

Wirkungen von Lärm und Nachhall auf das vorschulische Lernen: Erkenntnisse aus der Psychoakustik

Maria Klatte

Universität Oldenburg, Institut für Psychologie, 26111 Oldenburg

e-mail: maria.klatte@uni-oldenburg.de

Die Frage nach den Wirkungen von Lärm auf geistige Leistungen ist seit vielen Jahren Gegenstand intensiver Forschung. Die vorliegenden Befunde dokumentieren eindrücklich die Bedeutung guter raumakustischer Bedingungen für das schulische und vorschulische Lernen.

Leistungsbeeinträchtigungen durch Lärm lassen sich schon bei geringen bis mittleren Lärmpegeln feststellen. Sie zeigen sich auf verschiedenen Stufen der Informationsverarbeitung: Bei der Informationsaufnahme (Sprachwahrnehmungs- und Aufmerksamkeitsprozesse) und bei der weitergehenden Informationsverarbeitung (Gedächtnis- und Entscheidungsprozesse). Die betroffenen Funktionen sind für die kognitive Entwicklung von entscheidender Bedeutung. Störungen dieser Funktionen sind daher bei Kindern grundsätzlich anders zu bewerten als bei Erwachsenen.

Wirkungen von Lärm und Nachhall auf das Sprachverstehen

Sprachliches Lernen erfolgt durch sprachliche Kommunikation. Besonders bei kindlichen Interaktionspartnern wird das Gelingen der Kommunikation maßgeblich von den akustischen Bedingungen im Raum beeinflusst.

Das Verstehen von Sprache unter ungünstigen akustischen Bedingungen erfordert, dass Hintergrundgeräusche ausgeblendet und fehlende Informationen kontinuierlich ergänzt werden. Dies stellt erhebliche Anforderungen an die auditiven und sprachlichen Funktionen, aber auch an die damit unmittelbar verbundenen Aufmerksamkeits- und Gedächtnisprozesse. Die Entwicklung in all diesen Bereichen setzt sich bis ins Jugendalter hinein fort. Kinder werden daher durch ungünstige Hörbedingungen wesentlich stärker beeinträchtigt als Erwachsene.

Betrachten wir zunächst die Entwicklung der Sprachwahrnehmung. Sprachlaute sind sehr komplexe akustische Reize; sie stellen an unser auditives Wahrnehmungssystem besondere Anforderungen. Um beispielsweise ein /ba/ von einem /da/ zu unterscheiden, müssen extrem schnell ablaufende Frequenzänderungen im Sprachsignal erkannt und ausgewertet werden. Um dies leisten zu können lernen wir, bei der Analyse von Sprachlauten nur auf diejenigen Merkmale zu achten, die in unserer Muttersprache bedeutend sind – wir bilden *phonetische Kategorien*. Die kategoriale Wahrnehmung von Sprachlauten bedeutet eine Konzentration auf die in der jeweiligen Sprache relevanten Aspekte bei der Analyse – eine enorme Datenreduktion, die eine schnelle und effiziente Verarbeitung erst ermöglicht. Die phonetischen Kategorien werden bereits im ersten Lebensjahr durch das Hören der Muttersprache erworben; die „Feinabstimmung“ dauert aber noch bis weit ins Schulalter hinein an [1]. Das Erkennen von Sprachlauten ist daher bei jüngeren Kindern aufwändiger und störanfälliger als bei älteren Kindern und Erwachsenen.

In diesbezüglichen Studien wurden Kindern verschiedener Altersgruppen und Erwachsenen Wörter oder Silben präsentiert, die nachgesprochen werden sollten. In der Regel zeigen sich nur geringe Leistungsunterschiede zwischen den Altersgruppen, wenn die Hörbedingungen optimal gestaltet werden. Werden jedoch Störgeräusche eingespielt und / oder „verhallte“ Sprachreize präsentiert, so werden die Leistungen der Kinder deutlich schlechter.

Je jünger die Kinder sind, desto größer wird der Leistungsunterschied zwischen der optimalen und der ungünstigen Hörsituation [2,3,4].

Kinder mit Hörstörungen, Lernbehinderungen, Aufmerksamkeitsstörungen oder Sprachentwicklungsverzögerungen werden durch Hintergrundgeräusche noch stärker beeinträchtigt als unauffällige Kinder [5,6,7]. Beispielhaft sei eine aktuelle Studie genannt, in der die Leistungen von Kindern mit Sprachentwicklungsstörungen und Kontrollkindern beim Verstehen von Silben in Ruhe und im Rauschen verglichen wurden [8]. Der Leistungsunterschied zugunsten der Kontrollgruppe betrug in der Ruhebedingung nur 5 Prozent, in der Störgeräuschbedingung dagegen fast 25 Prozent.

