

edsa
european down-syndrom assoziation deutschland



Wie Kinder mit Down-Syndrom rechnen lernen

Eine Information für Eltern und Lehrer

**© Monique Randel-Timperman, Dipl.-Dolm., M.A. Psychologie-
Patholinguistik**

edsa

EUROPEAN
DOWN SYNDROME
ASSOCIATION

Einführung

In unserer Kultur sind Rechnen, mathematische Begriffe Verstehen, der Umgang mit Mengen und Zahlen unverzichtbar. Sie sind in vielen Situationen des täglichen Lebens erforderlich: bei jeglichem Zahlvorgang, beim Backen und Kochen, bei Terminabsprachen, Veranstaltungen, im Öffentlichen Verkehr, bei vielfältigen beruflichen Anforderungen und Freizeitaktivitäten. Insofern tragen rechnerische Grundkenntnisse zur Autonomie eines Menschen, zu seiner Fähigkeit aus Alternativen zu wählen und selbst Entscheidungen zu treffen, wesentlich bei. Evolutionär ist die Fähigkeit rechnen zu können recht neu, deshalb ist unser Gehirn dafür nicht besonders gut ausgestattet. Mathematische Fähigkeiten haben sich vermutlich noch keinen eigenen Bereich im Gehirn erobert und bedienen sich deshalb der neuronalen Netzwerke, die teils zum Sprechen und zum Lesen (in der linken Hemisphäre)¹ und zum Teil für das räumliche Denken (in der rechten Hemisphäre) gebildet haben.

Sie nutzen viele Funktionen – Gedächtnis, Planen, Problemlösen – die vom Frontalhirn gesteuert werden. Rechenschwäche ist deshalb selten eine rein isolierte Teilleistungsschwäche. Bestimmte Einschränkungen grundlegender kognitiver Fähigkeiten - der Raumorientierung, der gerichteten Aufmerksamkeit, des Arbeitsgedächtnisses und des abstrakten Denkens, der abstrakten Vorstellung, des Problemlösens, der Sprachentwicklung und des Lesens und Rechtschreibens² - begleiten meist Probleme im Bereich des mathematischen Denkens. Es wundert deshalb nicht, dass Menschen mit einer geistigen Behinderung oder erheblichen Lernverzögerung gerade im Bereich des Rechnens große Schwierigkeiten zeigen.

Die Diagnose Rechenschwäche wird in der Regel nur gestellt, wenn der IQ nicht wesentlich von der Norm abweicht (DSM IV). Deshalb wird bei unterdurchschnittlichem IQ nicht von Rechenschwäche oder Dyskalkulie gesprochen, obwohl eine Vielzahl der Ursachen und Probleme die gleichen sind. Die vorherrschende Meinung, dass Menschen mit geistiger Behinderung nicht rechnen können, oder schlimmer noch, es nicht brauchen, ist nicht immer zutreffend und führt zu einer Einschränkung ihrer Entfaltungsmöglichkeiten.

¹ Gyrus angularis

² Dass dies jedoch keine notwendige Beziehung ist, beweisen viele Genies, so u.a. Einstein, der, obwohl er Probleme im Lese-Rechtschreibbereich gehabt haben soll, über geniale mathematische Einsichten verfügte. Diese wurden allerdings zunächst nicht erkannt, seine Schulkarriere war wohl nicht sehr erfolgreich.

Was ist Rechnen?

Rechnen besteht grundsätzlich aus Hinzufügen oder Wegnehmen von *Mengen*. Auch Multiplizieren oder Teilen sind lediglich eine besondere Art Mengen zu verändern.

Das Verständnis dessen, was eine Menge ist (*Mengenverständnis*) und wie sie sich verändern kann, ist deshalb grundlegend für das Rechnen. Ohne eine genaue Vorstellung über die „Menge“, die eine Zahl darstellt, bleibt die Ziffer oder Zahl ein sinn- und inhaltsloses Symbol.

Stellen Sie sich vor, was Ihnen bei dem schriftlichen Symbol (dem Wort oder der Buchstabenfolge) „Tier“ alles einfällt! Je nachdem, in welchem Kontext Sie diesem Wort begegnen, werden unterschiedliche gedankliche Verbindungen (*Assoziationen*) wachgerufen oder bestimmte Reaktionen aktiviert. Zu diesem Wort haben Sie ein vielfältiges *Konzept* gebildet, aus dem Sie nach Bedarf einzelne Elemente und Verhaltensweisen abrufen können. Wenn Sie aber dieses Wissen nicht haben, bleibt Ihnen nicht nur eine ganze Welt verschlossen, Sie sind möglicherweise handlungsunfähig. Sie wissen z. B. nicht, was Sie tun müssen, wenn Sie erfahren, dass Sie ein „Tier“ geschenkt bekommen: Ob Sie es halten können, Was Sie füttern müssen, Wie Sie es pflegen usw. Etwa so verhält es sich, wenn man nicht versteht, welche „Menge“ eine Ziffer oder Zahl darstellt. Wie viel Stücke Kuchen dürfen Sie nehmen? Wie weit dürfen Sie beim Würfelspiel mit Ihrem Stein weiterziehen? Wie oft noch schlafen bis endlich Ferien sind?

Nicht wissen, was sich in einer gegebenen Situation hinter einem Zahlwort verbirgt, macht deshalb oft hilflos.

Wenn Sie genau wissen, was die Zahl „4“ alles bezeichnen kann, können Sie sich vorstellen, dass es sich um 4 Gegenstände handelt, unabhängig von ihrer Größe, Farbe, Form oder Anordnung. Sie wissen, dass das weniger als 5 Gegenstände sind, dass 4 in einer Reihe nach 3 kommt, aber vor 5. Sie wissen, dass 2 und 8 eine besondere Beziehung zur 4 haben. Dass sich die Zahl 14 aus 10 und 4 zusammensetzt, dass Ihr Nachbar eine 4 an der Haustür hat, dass Sie er 4 Großeltern hatten und dass Sie nach der 4. Klasse die Schule gewechselt haben. Wenn sie 4 Kg Zucker kaufen sollen, wissen Sie, dass Sie eine größere Tasche brauchen und dass diese zu schwer wird, um sie zu Fuß nach Hause zu schaffen. Es ist Ihnen auch klar, dass 4 Brötchen zum Frühstück für Sie alleine wohl zuviel sind. Bei „Mensch ärgere dich nicht“ wissen Sie gleich, ob Sie Ihren Mitspieler hinauswerfen können.

Sind Kinder mit Down-Syndrom rechenschwach?

Kinder mit Down-Syndrom stellen die wichtigste Gruppe der Kinder mit einer genetisch bedingten Lernverzögerung bzw. geistigen Behinderung dar. Ihr Gehirn zeigt in vielen Bereichen strukturelle und funktionelle Veränderungen im Vergleich zur Norm. Die Einschränkung ihrer kognitiven Fähigkeiten, der Grundfähigkeiten der Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, Konzentration, Informationsverarbeitung, Arbeitsgedächtnis und Sprachentwicklung, machen sich insbesondere bemerkbar

- bei der Verarbeitung gleichzeitiger Informationen
- bei der Verarbeitung verbaler Informationen
- bei der Abstraktionsbildung,
- beim Lösen von symbolischen oder abstrakten Aufgaben,
- beim allgemeinen Problemlösen
- beim Zerlegen und Sequenzieren von Teilschritten
- bei der Handlungsplanung und Zielermittlung
- bei der laufenden Überwachung der Handlungsdurchführung
- bei der Entwicklung von Lernstrategien
- beim Übertragen von Wissen in neuen Situationen (Wissenstransfer)
- bei der Verarbeitung auditiver Informationen,
- beim Speichern deklarativer Gedächtnisinhalte³
- beim Abrufen von gespeicherten Informationen und Erfahrungen
- bei der Verbalisierung von Tatsachen, Ereignissen, Zusammenhängen und Regeln
- beim Formulieren von Bitten und Fragen.

Noch steht nicht fest, ob sie lediglich erheblich lernverzögert sind und dabei zusätzlich einzelne besondere Schwachstellen zeigen, oder aber auch auf eine andere Weise lernen als sich durchschnittlich entwickelnde Kinder.

Ist Lesen bei geeigneter Methode heute im Bereich der Möglichkeiten vieler Menschen mit Down-Syndrom, zumindest auf einem funktionellen Niveau, so bleibt das Rechnen für die meisten noch ein Buch mit sieben Siegeln. Sie können in diesem Bereich, wenn auch mit größerer Verzögerung, den prä-operationalen Bereich oder vielleicht die Stufe konkreter Operationen nach Piaget erreichen. Bei der ihnen zugestandenen Lern- und Ausbildungszeit sollte unbedingt berücksichtigt werden, dass sie dazu möglicherweise länger brauchen werden, als die übliche Schulzeit.

Eine negative Erwartungshaltung – meist geht man davon aus, dass sie ohnehin nicht rechnen lernen werden -, führt dazu, dass die Unfähigkeit zu rechnen bestätigt wird (*selbsterfüllende Prophezeiung*).

³ Gedächtnisinhalte, die sprachlich verarbeitet, gespeichert bzw. abgerufen werden.

Rechenschwache Kinder strengen sich häufig besonders an. Dies wird oft nicht gesehen. Ihnen wird im Gegenteil häufig Unwillen, mangelnde Motivation und Konzentration vorgehalten. Auch von Kindern mit Down-Syndrom wird dies oft gedacht. Für ihre Lernentwicklung ist das wenig förderlich. Ein besseres Verständnis ihrer Probleme kann eher helfen, Lern- und Verhaltensblockaden zu mildern.

Rechenschwache Kinder und Kinder mit Down-Syndrom sind in erster Linie auf besondere Methoden, Hilfsmittel und Erklärungsweisen angewiesen, um mathematische Gedanken und Operationen nachvollziehen zu können. Sie brauchen eine besondere Qualität der Vermittlung sowohl der rechnerischen Fertigkeiten als auch der vorausgehenden Fähigkeiten. Pessimistische Einstellungen in Bezug auf ihre Fähigkeiten oder auch fehlende strukturierte Lernziele sind deshalb auch eine wichtige Ursache für ihre schwachen Rechenleistungen.

Aufgrund der zentralen Rolle des Umgangs mit Zahlen und Mengen in unserer Kultur und im Hinblick auf eine möglichst selbstbestimmte Lebensführung, sollte die Forschung folgenden Fragen nachgehen:

- Inwiefern können Personen mit Down-Syndrom die notwendigen Basisprinzipien der Mathematik erfolgreich erlernen?
- Über welche rechnerischen Kompetenzen sollte der Erwachsene mit Down-Syndrom verfügen, um selbst über wichtige Aspekte seines Lebens bestimmen zu können?
- Wie soll die Förderung aussehen, damit sinnvolle und realistische Ziele erreicht werden können?

Zur Erstellung von angemessenen Förderprogrammen müssen auch folgende Fragen untersucht werden:

- Haben die Rechenschwierigkeiten der Kinder mit Down-Syndrom die gleiche Qualität wie die anderer rechenschwachen Kindern?
- Haben sie lediglich eine ernstere Form der Rechenschwäche?
- Welche Rolle spielt ihre generelle Entwicklungsverzögerung?
- Welche Kompetenzen, Fertigkeiten bzw. Vorkenntnisse sind erforderlich, um rechnen zu lernen?
- Welche Grundfertigkeiten und Vorkenntnisse sollen vorrangig gefördert werden?
- Über welche numerischen und mathematischen Kompetenzen verfügen Kinder mit Down-Syndrom in der Regel?
- Wie können wir Kindern mit Down-Syndrom lebensdienliche – funktionelle – Grundkenntnisse des Rechnens beibringen?

Ich vermute, dass für viele Kinder mit Down-Syndrom, die Rechenschwäche die

gleiche Bandbreite der Merkmale zeigt, wenn auch in einer ausgeprägteren Form, wie dies bei anderen Kindern mit einer Dyskalkulie⁴ der Fall ist. Das heißt dass sie, wenn auch nicht alle, im Bereich Rechnen gefördert werden können. Nicht nur die Erfahrung spricht dafür, sondern auch die Auseinandersetzung mit den Piaget'schen Entwicklungsstufen. Der pädagogische Ansatz sollte sich auf beide stützen. Mehr noch als bei sich sonst durchschnittlich entwickelnden Kindern müssen aber die *Gesamtprobleme und Potentiale des Kindes festgestellt und berücksichtigt werden, da sonst Fördermaßnahmen nicht greifen können.*

⁴ Einige Forscher gehen davon aus, dass es unterschiedliche Formen der Rechenschwäche gibt, entsprechend den (hemisphärisch bedingten) Störungsherden. Sie kann die Folge generalisierter Sprachdefizite oder auch visuomotorischer Probleme sein. Man unterscheidet weiterhin die *allgemeine Rechenschwäche*, bei eingeschränktem IQ von der *umschriebenen Rechenschwäche* bei durchschnittlichem IQ (Übersicht bei Esser & Wyschkon).

Was ist Rechenschwäche oder Dyskalkulie?

Nach ICD-10 handelt es sich bei der *umschriebenen Rechenschwäche als Teilleistungsstörung* um ein Defizit numerischer und arithmetischer Fähigkeiten, d. h.

- des Zählens
- der Einsicht in Rangordnungen und Mengen
- des Umgangs mit Rechenprozeduren

bei sonst durchschnittlichem IQ (zumindest aber 70).

Rechnerische Fähigkeiten entwickeln sich entsprechend der geistigen Reife des Kindes, sie sind aber auch von Impulsen des sozio-kulturellen Kontextes, d. h. der Lebenswelt, des Kindes *und* der Vermittlungsqualität des rechnerischen Wissens abhängig.

Kinder mit einer Rechenschwäche fallen durch Probleme insbesondere

- in den **Grundrechenarten** (Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division),
- bei der Suche nach **Lösungsstrategien** sowie
- beim Behalten von **mathematischem Basiswissen** (automatisierte, abrufbare Fakten, Regeln und Rechenprozeduren) auf.

Rechenschwäche oder Dyskalkulie wurde erst in jüngster Zeit von der Pädagogik als Forschungsobjekt erkannt. Die Erkenntnisse darüber stehen deshalb noch am Anfang. Dennoch zeichnet sich allmählich ab, wo die Probleme bei rechenschwachen Kindern liegen können. Dies könnten sowohl hirnrorganische Besonderheiten⁵, als auch ausgeprägte kognitive Schwächen in den bereits erwähnten Bereichen sein.

Zerebrale Störungen können in links- bzw. rechtshemisphärische Probleme unterteilt werden. Störungen der rechten Hirnhälfte führen unter anderen zu räumlich-zeitlichen Orientierungsproblemen, während linksseitige Störungen die Sprache oder Analysefähigkeit betreffen können. Frontale Störungen beziehen sich u. a. auf die Abstraktionsfähigkeit, auf das Arbeitsgedächtnis bzw. das Planen und Problemlösen.

