

Gruppe 3:

Hinsichtlich der Verursachung von Rechenschwierigkeiten sind derzeit zwei Grundpositionen in der Forschungsliteratur vorherrschend. Die eine geht entsprechend dem aktuellen neurokognitiven Forschungsstand davon aus, dass wir Menschen über einen angeborenen Startermechanismus für die weitere Entwicklung mathematischer Fertigkeiten verfügen. Bei diesem Startermechanismus handelt es sich um eine sehr spezifische und basale Kompetenz, nämlich das Verständnis für Numerositäten. Es handelt sich hierbei um ein kognitives Kernsystem, das von Butterworth (1999) als „number module“ bezeichnet wird und von Dehaene (1997) in seinem gleichnamigen Buch als „number sense“. Die zweite Position sieht die Ursache für Dyskalkulie in eher allgemeinen kognitiven Defiziten (Geary & Hoard, 2005; Jacobs & Petermann, 2003; Lorenz, 2003; Rourke, 1993; zit. n. Landerl & Kaufmann, 2008), insbesondere Gedächtnisdefizite und Defizite in den exekutiven Funktionen sowie Defizite der allgemeinen kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit und visuell-räumlicher und motorischer Funktionen. Bei der ersten Position handelt es sich also um ein **domänenspezifisches Defizit** und bei der zweiten Verursachungsannahme ist die Dyskalkulie eine Folge einer Beeinträchtigung **domänenübergreifender Prozesse**.

Jede Gruppe des Gruppenpuzzles wird sich in der ersten Runde mit einem Text zu jeweils einem der genannten kognitiven Defizite auseinandersetzen.

Ihr Thema: Defizite der visuell-räumlichen und der motorischen Verarbeitung

In der zweiten Runde des Gruppenpuzzles sollen Sie in der Lage sein, ihren Kolleginnen Auskunft zu geben über:

1. allgemeine Aspekte der beschriebenen kognitiven Funktion,
2. Befunde, die für das **kausale** Vorhandensein eines solchen Defizits sprechen, und
3. Befunde, die gegen das **kausale** Vorhandensein eines solchen Defizits sprechen.

Viel Spaß beim gemeinsamen Lernen!

3.6.5 Defizite in der visuell-räumlichen Verarbeitung

Ohne Zweifel spielen visuell-räumliche Fähigkeiten eine wichtige Rolle, wenn es um Geometrie geht. Die visuell-räumliche Verarbeitung wird allerdings häufig auch mit der Entwicklung der arithmetischen Fähigkeiten in Verbindung gebracht, obwohl die empirischen Belege für einen derartigen Zusammenhang bisher dürftig sind. Die Vermutung eines Zusammenhangs ist aus mehreren Gründen naheliegend.

Eine theoretische Annahme besteht darin, dass Defizite in der visuell-räumlichen Verarbeitung möglicherweise auch die Ausbildung einer räumlichen Vorstellung von Zahlen in Form eines Zahlenstrahls (Hubbard et al. 2005; Zorzi et al. 2002) erschweren. In diesem Erklärungsansatz wird also ein direkter kausaler Zusammenhang zwischen visuell-räumlichen Fähigkeiten und der Verarbeitung von Zahlen hergestellt.

In anderen Konzeptionen (z. B. Geary/Hoard 2005) wird ein Zusammenhang vor allem mit rechnerischen Fertigkeiten hergestellt, bei denen visuell-räumliche Kompetenzen eine Rolle spielen, also beispielsweise dem schriftlichen Rechnen mit Zahlenkolonnen. Bei entsprechenden Defiziten kommen möglicherweise die Spalten der Zahlenkolonnen durcheinander.

Auch aus der Perspektive der neuronalen Verarbeitung sind visuell-räumliche Defizite als Ursache für Dyskalkulie auf den ersten Blick nicht von der Hand zu weisen. Sowohl die Verarbeitung von Zahlen und Mengen als auch die visuell-räumliche Verarbeitung findet zu wesentlichen Teilen im Parietallappen statt. Allerdings ist eine vergleichbare Lokalisierung im Gehirn nicht unbedingt mit einer funktionalen Assoziation gleichzusetzen. So könnten beispielsweise benachbarte – aber funktionell distinkte – Neuronengruppen koaktiviert werden.

Auffällig ist, dass bei einer Reihe von genetisch und pränatal bedingten Entwicklungsstörungen (Turner-Syndrom, Fragiles-X-Syndrom, Williams-Beuren-Syndrom, Spina bifida, velokardiofaziales Syndrom oder DiGeorge-Syndrom) sowohl visuell-räumliche Defizite als auch eine gestörte Entwicklung der Rechenleistungen typisch sind.