Besonders gravierend wirken sich Störgeräusche auch auf das Verstehen der Zweitsprache aus [9,10,11]. Selbst wenn die zweite Sprache sehr gut beherrscht und bei Testung ohne Störgeräusch eine perfekte Leistung erreicht wird, kommt es zu erheblichen Verstehensproblemen, wenn Störgeräusche vorhanden sind. Kinder mit nicht-deutscher Muttersprache haben weniger Möglichkeiten, am kommunikativen Geschehen in der Gruppe zu partizipieren, wenn die Sprachverständlichkeit im Raum durch Lärm und Nachhall reduziert ist. Generell gilt: Zuviel Lärm benachteiligt gerade diejenigen Kinder, die besonderer Zuwendung und Förderung bedürfen.

In den eben genannten Studien wurde lediglich das Identifizieren von vorgeschprochenen Einzelwörtern bzw. Silben geprüft. In Alltagssituationen werden natürlich sehr viel höhere Anforderungen an die „Zuhörkompetenz“ der Kinder gestellt. Schon das Verstehen eines vorgelesenen Bilderbuchs erfordert, dass sprachliche Informationen nicht nur aufgenommen, sondern auch im Arbeitsgedächtnis gespeichert, verarbeitet und in die vorhandene Wissensstruktur integriert werden. Ungünstige Hörbedingungen wirken sich bei solchen komplexen Höranforderungen besonders gravierend aus. So zeigten Grundschulkindern signifikante Verschlechterungen beim Satzverstehen, wenn die Sätze „verhallt“ oder mit Störgeräuschen präsentiert wurden. Dies war auch dann der Fall, wenn das Identifizieren von Einzelwörtern noch recht gut gelang [12,13a,13b]. Diese Befunde sind dadurch zu erklären, dass bei ungünstigen Hörbedingungen mehr kognitive Kapazität aufgewendet werden muss, um die Sprache richtig zu verstehen – man muss sehr konzentriert und genau hinhören (man erlebt dies, wenn man versucht, in einer lauten Gaststätte ein ernsthaftes Gespräch zu führen). Durch die erhöhten Anforderungen bei der Informationsaufnahme verbleibt weniger Kapazität für das Behalten und Verarbeiten der Information.

Dass das Kindergartenalter eine für die Sprachentwicklung entscheidende Phase darstellt, ist hinlänglich bekannt. Auch ist bekannt, welche große Bedeutung den Vorschuleinrichtungen in diesem Prozess zukommt. Um dieser Verantwortung gerecht werden zu können, bedarf es neben qualifiziertem Personal auch entsprechender räumlicher Bedingungen. Erfolgreiche Sprachförderung setzt adäquate Hörbedingungen voraus.

Wirkungen von Lärm bei nicht-auditiven Aufgaben

Auch geistige Tätigkeiten, bei denen es nicht um Hören und Zuhören geht, können durch Lärm beeinträchtigt werden. Plötzlich eintretende, laute und / oder ungewohnte Geräusche ziehen die Aufmerksamkeit automatisch auf sich, lenken von der aktuellen Tätigkeit ab und unterbrechen Denkvorgänge. Kinder sind hiervon in besonderem Maße betroffen. Sie sind weit weniger in der Lage als Erwachsene, ihre Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Sache zu fokussieren und die Reaktion auf irrelevante Hörreize zu unterdrücken [14,15].

Weiterhin gibt es ganz spezifische Wirkungen bestimmter Geräusche auf bestimmte geistige Prozesse. Besonders empfindlich für Störungen durch Lärm ist das Kurzzeitgedächtnis. Dieses kognitive System ermöglicht uns, sprachliche Informationen über einen kurzen Zeitraum verfügbar zu halten und zu verarbeiten. Wenn wir beispielsweise einen langen Satz lesen oder hören, müssen wir den

Satzanfang im Kurzzeitgedächtnis verfügbar halten, um ihn mit dem Satzende in Beziehung setzen zu können. Wenn wir eine Rechenaufgabe lösen, müssen wir die Operatoren und Teilergebnisse im Kurzzeitgedächtnis bereithalten, um damit die notwendigen Berechnungen durchführen zu können.

Unregelmäßige Hintergrundschaale wie Sprache oder flotte Musik führen schon bei geringen bis mittleren Lautstärken zu einer Störung der Kurzzeitgedächtnisleistung. Diese Störung tritt auch auf, wenn eine völlig unverständliche Fremdsprache eingespielt wird – es kommt dabei nicht auf die Bedeutung an. Gleichmäßige, „glatte“ Schalle wie Meeresrauschen, das Geräusch einer entfernten Autobahn oder auch sehr langsame, getragene Instrumentalmusikstücke beeinträchtigen die Leistung dagegen nicht. Unregelmäßige, zeitlich strukturierte Schalle scheinen automatisch ins Kurzzeitgedächtnis zu gelangen und die dort ablaufenden Behaltensprozesse zu behindern. Auch diese Störung betrifft Kinder wesentlich stärker als Erwachsene. So zeigten Zweitklässler Verschlechterungen der Kurzzeitgedächtnisleistung um etwa 30 Prozent, wenn im Hintergrund gesprochen wurde; die Erwachsenen verschlechterten sich „nur“ um etwa 10 Prozent [16].