⁵ Z. B. im Frontallhirn und seinen Verbindungen, sowie in den Zellschichten des Gyrus angularis, eine Windung im hinteren Bereich der Hirnrinde, in der akustische und visuelle Informationen zusammengeführt werden. Diese Windung spielt eine zentrale Rolle beim Lesenlernen.

Manche Forscher gehen davon aus, dass es sich bei der Rechenfähigkeit um ein eigenes Modul handeln muss, welches durch Abweichungen in der Frontal bzw. Temporo-Okzipitalregion gestört wird. Dieses Modul bedient sich weiterer Fähigkeiten, wie etwa der Sprache – auch der *inneren Sprache* –, der Aufmerksamkeitssteuerung, des Kurzzeitgedächtnisses und logischen Denkens, der räumlichen Orientierungsfähigkeit bzw. der Visuomotorik.

Dehaene, einer der prominentesten Forscher im Bereich Mathematik, versucht die neurologische Basis mathematischer Fähigkeiten zu ergründen und beschreibt im *Triple Code Model* drei Hirnbereiche, die aktiv sind, wenn Kinder arithmetische Aufgaben ausführen:

- Das visuelle Subsystem (visual subsystem) in der Area Fusiformis
- Das sprachliche Subsystem (verbal subsystem) in der perisylvischen Region der linken Hemisphäre
- Das Mengensubsystem (quantity subsystem) in der Furche zwischen den Parietallappen

Dehaene geht davon aus, dass ein Kind bei der Manipulierung von Zahlen die folgenden geistigen Aktivitäten durchführt:

- Es betrachtet oder liest eine Ziffer, z. B. die 4
- Es hört, liest oder spricht das Wort „vier“
- Es verbindet damit ein gewisses Mengenwissen: z. B. „vier ist weniger als fünf“

Mathematische Defizite können in jedem der drei Systeme liegen oder in ihren Beziehungen untereinander. So kann die Schwierigkeit darin bestehen, Erkenntnisse aus einem System in ein anderes zu übertragen. Dies muss das Kind durch Erfahrung und Übung eher mühsam lernen.

Neben dem fehlenden **Mengen-** und **operativen Verständnis** (die mechanische Assoziation von Zahlen und Mengen sowie die Automatisierung von Rechenprozeduren) hat die jüngere Forschung eine Reihe von Defiziten ausgemacht, die mit zur Rechenschwäche führen können:

- Allgemeine Entwicklungs- und Reifeverzögerung
- Wahrnehmungsprobleme im visuellen, auditiven und taktilen Bereich
- Festhalten an einzelnen Wahrnehmungsaspekten unter Missachtung der anderen, Perseverationen
- Visuomotorische und psychomotorische Probleme
- Psychosoziale Probleme
- Visuelle Diskriminierungsstörungen: Richtungsprobleme beim Erkennen von Ziffern und Zahlen (9 oder 6; 12 oder 21)
- Graphomotorische Probleme beim Zahlenschreiben

- Aufmerksamkeits- und Konzentrationsstörungen, allgemein oder bezogen auf Zahlen
- Probleme im Bereich des abstrakt-symbolischen Vorstellungsvermögens (Verinnerlichung des Zahlenraumes und der Rechengänge)
- Schwierigkeiten bei der Lösung neuer bzw. komplexer Probleme (Ungenügende Beachtung aller Elemente, falsche Regelanwendung, Versuch-und-Irrtumstrategien, unvollständige Bearbeitung oder Lösung der Aufgaben, Auslassen von Zwischenschritten, Perseverationen und Anwendung unpassender Automatismen)
- Probleme des auditiven Kurzzeitgedächtnisses (Aufnahme und Bearbeitung von verbalen Informationen)
- Eingeschränkter Arbeitsspeicher (Beschränkte Denk-, Planungs- und Kontrollkapazität und Steuerung von Gedächtnisvorgängen)
- Sprachliche Probleme: Schwierigkeiten beim Zahlenverständnis (14 oder 41), falsche Assoziationen, semantische Schwierigkeiten und eingengtes Verständnis mathematischer Begriffe („minus“ bedeutet weniger, kleiner, kürzer usw.), Verständnisschwierigkeiten bei komplexen Aufgaben oder Textaufgaben
- Probleme der Speicherung und des Abrufs von sprachlichen Inhalten, räumlichen Anordnungen sowie mathematischen Faktenwissens und Regelanwendungen

Eine Erfolg versprechende Förderung muss all diese Aspekte untersuchen und gegebenenfalls berücksichtigen.

Numerische und rechnerische Fähigkeiten

Rechnerische Fähigkeiten bauen auf einem **angeborenen Sinn für Mengen** auf. Säuglinge, aber auch Tiere, scheinen ein primäres, allerdings begrenztes, Verständnis dafür zu haben. Sie erkennen zielsicher das größere Stück Kuchen oder Fleisch, „viel“ und „wenig“ (kleinere Mengen) können sie schon sehr früh unterscheiden (size effect). Viereinhalb Monate alte Babys sollen schon die Anzahl 1, 2 oder 3 unterscheiden können und auch früh größere Mengenunterschiede z. B. 10 und 30 Gegenstände (distance effect) sehen⁶, bei kleinen Mengenunterschieden gelingt dies noch nicht.

Bald werden sie dann nach dem Schema „1, 2, 3, viele“ zählen. Sobald Zählen und Rechnen das Verständnis der abstrakt-symbolischen Beziehung zwischen Zahlen und der Menge, die sie darstellen, erfordert und die vielfältigen Weisen, wie sich eine Menge vermehren oder verringern lässt, ist mühsame Lernarbeit und vielseitige, konkrete Erfahrung gefordert. Aber gerade die vielfältigen Wandlungen, die eine „Menge“ erfahren kann, sind für Kinder mit einer Rechenschwäche schwer nachvollziehbarerbreit, wenn dies losgelöst von konkreten, sicht- und „fassbaren“ Situationen erfolgt.

Zahlen und **rechnerische Fakten** erscheinen auf den ersten Blick ohne Zusammenhang, sie sind auch nichts Lebenswichtiges. Sie sind eine rein kulturelle Erscheinung. Deshalb kann sie unser Gehirn nur schwer einordnen und speichern. „Im Geiste“ lassen sie sich auch nur verarbeiten, wenn sie klein und überschaubar sind. Rechenschwache Kinder können Zahlen und Mengen nur „vor Augen sehen“, wenn sie klein sind und etwas Konkretes darstellen: Das Lego-Auto hat vier Räder, zwei vorne, zwei hinten.

Einfache Rechenaufgaben lassen sich noch durch „Zählen“ lösen, bei Zahlen aus mehreren Ziffern oder bei komplexeren Vorgängen müssen auch wir jedoch über möglichst viele auswendig gelernte Zwischenergebnisse und automatisierte Rechenprozeduren verfügen, damit wir sie ohne visuelle Unterstützung oder Notizen im Kopf rechnen können. $4 + 4$ im Kopf zusammenzuzählen, fällt uns nicht schwer. Auch $444 + 444$ ist noch ein Kinderspiel, aber wie verhält es sich mit $123 + 321$? Da greifen wir schon eher zum Stift.

Werden Zahlen größer oder „beziehungsloser“ müssen Faktenwissen und Rechenstrategien das „Zählen“ ersetzen. Neben der Automatisierung stützen sich solche Strategien auch auf eine vertiefte **Einsicht in die Beziehungen** zwischen den **Zahlen**⁷.

⁶ „Elementary number theory“

⁷ Da diese Kindern mit Down-Syndrom fehlt, bleibt „Zählen“ für sie der sicherste Weg zum richtigen Ergebnis zu kommen. Dadurch ist ihnen der Umgang mit größeren Zahlen versperrt. Zwar mag es ihnen gelingen, den Operationsweg, auch mit „Zehnerübergang“, selbständig durchzuführen, aber es bleibt ein labiler, nicht wirklich beherrschter

Kinder mit einer Rechenschwäche bzw. mit Down-Syndrom verharren deshalb lange auf der Stufe des **zählenden Rechnens**, erst vorwärts bei Plus-Aufgaben, später bei Minus-Aufgaben auch rückwärts, weil ihnen diese Einsicht fehlt.

Häufig kommen Kinder mit Down-Syndrom auch nicht über einfaches Faktenwissen hinaus ($4 + 4 = 8$), jedoch ohne Verständnis und müssen Ergebnisse deshalb immer wieder durch Zählen ermitteln. Da ihre Verarbeitungskapazität schnell erschöpft ist, bleiben sie bei größeren Zahlen und komplexeren Rechenwegen bald stecken. Sie sind deshalb auf Hilfsmittel, vor allem Anschauungsmittel, angewiesen.

Das mangelnde Faktenwissen und ein eingeschränktes Arbeitsgedächtnis allein sollten für die Kinder nicht der Grund sein, sie nicht doch mit höheren Zahlen umgehen zu lernen. Es ist das, was ihre Altersgenossen tun und vielleicht schleicht sich durch Routine und Übung nach und nach ein gewisses Verständnis ein. So überraschte mich N. eines Tages als er 90 Papierblumen abzählen sollte damit, dass er sie nicht einzeln, sondern korrekt mit der Zweier-Reihe zählte. Dabei konnte man mit zunehmender Höhe der Zahlen „sehen“, dass er angestrongter nachdenken musste. Hier fehlten ganz deutlich Vertrautheit und Routine.

Vorgang. Bei näherem hinschauen oder hinterfragen, stellt sich wieder heraus, dass der Vorgang mechanisch, ohne wirkliches Verständnis durchgeführt wurde.

Bausteine des Rechnens

Automatisierung

Problemanalyse

Transfer

Mengenverständnis

Mengen verändern

Rechenoperationen

Speicherkapazität

Gedächtnisabruf

Umgang mit Symbolen

Mathematisch. Wissen

Augenfolgebewegung

Raum-Lagesensibilität

Hand-Augen-Koordination

Graphomotorik

Reihenfolgen bilden

Kategorisieren

Vergleichen

Problemlösen

Begreifen

Speichern

Sprachentwicklung

Objektpermanenz

Symbolvorstellung

Neugierentwicklung

Aufmerksamkeit

Soziale Einbindung

Wahrnehmung

Greifen

Bewegungsentwicklung

Grundkompetenzen als Voraussetzung für das Zählen und Rechnen

Grundlegende Voraussetzung für das Rechnen lernen, ist die ganze Bandbreite kognitiver Fähigkeiten: zielgerichtete Aufmerksamkeit bei abstrakten Aufgaben, generelle Abstraktionsfähigkeit, Gedächtnisbildung, Abrufbarkeit für mathematisches Faktenwissen und Regelanwendung, logisches Denken und Problemlösen usw. (siehe Schema weiter unten). Kinder mit einer Entwicklungsdyskalkulie und Kinder mit Down-Syndrom, weisen eine Verzögerung oder Defizite in mehreren – oder allen – der genannten Fähigkeiten auf. Die Förderung wird also zunächst vorrangig in einer Stärkung dieser Grundfähigkeiten und erst später einiger spezifischer Fertigkeiten bestehen. Dazu ist es aber auch erforderlich, mit der Ermittlung der individuellen Schwächen (und Stärken) zu beginnen.

Lernen und erinnern durch Verinnerlichung und Abstraktion

Lernen erfolgt bei Kleinkindern über folgende Stufen:

- Anfassen, Manipulieren (Stufe der Handlung, prozedural, Gewohnheitsgedächtnis)
- Sehen (Stufe der Visualisierung)
- Aufbauen einer Vorstellung im Kopf (Stufe der Verinnerlichung und Abstraktion)
- Automatische Durchführung bzw. Abruf von Wissen (Stufe der Automatisierung)

Kinder mit Down-Syndrom verharren besonders lange auf der Handlungs- und Visualisierungsstufe. Sie brauchen länger, um sich von der 1-zu-1 Zuordnung beim Zählen zu lösen und Mengen abzuschätzen. Dies erfordert eine zunehmende Abstraktion und Schema- oder Mustererkennung. Solange sie keinen inneren Zahlenraum aufgebaut haben, müssen sie Gegenstände „anfassen“, um spontan zu wissen, was mehr ist, 5 oder 7. Dem muss die Mathematikförderung Rechnung tragen.

Konzeptbildung, Abstraktionsfähigkeit und Beherrschung der abstrakten Vorstellung von Zahlen und Mengen.

Zu den Basiskompetenzen gehören der **Symbol- und Konzeptwerb**. Das Wissen, dass die Welt um uns durch Worte – symbolisch – dargestellt werden kann, wird bereits in den ersten Lebensjahren entwickelt. Es geht dem **Spracherwerb** voraus und wird durch die Sprachbeherrschung weiter ausgebaut. Nach der Verinnerlichung von konkreten Handlungen (enaktives Denken), macht sich das Kind bildhafte (ikonisches Denken) und auditive Vorstellungen der Welt. Daraus entwickeln sich dann die symbolischen und sprachlichen Begriffe, auch für Zahlen und Mengen. Es braucht also nicht mehr 4 Bonbons vor sich auf dem Tisch

zu sehen oder danach zu greifen, um sich unter „vier“ etwas vorstellen zu können. Da Kinder mit Down-Syndrom allgemein Schwierigkeiten haben, **Konzepte zu erwerben**, insbesondere, wenn diese abstrakt sind, vermuten einige Autoren, dass auch der Erwerb mathematischer Konzepte und Vorstellungen für sie besonders schwierig, wenn nicht gar unmöglich sein wird. I. d. R., haben Kinder mit Down-Syndrom tatsächlich größere Schwierigkeiten mathematische Konzepte wie „weniger“, „mal“ oder „teilbar“ usw. zu verstehen. Umso schwieriger wird es dann, die entsprechenden Prinzipien aus dem Zählvorgang herauszufiltern (zu abstrahieren) als Kinder mit dem gleichen Entwicklungsalter. Beim Rückwärtszählen wird ihnen z. B. nicht klar, dass 5 „weniger“ als 6 ist, so dass $6 - 1 = 5$ ergeben muss.

Englische Untersuchungen haben gezeigt, dass die vermittelnde Rolle der primären Bezugspersonen im Benennen, Hinweisen, Aufgreifen von Zahlen und Mengen außerordentlich wichtig ist. Die Sprache der Erwachsenen enthält in bezug auf Zahlen und Mengen für das Kind viele Unklarheiten und Zweideutigkeiten⁸: Plus, mehr, länger, größer, tiefer, kleiner, weniger usw. können alle „eine Zunahme“ der Menge bedeuten. Damit das Kind diese Bezeichnungen so begreifen lernt, muss ihre Bedeutung *im jeweiligen Kontext* von den Bezugspersonen besonders hervorgehoben und durch eigenes Probieren nachvollzogen werden, sonst kann das Kind nicht verstehen lernen, wie sich eine vorgegebene Menge verändert bzw. verändern soll. Der Schritt vom „Lebensbezug“ zur abstrakten Rechenoperation bleibt allerdings sehr schwer. Das merken gerade Kinder mit Down-Syndrom.

