lerngelegenheiten zur Verfügung stehen, konnten Renkl und Stern (1993) ebenfalls zeigen. Lehrer geben in Schulklassen mit vielen überdurchschnittlich intelligenten Kindern häufiger verständnisfördernde Mathematikaufgaben vor als in Klassen mit niedrigerem mittleren Intelligenzniveau.

Ceci und Ruiz (1993) haben versucht, den Einfluß der Intelligenz von dem inhaltspezifischer Kompetenzen zu trennen. Sie verglichen zwei Männer unterschiedlichen Intelligenzniveaus über einen längeren Zeitraum in einem computergesteuerten Börsenspiel. Beide Männer hatten zuvor bei einer ähnlichen Anforderung gleichen Leistungsstand erreicht. Wenn es eine inhaltsunspezifische Fähigkeit gibt, sich neuen Anforderungen anzupassen, sollte bei gleichem Vorwissen die intelligentere Person überlegen sein. Die Ergebnisse waren mit dieser Annahme nicht vereinbar. Der intelligentere Mann erreichte nicht wie erwartet zu einem früheren Zeitpunkt ein höheres Leistungsniveau als der weniger intelligente Mann, sondern die Börsengewinne beider Personen waren zu allen Zeitpunkten der Untersuchung vergleichbar. Die Annahme, wonach sich Intelligenzunterschiede auf die Geschwindigkeit auswirken, mit der neue Anforderungen bewältigt werden können, wurde nicht bestätigt.

Gegen die Untersuchung von Ceci und Ruiz (1993) läßt sich jedoch einwenden,

daß die Autoren ein von der allgemeinen Intelligenz weitgehend unabhängiges Inhaltsgebiet ausgewählt haben. Der wenig intelligente, aber ausgesprochen erfolgreiche Geschäftsmann ist geradezu Legende. In dieser Arbeit wird in Anlehnung an den Ansatz von Ceci und Ruiz (1993) ein mit der allgemeinen Intelligenz eng zusammenhängendes Inhaltsgebiet gewählt, nämlich *Mathematik*. In dem Intelligenzmodell von Horn und Cattell (1966) laden Leistungen in Mathematiktests sowohl auf fluiden als auf kristallinen Intelligenzfaktoren. Insbesondere bei Aufgaben, die die Nutzung von bestehendem Wissen in *neuen* Anforderungssituationen erfordern, sollten sich Leistungsunterschiede durch Maße der fluiden Intelligenz erklären lassen. Im Mittelpunkt der folgenden Analyse steht die Frage, ob überdurchschnittliche inhaltsübergreifende Kompetenzen über die inhaltspezifischen Kompetenzen hinaus einen substantiellen Beitrag zur Erklärung interindividueller Unterschiede leisten.

Methode

In der im folgenden berichteten Untersuchung stehen sprachlich eingekleidete mathematische Aufgaben im Mittelpunkt. Das Verstehen und Lösen mathematischer Textaufgaben im Grundschulalter ist ein gut untersuchtes Gebiet (Cummins, Kintsch, Reusser & Weimer, 1988; Riley & Greeno, 1988; Stern, 1993; Stern & Lehrndorfer, 1992). Während Kinder zu Beginn der Grundschulzeit mit *einfachen Textaufgaben* wie z.B. "Am Anfang hatte Hans einige Murmeln. Dann schenkte er Peter 4 Murmeln. Jetzt hat Hans noch 4 Murmeln. Wie viele Murmeln hatte Hans am Anfang?" noch große Schwierigkeiten haben, können in der dritten Klasse über 90% der Kinder Textaufgaben, in denen zwei Zahlen addiert

oder subtrahiert werden müssen, lösen (Stern, 1993). Große Leistungsunterschiede bestehen jedoch auch am Ende der Grundschulzeit noch beim Lösen von *komplexeren Aufgaben*, in die die Verrechnung mehrerer Zahlen sowie die Inferenz von Information ohne explizite Frage erfordern, z.B. "Hans und Peter haben zusammen 14 Autos. Peter hat 4 Autos weniger als Hans. Wie viele Autos hat Peter?".

