

Juliane LEUDERS, PH Freiburg/TU Dortmund

Auditive Lernmaterialien im Mathematikunterricht

1. Theoretischer Rahmen

Das Dissertationsprojekt, auf dem dieser Beitrag beruht, trägt den Titel „Lernmaterialien für den Arithmetikunterricht mit blinden Kindern. Theoretische Grundlagen, Auswahlkriterien und praktische Beispiele für den integrativen Unterricht“. Es wird betreut durch Prof. E. Csocsán und Prof. C. Selter (beide TU Dortmund). Es wurde eine theoriebasierte Exploration zur Entwicklung zahlbezogener Fähigkeiten und zu den perzeptiven und kognitiven Voraussetzungen blinder und sehender Kinder für den Arithmetikunterricht durchgeführt, um auf dieser Basis Kriterien für die Gestaltung von Lernmaterialien entwickeln zu können.

2. Überlegungen zur sequentiellen Natur auditiver Lernmaterialien

Dass auditive Materialien (z.B. Rhythmen) in der Regel eine zeitliche Struktur beinhalten, wird als besorgniserregend beschrieben: „Das unstrukturierte Erzeugen und Hören von Schlägen sollte nicht durchgeführt werden, weil es dem zählenden Rechnen Vorschub leistet.“ (Wittmann/Müller 2006). Dies muss genauer untersucht werden, da zählendes Rechnen in engem Zusammenhang mit Rechenschwäche zu sehen ist. Diesem Zweck dient ein Blick in die Forschung zur Verarbeitung von Anzahlen im Gehirn.

Zahlen werden in verschiedenen Hirnarealen verarbeitet, wie das Triple-Code-Modell (Dehaene 1992) zeigt. Dieses Modell nimmt die Existenz von drei unterschiedlichen Hirnarealen an, die für die Zahlverarbeitung maßgeblich sind. Im *visuell-arabischen Modul* werden Zahlen in Ziffernschreibweise entschlüsselt und für die Weiterverarbeitung beim Rechnen genutzt. Das *sprachlich-alphabetische Modul* ist aktiv, wenn Zahlwörter verwendet werden. Daher ist es für das Zählen entscheidend, aber auch für den Abruf von Zahlfakten (z.B. 1×1) aus dem Gedächtnis. Das *semantische Modul* ist in seiner Funktion vergleichbar mit der Fähigkeit, dem Wort „rot“ die entsprechende Vorstellung einer Farbe zuzuordnen und wird daher auch etwas vereinfachend als „Zahlensinn“ bezeichnet. Es ist für die Mengenwahrnehmung und -verarbeitung zuständig. Im Gegensatz zu den beiden anderen Modulen, die kulturell geprägt sind, ist es angeboren und auch bei Säuglingen (z.B. Lipton/Spelke 2003) und sogar in Tierversuchen (z.B. Church/Meck 1984) nachweisbar.

Das semantische Modul ist nicht vom Sinneskanal abhängig und funktioniert für sequentielle Reize (z.B. Glockenschläge) ebenso wie für simultane Reize (z.B. Punktmuster) (Wynn 1998). Für die Frage nach den auditiven

Materialien bedeutet dies, dass deren Sequentialität kein grundsätzliches Problem darstellt. Allerdings wirft es auch die Frage auf, wie es dem Gehirn eigentlich gelingt, Mengen auditiv-sequentieller Reize zu erfassen. Das Verständnis auditiver Informationen ist fast immer zeitabhängig, auch z.B. beim Verstehen von gesprochenen Sätzen oder bei Melodien. Um zeitlich ausgedehnte Strukturen zu deuten, sind Gedächtnisprozesse notwendig.

Zunächst einmal ist hier das Echogedächtnis zu nennen. Es kann für kurze Zeit den weitgehend unverarbeiteten Sinneseindruck speichern. Forschungen haben ergeben, dass die Extraktion zeitlicher Regelmäßigkeiten schon auf der Ebene des auditorischen Kortex stattfindet (Deutsch 1999). Dies ist analog zur Verarbeitung räumlicher Zusammenhänge durch den visuellen Kortex. Der auditorische Kortex zeichnet sich damit durch eine besondere Sensitivität und Effektivität im Umgang mit zeitlichen Strukturen aus.