Griffin, Dehaene und andere Autoren geben der geeigneten Mediation durch die Eltern und Lehrern hier die wichtigste Rolle. Studien mit Lernbehinderten Kindern zeigen, dass die Mediation mit zunehmender Behinderung an Wichtigkeit zunimmt.

Numerische und rechnerische Grundfähigkeiten

Die Basiskompetenzen, auf denen numerische und rechnerische Fähigkeiten aufbauen, werden bereits im Kindergarten und auch davor, allerdings eher informell, eingeführt. Übungen dazu sind vorwiegend *handlungsorientiert*: Übungen zur Figur-Grundunterscheidung, Mengenschätzung durch Sand- oder Wasserspiele, Kneten mit Plastilinmasse, Umgang mit verschiedenfarbigen Perlen, viele Brett- und Würfelspiele usw. Durch den Umgang mit unterschiedlichen Formen und Materialien „erfahren“ Kinder, was unterschiedliche Mengen sind, wie sie sich verwandeln oder gleich bleiben. Auch die beliebten Brett- und Würfelspiele bieten eine Fülle von dem Rechnen vorausgehenden Schritten, wie zählen und Mengen abschätzen.

⁸ Semantische Aspekte

Bildung bzw. Erwerb des Zahlbegriffs

Es besteht mittlerweile Einigkeit darüber, dass zur Beherrschung des Zahlenbegriffs zwei Systeme wirken müssen:

- Die Schätzung (subitizing): d. h. aufgrund visueller oder auditiver Informationen die Anzahl ungefähr schätzen können (z. B. beim Würfelspiel)
- Das Verfolgen (tracking) von den zu zählenden Objekten z. B. mit den Fingern.

Nach Carey werden diese Fähigkeiten zunächst bei unterschiedlichen Aufgaben verwendet; sie sind nicht integriert.

Nach Gelman und Gallistel ist zählen die 1. numerische Grundfähigkeit. Meist wird sie bereits in den ersten Lebensjahren mit Zählreimen und Fingerspielen eingeübt. Diese sind zwar sehr wichtig, aber sie reichen nicht immer aus, um die Fähigkeit zu zählen, anzubahnen (z. B. beim Down-Syndrom). Auch das „Zählen können“ an sich bedeutet noch nicht, dass das Kind versteht, was das heißt (dass eine immer größere „Menge“ entsteht). Es erwirbt möglicherweise die prozedurale Fähigkeit ohne Verständnis dessen, was es tut oder sagt. Das Kind muss sich noch weitere Eigenschaften der Zahlen zu eigen machen. Es muss wissen, dass

- eine Übereinstimmung besteht zwischen der zu zählenden Menge und der Zahl (*Korrespondenz*) – die Zahl „vier“ bedeutet vier Gegenstände,
- eine feste, eindeutige Beziehung zwischen der Zahl und der zugehörigen Bezeichnung (Ziffer – Zahlwort) besteht (*Ordinalitätsprinzip*),
- Zahlen eine stabile Reihenfolge (*Sequenz*) haben,
- die letzte Zahl eines Zählvorgangs die Menge der gezählten Einheiten angibt (*Kardinalitätsprinzip, Mächtigkeit*). Dazu gehört auch die kardinale Korrespondenz (Zuordnung: größer – kleiner – gleich),
- Zählen unabhängig von der Art und Darbietung der gezählten Einheiten erfolgt (4 Perlen oder 4 Fußbälle: es sind jeweils 4 Gegenstände), und
- die Reihenfolge in der Gegenstände gezählt werden, bzw. ihre Anordnung, keinen Einfluss auf ihre Anzahl bzw. Menge haben (*Invarianz*: Fußball Elf: es sind elf Spieler, egal, ob ich bei dem Torwart (1) oder dem Linksaußen zu zählen anfangen).

➤ Zusammengefasst stellen Zahlen

- eine Bezeichnung - *Nominalbegriff*,
- eine Menge, Anzahl von Elementen - *Kardinalbegriff*
- eine Reihenfolge oder Randordnung. - *Ordinalbegriff*
- Maßzahl oder Mächtigkeit – *Mengenbegriff* (Größe im Verhältnis zu einer gegebenen Einheit, z. B. 1 Meter, 24 Liter usw.)

dar.

- Der Umgang mit Zahlen (*Beherrschung des numerischen Systems*) beinhaltet folgende Fertigkeiten:
- zählen
 - Zahlen ermitteln und benennen („Das ist eine 4“)
 - Umwandlung (Transkodierung) der auditiven Phonemfolge (sprachliches System) in eine schriftliche Kodierung (digitales System): vier ↔ 4,
 - Mengenschätzen (auch Mustererkennung; auf den 1. Blick sehen, wie viel Gegenstände es sind, z. B. Augen beim Würfelspiel); Überschlagen oder Schätzen von Größenordnungen und Übertragung auf vielfältige Gegenstände und Situationen
 - rückwärts zählen
 - Erkennen der Beziehung zwischen den Zahlen
 - Zahlen vergleichen (3 ist weniger als 4; 5 ist mehr; der Abstand zwischen 3 und 4 ist 1, zwischen 4 und 6 steht immer die 5)
 - Zahlen zerlegen ($4 = 2 \times 2 = 3 + 1 = 4 + 0 = 2 + 2$ usw.)
 - Besondere Beziehungen: $20 = 10 \times 2 = 4 \times 5 = 100 : 5$ usw.

Erwerb des Zahlenbegriffs nach Griffin

Griffin beschreibt einige Meilensteine, die vom Kind erreicht werden müssen⁹. Er verbindet sie mit ungefähren Altersangaben, obwohl die Reihenfolge, in der sie gemeistert werden nicht immer feststeht. Viele Autoren sprechen auch nicht von Stufen, sondern eher von einer mehr oder weniger losen Abfolge von Erkenntnissen.

1. **3-4 Jahre: Globales Mengen und Zählschema:** Mit 4 Jahren können Kinder Mengen global schätzen (viel > < wenig). Sie haben ein Schema, um kleine Mengen mit den Zahlwörtern zu zählen. Die wechselseitige Beziehung zwischen diesen beiden Systemen ist jedoch noch nicht stabil.
2. **5-6 Jahre: Mentales lineares Zählschema** (entspricht dem Zahlenstrang). Die Kinder integrieren allmählich Mengen- und Zählschema: Sie können Zahlwörter verwenden und wissen, dass niedrige Zahlen kleine Mengen, hohe Zahlen große Mengen bedeuten. Sie verstehen auch, dass mit jeder weiteren Zahl, die Menge zunimmt.¹⁰ Das Verständnis der Mächtigkeit (5 ist mehr als 4) nimmt zu sowie das Wissen, dass man durch vor- und rückwärtszählen addieren und subtrahieren kann.

⁹ Sie basieren auf der – Central Conceptual Structure)

¹⁰ Gerade hier scheint ein Problem für Kinder mit Dyskalkulie und Down-Syndrom zu liegen

3. **7-8 Jahre: Zweifaches mentales lineares Zählschema.** Jetzt können die Kinder zwei variablen gleichzeitig hantieren: z. B. Stunden und Minuten oder Euro und Cent. Sie können mit zweistelligen Zahlen umgehen und angeben, welche zweistellige Zahl größer oder kleiner ist.
4. **9-10 Jahre: Integriertes lineares Zählschema.** Die vorigen Schemata sind nun soweit integriert, dass die Kinder mit zweistelligen Zahlen rechnen können, sie von einer Dimension in eine andere übertragen (z. B. Stunden in Minuten übertragen) und angeben, wie sie sich größenmäßig unterscheiden (z. B. welche der Angaben Stunden/Minuten früher oder später ist oder verstehen, dass 1 Zehncentstück ebenso viel ist wie 10 Eincenstücke und umgekehrt).

Reife allein kann nach Griffin diese Entwicklung nicht bewirken, sondern sie Bedarf unbedingt einer geeigneten Vermittlung.

Mengenbegriff

Eine Menge (oder eine An-Zahl), ist eine stabile Einheit, die von Form, Größe, Farbe, Art des Materials und Anordnung unberührt bleibt (*Invarianz der Zahl, Mengenkonservierung*). Nach Piaget setzt der Umgang mit Mengen auch die *Seriation, Klassifikation* und *Klasseninklusion* voraus. Gegenstände können nach bestimmten Kriterien in steigender oder fallender Reihenfolge geordnet werden. Übergeordnete Merkmale müssen erkannt, zur Klassifizierung herangezogen und von untergeordneten Merkmalen unterschieden werden. Diese sind in der übergeordneten Kategorie enthalten. Auf die Frage: „Gibt es mehr Süßigkeiten oder Bonbons?“, sollte das Kind antworten können, dass Bonbons auch Süßigkeiten sind und es demnach nicht mehr Bonbons als Süßigkeiten geben kann.

Die neuere Forschung scheint anzudeuten, dass bereits Säuglinge ansatzmäßig über ein Grundwissen verfügen, z. B. welche Gegenstände zu einer Klasse gehören oder wie die Reihenfolge von unterschiedlichen (kleinen) Mengen aussehen muss.

Gedächtnisbildung für mathematische Fakten und Rechenarten

Zahlenkonzepte sowie arithmetisches Wissen (Kenntnis der arithmetischen Logarithmen bzw. Rechenprozeduren) müssen in das Langzeitgedächtnis aufgenommen werden und bei Bedarf abrufbar sein.

Wir wissen alle, wie schwierig es ist, sich Zahlen oder abstrakte Regeln zu merken. Bildliche Darstellungen können bei Kindern sehr hilfreich sein: die 1 ist ein Clown, die 2 ein Schwan usw. Auch die „Gedächtniskünstler“ helfen sich mit Bildern, um lange Zahlenreihen zu behalten.

Lange Telefonnummern sind z. B. schwer zu behalten, weil sie keinen Sinn ergeben und die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses begrenzt ist. Bei E-Mailnummern gelingt es uns meist besser, weil die einzelnen Elemente oft nachvollziehbar sind. Werden Zahlen konkret erfahren - Ich habe für das neue Auto 16.735 € bezahlt -, können sie ebenfalls von unserem Gedächtnis besser verarbeitet werden. Wenn wir größere Zahlen und Verarbeitungsschritte gleichzeitig behalten müssen, vergessen wir entweder die Aufgabenzahlen oder die Zwischenergebnisse. Kinder mit Down-Syndrom haben dieses Verarbeitungsproblem manchmal schon bei $2 + 2$ oder $2 + 1$. Es fällt ihnen besonders schwer Zahlen (auch kleinere) und Art der Operation (z. B. addieren oder subtrahieren) im Arbeitsgedächtnis zu behalten. Das besondere Problem scheint zu sein, dass sie eigentlich nicht verstehen, was sie tun: Was bedeutet plus oder minus in der konkreten Aufgabe und was passiert mit der Zahl – soll sie größer oder kleiner werden?

Eine gute Behaltensleistung und Abrufsicherheit in der Mathematik setzen Kenntnis über die Beziehungen der Zahlen untereinander und Verständnis der Rechenwege voraus. Das Kind muss angeben können, warum es einen bestimmten Lösungsweg wählt, bzw. wie es zu der Lösung gekommen ist. Auch ermöglichen nur Lösungen, die selbst ausprobiert wurden („konstruiert“), eine dauerhafte Übernahme in das Langzeitgedächtnis und eine flexible Handhabung in unterschiedlichen Aufgabenstellungen. Reines auswendig Lernen von Rechenwegen führt bald zu Misserfolg.

Neben mangelhaftem Verständnis belastet auch eine fehlende Automatisierung das Arbeitsgedächtnis, welches den Rechenvorgang überwachen und laufend Daten (Ausgangszahl, Art der Operation usw.) und Zwischenergebnisse speichern muss. Eine begrenzte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses, wie sie beim Down-Syndrom vorliegt, erfordert deshalb (neben der visuellen Unterstützung) möglichst viel automatisiertes Wissen.

Kinder mit Down-Syndrom haben aber oft Schwierigkeiten, Informationen zuzuordnen und entsprechend im Langzeitgedächtnis zu verankern, so dass hier sicherlich auch eine Ursache für ihre Probleme im mathematischen Bereich zu suchen ist.

Bei Rechenschwachen Kindern scheint außerdem das Gedächtnis für rechnerisches Wissen besonders schwach zu sein. Wie oft üben sie das Einmaleins, um es doch immer wieder zu vergessen. Wie oft lernen sie, das $5 + 3 = 8$ ist, um bei der nächsten Aufgabe doch wieder die Finger benutzen zu müssen.

Sprachliche, räumliche und graphomotorische Fähigkeiten:

Mengen und Anzahlen werden durch Worte (Zahlen) und Ziffern dargestellt. Sie sind im Gehirn jeweils unterschiedlich repräsentiert und das Kind muss lernen sie sicher zuzuordnen. Dehaene und Cohen sprechen von drei verschiedenen Kodierungen: analog, sprachlich und digital. Die Umwandlung in die verschiedenen Systeme muss das Kind erlernen. Es muss dabei eine Reihe von Merkmalen und Regeln behalten und abrufen können:

Das sprachliche System umfasst u. a.:

- Die Bezeichnung der Zahlen (Vier, aber auch vierzehn oder einundvierzig: $14 > < 41$)
- Zahlen lesen (arabische Ziffern, Buchstaben)
- Verständnis der Symbole ($<$, $>$, $+$, $-$ usw.),
- Verständnis der Regeln (z. B. minus wird durch Rückwärtszählen ermittelt)
- Anordnung der Ziffern, Symbole und Rechenoperationen
- Schreiben der Ziffern und Zahlen (4, 14, einundvierzig \leftrightarrow 41)

Zahlenschreiben ist eine sehr komplexe psychomotorische Fertigkeit: sie erfordert u.a. Sprachkompetenz, Raumgestaltung, Formgebung und Ausführung kleinräumiger Bewegungen. Kinder mit Down-Syndrom haben häufig taktile Wahrnehmungsstörungen sowie eine eingeschränkte Bewegungskoordination und Fingergeschicklichkeit. Auch wenn das „Schreiben“ der Zahlen von Anfang an erfolgen sollte, damit Zahlenbilder sich besser einprägen, sollte die Bewegungsentwicklung mit im Vordergrund stehen. Vorrangig sind daher nicht Papier und Stift mit der schwierigen Stifthaltung und Stiftführung auf begrenztem Raum, sondern angepasste Materialien und vielfältige Bewegungserfahrungen sowie graphomotorische Übungen, die durch sorgfältig und kleinschrittig aufeinanderbauenden graphischen Formen allmählich zum Schreiben führen. Hierdurch wird eine unnötige Verkrampfung der Hand und der Schreibhaltung vermieden, die den Rechenlernprozess an sich nur behindern würde.