Versuchspersonen

Die Daten wurden im Rahmen der am Münchener Max-Planck-Institut für psychologische Forschung durchgeführten Längsschnittstudie LOGIK (Weinert, 1990) erhoben. In die im folgenden dargestellte Analyse gingen die Daten einer repräsentativen Stichprobe von 112 Kindern ein. Alle in dieser Arbeit behandelten Maße wurden erhoben, als die Kinder in der vierten Grundschulklasse (Alter: 9 Jahre, 10 Monate) waren.

Meßinstrumente

Die *inhaltsübergreifenden Kompetenzen* wurden mit dem nichtsprachlichen Grundintelligenztest CFT 20 von Cattell und Weiß (1980) erfaßt.

Die *inhaltspezifischen Kompetenzen* im Lösen mathematischer Textaufgaben wurden mit von Stern (1993) entwickelten Tests gemessen, die Aufgaben mit zwei (einfache Aufgaben) oder mehreren Größen (komplexe Aufgaben) enthielten.

Die *Kompetenz im Umgang mit Neuem* wurde mit der *Konstruktionsaufgabe* erfaßt: Die Kinder wurden aufgefordert, eine *einfache* Textaufgabe zu einer vorgegebenen Frage zu konstruieren.

Prozedur der Konstruktionsaufgabe

Zunächst wurde eine Frage vorgegeben, z.B.: "Wie viele Murmeln hat Susanne Peter geschenkt?". Anschließend wurden den Kindern nacheinander Karteikarten mit jeweils einem Satz vorgegeben, z.B. "Susanne hat 8 Murmeln". Jeder Satz sollte einer von drei Kategorien zugeordnet werden, indem die Karteikarte auf einen von drei großen Papierbögen gelegt wurde. Auf den Papierbögen waren die drei Kategorien beschrieben: "Der Satz wird *bestimmt* gebraucht", "Der Satz wird *vielleicht* gebraucht" und "Der Satz wird *bestimmt nicht* gebraucht". Nachdem alle Sätze vorgegeben waren, sollten die Kinder diejenigen Sätze auswählen, die gebraucht werden, um eine zur Frage passende Textaufgabe zu konstruieren. Mit der Zuordnung der Sätze zu den Kategorien konnten die Kinder eine Vorstrukturierung vornehmen, die ihnen später die Auswahl erleichtern sollte. Die Kinder konnten zu jedem Zeitpunkt die bereits bearbeiteten Sätze anderen Kategorien zuordnen.

Variiert wurden in den Sätzen die Namen, die Gegenstände, und die beschriebenen Handlungen. Die zur vorgegebenen Frage zu konstruierende Textaufgabe bestand aus zwei oder drei Sätzen. Es handelte sich um einfache Textaufgaben (z.B. "Am Anfang hatte Peter 5 Murmeln. Dann schenkte ihm Susanne noch einige Murmeln. Jetzt hat Peter 8 Murmeln.", wie sie fast alle Kinder am Ende der zweiten Klasse lösen können. Es wurden für jede Aufgabe 2-6 nicht benötigte Sätze vorgegeben. Insgesamt wurden fünf Aufgaben vorgegeben. Die erste Aufgabe diente Übungszwecken, Hilfestellungen konnten gegeben werden.

Bei der Konstruktionsaufgabe handelt es sich um eine Aufgabe, die nach dem Modell

von Ackerman (1986) hohe Anforderungen an die allgemeine Intelligenz stellt. Die Aufgabe ist neu, d.h. inkonsistent und sie ist komplex. Sie erfordert die Fähigkeit, zwischen relevanter und irrelevanter Information zu unterscheiden. Insbesondere die diskutierten *qualitativen* Aspekte der Intelligenz, die sich in einer effizienten Organisation und Nutzung von Wissen zeigen, werden gefordert. Da man davon ausgehen kann, daß alle Kinder über das der Konstruktionsaufgabe zugrundeliegende mathematische Wissen verfügen, kann erwartet werden, daß eine überdurchschnittliche Intelligenz notwendige und hinreichende Bedingung für eine überdurchschnittliche Leistung beim Lösen der Konstruktionsaufgabe ist.

