

Erlebte Anstrengung bei der Bearbeitung kognitiver Aufgaben unter Sprachgeräuschbedingungen

Helga Sukowski^{1,2}, Annika Urbschat¹, Steven van de Par¹

¹ Universität Oldenburg, AG Akustik, 26111 Oldenburg

² Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Fachgruppe Physikalische Faktoren, 44149 Dortmund,
E-Mail: sukowski.helga@baua.bund.de

Einleitung

In Studien, in denen die Wirkung von Geräuschen auf kognitive Leistungen untersucht wird, steht - dem zentralen Anliegen entsprechend - die Frage im Mittelpunkt, ob sich die jeweiligen Leistungskennwerte unter bestimmten akustischen Bedingungen verändern. Es sind schließlich Aussagen darüber möglich, inwieweit Leistungsverbesserungen oder Leistungsbeeinträchtigungen in Abhängigkeit von der akustischen Umgebung auftreten (vgl. z. B. [1]).

Aus Ergebnissen einer Leistungsmessung kann jedoch nicht direkt geschlossen werden, ob eine Testperson die kognitive Aufgabe schwierig oder leicht fand, ob sie sich sehr konzentrieren musste, um die Aufgabe zu bearbeiten, ob sie eine bestimmte akustische Bedingung als besonders störend erlebt hat, ob sie die Aufgabe mit einer gewissen Zufriedenheit erledigen konnte, oder ob sie die Bearbeitung der Aufgabe in bestimmten Bedingungen besonders anstrengend fand. Diese - allesamt subjektiven - Größen geben jedoch Auskunft darüber, wie eine Person eine bestimmte Arbeitssituation in der jeweiligen akustischen Bedingung erlebt hat, und sie liefern damit auch sehr wichtige und wertvolle Informationen, um die Ergebnisse der Leistungsdaten umfassender interpretieren und ggf. widersprüchliche Befunde aufklären zu können.

Die Informationen über das subjektive Erleben bei der Bearbeitung von Aufgaben unter ggf. ungünstigen akustischen Bedingungen sind auch dann besonders wichtig, wenn aus den Ergebnissen einer kurzzeitigen Geräuschexposition im Labor auf mögliche Effekte bei einer längerfristigen Exposition geschlossen werden soll. So ist es beispielsweise denkbar, dass in einer kurzen Bearbeitungszeit durch erhöhte Konzentration auch unter einer vermeintlich nachteiligen Geräuschbedingung ein gleich gutes Ergebnis wie in einer Ruhebedingung erzielt wird. Die Person hat jedoch evtl. eine starke Anstrengung oder Anspannung erlebt, die bei einer längerfristigen Exposition dann mit weiteren Folgen wie z.B. Ermüdung verbunden sein kann. Umgekehrt ist es auch möglich, dass zwar keine oder nur geringe Anstrengung erlebt wird, weil die Ablenkung durch einen angenehmen Reiz erfolgt, die Leistung aber trotzdem beeinträchtigt ist. Die Daten der Leistungsmessung in der eigentlichen Aufgabe und aus den Befragungen zum subjektiven Erleben können sich somit gegenseitig ergänzen (vgl. z. B. [2]).

Der Ausblick auf mögliche Effekte bei einer längerfristigen Exposition ist auch dann von besonderer Bedeutung, wenn die Geräuschbelastungen in einem Arbeitskontext betrachtet werden. In einer Arbeitssituation sind die Personen u. U. tatsächlich über viele Stunden von einer möglicherweise

nachteiligen Geräuschkulisse umgeben, und sie haben zudem nur begrenzt die Möglichkeit, dieser Geräuschkulisse auszuweichen.

In diesem Beitrag werden Ergebnisse einer Anstrengungsbefragung dargestellt. Die Daten wurden in einer Studie erhoben, in der die Probanden/Probandinnen verschiedene kognitive Aufgaben (Lesetest, Aufmerksamkeitstest, Konzentrationstest) in unterschiedlichen akustischen Bedingungen bearbeitet haben. Ziel der Studie war es, zu überprüfen, ob sich die Testverfahren hinsichtlich Lärmsensitivität und Aufgabenschwierigkeit grundsätzlich zum Einsatz in Lärmwirkungsstudien mit Erwachsenen eignen.

Erste Ergebnisse der Aufgabenbearbeitung (Leistungsdaten) sowie eine erste Diskussion über die Eignung der Verfahren sind in [3, 4] zusammengefasst. In diesem Beitrag werden Ergebnisse der Anstrengungsbefragung vorgestellt.

Methode

Probanden: An der Studie haben 43 Personen teilgenommen (w=25, m=18; Alter: 20 bis 49 Jahre für n=41, bei 2 Personen keine Angabe). In die Analyse der Anstrengungsurteile gingen die Daten von 42 Personen ein.