Beherrschung der Grundrechenarten

Die Beherrschung rechnerischer Logarithmen (Rechenoperationen oder -prozeduren) beinhaltet:

- Die Beherrschung der abstrakten Vorstellung von Zahlen, Mengen in Bezug auf Rechenoperationen
- Die Beherrschung der Grundrechenarten: Addieren, subtrahieren, multiplizieren, dividieren
- Die Entwicklung und Beherrschung von Lösungsstrategien bei Textaufgaben und mathematischen Problemstellungen
- Den Transfer auf neue Aufgabenstellungen und alle Problemsituationen.

Wechselseitige Abhängigkeit der Funktionen

Unklar bleibt, wie weit rechnerische Fähigkeiten angeboren sind oder sich im Laufe der Kindheit entwickeln, ob sie gleichzeitig auftauchen oder aufeinander aufbauen usw. Sie stellen eine gewisse Hierarchie dar, die aber als „looser arrangement or sequence of appearance“ (lose Folge) bezeichnet wird. Bestimmte Fertigkeiten sind angeboren (siehe oben) oder entwicklungsabhängig, d. h. sie kann nicht durch Übung verfrüht erzwungen werden. Dies gilt z. B. für die Schätzung kleinerer Mengen oder auch für das Kardinalitäts- oder Umkehrbarkeitsprinzip oder das Schreiben von Zahlen. Andererseits sind aber gerade Erfahrung und Übung unentbehrlich, damit Funktionen wie Zählen, Mengenabschätzen, Einmaleins, Zahlen Schreiben usw. automatisiert werden. Andererseits muss man erst zählen und dann Zahlen zerlegen können, bevor man wirklich Einsicht in Addition oder Subtraktion gewinnen kann.

Wenn auch die Rolle von Reife und Intelligenzniveau unklar bleibt oder wie sich diese Kenntnisse gegenseitig beeinflussen, steht aber fest, dass auch mathematisches **Vorwissen** und **Unterrichtsmethoden** (die Vermittlung oder Mediation) eine wesentliche Rolle sowohl beim Erwerb mathematischer Grundkenntnisse, als auch bei den weiteren, darauf aufbauenden Fertigkeiten spielen.

Was kennzeichnet die Denk- und Arbeitsweise eines Kindes mit Rechenschwierigkeiten?

Mathematisches Verständnis baut sich allmählich im Laufe der kindlichen Entwicklung auf. Welche Teilschritte dazu erforderlich sind und welche Fehler das Kind zunächst macht, wurde bereits von Piaget untersucht, auch wenn manche seiner Erkenntnisse etwas revidiert wurden und den kleinen Kinder heute durchaus mehr zugetraut wird. Ein Kind mit einer Rechenschwäche hat die entsprechenden Stadien der kognitiven Entwicklung (siehe unten) noch nicht oder nicht vollständig gemeistert. Es bleibt demnach, bezogen auf rechnerische Fakten und Einsichten, in einer kleinkindlichen Denkwelt verhaftet. Erst wenn das Kind gewisse kognitive Grundvoraussetzungen erworben hat, kann es mit Zahlen und Mengen umgehen und versteht es, dass Rechnen mehr ist als das Aufsagen von Zahlenreihen (1,2,3,4,5, usw.).

Zunächst fehlt dem Kind die Beherrschung der *Invarianz der Zahl* - das Wissen, dass eine Zahl mit einer gleichen Anzahl verglichen, immer gleich bleibt. Auch fehlt ihm die Einsicht, dass eine *Menge gleich bleibt (Mengenkonservierung)*, wenn Form oder Darbietung sich ändern. 4 Kugeln sind 4 Gegenstände, ebenso wie 4 Bälle, auch wenn diese größer sind. Ein Liter ist ein Liter, egal in welchem Gefäß. Eine lange dünne Wurst ist nicht „mehr“ als eine kurze, dicke mit dem gleichen Gewicht.

Auf der **vor-operatorischen Stufe**, kann das Kind sich bei einem Mengenvergleich nicht von bestimmten *Merkmale trennen*. Deshalb ist das Kilo Blei „schwerer“ als das Kilo Federn. Und die auseinandergezogene Reihe muss mehr Kugeln enthalten als eine (zahlenmäßig gleiche) kürzere Reihe, weil das Kind nur die Länge betrachtet.

Nach Piaget versteht das Kind erst auf der Stufe **des konkret-operatorischen Denkens** (i. d. R. im Alter zwischen 8 –11 J), dass eine Zahl für sich genommen immer gleich bleibt. Nach und nach versteht es diesen Grundsatz der Mengenerhaltung: ein Liter Wasser bleibt mengenmäßig gleich, egal ob er sich in einem hohen, schmalen oder in einem breiten, flachen Gefäß befindet. Diese Einsicht überträgt es dann auf andere Dimensionen: Masse, Gewicht, Volumen usw. Auch das *Umkehrbarkeitsprinzip*, d. h. das Ergebnis zur Aufgabenstellung zurückverfolgen können bzw. den Zusammenhang zwischen plus und minus sehen, leuchtet dem Kind erst auf dieser Stufe ein.

Heutige Entwicklungsforscher gehen davon aus, dass Kinder bereits wesentlich früher (mit 3-4 Jahren) in der Lage sind, die Invarianz sowie Additionen und Subtraktionen zu verstehen. Dies setzt allerdings voraus, dass die Präsentation der Mengen oder Zahlen in einem für sie *zugänglichen Kontext* erfolgt. Das bedeutet konkret, dass bei Vorliegen von Rechenschwierigkeiten, immer wieder

zur Basis, nämlich zum konkreten Umgehen mit „interessanten“ Gegenständen zurückgegangen werden muss!

Heute vermutet man, dass ein wesentliches Problem beim Mengenverständnis im Bereich der *Mustererkennung* liegt (unser Gehirn braucht immer bekannte Muster, um schnell zu wissen, was es zu tun hat). Beim Würfelspiel sollten sie z. B. sofort die Anzahl der Augen erfassen können. Optische und taktile Signale (Materialien mit unterschiedlichen Merkmalen), bei denen das „Mengenmuster“ oder visuelle Schema deutlich in Erscheinung tritt, sollen Verständnis fördernd wirken.

Diese verkürzte Darstellung der kindlichen Denkweise nach Piaget gibt vielfache Hinweise auf die Fähigkeiten, die das Kind nach und nach zur Lösung immer komplexerer und abstrakterer rechnerischer Aufgaben befähigen.

Wenn wir versuchen, die Fehler zu verstehen, die ein rechenschwaches Kind macht, müssen wir uns u. a. diese Entwicklungsstufen vor Augen führen.

Kinder mit Down-Syndrom dürften die verschiedenen Entwicklungsstadien genauso durchlaufen wie junge Kinder bzw. Kinder mit einer Rechenschwäche, wenn auch viel langsamer und dabei die gleichen fehlerhaften Denkweisen zeigen, die zur Rechenschwäche führen. Welche Rolle ihr unterdurchschnittlicher IQ spielt, ist noch unklar.

Weitere Untersuchungen müssen ihre Schwächen und Stärken als Ausgangspunkt für eine zieloffene, aber Schritt für Schritt erarbeitete Förderung noch genauer definieren.

Entwicklungsstufen nach Piaget

Sensumotorische Stufe

Über Wahrnehmung und eigenes Handeln bildet sich das Kind innere Vorstellungen der Welt. Dies ist u. a. eine Vorbedingung für den Spracherwerb.

Voroperatorische Stufe.

Das Kind denkt in Handlungen und Bildern (*anschauliches Denken*), aber auch schon symbolisch-sprachlich. Es kann aber die Erkenntnisse, die es über die Welt gewinnt, nicht generalisieren oder von bestimmten Merkmalen lösen (*Zentrierung*); betrachtet es einen neuen Aspekt, so verliert es den ersten wieder aus den Augen. Es nimmt an, dass Mengen von der Form oder Anordnung der Gegenstände abhängig sind. Es kann Aufgaben oder Schlussfolgerungen nicht umkehren und betrachtet die Welt von seinem eigenen Standpunkt aus (*egozentrisches Denken*).

Konkret-operatorische Stufe

Auch auf dieser Stufe löst das Kind Aufgaben anhand von konkret – oder sprachlich -vorgegebenen Situationen oder Gegenständen. Es ist jedoch flexibler geworden und kann mehrere Merkmale gleichzeitig berücksichtigen. Es verbessert seine Einsicht in Raum und Zeit und meistert jetzt einige wichtige Prinzipien, die für den abstrakten Wissenserwerb – und für das Rechnen – grundlegend sind: die Gruppierung bzw. Klassifikation mit der Klasseninklusion, die Reihenbildung nach einem Merkmal (Seriation), die Umkehrbarkeit und Invarianz der Menge und der Zahlbegriff.

Formal-operatorische Stufe

Nun ist der Jugendliche in der Lage, über die vorhandenen Informationen hinaus selbst das nötige Wissen zur Lösung einer Aufgabe zu beschaffen bzw. aus gegebenen Informationen oder Vorkenntnisse relevante Elemente zu abstrahieren. Er bildet im Geiste variable Hypothesen, die es ihm ermöglichen, ohne konkrete Durchführung zur Lösung zu finden.

Defizite der kognitiven Fähigkeiten und Module beim Erwerb der rechnerischen Fähigkeiten

Das Erwerben von rechnerischen Fähigkeiten erfolgt nicht nur nach einer mehr oder weniger losen Stufenfolge, es besteht auch aus sogenannten **modularen Fähigkeiten** (siehe oben), die jedoch zusammenwirken müssen. Sie können einzeln gestört oder verzögert sein, sodass Zahlen- und rechnerische Konzepte nicht erworben werden können. So ist vermutlich das **Zahlengedächtnis** ein eigenständiges Modul.

Manche Forscher nehmen auch eine Beziehung zwischen **Sprachverständnis** bzw. **Grammatikbeherrschung** und Zählen an. Dies bleibt jedoch noch umstritten. Auf jeden Fall bedeutet aber das auswendig Aufsagen von Zählreimen oder Zahlenreihen keineswegs, dass auch Zahlenverständnis und Mengenvorstellung vorliegen. Hier trägt oft der Schein. Möglicherweise ist Zählen zunächst nicht mehr als die prozedurale Fähigkeit, ohne dass dies jedoch mit einem Inhalt oder einer Intention verknüpft wäre.

Bei vielen Kindern mit Down-Syndrom sind semantische Schwierigkeiten sicher eine Ursache für ihre Schwierigkeiten, Rechenvorgänge zu verstehen. Einige Aspekte des Zahlenverständnisses dürften jedoch völlig unabhängig vom Sprach- oder Grammatikverständnis sein.

Das rechenschwache Kind sieht Zahlenreihen nämlich wie das Alphabet, welches man ´rauf oder ´runter aufsagt. Es ist ihm nicht klar, dass beim Rechnen ständig „Mengen“ miteinander verglichen und verändert werden sowie bestimmte Buchstabenfolgen immer neue sinnvolle Wörter ergeben. Es kann deshalb nur schwer lernen, nach welchen Regeln man zu dem offenbar erwarteten Rechenergebnis kommt. Die Ursache ist nicht nur das eingeschränkte **Regelverständnis**, sondern wie bereits besprochen, dass ungenügend ausgebildete **Mengenverständnis** (siehe oben; vgl. Piaget). Wie komplex dieses Mengenverständnis ist, zeigt sich, wenn ein Kind z. B. eine Aufgabe korrekt errechnet, das Ergebnis vielleicht sogar auswendig kann, dann aber nicht in der Lage ist, daraus Rückschlüsse zu ziehen: Ist das Kind sicher, dass $= 8$ ist, kann es dennoch nicht herleiten, dass folglich $8 - 4 = 4$ ist. Aufgrund des richtigen Ergebnisses aus $4 + 4$, wäre man aber geneigt zu glauben, dass das Kind diese Mengenveränderung jetzt verstanden hat.

Es kann sich auch die Ergebnisse eines Mengenvergleichs kaum merken. Denn es hat ein **mangelhaftes Gedächtnis** für mathematische Fakten, Regeln und abstrakte Konzepte.

Deshalb zählt es bei jeder Aufgabe erneut. Und auch nach vielen Übungen ist es immer wieder ein Wunder, dass $3 + 3 = 6$ ergibt. Ein Kind mit einer Rechenschwäche lernt deshalb besser rechnen, wenn seine Vorstellung einer Menge immer wieder anschaulich geschult wird. Dadurch lernt es, sich manche Ergebnisse zu merken z. B. $3 + 7 = 10$. In der nächsten Aufgabe steht es dann aber vor der Schwierigkeit $3 + 6 =$ zu rechnen. Vielleicht macht es daraus 10

oder 8, ohne dass ihm der Fehler auffiele, weil es sich außerdem nicht bewusst wird, dass 6 weniger ist als 7.

Ganz kompliziert wird es, wenn das Kind **zehnerübergreifend**, oder mit größeren Zahlen, arbeiten soll. Wieso ist $40 + 4$ nicht gleich 80? Mangelndes Sprach- oder Mengenverständnis sind hier oft kaum zu trennen. Wie es eine Summe richtig addiert, kann das Kind zwar durch die wiederholte Anwendung einer Regel mühsam lernen, aber wo nun letztendlich der Unterschied zwischen 80, 44 und 4 liegt und warum man die 4 zu der null (bzw. 80) rechnen muss, bleibt unklar. Hat es ein Ergebnis errechnet, kann es vielleicht nicht erklären, wie es vorgegangen ist oder kann es dieses *Ergebnis nicht umkehren*, dass heißt zum Ausgangspunkt zurück verfolgen.

Dass man ein Ergebnis immer in Relation zum Grundwert sehen muss, hat das Kind noch nicht verstanden oder verinnerlicht, auch nicht, dass durch die Änderung der Position (*Stellenwert im dekadischen Positionssystem*) sich auch der Wert der Zahl ändert¹¹.

Dass sich die Zahlen 4 und 5 durch 1 – eine Mengeneinheit - unterscheiden bleibt einem Kind mit Down-Syndrom lange verschlossen. Dass sich 40 und 50 gleich durch 10 Mengeneinheiten (zwei Hände mit allen Fingern!) unterscheiden, obwohl sich nur eine Zahl ändert, ist erst recht unbegreiflich!

Rolle des Arbeitsgedächtnisses

Unter dem *Arbeitsgedächtnis* kann man einen ultrakurzen Zwischenspeicher verstehen, in dem alle erforderlichen Elemente für eine richtige Verhaltensweise oder Problemlösung für Sekundenbruchteile festgehalten werden. Sobald die Teilhandlung oder Handlung erfolgreich durchgeführt wurde (d. h. das anstehende Problem gelöst wurde), verschwindet alles wieder aus dem Speicher. Dieser wird für die nächste Aufgabe wieder frei. In diesem Speicher fließen nicht nur konkret wahrnehmbare Elemente zusammen, sondern sämtliches Vorwissen (Fakten, Regeln, Erfahrung usw.) die für die Aufgabe von Bedeutung sind. Das Arbeitsgedächtnis ist in ein Netzwerk von Funktionen eingebunden, die es zum Teil kontrolliert, indem es unter anderem steuert, welche Gedächtnisinhalte wann abgerufen werden müssen. Erfolgt der Abruf in einer falschen Reihenfolge oder „stauen“ sich mehrere Informationen, weil das Gehirn zu langsam arbeitet oder nicht schnell genug entscheidet, welche Elemente Priorität haben, so bricht das System Arbeitsspeicher zusammen. Die

¹¹ Das Kind muss den Wert einer einzelnen Zahl, je nach seiner Position in einer längeren Zahl erlernen. Sich dies bei einer Zahl wie 40 oder gar 444 vorzustellen, ist bereits eine reife Leistung. Beim schriftlichen Addieren und Subtrahieren spielt dieses Positionssystem eine zusätzliche Rolle, da das Kind erkennen muss, welche Zahlen untereinander geschrieben werden, um zum richtigen Ergebnis zu gelangen.