Diese Erkenntnisse sind im Zusammenhang mit dem Thema „Lärm in Bildungseinrichtungen“ besonders wichtig, da das sprachliche Kurzzeitgedächtnis für die laut- und schriftsprachliche Entwicklung von maßgeblicher Bedeutung ist [17, 18]. Sprachentwicklungs- und Lese-/Rechtschreibstörungen sind meist mit erheblichen Defiziten des Kurzzeitgedächtnisses verbunden. Die Kurzzeitgedächtniskapazität wird daher bei der Diagnostik der Sprachentwicklung, der Lesefähigkeit und der Lernausgangslage von Vorschulkindern zunehmend berücksichtigt (das gängige Verfahren besteht im Nachsprechen von Pseudowörtern). Aufgrund dieser Zusammenhänge muss vermutet werden, dass das Sprechen-, Lesen- und Schreibenlernen durch eine zu „lärmige“ Umwelt erschwert wird. Tatsächlich wurden in verschiedenen Feldstudien negative Wirkungen chronischer Lärmbelastung auf die Sprachwahrnehmungs- und Leseentwicklung nachgewiesen [19, 20, 21]. In diesen Studien wurden jedoch extrem lärmbelastete Kinder untersucht, die z. B. in der Nähe großer Flughäfen lebten. Über die langfristigen Wirkungen von Umweltlärm mittlerer Intensitäten auf die kindliche Entwicklung ist bislang wenig bekannt. Die nach Wissen der Verf. einzige Studie zu chronischen Wirkungen des Innenlärms in Bildungseinrichtungen auf Kinder wurde in einer Vorschuleinrichtung durchgeführt, in der aufgrund raumakustischer Mängel durchschnittliche Lärmpegel von etwa 76 dB(A) vorherrschten [22]. Die Autoren verglichen die Leistungen der Kinder aus dieser Einrichtung vor und nach einer akustischen Sanierung der Räumlichkeiten, welche eine deutliche Lärminderung erbrachte. Die Testung selbst erfolgte unter konstanten, ruhigen Bedingungen. Die nach der Sanierung untersuchten Kinder zeigten bessere Leistungen beim Benennen von Buchstaben und einfachen Schriftwörtern als die Gruppe, die im Jahr vor der Sanierung untersucht worden war. Auch die Beurteilungen der sprachlichen Fertigkeiten der Kinder durch die Erzieher verbesserten sich signifikant.

Obgleich andere Einflussgrößen nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden können (dies ist ein Feldstudien immer ein Problem), weisen diese Ergebnisse darauf hin, dass dauerhafte Lärmbelastung in der frühen Kindheit die Sprachentwicklung beeinträchtigen und dadurch den späteren Schriftspracherwerb erschweren kann. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass schon subtile, in der Alltagssprache nicht auffällige Störungen der Sprachwahrnehmung zu Schwierigkeiten im Lesen- und Schreibenlernen führen können. Die frühe Phase des Schriftspracherwerbs basiert maßgeblich auf dem mentalen Operieren mit Lauten. Wörter müssen in Laute zergliedert und Einzellaute zu Wörtern verbunden werden; Buchstabe-Laut-Beziehungen müssen erlernt und automatisiert werden. Diese Prozesse erfordern gut ausgebildete, robuste Lautrepräsentationen (Gedächtniseinträge) und intakte Kurzzeitgedächtnisfunktion. Eine gute „Hörumwelt“, verbunden mit adäquaten Angeboten zur Hör- und Sprachförderung, kann wesentlich zum Erwerb dieser Lernvoraussetzungen beitragen.

Lärmbelastung von Erzieherinnen

Lärm stellt nachweislich einen der wesentlichsten Belastungsfaktoren im Erzieherinnenberuf dar. Erzieherinnen, die sich wegen permanenten Lärms gestresst fühlen, gehen vermutlich weniger geduldig und einfühlsam mit den Kindern um. Sozialpsychologische Studien belegen, dass lärmbedingter Stress die Sensibilität für die Belange anderer reduziert.

Optimale vorschulische Förderung setzt jedoch voraus, dass die Interessen und Bedürfnisse der einzelnen Kinder in ihrer jeweiligen Entwicklungsphase erkannt und jeweils angemessene Lernangebote bereitgestellt werden. Hierfür bedarf es ausgeglichener und einfühlsamer Betreuungspersonen. Eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen der Erzieherinnen – sei es durch Lärminderung oder durch andere Faktoren - kommt daher immer auch den Kindern zugute.