Ergebnisse

Der mittlere IQ beträgt $M=110$ ($s=10.2$). Der deutlich über 100 liegende IQ-Mittelwert ist teilweise auf veraltete Normen des CFT zurückzuführen. Für die einfachen mathematischen Textaufgaben ergab sich eine mittlere Lösungsrate von $M=.92$ ($s=.07$), und für die komplexen mathematischen Textaufgaben von $M=.54$ ($s=.12$). Für die einfachen Aufgaben zeigte sich also ein Deckeneffekt, während beim Lösen von komplexen Textaufgaben noch große Leistungsunterschiede auftraten. Die mittlere Lösungsrate für die Konstruktionsaufgabe betrug $M=.51$ ($s=.20$). Im Mittelpunkt der Auswertung steht die Frage, ob eine überdurchschnittliche Leistung beim Bearbeiten der Konstruktionsaufgabe mit einer überdurchschnittlichen inhaltsübergreifenden Kompetenz, gemessen mit dem Intelligenztest, oder einer überdurchschnittlichen inhaltspezifischen Kompetenz, gemessen mit komplexen Textaufgaben, einhergeht.

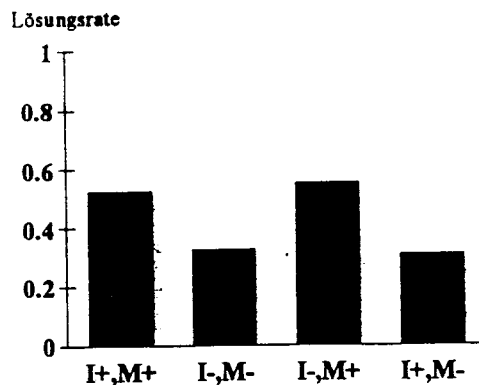


Abbildung 1: Mittlere Lösungsrate für die Konstruktionsaufgabe der vier Gruppen.
 I+, M+ : überdurchschnittliche Intelligenz, überdurchschnittliche mathematische Kompetenz
 I-, M- : unterdurchschnittliche Intelligenz, unterdurchschnittliche mathematische Kompetenz
 I-, M+ : unterdurchschnittliche Intelligenz, überdurchschnittliche mathematische Kompetenz
 I+, M- : überdurchschnittliche Intelligenz, unterdurchschnittliche mathematische Kompetenz

Mittels Mediansplit wurden die Leistungen im Lösen komplexer mathematischer Textaufgaben (M+, M-) und im Intelligenztest (I+, I-) dichotomisiert. Die Kinder wurden vier Gruppen zugeordnet, je nachdem, ob ihre Intelligenzleistung und ihre mittlere Lösungsrate für komplexe Textaufgaben oberhalb oder unterhalb des Medians lag: (1) I+, M+ ($n=41$); (2) I+, M- ($n=17$);

(3) I-, M+ ($n=15$); (4) I-, M- ($n=39$). Die Zellenbesetzung variiert, weil die Leistungen im Lösen komplexer Textaufgaben und die Leistungen im Intelligenztest zu $r=.53$ ($p<.001$) korrelieren.

Abbildung 1 sind die mittleren Lösungsrate der Konstruktionsaufgabe für die vier Gruppen zu entnehmen. Eine zweifaktorielle Varianzanalyse (mit Korrekturformel für ungleiche Zellenbesetzung) mit den unabhängigen Variablen "Intelligenz" (oberhalb des Medians, unterhalb des Medians) und "mathematische Kompetenz" (oberhalb des

Medians, unterhalb des Medians) ergab einen signifikanten Haupteffekt "mathematische Kompetenz", $F(1,108) = 7.01$, $p<.01$, während der Haupteffekt Intelligenz und die Interaktion nicht signifikant wurden. Selbst eine tendenzielle Interaktion liegt nicht vor, wie Abbildung 1 zu entnehmen ist.