Aufgabe kann nicht gelöst werden. Je besser Wissen verankert ist, je gründlicher Regeln automatisiert wurden, desto leichter lässt es sich abrufen und je stabiler ist das Netzwerk. Das Arbeitsgedächtnis wird so weniger belastet.

Nehmen wir z. B. die Lösung der Aufgabe $12 + 16$ aus dem Kopf. Dazu sind eine ganze Reihe von Gedächtnisleistungen und automatisierten Vorgängen erforderlich, aus denen hier nur einige genannt werden, um die Belastung des Arbeitsspeichers zu verdeutlichen.

- Zunächst muss das Kind wissen, dass das Ergebnis insgesamt „mehr“ als eine der Zahlen sein wird. Es muss sich merken, dass es sich um eine Plusaufgabe handelt und es muss die Zahlen behalten.
- Als nächstes sollte es die Regel anwenden, die Zahlen zu splitten und die „Zehner“ zusammenzählen: $10 + 10$ sind 20.
- Dieses Zwischenergebnis muss es sich merken, aber gleichzeitig die Aufgabenzahlen nicht aus dem Auge verlieren und die „Einser“ addieren.

Wenn man berücksichtigt, dass der Arbeitsspeicher eines Kindes mit Down-Syndrom nur 2 – 4 Einheiten (Zahlen) umfassen kann, so wird klar, dass das Kind ohne Notizen oder Anschauungsmaterial diese sonst relativ einfache Aufgabe nicht lösen kann. Hat das Kind einmal Ergebnisse, wie $10 + 10 = 20$ und $2 + 6 = 8$ automatisiert, so kann es dies Fakten abrufen und braucht sie nicht mehr zu errechnen, was erhebliche Kapazität erspart.

Das Arbeitsgedächtnis entwickelt sich in der Kindheit und erreicht recht schnell die Erwachsenenkapazität von ca. 7 Einheiten (Gegenstände, Begriffe, Zahlen usw.), spätestens aber mit 11-12 Jahren. Bei Kindern mit Down-Syndrom ist dies nicht so. Das Kurzzeitgedächtnis entwickelt sich erheblich langsamer und übersteigt selten 2 – 4 Einheiten: Durch gezielte Übungen kann es etwas gestützt werden¹². Abstrakte Informationen und verbale Anweisungen nehmen viel Kapazität in Anspruch. Es sind dies Funktionen, die während der Reifeentwicklung zuletzt vollständig beherrscht werden. Verzögert sich diese Reifeentwicklung erheblich, müssen möglicherweise ein Leben lang sprachliche Anweisungen, Aufgaben und Informationen, insbesondere beim Rechnen, durch visuelle oder taktile Unterstützung ergänzt werden.

Informationen, Anweisungen und Aufgaben sollten Individuen mit Down-Syndrom immer sukzessive angeboten werden und sie sollten dabei genug Zeit erhalten, diese aufzunehmen und zu verarbeiten.

¹² So kann man das merken von Gegenständen, Namen, Worten, Zahlen usw. üben und dem Kind beibringen, Fakten, die es sich merken soll, innerlich aktiv und bewusst zu wiederholen.

Problemlösefähigkeit und Konzentration

Ein rechenschwaches Kind hat Schwierigkeiten, die unterschiedlichen Eigenschaften der Zahl und der Menge zu erfassen und kann deshalb die damit verbundenen Rechengänge nicht verstehen. Entsprechend hat es keine Strategie, wie es bei unterschiedlichen Aufgaben vorgehen soll und fällt auf eigene spontane Lösungsversuche zurück (die es aber nicht unbedingt erklären kann).

Der Versuch den richtigen Rechengang und damit die Lösung zu finden, stellt besonders hohe Anforderungen an seine Aufmerksamkeit und an sein Gedächtnis, deshalb gelingt es dem Kind nicht, sich bis zum Schluss zu konzentrieren. Sein Arbeitsgedächtnis ist bereits mit der Lösungssuche oder mit dem Behalten der Zahlen überlastet. Da es nur wenig Wissen aus dem Gedächtnis abrufen kann und mühsam abtastet, wo ein Ergebnis oder eine Regel gespeichert wurde, wird bei jeder Aufgabe eine Menge Kapazität gebunden. Dies erfordert wiederum viel Aufmerksamkeit und Konzentration, wodurch das Kind schneller ermüdet und abschweift oder den Faden verliert.

Bereits kleine Unterbrechungen führen dazu, dass die Konzentration dahin ist, die bereits gesammelten Informationen oder der gerade eingeschlagene Lösungsweg verschwinden wieder – das Kind muss wieder von vorne anfangen. Ständige Ermahnungen oder auch gut gemeinte verbale Hinweise stören ungeheuer, es kann sie nicht aufnehmen und verarbeiten. Wenn es einen „Fehler“ oder die drohende Ungeduld des Lehrers fürchten muss, wird seine Kapazität zusätzlich belastet.

Deshalb brauchen Kinder Anschauungsmaterial – oder ihre Finger, denn diese sind immer verfügbar -, damit sie die Aufgabe sehen können, länger betrachten können, was „mehr“ ist oder, wie sich die Mengen zusammenfügen. Die Forderung „aus dem Kopf“ zu rechnen, wenn Zahlenverständnis und rechnerisches Wissen fehlen, ist meist unsinnig. Untersuchungen haben gezeigt, dass rechenschwache Kinder, wenn sie nur aus dem Kopf rechnen dürfen, dennoch z. B. ihre Finger anspannen, um über eine konkrete Wahrnehmung (in diesem Fall eine propriozeptive, da die visuelle nicht erlaubt wurde) ihre Konzentration aufrecht zu erhalten und das Ergebnis auszurechnen bzw. abzuzählen.

Anschauung und genügend Übung entlasten und ermöglichen so Kreativität und Problemlösung.

Einerseits brauchen Kinder mit Down-Syndrom gleich bleibende Aufgaben auch in Bezug auf das verwendete Material, damit sie automatisiert werden können. Andererseits muss das Anschauungsmaterial auch variieren, damit sie sich von starren, ursprünglichen Mustern lösen und ihr Wissen auf neue Aufgaben übertragen lernen. Es ist auch wichtig, die Kinder möglichst *selbst* den richtigen Lösungsweg „entdecken“ zu lassen, indem der Schwierigkeitsgrad allmählich

geringfügig erhöht wird. So lernen sie vielleicht, ihre Strategien zu erweitern und werden angespornt, Neue anzunehmen.

Durch intensive Übung gelingt es vielen Kindern, sich die Rechenoperationen (meist vor allem Additionen) im Zahlenraum bis 10 oder 20 zu merken. Je größer die Zahlen, desto schwieriger wird es aber, den Rechengang am eigenen Körper (Hände, Füße usw.) auszurichten, im Arbeitsspeicher zu merken oder abzuzählen. Wenn der Vorgang nicht verstanden wird, kann er kaum auf höhere Zahlenwerte übertragen werden. Rechenergebnisse auch über 20 hinaus auswendig zu wissen und in komplexen Operationen hantieren zu können, ist aber m. E. für Kinder mit Down-Syndrom keine notwendige Bedingung, um im Zahlenraum bis 100 oder 1000 voranzuschreiten. Es macht Sinn, auch diesen Zahlenraum mit Kindern mit Down-Syndrom zu üben, weil sie lernen können, ihr Arbeitsgedächtnis durch einen Taschenrechner zu entlasten¹³. Wie viele durchschnittliche Jugendliche kennen heute das Einmaleins nur noch mangelhaft, auch sie bedienen sich eines elektronischen Rechners, um im täglichen Leben zurecht zu kommen.

Taschenrechner übernehmen hier die Ermittlung der Ergebnisse oder den Abruf automatisierten Wissens. Wichtig ist es, dass das Kind den Rechenweg und seinen Nutzen, z. B. im Zahlungsverkehr, kennen und verstehen lernt.

Subtrahieren – und erst recht multiplizieren - ist viel schwieriger als addieren. Beim Subtrahieren muss für das Rückwärtszählen die normale Reihenfolge der Zahlen unterdrückt werden, was enorm viel Aufmerksamkeit erfordert. Beim Multiplizieren fehlt die Einsicht in die Beziehungen der Zahlen. Meist wird doch wieder addiert (statt 4×6 , $4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 = 24$). Zumindest beim Einmaleins kann man dem Kind entgegen kommen, in dem man die Multiplikationsaufgabe in eine Addition umwandelt. Dieser Rechenweg lässt sich leichter merken.

„Rechnen durch Zählen“, weil man die Zwischenergebnisse nicht weiß, ist allerdings langsam und umständlich. Bei höheren Zahlen sowie bei komplexeren Multiplikationen und Divisionen reicht es nicht aus. Kopfrechnen und die geistige Vorstellung von Mengen und Zahlen und deren Beziehungen sollten daher auf jeden Fall, auch bei Kindern mit Down-Syndrom gefördert werden.

¹³ Und der Umgang mit Zahlen ein so wichtiges Element der persönlichen Autonomie darstellt.

Sprachliche Anregung

Rechenschwäche geht häufig mit sprachlichen Problemen einher, die bei Kindern mit Down-Syndrom als erstes auffallen. Sie haben vielleicht Schwierigkeiten, Groß – klein, mehr – weniger auseinander zu halten (siehe oben). Ist z. B. die Zahl 4 größer geschrieben als die Zahl 6, werden sie vielleicht vermuten, dass 4 „mehr“ ist, weil es ja „größer“ geschrieben ist.

Auch können Zahlen wie z. B. 15 oder 50, sowohl akustisch als auch von ihrer Bedeutung her schwer zu unterscheiden sein. Auch das Verständnis der Aufgabe („Was soll ich hier nun machen?“) ist oft unvollständig.

Beeinträchtigungen des Sprechens und der kommunikativen Fähigkeiten führen zu Einschränkungen des Wissenserwerbs. Das Kind fragt weniger und es bekommt von den Bezugspersonen auch weniger Anregungen, Sachwissen zu erwerben. Möglicherweise verweisen die Mütter, ihre Kinder mit Down-Syndrom weniger häufig auf Zahlen und Mengen, als dies üblicherweise der Fall ist. Dies könnte mit eine Ursache für die Verzögerung sein. Eine Untersuchung¹⁴ des Gebrauchs von Zahlen, Rangzahlen, Zahlenreime in einer Mutter-Kindsituation (1,2,3 Autos; „Ich habe drei“; sieben Zwerge; „Das kostet 3 €“) ergab auf den ersten Blick jedoch keine Unterschiede zu den Müttern von sich durchschnittlich entwickelnden Kindern. Dies sagt allerdings wenig über den tatsächlichen Gebrauch von Zahlen im täglichen Umgang mit dem Kind aus. Da die Gesamtansprache, die ein sprachverzögertes Kind erhält, meist geringer ist als üblich, kann davon ausgegangen werden, dass dies auch bei der Verwendung von Zahlen der Fall ist.

Vermutlich ist die größere Entwicklungsverzögerung im mathematischen Bereich, vielleicht ähnlich der Sprachproduktion, bei Kindern mit Down-Syndrom auf eine größere Einschränkung spezifischer Module zurückzuführen, die sich stärker auswirkt als bei anderen lernverzögerten Kindern. Eine kontinuierliche und adäquate Förderung – die ja noch weiter zu erforschen wäre – sollte aber auch bei ihnen zu – vielleicht langsameren - Fortschritten führen.¹⁵

¹⁴ Nye, J., Fluck, M., Buckley (1997). Spontaneous Production of Number Language by Children with Down Syndrome and their Parents. Poster presented at the 2nd International Conference on Language and Cognitive Development, Portsmouth.

¹⁵ Ob dies aber für alle Kinder mit Down-Syndrom zutrifft, wissen wir nicht, manchen Kindern bleibt wahrscheinlich trotz hervorragender Förderung die Welt der Zahlen verschlossen. Wir können dies aber nur herausfinden, indem alle Kinder und Erwachsene kontinuierlich im Bereich Mathematik gefördert werden.

Wissenstransfer

Kinder mit Down-Syndrom fällt es oft schwer, sich auf eine Eigenschaft – z. B. die Anzahl - zu konzentrieren und die andere, z. B. die Größe, außer acht zu lassen oder sie können die einzelnen Merkmale nicht gewichten. Größe, Farbe, Art, räumliche Anordnung zählen für sie genauso, wie die Anzahl der Gegenstände¹⁶. Sie haben auch oft große Schwierigkeiten, die gleichen Operationen in unterschiedlichen Aufgabenstellungen oder mit unterschiedlichen Gegenständen durchzuführen und das Ergebnis als gleich zu sehen. Wahrnehmungen und ihre Bedeutung richtig einzuschätzen, muss deshalb sehr früh gefördert werden. Das Material- und Übungsangebot muss also so vielfältig gestaltet sein, dass das Kind lernt, auf welche Eigenschaften es jeweils wirklich ankommt.

Die jeweiligen Teilleistungsschwächen¹⁷ beim Down-Syndrom machen es erforderlich, dass der Mathematikunterricht möglichst lange durch grundlegende sensorische und motorische Erfahrungen gestützt und der Zahlbegriff durch konkretes Umgehen mit Zahlen und Mengen *im täglichen sinnstiftenden Kontext* gefestigt wird.

So kann das Kind lernen, angefangen von der Kugel aus Plastilinmasse, die ihre Form verändert, deren Menge aber dennoch gleich bleibt, mehr oder weniger wird, über den Apfel oder die Pizza, die geteilt werden, was das gemeinsame rechnerischer Operationen ist. Sie können so üben diese gemeinsamen Prinzipien auf andere Situationen, die Rechenkompetenzen erfordern anzuwenden.

¹⁶ In Piagets Terminologie haben sie noch nicht gelernt zu dezentrieren.

¹⁷ Teilleistungsschwächen beim Down-Syndrom sind u. a.: Störungen der visuellen, mehr noch der auditiven, und taktilen Wahrnehmung und Diskriminierung sowie der Tiefensensibilität, der Figur-Grund-Wahrnehmung und Raum-Lage-Orientierung; Probleme der Aufmerksamkeit, der Konzentration, des Gedächtnisse und des Wissensabrufs.