Dass diese Assoziation aber nicht unbedingt auf einen kausalen Zusammenhang hinweist, zeigt der Befund, dass innerhalb einer Gruppe von Kindern mit Spina bifida das Ausmaß der visuell-räumlichen Defizite keine Vorhersage im Hinblick auf das Ausmaß der Rechenstörung erlaubte (Barnes et al. 2005). Insbesondere zeigte sich im Rahmen einer Fehleranalyse, dass die visuell-räumlichen Defizite der Kinder

mit *Spina bifida* nicht in direktem Zusammenhang mit Fehlern beim Umgang mit Zahlenkolonnen stehen, wie Geary und Hoard (2005) das annehmen. Bei derart massiven Entwicklungsstörungen liegt oft eine Vielzahl von Symptomen vor, die aber auf der Ebene der kognitiven Verarbeitung durchaus nicht alle in einem kausalen Zusammenhang mit der Rechenleistung stehen müssen.

3.6.6 Defizite in der motorischen Verarbeitung

Auch die motorische Entwicklung wird häufig mit der Entwicklung der Rechenleistungen in Verbindung gebracht. Besonders wichtig könnten hier die Fingermotorik und die kognitive Repräsentation der Finger sein, weil die Finger beim frühen Zählprozess eine wichtige

Rolle spielen. Sie werden zum einen benutzt, um das Eins-zu-eins-Prinzip umzusetzen, indem auf jedes zu zählende Objekt gezeigt wird. Zum anderen werden die Finger als konkreter Hinweis für die Anzahl benutzt (also etwa 3 Finger für 3 Objekte). Letztlich stellt Fingerrechnen einen wichtigen ersten Schritt in der Entwicklung der Rechenleistungen dar. Butterworth (1999) entwickelt sogar die Annahme, dass sich die neuronalen Korrelate der Zahlenverarbeitung nicht zufällig im Parietallappen, in unmittelbarer Nachbarschaft zum primären motorischen Kortex in der Zentralwindung angesiedelt haben.

Tatsächlich gibt es auch erste empirische Hinweise für einen derartigen Zusammenhang: Camos und Mitarbeiter (1998) fanden, dass Kinder mit Dyspraxien auch mit dem Zählen Probleme hatten. Barnes und Kollegen (2005) verfolgen die Entwicklung von Kindern mit *Spina bifida* längsschnittlich. Aufgrund des angeborenen neurologischen Defekts weisen Kinder mit *Spina bifida* oft schwere motorische Defizite auf. Barnes und Mitarbeiter konnten zeigen, dass der Entwicklungsstand der Fingermotorik spezifische Varianz der Zählkompetenz im Alter von 3 Jahren aufklärt.

Umgekehrt berichtet aber Dowker (2005) vom Einzelfall eines 7-jährigen Jungen, der aufgrund eines Schlaganfalls eine stark eingeschränkte Finger- und Handmotorik aufwies. Tatsächlich war der Junge kaum in der Lage, 10 Objekte sicher und fehlerlos zu zählen. Allerdings bestätigte dieser Junge die Annahme nicht, dass sich dieses Defizit auf die Entwicklung der Rechenleistung auswirken würde: Seine Rechenleistung lag deutlich über der für sein Alter durchschnittlichen Leistung.

Ein in diesem Zusammenhang sehr interessanter Fallbericht stammt bereits aus dem Jahr 1964: Poeck beschreibt die kognitiven Leistungen eines 11-jährigen Mädchens, das von Geburt an keine Unterarme und Hände hatte. Dieses Mädchen verspürte jedoch seit dem 6. Lebensjahr „Phantom Schmerzen“ in den fehlenden Gliedmaßen und berichtete, dass es seine (nicht vorhandenen) Finger beim Zählen und Rechnen benutzte. Diese Einzelfalldarstellung ist also ein Hinweis dafür, dass die Benutzung der Finger nicht unbedingt von deren Präsenz und/oder Funktionsfähigkeit abhängig ist, sondern dass Kinder auch dann auf das Fingerrechnen zurückgreifen können, wenn sie diese rein mental abbilden.

er- Wichtiger als die Fingermotorik ist also höchstwahrscheinlich die kognitive Repräsentation der Finger. Bei sogenannten Fingeragnosien können betroffene Personen etwa nicht genau zuordnen, an welchem Finger sie berührt werden. Interessanterweise beobachten Neurologen, dass bei einer bestimmten Störung, dem sogenannten Gerstmann-