Untersuchungsraum und Messzeitpunkte: Die Studie wurde in zwei unterschiedlichen Untersuchungssettings durchgeführt: (1) 33 Personen haben im Rahmen einer Gruppentestung mit max. acht Personen gleichzeitig teilgenommen. Die Testung wurde in einem kleinen Seminarraum durchgeführt und fand immer am frühen Abend statt. (2) Bei 10 Personen wurde die Untersuchung als Einzeltestung in einer schallgedämmten Hörkabine durchgeführt. Die Termine wurden mit den Teilnehmer(inne)n individuell abgestimmt und waren nicht auf eine bestimmte Tageszeit festgelegt. In beiden Settings war die Untersuchung auf zwei Messzeitpunkte mit jeweils ca. 1 Stunde Messzeit und ca. einer Woche Abstand zwischen den Messzeitpunkten aufgeteilt. Für die nachfolgenden Auswertungen wurden die Daten aus beiden Untersuchungssettings zusammengefasst.

Aufgaben: Alle Personen haben jeweils drei verschiedene Aufgaben bearbeitet:

Leseaufgabe: Als Lesetest wurde eine Aufgabe eingesetzt, bei der Fehler in geschriebenen Sätzen gefunden werden müssen. Die Aufgabe war ursprünglich für Kinder konstruiert worden [5] (später: Oldenburger Kinder-Leise-Leseaufgabe (OKiLeLe)). In der hier vorgestellten Studie wurde die Aufgabe mit einer veränderten Instruktion eingesetzt, um die Schwierigkeit zu erhöhen.

Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar 2, FAIR-2 [6]: Bei diesem Verfahren haben die Probanden/Probandinnen die Aufgabe, aus einer Vielzahl von reihenweise angeordneten ähnlichen Symbolen bestimmte Symbole herauszufinden und sie in einer vorgegebenen Weise zu markieren.

Konzentrations-Leistungs-Test - Revidierte Fassung, KLT-R [7]: Bei diesem Test müssen die Teilnehmer(innen) nach einer vorgegebenen Anleitung kleine Rechenoperationen durchführen. Um die Items korrekt bearbeiten zu können, muss zum einen die Instruktion immer wieder korrekt erinnert werden, und zum anderen müssen Zwischenergebnisse einzelner Berechnungen behalten werden. Diese Aufgabe beinhaltet somit eine hohe Anforderung an das Arbeitsgedächtnis.

Alle Tests wurden als Speed-Tests durchgeführt, das heißt, die Probanden/Probandinnen mussten die Aufgabe „unter Zeitdruck“ durchführen.

Akustische Bedingungen: Insgesamt wurden drei unterschiedliche akustische Bedingungen realisiert:

- Ruhebedingung (Ruhe): natürliche Ruhebedingung, keine Einspielung von Maskierungsgeräuschen
- Sprachgeräusch 1 (G1): Ausschnitt aus einem Hörbuch
- Sprachgeräusch 2 (G2): Text mit Reiseinformationen, ähnlich einer Durchsage im Zug oder auf dem Bahnsteig

Zuordnung Aufgabe ↔ akustische Bedingung:

- Leseaufgabe → Ruhe, G1
- Aufmerksamkeitstest (FAIR-2) → Ruhe, G1, G2
- Konzentrationstest (KLT-R) → Ruhe, G2

Geräuschpräsentation: In beiden Untersuchungssettings wurden die Geräusche über zwei Lautsprecher, die vorne im Raum / in der Hörkabine aufgestellt waren, präsentiert (G1 = 62 dB(A) Leq, G2 = 65 dB(A) Leq. Die Pegel wurden im Seminarraum in der Mitte der ersten Sitzreihe (von zwei Reihen) gemessen und in der Hörkabine am Sitzplatz der Teilnehmer(innen).

Ermittlung der erlebten Anstrengung: Die Angabe zur erlebten Anstrengung während der Aufgabenbearbeitung wurde unmittelbar nach jeder Bearbeitung abgegeben. Die Frage lautete: „Wie anstrengend fanden Sie die Bearbeitung der Aufgabe?“ Die Teilnehmer(innen) gaben ihr Urteil auf einer Skala von 0 bis 100 ab (0 = gar nicht anstrengend, 100 = sehr anstrengend). Die Skala war wie ein kleines Lineal gestaltet.

Studiendesign: Alle Teilnehmer(innen) bearbeiteten alle Testverfahren in den oben genannten und zugeordneten akustischen Bedingungen. Die Abfolge der Aufgaben und der akustischen Bedingungen wurde variiert. Insgesamt gab es vier Gruppen mit unterschiedlichen Abfolgen. Die Leseaufgabe wurde in allen Gruppen jeweils zu Beginn der Testsitzung durchgeführt.

Ergebnisse

Einfluss der akustischen Bedingungen auf die erlebte Anstrengung bei den einzelnen Testverfahren

Im Lesetest und im Konzentrationstest wurde mit Hilfe von *t*-Tests für abhängige Stichproben ermittelt, dass die erlebte Anstrengung in der Bedingung mit einem Sprachgeräusch signifikant höher war als in der Ruhebedingung (OKiLeLe: [$t(41) = -3,093, p = 0,004$], $M_{\text{Ruhe}} = 27,95, M_{\text{G1}} = 41,21$; KLT-R: [$t(41) = -2,359, p = 0,023$], $M_{\text{Ruhe}} = 65,98, M_{\text{G2}} = 75,17$). Beim FAIR-2-Verfahren wurde mit einer Varianzanalyse mit Messwiederholung ein signifikanter Effekt für den dreifach gestuften Faktor „akustische Bedingung“ ermittelt [$F(2/82) = 6,102, p = 0,003$]. Ein Posthoc-Test ergab einen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten in den Bedingungen G1 und G2 ($M_{\text{G1}} = 58,57, M_{\text{G2}} = 44,67$).