Mathematische Schwächen und Stärken der Personen mit Down-Syndrom

Manche Autoren meinen, dass die Fähigkeit von Kindern mit Down-Syndrom, die Prinzipien des Zählens zu meistern, mit Kindern mit dem gleichen Entwicklungsstand vergleichbar ist und mit ihrem Sprachverständnis in Verbindung steht. Persönlich bezweifle ich dies, und sehe hier eine größere spezifische Verzögerung, die sich besonders bei höheren Zahlen oder beim Rückwärtszählen zeigt. Dies lässt sich durch selektive Schwächen in einzelnen Modulen oder auch durch inadäquate Fördermethoden erklären.

Thibaut und Stoffe (2002) haben eine kleine Gruppe von gut betreuten Erwachsenen¹⁸ untersucht, die allerdings in einer Zeit aufwuchsen, in der keine besondere Förderung geboten wurde. In dieser Gruppe wurden in folgenden Bereichen sehr gute Ergebnisse festgestellt:

- Benennung der Zahlung
- Zuordnung der Zahlen
- Zählen,

während jedoch

- das Zerlegen von Zahlen (Zahlenraum bis 10)
- Rückwärtszählen
- einfache Additionen und Subtraktionen sowie
- Textaufgaben und logische Operationen

sehr unterdurchschnittliche Resultate ergaben.

Das Rückwärtszählen oder das Zählen der 2er oder 10er Reihe führte zu Schwierigkeiten, da sie zu wenig automatisiert wurden, und die Zahlen somit jeweils wieder zählend ermittelt werden mussten („Was kommt vor 9?“; „Welche Zahl muss ich auslassen?“; „Was kommt nach 29?“ usw.). Beim Rückwärtszählen muss die normale Reihenfolge ständig gehemmt werden¹⁹. Dies belastet das Arbeitsgedächtnis besonders und kann nur durch ausreichende Übung umgangen werden. Auch spielten beim normalen Zählen die Anordnung der Gegenstände bzw. ihre äußeren Merkmale eine störende Rolle

¹⁸ Sie arbeiten und wohnen in Einrichtungen des belgischen DS-Vereins Apem—T21.

¹⁹ Funktionelle und strukturelle Einschränkungen des Stirnhirns beeinflussen die Fähigkeit von Menschen mit Down-Syndrom Verhaltenstendenzen, Gedanken oder interferierende Reize zu hemmen, weshalb sie manchmal auch zu Perseverationen neigen.

Beim Überschlagen oder Schätzen von Mengen sowie bei Aufgaben, bei denen eine gleiche Anzahl wie bei einer vorgegebenen Referenzmenge gebildet werden sollte, zeigten sich ebenfalls Probleme. Es wurde deutlich, dass die Teilnehmer, auch wenn sie fehlerfrei zählen konnten, die numerischen Prinzipien nicht vollständig beherrschten, ebenso wenig wie die Anwendung logischer Prinzipien und Strategien bei der Lösung der Aufgaben. Auch hier zeigte sich, dass sich die Probanden eher von den Merkmalen der Gegenstände leiten ließen als von ihrer Anzahl. Die Aufgabe wäre leicht zu lösen gewesen, wenn sie die Referenzmenge gezählt hätten und dann genau soviel neue Gegenstände nachgestellt hätten

Die Autoren konnten keine Korrelation zwischen Entwicklungsalter und Rechenalter feststellen, zumal das Erstere nicht vorab ermittelt worden war. Vielmehr vertreten sie die Ansicht, dass Fähigkeiten im numerischen Bereich, insbesondere die Automatisierung des Vor- und Rückwärtszählens, den rechnerischen Fähigkeiten (Addieren, Subtrahieren usw.) vorausgehen, und diese demnach gründlich geübt werden müssten, bevor man Fortschritte in den Rechnoperationen erwarten könne. Insgesamt unterstrichen ihre Untersuchungen die Notwendigkeit einer gezielten Förderung in den einzelnen Fähigkeitsbereichen.

Zurzeit laufen in Süd-England Untersuchungen mit dem dort entwickelten **Numicon-System**²⁰. Hierbei handelt es sich um eine multisensorische Materialgestaltung (optisch, taktil), die besonders die Mustererkennung fördert. Das Kind „sieht“, dass $3 + 7 = 10$ ist, denn die entsprechenden Plättchen haben bestimmte Farben oder Muster, die zusammen passen und so das Ergebnis zeigen. Methodisch stützt man sich hierbei auf die Erkenntnis, dass Menschen auffällige, bildhafte Darstellungen besser behalten können, als auditive Informationen oder abstrakte Darbietungen. Weiterhin wird das Ergebnis auch „konstruiert“, was dem Gedächtnis zu gute kommt. Wie bereits erwähnt, scheinen gerade Kinder mit einer Rechenschwäche und Kinder mit Down-Syndrom auf visuelle bzw. multisensorische und handlungsbezogene Gedächtnisstützen angewiesen zu sein.

Erste positive Ergebnisse sollten sorgfältig weiter beobachtet werden. Ähnlich pädagogisch durchdachte Materialien sind längst überall erhältlich²¹. Sie haben bislang aber nicht zum erhofften „Durchbruch“ geführt. Nach einer besonders guten Förderung mit Montessori-Material scheinen die Kinder doch nicht zum Transfer in der Lage zu sein. Ihre guten Leistungen scheinen an dem geübten Material gebunden zu sein. Materialien an sich sind letztlich nicht ausschlaggebend für den Lernprozess, sie können ihn lediglich unterstützen.

²⁰ Vgl. verschiedene Publikationen des Down-Syndrome Educational Trust.

²¹ Und müssen nicht unbedingt so teuer sein.

Entscheidend ist, wie sie eingesetzt werden, wie das neue Wissen vermittelt wird und wie die Kinder es umsetzen können, ob die Kinder auch lernen, unabhängig von dem Material Mengen und Muster zu erkennen, zu zerlegen, zu manipulieren und Lösungswege sowie Ergebnisse eigenständig herzuleiten.

Bei den englischen Versuchsgruppen handelt es sich um besonders gut betreute Kinder. Schulischer Rahmen und Lehrerschlüssel scheinen besonders befriedigend zu sein. Außerdem kann man davon ausgehen, dass die Pädagogen besonders begeistert dabei sind, was sicher einen großen Teil des Erfolges ausmacht. Aus den Berichten über den Einsatz von Numicon gewinnt man den Eindruck, dass die Lehrer in den untersuchten Gruppen besonders die Denk- und Lernvorgänge der Schüler beobachten konnten und die dabei gewonnenen Einsichten effektiv umgesetzt haben. Die Erkenntnisse über Basiskompetenzen und Lernmechanismen, die hier gewonnen wurden, sollten für die künftige Förderung von Kindern mit Down-Syndrom genutzt werden.

Es bleibt aber der Vorbehalt, dass der Wissenstransfer durch die ausschließliche Verwendung eines einzigen Materials vielleicht nicht gerade begünstigt wird.

Förderung des Zahlenbegriffs - Erste rechnerische Operationen und Regeln - Basale Übungen der Wahrnehmung und Psychomotorik.

Nach Piaget muss das Kind erst mit konkreten Gegenständen hantieren (konkrete Operationen), bevor es sich diese vorstellen kann, d. h. abstrakte Vorstellungen entwickelt. Auch Bruner und Wygotski gehen davon aus, dass das Kind erst – sprachfreie – enaktive und später bildhafte Vorstellungen bildet, bevor es abstrakt symbolisch denken kann. Diese Fähigkeiten erwirbt es in der täglichen Auseinandersetzung mit seiner Umgebung dank der Vermittlung (Mediation) und Unterstützung seiner Bezugspersonen. Worauf es deshalb ankommt, ist, ein Grundverständnis von Zahlen und Mengen, immer wieder auf allen Ebenen der Wahrnehmung, der Psychomotorik und der Handlung zu schulen und zu automatisieren.²²

Besonders der Erwerb des Zahlbegriffs basiert auf vielfältigen Aspekten, die durch konkrete Beispiele und Handlungen „begriffen“ und erlebt werden müssen, bevor sie zur Festigung und Automatisierung des numerischen Systems und der rechnerischen Vorgänge führen können.

Dazu einige Vorschläge, wie Lehrer und Eltern – eine Absprache bzgl. des Niveaus ist sehr wichtig! – Zählen und Rechnen fördern können. Wenn einmal die Schwierigkeiten des Kindes und seine derzeitigen Möglichkeiten verstanden werden, sind der Phantasie keine Grenzen gesetzt.

²² Gute Materialien zur Förderung dieser basalen Fähigkeiten findet man u. a. beim Verlag an der Ruhr: z. B. „Mathe mit geschlossenen Augen – Zahlen und Formen erfühlen und erfassen“

Mehr Erfolg beim Rechnen

1. Die Welt ist voller Zahlen, fangen Sie spielerisch beim eigenen Körper des Kindes an. Dies kann beim Anziehen, bereits beim Wickeln, ein Ritual werden.
2. Einfache Abzählreime und Zahlenliedern bieten sich besonders an²³; berühren Sie die Finger; die Nase, die Ohren, die Füße usw. Machen Sie vielfältige Fingerspiele. Am eigenen Körper lassen sich Mengen am besten erfahren.
3. Setzen Sie Körperteile (zwei Augen, zwei Ohren, zwei Arme usw.), insbesondere Finger und Zehen als Grundmaß ein, um auf gleiche Mengen in der Umwelt aufmerksam zu machen. Die Anzahlen 2 bis 5 lassen sich vom kindlichen Auge gleichzeitig erfassen. Die Zahl 5 nimmt eine wichtige Stellung bei Anschauungsmaterialien (Rechenrahmen, usw.) ein. So bekommt der Zahlenraum bis 5, später bis 10 und 20, einen konkret erspürten Inhalt. Auch die Orientierung am eigenen Körper wird vertieft (Körperschema).
4. Üben Sie das Zählen immer an konkreten, sich wiederholenden Begebenheiten oder Gegenständen, z. B. den Treppenstufen im Haus, der Anzahl der Personen am Abendtisch, der Teller, Bestecke, der Stoffpuppen usw.
5. Nutzen Sie bei der Einführung der Zahlenbilder vielsinnige, sensorische Materialien, z. B. Schmirgelpapier (mit dem Finger nachfahren), Holzzahlen, aufgeklebte Watte; Zahlen aus Knete, nassem Sand, weicher oder grober Stoff, usw.
6. Beobachten Sie, was Ihr Kind *kann und setzen Sie dort an*. Das ist die Stufe des *entwicklungsnahen Lernens*, jene Stufe auf der das Kind *überhaupt nur etwas Neues lernen kann*. Kann das Kind z. B. sicher bis 10 auswendig zählen lernen, dann kann man die Reihe bis 11 fortsetzen, ab 5 oder noch niedriger rückwärts zählen usw. Variieren Sie dies soviel wie möglich und suchen Sie möglichst viele Anlässe dazu im täglichen Leben.
7. Halten Sie ein Säckchen oder eine „Zauberkiste“ bereit, in denen das Kind Gegenstände blind ertasten oder ihre Menge schätzen soll (Lego-Figuren, Nüsse, Klammern, Murmeln usw.).

²³ Zahlen lassen sich eingebettet in Reimen oder sinnvollen Geschichten besser merken.

8. Psychomotorische Übungen verbessern die Selbstwahrnehmung, erhöhen die Konzentration und Gedächtnisleistung. Erfinden Sie Spiele, bei denen Zahlen eine Rolle spielen:
 - Luftballon antippen und zählen; mit dem Ball lassen sich viele Zahlenspiele erfinden: den Ball zu werfen und die Zweier- oder Dreierreihe üben, zweimal prellen und bei 3 den Ball werfen, 5mal einen Ball fangen, auf Abruf einer Zahl den Ball werfen, auf Zuwurf die Zahlen rückwärts rufen usw.;
 - fünf Hindernisse überspringen, 5mal in die Hände klatschen, 5 mal auf einem, dann auf dem anderen Bein hüpfen, verschiedene Türme aus 5 Klötzen bauen usw.;
 - weitere psychomotorische Spiele, etwa Zahlen mit dem Körper beschreiben, in der Luft, auf dem Rücken schreiben;
 - Würfeln, Brettspiele, Kartenspiele bieten ebenfalls Gelegenheit einfach aber motivierend Zahlen und Mengen zu üben.
9. Versehen Sie selbstgemalte oder gebastelte Ziffern mit Punkten, entsprechend ihrem Wert (z. B. die 1 erhält einen Punkt; die 2, zwei Punkte usw.). So bekommt das Kind ein Bild der Menge, die die Zahl darstellt. Daran kann das Kind bei Additionen zunächst abzählen oder sich diese später als Rechenhilfe vor Augen rufen.
10. Halten Sie immer ein Maßband (Zahlenstrang) bereit. Darauf lassen sich das Vor- und Rückwärtszählen, bzw. das Weiterzählen von einer beliebigen Zahl aus, üben. Dies ist eine Vorübung zum Addieren und Subtrahieren. Bei den Rechenvorgängen selbst ist es eine gute Hilfestellung, beim Üben der 2er, 3er, 5er oder 10er Reihe ebenfalls.
11. Sammeln Sie Bilder oder erstellen Sie eine Mappe mit interessanten Gegenständen, in denen Zahlen eine besondere Rolle spielen.
12. Hängen Sie Poster oder Zahltafeln mit buntgeschmückten Zahlen auf, erst der Zahlen 1 – 5 oder 10, dann bis 20, später bis 100, dem Einmaleins usw. Diese sollten Sie sich hin- und wieder mit Ihrem Kind bewusst betrachten.
13. Mengenschätzen oder „Blitzrechnen“²⁴ – das plötzliche Aufdecken von einer Anzahl gleicher oder unterschiedlicher Gegenstände (mit einem Tuch bedeckt, in einer Schachtel versteckt usw.) macht Spaß und erfordert die volle Aufmerksamkeit des Kindes und fördert seine Fähigkeit Gleiches zu Erfassen und als bestimmte Menge zu erkennen. Es übt das Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnis. Fangen Sie mit kleinen überschaubaren Mengen an (3-4),

²⁴ „Subitization“: das blitzartige Erfassen von Mengen.

später können diese Mengen langsam erhöht werden und mit anderen Gegenständen ergänzt werden. Auch Würfelspiele eignen sich hierzu besonders.