Zitierte Literatur

- [1] Hazan, V. & Barrett, S. (2000). The development of phonemic categorization in children aged 6-12. *Journal of Phonetics*, 28, 377-396.
- [2] Doyle, A.B. (1973). Listening to distraction: A developmental study of selective attention. *Journal of Experimental Child Psychology*, 15, 100-115.
- [3] Johnson, C. E. (2000). Children´s phoneme identification in reverberation and noise. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43, 144-157.
- [4] Neuman, A.C. & Hochberg, I. (1983). Children´s perception of speech in reverberation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 73(6), 2145-2149.
- [5] Bradlow, A., Kraus, N., & Hayes, E. (2003). Speaking clearly for children with learning disabilities: Sentence perception in noise. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46, 80-97.
- [6] Geffner, D.; Lucker, J.R. & Koch, W. (1996). Evaluation of auditory discrimination in children with ADD and without ADD. *Child Psychiatry and Human Development*, 26, 169-179.
- [7] Cunningham, J., Nicol, T., Zecker, S. G., Bradlow, A., & Kraus, N. (2001). Neurobiologic responses to speech in noise in children with learning problems: deficits and strategies for improvement. *Clinical Neurophysiology*, 112, 758-767.
- [8] Ziegler, J.C.; Pech-Georgel, C.; George, F.; Alario, F. & Lorenzi, C. (2005). Deficits in speech perception predict language learning impairment. *PNAS*, 102 (39), 14110-14115.
- [9] Mayo, L. H., Florentine, M., & Buus, S. (1997). Age of second-language acquisition and perception of speech in noise. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 40, 686-693. 2003.
- [10] Wijngaarden, S. J. v., Steeneken, H. J., & Houtgast, T. (2003). Quantifying the intelligibility of speech in noise for non-native listeners. *Journal of the Acoustical Society of America*, 111, 1906-1916.
- [11] Rogers, C.L.; Lister, J.L.; Febo, D.M.; Besing, J.M. & Abrams, H.B. (2006). Effects of bilingualism, noise, and reverberation on speech perception by listeners with normal hearing. *Applied Psycholinguistics*, 27, 465-485.

- [12] Klatte, M.; Meis, M.; Janott, C.; Hilge, C. & Schick, A. (2002). Zum Einfluss der Sprachverständlichkeit auf kognitive Leistungen: Eine Studie mit Grundschulkindern. In: Fortschritte der Akustik. Bericht zur 28. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Akustik, Bochum.
- [13a] Klatte, M.; Sukowski, H.; Meis, M. & Schick, A. (2004). Effects of irrelevant speech on speech perception and phonological short-term memory in children aged 6 to 7 years. Proceedings of the Joint Congress CFA/DAGA, pp. 193-194.
- [13b] Klatte, M.; Bastian, J.; Meis, M. & Noack, B. (2007). Wirkungen von Hintergrundgeräuschen und Nachhall auf Sprachverstehen und Arbeitsgedächtnis in verschiedenen Altersgruppen. Fortschritte der Akustik. Beiträge zur 33. Jahrestagung für Akustik DAGA, Stuttgart.
- [14] Gumenyuk, V., Korzyukov, O., Alho, K., Escera, C., & Naatanen, R. (2004). Effects of auditory distraction on electrophysiological brain activity and performance in children aged 8-13 years. *Psychophysiology*, 41, 30-36.
- [15] Dempster, F. (1993). Resistance to interference: Developmental changes in a basic processing mechanism. In: Howe, L. & Pashler, R. (Eds.). *Emerging Themes in Cognitive Development*, pp. 3-27. New York.
- [16] Elliott, E.M. (2002). The irrelevant speech effect and children: Theoretical implications of developmental change. *Memory & Cognition*, 30, 478-487.
- [17] Baddeley, A. D., Gathercole, S. E. & Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, 105, 158-173.
- [18] Hasselhorn, M. & Grube, D. (2003). Das Arbeitsgedächtnis: Funktionsweise, Entwicklung und Bedeutung für kognitive Leistungsstörungen. *Sprache - Stimme – Gehör*, 27, 31-37. 2003.
- [19] Haines, M.M.; Stansfeld, S.A.; Berglund, R.F. & Head, J. (2001). Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children. *Psychological Medicine*, 31, 265-277.
- [20] Evans, G. & Maxwell, L. (1997). Chronic noise exposure and reading deficits: The mediating effects of language acquisition. *Environment and Behavior*, 29, 638-656.
- [21] Evans, G. & Lepore, S. J. (1993): Non-auditory effects of noise on children. *Children's Environment*, 10, 31-51.
- [22] Maxwell, L. & Evans, G. (2000). The effects of noise on pre-school children's pre-reading skills. *Journal of Environmental Psychology*, 20, 91-97.