Eine Ebene höher ist das Arbeitsgedächtnis zu betrachten. Es erlaubt, zeitliche Zusammenhänge herzustellen zu gerade Geschehenem – also z.B. am Ende des Satzes noch dessen Anfang zu wissen. Dies funktioniert abhängig von der Situation für einen Zeitraum von 2 bis 10 Sekunden (Bruhn 2000). Bekannt ist die Fähigkeit des Arbeitsgedächtnisses, eine gewisse Anzahl (7 ± 2) „Chunks“ für die kognitive Verarbeitung online zu halten. Wenn diese Chunks nicht aus einzelnen Tönen, sondern z.B. aus Rhythmusgruppen bestehen, die bereits im auditorischen Kortex konstruiert wurden, erhöht sich dadurch das Fassungsvermögen (Spitzer 2004). Festzuhalten ist, dass die Hörwahrnehmung es uns ermöglicht, aus sequentiellen Reizen „quasi-simultane“ Ganzheiten zu bilden. Dies versetzt das semantische Modul in die Lage, auch sequentiell präsentierte Mengen als Ganzheiten zu erfassen. Auditive Veranschaulichungen fördern aus dieser Perspektive nicht das zählende Rechnen.

Misaki (2002, s.a. Leuders 2011), ein japanischer Lehrer für Sehgeschädigte, nutzt mit seiner Vertonung von Dezimalstellen rationaler Zahlen eindrucksvoll die Fähigkeit des auditiven Sinns zur Musterbildung. Den Ziffern 0-9 wird je ein Ton auf der Tonleiter zugeordnet. Bei der Zahl $\frac{1}{7} = 0,142857142857\dots$ besteht die Periode aus 6 Ziffern und ist visuell wie auditiv leicht erkennbar. Betrachtet man dagegen $\frac{1}{19} = 0,052631578947368421052631578\dots$, so wird es schwierig, die 18-stellige Periode visuell zu erfassen. Hört man dagegen die Vertonung an, so braucht es nur wenig Zeit, bis man das Muster bemerkt. Das Hören ist, wie oben gezeigt, darauf ausgerichtet, zeitliche Strukturen wie z.B. Melodien zu erkennen. Durch die Wiederholung der Sequenz wird das Gehirn in die Lage versetzt,

Gruppierungen zu bilden und ermöglicht es dadurch dem Arbeitsgedächtnis, die ganze 18-zählige Sequenz als eine Melodie wahrzunehmen.

„Das unstrukturierte Erzeugen und Hören von Schlägen sollte nicht durchgeführt werden, weil es dem zählenden Rechnen Vorschub leistet.“ (Wittmann/Müller 2006). Rückblickend ist zu sagen – *unstrukturierte* Schläge sind tatsächlich ungeeignet. Doch dies trifft ebenso auf visuelle Materialien zu: „Punktwolken“ werden nicht verwendet, sondern strukturierte Darstellungen wie z.B. das Zwanzigerfeld.

3. Kriterien für auditive Materialien

Es ist möglich, auditive Materialien einzusetzen, aber ist es auch sinnvoll? Es stehen ja bereits erprobte visuelle Materialien zur Verfügung. Aus der Perspektive des „Lernens mit allen Sinnen“ ist diese Frage mit Ja zu beantworten. So wird z.B. für die Grundschule auch das Arbeiten mit Rhythmen und Tönen für die Entwicklung des Zählens wird immer wieder empfohlen (z.B. Hasemann 2003). Allerdings ist auch zu beachten, dass dies nicht in Beliebigkeit ausartet. Zudem stellen neue Veranschaulichungen vor allem für schwache Schüler auch immer einen neuen Lerninhalt dar (Krauthausen/Scherer 2003). Die Entscheidung für auditive Materialien will also gut durchdacht sein. Aus diesem Grund wurden in der Dissertation literaturbasiert Kriterien für die Gestaltung guter Veranschaulichungen entwickelt und auf auditive Materialien angewendet.

Exemplarisch wurden die Seiten 12-25 aus dem „Zahlenbuch 1“ (Wittmann/Müller 2006) für den Unterricht mit sehenden und blinden Schülern adaptiert. Auf Seite 17 geht es um „Schöne Muster“. Unter Aufgabe 1 sind vier Reihen mit regelmäßigem Wechsel aus roten und blauen Punkten zu sehen. Die Schüler sollen die dort gezeigten Muster weiterführen und in Aufgabe 2 eigene Muster erfinden. Dies lässt sich aufgrund der Reihenstruktur leicht auditiv umsetzen, z.B. durch Klopfen und Klatschen. Letzteres zeichnet sich auch im Rahmen der pragmatischen Kriterien für Veranschaulichungen aus – es ist kostenlos, immer verfügbar und für die Kinder leicht auszuführen. Problematisch ist hier eher das Kriterium der Dokumentierbarkeit (Böttinger 2007). Tonaufzeichnungen eigener Klopf- und Klatschrhythmen sind möglich, aber mit recht hohem Aufwand verbunden. Auditive Muster können auch visuell dargestellt werden, wenn z.B. Klopfen mit roten Punkten und Klatschen mit blauen Punkten verknüpft wird. So können die Schüler gelegte oder gezeichnete Muster ins Auditive übersetzen und umgekehrt (modaler Transfer). Dadurch tritt die konkrete Darstellung in den Hintergrund und die abstrakte Bildungsregel des Musters in den Vordergrund, so dass der hier erwünschte mathemati-