14. Benutzen Sie auch Zählrahmen, Würfel oder Stecksysteme, die die Zahl (die Menge) als farbiges Muster zeigen. Zahlenketten (aus Perlen) mit farblich unterschiedlichen Perlenzahlen, üben die Fingergeschicklichkeit und ermöglichen die Herstellung preiswerter „Mengenmuster“, die man z. B. im Kinderzimmer oder in der Küche aufhängen kann. Je universeller das Material einsetzbar ist, desto mehr spricht es die Phantasie des Kindes an und kann es auf andere Rechenbeispiele übertragen werden.
15. Schreiben Sie die Zahlen 1 – 10 auf der Innenseite der Finger des Kindes, so verbindet es mit den Fingern eine bestimmte Kardinalzahl oder Menge. Das hilft beim späteren Addieren oder Subtrahieren, auch beim Erfassen und Zerlegen von Mengen bis 10.
16. In gleicher Weise können Sie die Zehnerzahlen auf die Innenseite der Finger schreiben.
17. Üben Sie das Zerlegen von Zahlen und Mengen als Vorübung zum Addieren und Subtrahieren an konkreten Beispielen (z. B. 5 Autos: zwei wegnehmen, eins hinzufügen usw.), die das Kind möglichst interessieren, ohne dass es nach „abstraktem“ Rechnen aussieht. Haben Sie keine Scheu, vor allem wenn das Kind bereits Taschengeld erhält, dies auch mit 1 und 2-Euro-Münzen durchzuspielen.
18. Wenn Ihr Kind eine Basis im Addieren und Subtrahieren hat, führen Sie es dann in den Gebrauch eines Taschenrechners ein. Dann kann es sich auf die Rechengänge konzentrieren und braucht nicht mühsam, die Zahlen im Kopf zu behalten.
19. Da die sprachlich-symbolische Formen von vielen Kindern nicht vollständig erfasst werden können, sollten mündliche Informationen (Zahlen, Mengen, Aufgaben) immer veranschaulicht werden.
20. Streuen Sie häufige, kurze aber regelmäßige Lernsequenzen in den Alltag ein.
21. Fangen Sie immer mit vertrauten Übungen an und enden Sie mit einem kleinen Erfolg für das Kind. Das wirkt motivierend und steigert sein Selbstbild.

22. Lassen Sie das Kind, entsprechend seinen Möglichkeiten, wiederholen, was es gerade gemacht hat (Murmeln aus dem Säckchen genommen und gesagt, wie viele es sind; die Pizza-Stücke gezählt, die Personen am Abendtisch..). Das macht den Vorgang bewusst, hilft ihn zu festigen und zeigt auch, was das Kind nicht verinnerlicht hat. Es hilft dem Kind auch, bei späteren Übungen, sich selbst Anweisungen zu geben: z. B. Ich habe zwei Murmeln weggenommen, da waren noch 3 in dem Säckchen; Beim Zehnerübergang in der Addition: $6 + 6$ sind 12, also muss ich die 2 unten schreiben und die 1 in der nächsten Reihe mitzählen...)
23. Vergessen Sie nicht: gerade Jugendliche und Erwachsenen können, wollen und sollten weiter regelmäßig rechnen lernen.

Einführung des Zehnersystems (dekadisches System)

Kleinere Zahlen sind für das Kind mit Rechenschwierigkeiten leichter zu erfassen. Beim Zählen und Rechnen stellt die nächste Zehnerüberschreitung häufig eine besondere Hürde dar. Hände *und* Füße sind eine erste Möglichkeit zehnerübergreifend zu zählen und zu rechnen.

Üben Sie auch hier mit dem Maßband, Abakus, Wandplakaten, Brettspielen usw. das Vor- und Rückwärts zählen und stellen Sie besonders die Parallelen und Unterschiede zu den einfachen Grundzahlen heraus.

Schreiben Sie die Zehnerzahlen, wie bereits die Ziffern, als Gedächtnisstütze auf die Innenseite der Finger.

Obwohl das Zehnersystem analog zu den Grundziffern aufgebaut ist, kann es für das Kind schwierig sein, dies nachzuvollziehen bzw. den Unterschied zwischen der Menge „2“ und „20“ zu verstehen. Auch hier müssen die Mengen und Zahlen immer wieder anschaulich und konkret zusammengefügt oder zerlegt werden. Das Schreiben und Addieren von „Einern“ und „Zehnern“ gibt Anlass zu vielen Verwechslungen, weil der Unterschied zwischen 2 und 20, der Wert der durch die Stelle der Zahl entsteht, kaum verständlich ist und nur praktisch und anschaulich gesehen und erfahren werden kann.

Versuchen Sie es auch mit Geldmünzen und Scheinen, denn es bietet sich als „Zehnersystem“ besonders an, motiviert und hat einen praktischen Nutzen.

Gestaltung des Lernprozesses – Allgemeine Hinweise

- Denken Sie immer daran, dass Kinder mit Down-Syndrom auditive Verarbeitungsstörungen haben. Auf sprachlicher Ebene können sie manchmal auch bei einfachen Formulierungen Verständnisprobleme haben.
- Gehen Sie nicht davon aus, dass das Kind lustlos, aufsässig, unwillig ist. Kein Kind, schon gar nicht ein Kind mit Down-Syndrom hat gerne Rechenschwierigkeiten. Kinder wollen erfolgreich sein, wenn die Aufgaben ihre Fähigkeiten übersteigen, können sie als Reaktion störendes Verhalten erwerben.
- Werden Sie (möglichst) nie ungeduldig; versuchen Sie nicht schneller zu laufen als das Kind gehen kann, dies führt niemals zum Erfolg.
- Die Regelmäßigkeit des Übens ist besonders wichtig. Täglich 3 – 10 Minuten reichen völlig aus. Es bringt mehr als zweimal pro Woche eine Stunde üben.
- Setzen Sie Ziele und schaffen Sie Herausforderungen, aber die Übungen sollten nur minimal über dem Fähigkeitsniveau liegen.
- Schlüsseln Sie alle Teilschritte auf. Diese werden nach und nach eingeführt, nachdem allerdings die vorausgehenden Probleme sicher beherrscht werden. Solange die Lösungswege nicht verstanden wurden, nutzt trainieren auf dieser Stufe wenig, da augenscheinliche Erfolge bald wieder einbrechen.
- Bieten Sie Informationen zur jeweiligen Übung sukzessiv in kurzen Sequenzen an, damit eine Überforderung des eingeschränkten Arbeitsgedächtnisses vermieden wird.
- Wissenslücken sollen niemals übergangen werden. Sie können zu einem Berg heranwachsen, den das Kind nie mehr überwindet.
- Kinder sollen ernsthaft mit schwereren Übungen vertraut gemacht werden, aber es soll auch immer Spaß machen und zum Erfolg führen, nur das motiviert.
- Bevor Kinder in eine höhere Schwierigkeitsstufe eingeführt werden, sollten sie ausgiebig Gelegenheit erhalten, sich spielerisch mit der neuen Fertigkeit auseinanderzusetzen, bis sie ihnen völlig vertraut ist und automatisiert wurde.
- Das Arbeitsmaterial soll attraktiv und abwechslungsreich gestaltet werden; das erhöht die Aufmerksamkeit des Kindes, macht Spaß und erleichtert die spätere Anwendung auf verschiedene Rechensituationen.
- Kleiden Sie Übungen phantasievoll ein, sie werden dann oft leichter verständlich oder lösbar. Vielleicht fehlt dem Kind Einsicht in die „mathematische Logik“, es kann dennoch fähig sein, auf anderen Ebenen logisch zu denken.
- Wecken Sie immer wieder Interesse, indem Sie die Aufgaben auf das Kind und seine Erlebniswelt beziehen.
- Übungen sind nur auf dem Verständnisniveau des Kindes sinnvoll, eingebettet in ihrer Vorstellungswelt fällt ihnen Verständnis und Behalten

leichter: ihre Aufmerksamkeit wird geschärft und die Konzentration erhöht.

- Verwenden Sie klare, eindeutige Zahlen und Symbole. Stellen Sie sicher, dass deren Bedeutung voll verstanden wird.
- Halten Sie die Komplexität der Aufgaben möglichst gering (z. B. „Wie viele Murmeln sind in dem Säckchen?“ und nicht „Wie viele Murmeln und Nüsse sind in dem Säckchen?“ Rechenaufgabe: $5 + 2 = 7$ und $7 - 4 = 3$ anstatt $5 + 2 - 4 = 3$).
- Üben Sie Faktenwissen ein (automatisieren): erst im Zahlenraum bis 5, dann bis 10, dann bis 20 später vielleicht bis 100 oder das kleine Einmaleins beginnend mit der Zweier-Reihe, damit Ergebnisse nicht immer durch Zählen herbeigeführt werden müssen.
- Kinästhetische und visuelle Hilfsmittel unterstützen die Wahrnehmungsfähigkeit und Konzentration. Psychomotorikstunden können zum Lernen und Festigen von mathematischen Erkenntnissen besonders gut genutzt werden.
- Gebrauchen Sie unterschiedliche Formulierungen, um das Kind mit allen Bedeutungsaspekten einer Zahl, eines Symbols, einer Menge vertraut zu machen
- Das Verbalisieren der gewählten Lösung ist i. d. R. ein sinnvoller Weg, das Verständnis von Rechenaufgaben zu vertiefen. Für viele Kinder mit Down-Syndrom kann dies besonders schwierig sein. Es sollte durch vielfältige Hilfestellungen erfolgen und dem Sprachverständnis des Kindes angepasst werden.
- Helfen Sie dem Kind, zu formulieren, was es gerade macht bzw. gerade gemacht hat. Lassen Sie es nach Möglichkeit „laut denken“, um seinen Denkfehlern auf die Schliche zu kommen.
- Schränken Sie selbst mündliches Feedback ein, setzen Sie mehr auf konkret sicht- und vor allem erfahrbare Lösungswege, wenn das Kind Fehler macht oder den Rechenvorgang nicht begreift. Ein Kind mit Down-Syndrom lernt oft mehr durch beobachten (Lernen am Modell) als durch verbale Instruktionen.
- Vergessen Sie auch nicht, dass sie größte Schwierigkeiten haben, sich mathematische Fakten vorzustellen oder zu merken. Alles was mit Zählen und Rechnen zu tun hat, Spaß macht oder für das Kind einen (Selbst)Bezug hat, erhöht die Motivation, vertieft das Verständnis und verbessert das Gedächtnis.
- Unterscheiden Sie mangelndes abrufbares Wissen ($5 + 5 = 10$) von Verständnisproblemen (wenn man 10 in zwei gleiche Teile aufteilt, erhält man jeweils 5). Im ersten Fall sind visuelle Mittel (Abakus, auch ein Taschenrechner) nützlich, im zweiten Fall muss immer wieder basales Verständnis erarbeitet werden.
- Erhebliche Leistungsschwankungen sind bei Kindern mit Down-Syndrom üblich. Sie sind häufig von der Tagesform oder von Umgebungsfaktoren

abhängig. An Tagen, an denen sich der Fortschritt oder Lernerfolg nicht einstellt, sollte auf einfachere Teilschritte zurückgegriffen werden, damit auch die schwächeren Leistungen von Erfolg gekrönt werden.

- Halten Sie die Übungseinheiten kurz, mit häufigen Wiederholungen (4-5-mal in der Woche). Dies verbessert die Gedächtnisleistung. Streuen Sie viel Lob ein. Geben Sie dem Kind immer die Möglichkeit, ein „gutes Gefühl“ und Selbstvertrauen zu erfahren.
- Wenn Ihr Kind nicht mitmacht, dann verzweifeln Sie nicht. Fangen Sie auf einer niedrigeren Stufe, wieder an. Setzen Sie dabei Humor, Phantasie und Spaß an erster Stelle. Ihr Kind wird Fortschritte machen, wenn vielleicht auch nicht so schnell, wie Sie erhofft haben.
- Das Kind sollte selber merken können, dass es Fortschritte macht. Das motiviert ungeheuer. Spornen Sie es aber auch immer durch ihre Nähe, durch Worte usw. an, durchzuhalten.
- Das Kind sollte nicht das Gefühl haben, dass seine Defizite und Fehler überwiegen, durch ihre Anerkennung und ihr Lob sollte sein Selbstbewusstsein gestärkt werden.
- Wir müssen alle umdenken lernen müssen, damit unsere Kinder besser lernen kann.

Rechnen im Alltag

- Lassen Sie das Kind immer wieder kleine Aufgaben übernehmen, dessen Teilschritte es vorher überlegen muss und die es Ihnen mündlich, schriftlich, mit Bildern usw. mitteilen kann. Dies unterstützt seine Planungsfähigkeit und seine Selbständigkeit im täglichen Leben.
- Nutzen Sie Einkaufsmöglichkeiten (Brötchen, Süßigkeiten, ein Lieblingsheft), um das Kind mit dem Nutzen von Zahlen vertraut zu machen.
- Nutzen Sie vielfältige Möglichkeiten, die Wichtigkeit von Zahlen zu unterstreichen: Taschengeld, Zeiten (Lieblingsprogramm), Mahlzeiten, Schlafengehen und Aufstehen, Kalender, Geburtstag, Preis eines Hamburgers, einer Kassette oder Eiskugel, Hausnummer, Spiele usw.
- Denken Sie daran den Computer regelmäßig und dosiert einzusetzen. Leihen Sie sich in der Bibliothek lustige, phantasievolle Spiele, die Ihrem Kind die Welt der Mathematik erschließen. Leisten Sie ihm möglichst oft Gesellschaft dabei.
- Rechenschwäche ist ein Problem, das jedes Kind lange begleitet. Kinder mit Down-Syndrom entwickeln vielleicht nie ein hohes Rechenniveau, wenn man aber ihre Schwierigkeiten, abstrakte Vorgänge zu verarbeiten, ausgleicht, können viele lernen, in ihrem Alltag praktisch mit Zahlen und Mengen umzugehen.

Die Rolle des Lehrers

Einige Autoren unterstreichen nicht nur die Rolle der Vorkenntnisse, sondern auch der Unterrichtsmethoden und des Lehrstils des Lehrers als wichtiges Element der Lernmotivation und des Wissenserwerbs. Der Lehrer hat deshalb eine **diagnostische** und **pädagogische Schlüsselrolle**. Dies gilt ganz besonders für Kinder mit Down-Syndrom, wie auch für alle Kinder mit Lernschwierigkeiten. Fehlende genaue Kenntnis der individuellen Lernprobleme kann die Förderung sehr behindern.

Wenn Schüler etwas nicht verstehen, liegt dies aber nicht immer an ihren begrenzten Fähigkeiten, häufig wurde ihnen der Lernstoff nicht so präsentiert, dass sie ihn begreifen konnten. Manchmal wird auch eine momentane geistige Überlastung nicht erkannt. Hier sind besonders Einfühlungs- und Einschätzungsvermögen, sowie Kreativität des Lehrers gefordert. Der Lernstoff sollte – möglichst individuell - visuell aufbereitet, in kleinen Einheiten, mit häufigen Wiederholungen präsentiert werden.

Auch für den Mathematikunterricht gelten Wygotskis Ansichten bezüglich der *entwicklungsnahen Lernzone*. Diese lässt sich leicht ermitteln, wenn man sich über folgende Fragen Gedanken macht:

- Was kann das Kind ohne Hilfe?
- Was kann das Kind mit Hilfe?
- Was kann es gar nicht?

Die proximale Lernzone liegt zwischen Antwort 1 und 2, sie ist aber nicht statisch - Lernen muss immer als Prozess gesehen werden. Von einer sicheren Wissensbasis aus bewegt sich das Kind in Richtung höherer Kenntnisse und Fähigkeiten.