Syndrom (Gerstmann 1940, s. Abschnitt 1.2), welches auf eine Schädigung des Gyrus angularis (einer Struktur des Parietallappens) zurückzuführen ist, Fingeragnosien und Rechenstörungen in Kombination auftreten. Neben Fingeragnosie und Akalkulie sind auch Defizite in der Links-rechts-Orientierung und Agraphie Bestandteile des Syndroms. Vereinzelt werden auch entwicklungsbedingte Fälle des Gerstmann-Syndroms berichtet (z. B. Benson / Geschwind 1970; Kinsbourne / Warrington 1963; Suresh / Sebastian 2000). Bis heute ist unter Neurologen umstritten, ob es zwischen diesen Symptomen kausale Zusammenhänge gibt oder ob sie lediglich aufgrund der räumlichen Nähe der neuronalen Repräsentation häufig gemeinsam auftreten (Benton 1977).

Auch erste Evidenz aus Längsschnittstudien spricht für einen Zusammenhang zwischen der kognitiven Repräsentation der Finger und der Entwicklung der Zähl- und arithmetischen Leistungen. Die Arbeitsgruppen um Fayol (1998) sowie Marinthe (2001) konnten zeigen, dass auf Basis der Leistung von 5-jährigen Kindern bei einer neuropsychologischen Testbatterie die Rechenleistung (aber nicht die Leseleistung) ein und drei Jahre später vorhergesagt werden konnte. Diese Testbatterie enthielt Aufgaben zur Fingererkennung (während das Kind die Augen schließt, wird ein Finger berührt); Fingerdiskrimination (es müssen die beiden Finger erkannt werden, die hintereinander bei geschlossenen Augen berührt werden); sensorische Integration (Erkennen der beiden Körperteile, die bei geschlossenen Augen gleichzeitig berührt wurden, z. B. linkes Ohr und linkes Handgelenk); und *Graphästhesie* (Erkennung von einfachen Figuren, die auf die Haut gezeichnet werden, z. B. ein „+“).

Auch Noël (2005) konnte belegen, dass Aufgaben zum Fingerbewusstsein in der 1. Klasse die Rechenleistung 15 Monate später vorhersagte, während ein allgemeines Maß der kognitiven Entwicklung keine spezifische Varianzaufklärung leistete. Wiederum zeigte sich, dass die Vorhersage der Aufgaben zum Fingerbewusstsein spezifisch war – die Leseleistung konnte nicht prognostiziert werden.

Allerdings war die Prädiktion für Aufgaben, die stark auf der kognitiven Repräsentation der Finger basieren sollten (einfache Additionen, Vergleich der Fingeranzahl), nicht besser als die Prädiktion für andere arithmetische Aufgaben. Außerdem sagten nicht nur die Aufgaben zur Fingeragnosie die Rechenleistung vorher, sondern auch neuropsychologische Aufgaben zur Links-rechts-Unterscheidung. Daraus schließt Noël eher auf eine lokalistische als eine funktionale Erklärung des Zusammenhangs, d. h. die räumliche Nähe der neuro-

ne
Zu

funktionalen Gehirnareale im Parietallappen ist höchstwahrscheinlich verantwortlich für die gefundenen Zusammenhänge.

Kaufmann und Kollegen (2008b) untersuchten diesen potenziellen Zusammenhang zwischen Fingerarealen und Zahlengrößenrepräsentation, indem sie Kinder und Erwachsene aufforderten, eine Zahlenvergleichsaufgabe zu lösen. Dabei sahen die Probanden am Bildschirm zwei Hände und mussten durch Tastendruck entscheiden, auf welcher Seite bzw. Hand mehr ausgestreckte Finger zu sehen waren. Bei Kindern zeigte sich eine gemeinsame Aktivierung von Hirnarealen, die die Fingermotorik modulieren, und von solchen Arealen, die für die Zahlengrößenverarbeitung zuständig sind. Demgegenüber zeigten Erwachsene diese Koaktivierung nicht mehr: Bei Erwachsenen waren die Fingerareale deaktiviert, was darauf hinweist, dass Erwachsene diese (Finger-)Regionen beim einfachen Zahlenvergleich nicht mehr benötigen. Befunde zu Defiziten der kognitiven Repräsentation der Finger bei Dyskalkulie stehen bisher aus, entsprechende Untersuchungen sind jedoch bereits im Gange (Kaufmann et al. in Vorb.; 2008 b).