sche Begriff betont und die Abstraktion gefördert wird (Bauersfeld/O'Brien 2002).

Zusammenfassend ist zu sagen, dass auditive Materialien im Unterricht durchaus ihren Platz finden können (Anzenhofer 2009, Cslovjecssek 2001). Sie können zur Verdeutlichung mathematischer Begriffe beitragen und entwickeln darüber hinaus bei den Schülern auch das Zuhören, das sonst im Unterricht oft gefordert, aber selten gefördert wird (Bernius 2004).

Literatur

- Anzenhofer, S. (2009): Musikalische Graphen im fächerübergreifenden Mathematik- und Musikunterricht. In: GDM (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht. Vorträge auf der 43. Tagung für Didaktik der Mathematik in Oldenburg. Münster: WTM.
- Bauersfeld, H./O'Brien, T. (2002): Mathe mit geschlossenen Augen. Zahlen und Formen erfühlen und erfassen. Mülheim an der Ruhr: Verl. an der Ruhr.
- Bernius, V. (2004): Zuhörförderung. In: Bernius, V./Gilles, M. (Hrsg.): Hörspaß. Über Hörclubs an Grundschulen. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, S. 1–18.
- Böttinger, C. (2007): Muster und Rechenaufgaben - Rechenaufgaben und Muster. Der Wechsel von Repräsentationsebenen und deren Bedeutung für den Mathematikunterricht. In: Die Grundschulzeitschrift 21, H. 201, S. 30–32.
- Bruhn, H. (2000): Zur Definition von Rhythmus. In: Müller, K./Aschersleben, G. (Hrsg.): Rhythmus. Ein interdisziplinäres Handbuch. Bern: Huber, S. 41–56.
- Church, R./Meck, W. H. (1984): The numerical attribute of stimuli. In: Roitblat, H./Bever, T. G./Terrace, H. (Hrsg.): Animal cognition. Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Cslovjecssek, M. (Hrsg.) (2001): Mathe macht Musik. Impulse zum musikalischen Unterricht zum Zahlenbuch. Zug: Klett und Balmer AG
- Dehaene, S. (1992): Varieties of numerical abilities. In: Cognition 44, S. 1–42.
- Deutsch, D. (1999): Grouping mechanisms in music. In: Deutsch, D. (Hrsg.): The psychology of music. San Diego, London: Academic Press, 2. Aufl., S. 299–348.
- Hasemann, K. (2003): Anfangsunterricht Mathematik. Heidelberg.
- Krauthausen, G./Scherer, P. (2003): Einführung in die Mathematikdidaktik. Heidelberg: Spektrum Akad. Verl., 2. Aufl.
- Leuders, J. (2011): http://www.leuders.net/juliane/auditive_materialien.htm
- Lipton, J. S./Spelke, E. S. (2003): Origins of Number Sense. Large-Number Discrimination in Human Infants. In: Psychological Science 14, H. 5, S. 396–401.
- Misaki, Y. (2002): Herstellung von akustischen Materialien für die Vermittlung von π und rationalen Zahlen. http://www.isar-projekt.de/didaktikpool/didaktikpool_detail_autor.php?didaktikpool_id=66. 26.02.2007.
- Spitzer, M. (2004): Musik im Kopf. Hören, Musizieren, Verstehen und Erleben im neuronalen Netzwerk. Stuttgart, New York: Schattauer. 4. Aufl.
- Wittmann, E. C./Müller, G. N. (2006): Das Zahlenbuch. 1. Schuljahr, Lehrerband. Leipzig: Klett-Grundschulverl.
- Wynn, K. (1998): Numerical competence in infants. In: Donlan, C. (Hrsg.): The Development of Mathematical Skills. Hove: Psychology Press, XIV, S. 3–25.