Diskussion

Obwohl es sich bei der Konstruktionsaufgabe um eine geradezu klassische Intelligenzaufgabe handelt - bestehendes Wissen muß unter neuen Bedingungen angewendet werden - zeigte sich, daß Personen mit unterdurchschnittlicher Intelligenz und überdurchschnittlichen mathematischen Kompetenzen die gleiche Leistung erbrachten wie Personen, die im Intelligenztest und beim Lösen komplexer Textaufgaben überdurchschnittliche Leistung zeigten. Entgegen der Erwartung ist eine überdurchschnittliche allgemeine Intelligenz weder notwendige noch hinreichende Bedingung für eine gute Leistung beim Bearbeiten der Konstruktionsaufgabe. Eine unterdurchschnittliche Leistung im Lösen komplexer Textaufgaben konnte auch durch überdurchschnittliche Intelligenz nicht kompensiert werden.

Die Ergebnisse der hier dargestellten Studie sind vereinbar mit der Annahme inhaltspezifischer Intelligenzen, die sich in der Verfügbarkeit einer elaborierten Wissensbasis und deren effizienter Nutzung bei der Bewältigung neuer Anforderungen zeigen. Es zeigt sich, daß die Fähigkeit zur Bewältigung neuer Anforderungen in einem Inhaltsgebiet mehr ist als die Summe aus inhaltspezifischem Wissen und allgemeiner Intelligenz. Zwar verfügen so gut wie alle Probanden über das zum Lösen einfacher Textaufgaben benötigte Wissen, aber nur Kinder mit spezifischen mathemati-

schen Kompetenzen haben das Wissen in einer Weise repräsentiert, die dessen Nutzung in neuen Situationen ermöglicht. Bei Kindern mit unterdurchschnittlichen mathematischen Kompetenzen ist das Wissen offensichtlich an gewohnte Anforderungssituationen gebunden, und auch eine überdurchschnittliche Leistung im Intelligenztest ermöglicht keine flexible Nutzung dieses Wissens. Auch die in der Konstruktionsaufgabe geforderte Fähigkeit, zwischen relevanter und irrelevanter Information zu unterscheiden, wird offensichtlich nicht von der Intelligenztestleistung beeinflusst.

An dieser Stelle scheint eine kurze Auseinandersetzung mit den bereits erwähnten Ergebnissen zum Problemlöseverhalten von Frontalhirngeschädigten angebracht. Die bei diesen Patienten beobachtete Unfähigkeit, zwischen relevanter und irrelevanter Information zu unterscheiden, zwingt nicht zur Annahme einer inhaltsübergreifenden Planungs- und Kontrollfähigkeit. Die Befunde unterstützen lediglich die Annahme, daß bestimmte Hirnareale bei der Bewältigung von komplexen und inkonsistenten Anforderungen in unterschiedlichen Inhaltsgebieten genutzt werden. Wenn diese Hirnareale zerstört sind, können derartige Anforderungen nicht mehr bewältigt werden. Daraus folgt nicht, daß in nichtpathologischen Stichproben Merkmale des Frontalhirns eine Quelle interindividueller Leistungsunterschiede sind. Dies läßt sich an folgendem Beispiel verdeutlichen: Das Vorhandensein von zwei Beinen ist Voraussetzung dafür, daß das Verhalten "Laufen" gezeigt werden kann. Zieht man das Merkmal "Anzahl der Beine" zur Vorhersagbarkeit der Laufgeschwindigkeit heran, wird man nur einen sehr geringen Prozentsatz der Varianz in der Laufgeschwindigkeit aufklären können: Bei Personen, die weniger als zwei Beine haben, wird man eine