Lehrer sollten auch auf die nonverbale Signale, die sie aussenden achten. Diese können darüber entscheiden, ob ein unsicheres Kind „sich traut“ oder nicht. Kinder sollten das Gefühl haben, dass sie ruhig Fehler machen können, weil der Lehrer so ihre Schwierigkeiten besser entdecken kann. Wenn sie dabei laut denken oder in der Gruppe Lösungsstrategien austauschen können, wird ihr Selbstbild und die aktive Lösungssuche unterstützt. Körpersprache und Nähe des Lehrers können für das Kind sehr ermutigend wirken. Häufige positive Rückmeldungen steigern außerdem ihre Motivation.

Kinder mit Down-Syndrom können häufig besser in einer Einzelsituation oder Kleingruppe lernen, da die Nähe einer stützenden Person und die Überschaubarkeit der sozialen Reize helfen, ihre Aufmerksamkeit zu bündeln. Andererseits lernen sie auch durch Beobachtung ihrer Altersgenossen (Modelllernen). Deshalb sollte auch die regelmäßige Teilnahme in leistungsstärkeren Gruppen ermöglicht werden.

Lehrer sollten vor allem vermeiden, durch eine negative Erwartungshaltung die Lernwilligkeit zu bremsen. Sie untergräbt das Selbstbewusstsein und nimmt dem Schüler von vornherein Lernchancen.

Der Einsatz von Computern

Computer können für die Förderung von Kindern mit Lernproblemen von unschätzbarem Wert sein. Die vielen Märchen-, Spiel- und Lern-Cd-Roms, die heute überall zu kaufen sind, nutzen die Erkenntnisse über die kognitive Entwicklung der Kinder und des *Lernens mit allen Sinnen*. Sie sind besonders *motivierend*, können die *Aufmerksamkeit*, die *Problemlösefähigkeit* und das *schlussfolgernde Denken unterstützen*; sie passen sich dem *Lernrhythmus* des Kindes an, sind *geduldig* und verteilen *großzügig Lob* nach *kurzgehaltenen Aufgaben*. Im Bereich Mathematik führen die bunten, häufig variierten Übungen und Zahlenspiele zu einer *vielfältigen, intensiven Verknüpfung* von Zahlenfakten und rechnerischem Wissen und zur *besseren Verankerung* im Gedächtnis. Die konkreten und ansprechenden Darstellungen sind für das Kind attraktiv und führen es so in den Sinn und Zweck der Zahlenwelt ein. Ein weiterer, nicht zu vernachlässigender Vorzug des Computers ist, dass das Kind sich häufig die Übungen selbst aussuchen kann. Dies bedeutet eine *aktive Beteiligung* des Lernenden, gegenüber dem Lösen von schwarz-weißen Textbuchaufgaben, die zur Passivität, und somit zur geringeren geistigen Aktivierung führen. Durch die Verknüpfung mit kindgerechten Geschichten unterstützen Sie die – gedächtnisfördernde – emotionale Beteiligung. Schließlich wecken die Spiele den Wettkampfgeist und somit die Motivation: man kann Punkte sammeln und sogar Sieger werden und eine Urkunde erhalten. Das macht jedes Kind stolz. Gute Computer Spiele verbinden in hohem Maße hirngerecht, horizontales und vertikales Lernen²⁵.

Bereits im Kindergarten und in der Grundschule, insbesondere aber auch in der Sonderschule, ermöglicht der Computer eine zielgerichtete und individuell adäquate Förderung und Übungsdurchführung. Die oft eingebauten *Rückmeldungen* an das Kind geben auch dem Lehrer Einsicht in Stärken und Schwächen und helfen ihm, ein Fehlerprofil zu erstellen. Rechenspiele für mehrere Teilnehmer sorgen dafür, dass auch Ehrgeiz und Wetteifer nicht zu kurz kommen. Die Abneigung mancher Lehrkräfte gegenüber diesem Medium ist deshalb kaum gerechtfertigt.

²⁵ Eine Lehrmethode, die im besonderen Maße die Physiologie unseres „biologischen Computers“ berücksichtigt, führt dazu, dass durch das Einbeziehen der linken und rechten Hemisphäre, sowie des limbischen Systems, der Organismus nicht nur optimal aktiviert wird, sondern die Lerninhalte auch optimal vernetzt werden und somit künftig optimal abrufbar sind.

Ermittlung des Förderbedarfs und Tests

Kinder mit Down-Syndrom zeigen nicht nur Schwierigkeiten im pränumerischen Bereich, sondern ebenfalls in basalen kognitiven Fähigkeiten, die den Erwerb des Zählens und abstrakter Rechenprozeduren erschweren. Niedrige Erwartungen der Umgebung und geringere Anregung führen dazu, dass ihr Rückstand im mathematischen Bereich im Vergleich zu anderen kognitiven Fähigkeiten größer ausfällt, als bei angemessenen Vorkenntnissen und Förderung vielleicht der Fall wäre.

Mathematikförderung setzt deshalb eine genaue Diagnose ihrer kognitiven Fähigkeiten sowie eine realistische Ermittlung des Förderbedarfs voraus. Ohne diese Basis besteht die Gefahr, dass Übungen rein mechanisch, ohne tieferes Verständnis „antrainiert“ werden und Fortschritte verhindert werden.

Neben Psychomotorik- und Wahrnehmungstest bietet auch der K-ABC Aufschluss über Defizite in Basisfertigkeiten. Eine Untersuchung der Zahlenkorrespondenz, der Klassifikation, Seriation und Mengenkonservierung sowie einfache Zähl- und Rechenaufgaben²⁶ sind auch ohne komplizierte Testbatterien von jedem Lehrer (z. B. im Unterrichtsverlauf) durchführbar. Diese Ergebnisse sollten den Ausgangspunkt der Förderung darstellen. Mit geringem Vorbereitungsaufwand lassen sich dann anhand handelsüblicher Lernhefte und Spiele in vielfältiger Variation, sowohl pränumerische als auch numerische Fertigkeiten und Wissen automatisieren.

²⁶ Vor- und Rückwärtszählen, Zählen beginnend bei einer willkürlichen Zahl; auf ein Zeichen die Zählrichtung wechseln; einfache Plus- und Minusaufgaben mit oder ohne Rechenhilfe, mit steigender Komplexität usw.

Abschließend

Untersuchungen der numerischen und rechnerischen Fähigkeiten bei Kindern mit Down-Syndrom sind noch Mangelware, aber bisherige Erfahrungen deuten daraufhin, dass ihre Rechenfähigkeiten nicht mit ihrer allgemeinen Entwicklung Schritt halten. Manche Kinder mit Down-Syndrom zeigen mit zunehmendem Alter Fortschritte im mathematischen Bereich, andere wiederum nicht. Möglicherweise spielt hier, neben der genetischen Disposition auch das Lern- und Förderangebot sowie die Art der Beschulung eine Rolle.

Die Literatur ist sich heute darüber einig, dass Lernverzögerungen bei Lern- bzw. geistigbehinderten Kindern in hohem Maße auf fehlende Strategien (die zum Teil eingeübt werden können) und mangelndes Vorwissen zurückzuführen sind! Ob dies für mathematisches Können bei Kindern mit Down-Syndrom ebenso gilt, ist jedoch sehr ungewiß.

Noch steht nicht fest, ob Kinder mit Down-Syndrom nach den gleichen Methoden und Prinzipien zählen und rechnen lernen, wie Kinder im Bevölkerungsdurchschnitt, oder ob sie dabei eine eigene Entwicklung kennen. Es wäre aber sinnvoll heraus zu finden, welche Förderwege den meisten Erfolg versprechen bzw. was sie zur Verbesserung ihrer Autonomie lernen sollten.

Der vorliegende Text versucht ein wenig darüber aufzuklären, was Rechenschwäche bei einem Kind mit Down-Syndrom bedeutet. Er sollte interessierten Eltern und Lehrern helfen, damit das Kind ohne Druck einige Basisprinzipien und praktische Fertigkeiten erlernen kann. Hierzu sollten Erzieher versuchen besser zu verstehen, was in einem Kind mit einer Rechenschwäche vorgeht, wo seine besonderen Probleme liegen und welche Denkfehler es macht.

In der Einzelsituation mit dem Kind und im täglichen Leben können viele mathematische Einsichten und Rechenfertigkeiten vertieft werden. Dies ist jedoch kein Ersatz für eine schrittweise aufgebaute, ganzheitliche Einführung in die Geheimnisse der Zahlenwelt, die im Kindergarten, in der Schule oder im Rahmen der Sprachtherapie erfolgen sollte. Idealerweise sollte ein ständiger Austausch zwischen Lehrern und Eltern sicherstellen, dass das Kind entsprechend seinen Lernfortschritten zu Hause und in der Schule gefördert wird.

Zunächst muss anhand von Beobachtungen und kleinen spielerischen Tests ein Fehler- und Fähigkeitsprofil des Kindes erstellt werden. Ausgehend von der Stufe, auf der das Kind vertraut, sicher und eigeninitiativ mit Zahlen und/oder Rechenvorgängen umgehen kann, sollte ein kleinschrittiger Förderplan erstellt werden, der zwar Ziele innerhalb eines bestimmten Zeitrahmens anvisiert, in der die dafür benötigte Zeit aber den Fortschritten des Kindes flexibel angepasst wird.

Schule oder Therapeut sollten die Eltern in dieser Planung und ihrer Durchführung einbeziehen. Durch spielerisches und phantasievolles Beachten einiger Tipps, die im Tagesablauf eingestreut werden, können Eltern wesentlich zum Erwerb bzw. zur Festigung grundlegender Fähigkeiten beitragen und dem Kind so helfen, sein Leben in vielfacher Hinsicht unabhängiger zu gestalten.

Erfstadt, 2002

Literatur

- Barrouillet, P., Fayol, M. (1997). Selecting between competition in multiplication tasks: An explanation of the errors produced by adolescents with learning difficulties. *International Journal of Behavioral Development, 21*, 253-275.
- Barrouillet, P., Fayol, M. (1998). From algorithmic computing to direct retrieval. Evidence from number- and alphabetic-arithmetic in children and adults. *Memory & cognition, 26*, 3555-368.
- Barth, H. (2003). Nonsymbolic Arithmetic in young Children" OECD/CERI Numeracy/Lieracy meeting, Boston.
- Brannon, E. (2003). Notes from Brannon. OECD January 2003 Summary.
- Bullock, M., Gelman, R. (1977). Numerical reasoning in young children: The ordering principle. *Child Development, 48*, 427-434.
- Caycho, L., Gunn, P. & Siegel, M. (1991). Counting by children with Down´s syndrome. *American Journal on Mental Retardation, 95 (5)*, 575-583.
- Cornwell, A.C. (1974). Development of language, abstraction, and numerical concept formation in Down´s syndrome children. *American Journal of Mental Deficiency, 79 (2)*, 179-190.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition, 44*, 1-42.
- Dehaene, S. (1997). The number Sense. Oxford University Press.
- Durkin, K. (1993). The representation of number in infancy and early childhood. In C. Pratt & A.F. Garton (eds), *Systems of Representation in Children*. Chichester.Wiley
- Durkin, K., Shire, B. Riem, R., Crowther, R.D. (1986). The social and linguistic context of early number word use. *British Journal of Developmental Psychology, 4*, 269-288.
- Fayol, M. (2002). Language et développement de l'apprentissage de l'arithmétique cognitive. In J. Bideaud et H. Lejhalle (Eds.), *Le développement des activités numériques*. Paris: Hermès.
- Fayol, M., Barrouillet, P., Marinthe, C. (1998). Predicting arithmetic achievement from neuropsychological performance: A longitudinal study. *Cognition, 68*, 63-70.
- Fluck, M. (1995). Counting on the right number. Maternal support for the development of cardinality. *Irish Journal of Psychology, 16 (2)*, 133-149.
- Gallistel, C.R., Gelman, R. (1990). The what and how of counting. *Cognition, 34*, 197-199.
- Gallistel, C.R., Gelman, R. (1992). Preverbal and verbal counting and computation. *Cognition, 44*, 43-74.
- Gelman, R. (1972). Logical capacity of very young children: Number invariance rules. *Child Development, 3*, New York: Academic Press.
- Gelman, R. (1993). The nature and development of early number concepts. In H. W. Reese (Ed.), *Advances in Child Development, 3*, New-York: Academic Press.
- Gelman, R., Cohen, M. (1988). Qualitative differences in the way Down

- Syndrome and normal children solve a novel counting problem.(pp. 51-99). In L. Nadel (ed.). *The Psychobiology of Down's syndrome*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gelman, R., Gallistel, C.R. (1978). The child's understanding of number. Cambridge: MA, University Press.
- Gillet, P., Hommet, C., billard, C. (2000). Neuropsychologie de l'enfant : une introduction. Marseille : Solal Éditerus.
- Hemme, H. (2002). Das große Rechenspiel. München: Kösel-Verlag.
- Heuninck, H. (2002). Nog lang niet uitgeteld. Leuven. Uitgeverij Acco.
- Irwin, K.C. (1991). Teaching children with Down syndrome to add by counting on. *Education and Treatment of Children*, 14 (2), 128-141.
- Hoffmann, W., Schlee, U., Schwerin, A. (1999). „Mein Kind ist rechenschwach!“. Dortmund: Lerntherapeutisches Zentrum.
- McCloskey, M. (1992). Cognitive mechanisms in numerical processing. Evidence from acquired dyscalculia. *Cognition*, 44, 107-157.
- Metzig, W. , Schuster, M. (1993). Lernen zu lernen – Lernstrategien wirkungsvoll einsetzen. Berlin-Heidelberg: Springer Verlag.
- Nye, J., Clibbens, J. & Bird, G. (1995). Numerical ability, general ability and language in children with Down syndrome. *Down's syndrome: Research and Practice*, 3 (3), 92-102.
- Nye, J., Fluck, M., Buckley, s. (1997). Spontaneous Production of Number Language by Children with Down Syndrome and their Parents. Poster presented at the 2nd International Conference on Language and Cognitive Development, Portsmouth.
- Shipley, E.F., Shepperson, B. (1990). Countable entities: Developmental changes. *Cognition*, 34, 109-136.
- Porter, J. (1999). Learning to count a difficult task? *Down Syndrome Research and Practice*, 6 (2), 85-94.
- Sloper, P., Cunningham, C., Turner, S. & Knussen, C. (1990). Factors relating to the academic attainments of children with Down's syndrome. *British Journal of Educational Psychology*, 60, 284-298.
- Whalen, J., Gallister, C.R., Gelman, R. (1999). Non-verbal counting in humans: The psychophysics of number representation. *Psychological Science*

edsa deutschland e.V.
Olpener Str. 179
51103 Köln
Tel: 0221/8902119
Fax: 0221/9924028
e-mail: info@edsa-deutschland.de

www.edsa-deutschland.de