Laufgeschwindigkeit von null messen, während die Laufgeschwindigkeit von Personen, die mit zwei Beinen ausgestattet ist, größer null ist. Die zu beobachtenden Unterschiede zwischen Personen mit zwei Beinen wird man mit dem Merkmal "Anzahl der Beine" jedoch nicht aufklären können. Parallel dazu ist ein intaktes Frontalhirn Voraussetzung für den Aufbau und die Nutzung einer elaborierten Wissensbasis in einem Inhaltsgebiet. Ob jedoch das Frontalhirn zum Aufbau einer derartigen Wissensbasis genutzt wird, hängt möglicherweise von den inhaltspezifischen Kompetenzen ab.

Wie, wenn nicht durch genetisch determinierte Unterschiede in inhaltsübergreifenden Kompetenzen, lassen sich die trotz gleicher Lerngelegenheiten auftretenden interindividuellen Leistungsunterschiede erklären? Hier zeichnen sich in letzter Zeit neue Erkenntnisse ab. Die Vorstellung, wonach inhaltspezifisches Wissen erworben wird, während inhaltsübergreifende Kompetenzen, die die Repräsentation und Abruf des Wissens steuern, angeboren sind, kann als überholt gelten. Der Behaviorist Watson und der Kognitivist Piaget gingen noch davon aus, daß der Mensch ohne inhaltspezifische Kompetenzen geboren wird und die inhaltsunspezifischen kognitiven Mechanismen - Akkomodation, Assimilation und Äquilibration bei Piaget und die Fähigkeit zum Assoziationismus bei Watson - dem Menschen den Erwerb inhaltspezifischer Kompetenzen ermöglichen. Heute wissen wir, daß der Mensch keineswegs als inhaltliches Tabula-Rasa-Wesen geboren wird. In der allgemeinen Entwicklungspsychologie wurden in den letzten Jahren unzählige Belege dafür gebracht, daß Menschen mit "Input-Systemen" (Fodor, 1983) ausgestattet sind, die es ihnen ermöglichen, komplexe Umgebungsreize zu verarbeiten, ohne daß

dies gelernt werden muß. Aus der klinischen Psychologie ist bekannt, daß Ängste vor Schlangen und Spinnen auch bei Menschen, die niemals von einem derartigen Tier bedroht wurden, gehäuft auftreten. Diese Personen verfügen offensichtlich über eine genetische Prädisposition, diese Tiere als Gefahrenquellen zu erkennen. Zu den universell verfügbaren Kompetenzen gehört z.B. das Wissen, wonach eine senkrechte Wand, hinter der ein aus festem Material bestehender Gegenstand steht, nicht um 90° in Richtung des Gegenstandes gedreht werden kann. Wird dies in einer Versuchsanordnung dennoch getan, reagieren bereits Säuglinge mit Erstaunen (Baillargeon, 1986). Wynn (1992) hat gezeigt, daß auch diskrete Mengenveränderungen bereits von Säuglingen adäquat verarbeitet werden können. Die Grundlagen quantitativer Kompetenzen sind also universell verfügbar. In der Entwicklungstheorie von Karmiloff-Smith (1992) bilden Inputsysteme - die als implizites Wissen zur Steuerung von Handlungen angelegt sind - die Grundlagen für den Erwerb akademischer Kompetenzen. Die Autorin hat ein Modell der Wissensumstrukturierung entwickelt, in dem beschrieben wird, wie sich aus implizitem Handlungswissen verbal verfügbare Konzepte entwickeln können.

Neben universell verfügbaren Kompetenzen können auch Kompetenzunterschiede genetisch determiniert sein. Horn und Cattell (1966) nahmen an, daß die fluide Intelligenz genetisch determiniert ist, während die kristalline Intelligenz weitgehend von den Lerngelegenheiten bestimmt wird. Die in den letzten beiden Jahrzehnten durchgeführten Zwillingsstudien (McArdle, Goldsmith & Horn, 1981; Plomin, DeFries & McClearn, 1980) zeigen jedoch, daß der Heritabilitätskoeffizient für Tests, die auf

dem Faktor "kristalline Intelligenz" laden, nicht niedriger ist als für Tests, die fluide Intelligenz erfassen. Neuere Adoptionsstudien unterstützen die Annahme, daß sehr spezifische Muster des Erlebens und Verhaltens - wie z.B. politische und religiöse Einstellungen (Tesser, 1993) - genetisch determiniert sein können. Plomin, Corley, DeFries & Fulker (1990) haben ähnliches für das Verhaltensmerkmal "Fernsehkonsum" ermittelt. Adoptionsstudien zeigen, daß der Einfluß des elterlichen Vorbildes lange Zeit überschätzt und der genetische Einfluß unterschätzt wurde.

Im genetischen Code des Menschen ist offensichtlich Information enthalten, die sein Erleben und Verhalten in spezifischen Situationen steuert. Die Bedeutung komplexer Reizkonstellationen wird erkannt, ohne daß dies gelernt werden muß. Der genetisch determinierte Einfluß auf kognitive Kompetenzen kann indirekt über genetisch determinierte Interessen - wie z.B. Fernsehgewohnheiten - wirken. Genetisch determinierte Interessen können das Aufsuchen und die Nutzung von Lerngelegenheiten determinieren.

Daß interindividuelle Unterschiede in mathematischen Kompetenzen genetisch determiniert sind, legen Ergebnisse von Plomin et al. (1980) nahe. Unterstützt wird diese Annahme auch durch die in der Vorschulzeit zu beobachtenden interindividuellen Unterschiede in den numerischen Kompetenzen. Einige Kinder verfügen bereits ohne systematische Lerngelegenheiten über ein ausgeprägtes Zahlverständnis. Diese Kinder zählen häufig und quantifizieren die unterschiedlichsten Situationen (Cummins et al., 1988). Sie entdecken Gesetzmäßigkeiten in den Grundrechenarten, wie Kommutativität, und können Aufgaben lösen, mit denen einige Drittklässler noch Schwierigkeiten haben.

rigkeiten haben (Stern, 1993). Längsschnittuntersuchungen zeigen, daß die in der Vorschulzeit erfaßten numerischen Kompetenzen die in der Schulzeit erbrachten Mathematikleistungen besser vorhersagen als die allgemeine Intelligenz (Stern, 1990; Stevenson & Newman, 1986). Diese Befunde sind vereinbar mit der Annahme, daß interindividuelle Unterschiede im Interesse an Zahlen und am Quantifizieren genetisch determiniert sind. Kinder, die über derartige Interessen verfügen, werden schon früh Lerngelegenheiten aufsuchen und für den Aufbau einer elaborierten Wissensbasis nutzen.

Fazit

Die Vielfalt menschlicher Kompetenzen erlaubt eine Vielfalt von Klassifikationsmöglichkeiten. Berücksichtigt man die Ergebnisse der Hirnforschung zur Spezialisierung der einzelnen Neuronen und bedenkt man, welche Kombinationsmöglichkeiten sich aus den Billionen von Neuronen des Menschen ergeben, können wir (theoretisch) Billionen von Fähigkeiten identifizieren. Die Psychologie steht vor der Aufgabe, für diese Vielfalt ein Klassifikationssystem zu entwickeln und muß bei der Wahl des Aggregationsniveaus einen Königsweg zwischen Überschaubarkeit und Erklärungswert finden. Die Versuche, eine Fähigkeit zu identifizieren, die in den unterschiedlichsten Anforderungssituationen interindividuelle Leistungsunterschiede erklären kann, waren bisher eher wenig erfolgversprechend. John Horn, einer der führenden Vertreter einer inhaltsübergreifenden Intelligenztheorie in den sechziger Jahren, kommt zu dem Schluß (Horn, 1988), daß zum gegenwärtigen Zeitpunkt das Konstrukt der allgemeinen Intelligenz zu den Fähigkeiten mit dem geringsten Erklärungswert gehört. Horn (1988) schlägt vor,

sich zukünftig in der Forschung in stärkerem Maße auf Faktoren zweiter Ordnung zu konzentrieren, wie sie in Horn und Cattell (1966) dargestellt wurden. Diese Faktoren beschreiben Leistungen bei der Bewältigung konkreter Aufgaben eines Inhaltsgebietes.

Zweifellos hat sich das Konzept der allgemeinen Intelligenz in der angewandten Diagnostik bewährt - in der Grundlagenforschung besteht jedoch gegenwärtig die Gefahr, daß es mehr verschleiert, als es erklären kann.

Literatur

- Ackerman, P.L. (1986). Individual differences in information processing: An investigation of intellectual abilities and task performance. *Intelligence*, 10, 101-139.
- Baillargeon, R. (1986). Representing the existence and the location of hidden objects: Object permanence in 6- and 8-month-old infants. *Cognition*, 23, 21-41.
- Cattell, R., & Weiß, R. (1980). *Grundintelligenztest CFT 20* (2. Aufl.). Braunschweig: Westermann.
- Ceci, S.J., & Ruiz, A. (1993). Transfer, abstractness, and intelligence. In D.K. Detterman & R.J. Sternberg (Eds.), *Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction* (pp. 168-191). Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
- Chase, W.G., & Ericsson, K.A. (1982). Skill and working memory. In G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 16) (pp. 1-58). New York: Academic Press.
- Cummins, D., Kintsch, W., Reusser, K., & Weimer, R. (1988). The role of understanding in solving word problems. *Cognitive Psychology*, 20, 405-438.
- De Groot, A.D. (1978). *Thought and choice in chess*. The Hague: Mouton (2. Aufl.).
- Dempster, F.N. (1981). Memory span: Sources of individual and developmental differences. *Psychological Bulletin*, 89, 63-100.
- Dempster, F.N. (1992). The rise and fall of the inhibitory mechanism: Toward a unified theory of cognitive development and aging. *Developmental Review*, 12, 45-75.
- Ericsson, K.A., Krampe, R.Th., & Tesch-Römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 100, 363-406.

- Eysenck, H.J. (Ed.). (1982). *A model for intelligence*. Berlin: Springer-Verlag.
- Flavell, J.H. (1976). *Metacognitive aspects of problem solving*. In L.B. Resnick (Ed.), *The nature of intelligence*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Fodor, A. (1983). *The modularity of mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gelman, R. (1978). *Cognitive development*. *Annual Review of Psychology*, 29, 297-332.
- Greeno, J.G., Moore, J.L., & Smith, D.R. (1993). *Transfer of situated learning*. In D.K. Detterman & R.J. Sternberg (Eds.), *Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction* (pp. 99-167). Norwood, NJ: Ablex.
- Horn, J. (1988). *Thinking about human abilities*. In J.R. Nesselroade & R.B. Cattell (Eds.), *Handbook of multivariate experimental psychology* (2nd ed.) (pp. 645-685). New York: Plenum Press.
- Horn, J.L., & Cattell, R.B. (1966). *Refinement and test of the theory of fluid and crystallized ability intelligences*. *Journal of Educational Psychology*, 57, 253-270.
- Jensen, A.R. (1982). *Reaction time and psychometric g*. In H.J. Eysenck (Ed.), *A model for intelligence* (pp. 93-132). Berlin: Springer.
- Just, M.A., & Carpenter, P.A. (1992). *A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory*. *Psychological Review*, 99, 122-149.
- Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond modularity. A developmental perspective on cognitive science*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology.
- McArdle, J.J., Goldsmith, H.H., & Horn, J.L. (1981). *Genetic structural equation models of fluid and crystallized intelligence*. *Behavioral Genetics*, 11, 607.
- McCloskey, M. (1983). *Naive theories of motion*. In D. Gentner, & A.L. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 299-324). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Piaget, J. (1950). *The psychology of intelligence*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Plomin, R., Corley, R., DeFries, J.C., & Fulker, D.W. (1990). *Individual differences in television viewing in early childhood: Nature as well as nurture*. *Psychological Science*, 1, 371-377.
- Plomin, R., DeFries, J.C., & McClearn, G.E. (1980). *Behavioral genetics*. San Francisco: Freeman.
- Pressley, M., Borkowski, J.G., & Schneider, W. (1987). *Cognitive strategies: Good strategy users coordinate metacognition and knowledge*. In R. Vasta & G. Whitehurst (Eds.), *Annals of child development* (Vol. 5, 89-129). New York: JAI-Press.
- Renkl, A., & Stern, E. (1993). *Die Bedeutung von kognitiven Eingangsvoraussetzungen und Lernaufgaben für das Lösen von einfachen und komplexen Textaufgaben*. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*.
- Riley, M.S., & Greeno, J.G. (1988). *Developmental analysis of understanding language about quantities and of solving problems*. *Cognition and Instruction*, 5, 49-101.
- Schmeck, R.R. (1988). *Learning strategies and learning styles*. New York: Plenum Press.
- Schneider, W., Körkel, J., & Weinert, F.E. (1989). *Domain-specific knowledge and memory performance: A comparison of high- and low-aptitude children*. *Journal of Educational Psychology*, 81, 306-312.
- Schneider, W., & Näsland, J.C. (1992). *Cognitive prerequisites of reading and spelling: A longitudinal approach*. In A. Demetriou, M. Shayer, & A. Efklides (Eds.), *Neo-Piagetian theories of cognitive development: Implications and applications for education* (pp. 256-274). London: Routledge.
- Spearman, C. (1904). *"General intelligence" objectively determined and measured*. *American Journal of Psychology*, 15, 201-293.
- Stern, E. (1990). *Die Entwicklung mathematischer Fähigkeiten und Fertigkeiten vom Kindergarten bis zur 3. Klasse (Paper 16)*. München: Max-Planck-Institut für psychologische Forschung.
- Stern, E. (1993). *What makes certain arithmetic word problems involving the comparison of sets so hard for children?* *Journal of Educational Psychology*, 85, 7-23.
- Stern, E., & Lehrndorfer, A. (1992). *The role of situational context in solving word problems*. *Cognitive Development*, 7, 259-268.
- Sternberg, R.J. (1977). *Intelligence, information processing and analogical reasoning*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Sternberg, R.J. (1984). *Toward a triarchic theory of human intelligence*. *Behavioral and Brain Sciences*, 7, 269-287.
- Stevenson, H.W., & Newman, R.S. (1986). *Long-term prediction of achievement and attitudes in mathematics and reading*. *Child Development*, 57, 646-659.
- Tesser, A. (1993). *The importance of heritability in psychological research: The case of attitudes*. *Psychological Bulletin*, 100, 129-142.
- Thurstone, L.L. (1938). *Primary mental abilities*. Chicago: University of Chicago Press.
- Vernon, P.E. (1965). *Ability factors and environmental influences*. *American Psychologist*, 20, 723-733.
- Weinert, F.E. (1990). *Die Entwicklung kognitiver, motivationalen und sozialer Kompetenzen zwischen*

- dem 4. und 8. Lebensjahr (Paper 16/1990). München: Max-Planck-Institut für psychologische Forschung.
- Weinert, F.E., Helmke, A., & Schneider, W. (1990). Individual differences in learning performance and in school achievement: Some plausible parallels and some unexplained discrepancies. In H. Mandl, E. de Corte, N. Bennett, & H.F. Friedrich (Eds.), *Learning and instruction: Vol. 2.1. Social and cognitive aspects of learning and instruction* (pp. 461-479). Oxford: Pergamon.
- Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358, 749-750.