Da es nicht das Ziel der Studie war, Unterschiede in der erlebten Anstrengung zwischen verschiedenen Testverfahren zu vergleichen, wurden dementsprechend keine Unterschiedsanalysen durchgeführt. Die Mittelwerte, die bei den einzelnen Verfahren berechnet wurden, zeigen, dass über alle Personen und akustischen Bedingungen hinweg beim Lesetest die niedrigsten und beim Konzentrationstest die höchsten Anstrengungsurteile vorlagen.

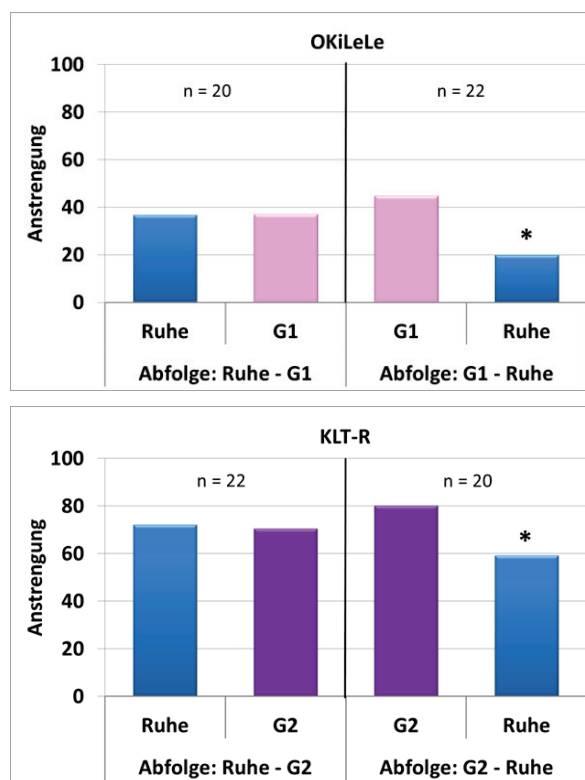


Abbildung 1: Arithmetische Mittelwerte der Anstrengungsbewertung im Lesetest (oben) und im Konzentrationstest (unten), jeweils getrennt für die beiden Abfolgen „Ruhe, Geräusch“ (links) und „Geräusch, Ruhe“ (rechts). G1: Ausschnitt aus einem Hörbuch, G2: Zug-/Bahnsteigdurchsage mit Reiseinformationen. Signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) sind mit * gekennzeichnet.

Mittelwerte in Abhängigkeit von der Abfolge der akustischen Bedingungen

Bei der Auswertung der Leistungsdaten aus der Gruppentestung hatte sich bei einigen Kennwerten eine Interaktion zwischen dem Faktor „Akustische Bedingung“ und der Abfolge der akustischen Bedingungen (bezeichnet als Faktor „test condition“) gezeigt [4]. Aus diesem Grund wurde eine ähnliche Analyse (Varianzanalyse mit Messwiederholung, 2 (Abfolge) \times 2 (Akustische Bedingung)) auch für die Anstrengungsurteile durchgeführt. Dieser Analyseschritt wurde nur für den Lesetest und den Konzentrationstest vorgenommen, da bei diesen Verfahren die Abfolge der akustischen Bedingungen vollständig ausbalanciert war.

Die statistischen Analysen ergaben bei beiden Aufgaben das gleiche Ergebnismuster:

- Zwischensubjektfaktor *Abfolge*: kein signifikanter Effekt
- Innersubjektfaktor *Akustische Bedingung*: signifikanter Effekt
- *Abfolge* \times *Akustische Bedingung*: signifikante Interaktion

In Posthoc-Tests wurde ermittelt, dass jeweils nur bei der Abfolge „Geräusch, Ruhe“ ein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten der beiden akustischen Bedingungen vorlag (Ruhe < G), nicht aber bei der Abfolge „Ruhe, Geräusch“ (siehe Abbildung 1).

Zusammenhänge zwischen Anstrengungsurteilen

In einem weiteren Schritt wurde analysiert, ob es innerhalb einer akustischen Bedingung (Ruhe oder Sprachgeräuschbedingung) einen linearen Zusammenhang zwischen den Anstrengungsurteilen in den einzelnen Testverfahren gab. Dafür wurden jeweils die Urteile aus den Ruhebedingungen korreliert sowie die Urteile aus den Sprachgeräuschbedingungen. Tabelle 1 zeigt die Korrelationskoeffizienten (nach Pearson), die dabei ermittelt wurden.

Tabelle 1: Korrelationskoeffizienten für Korrelationsberechnungen innerhalb der akustischen Bedingungen

| Testverfahren und akustische Bedingung | | <i>r</i> (nach Pearson) |
|--|---------------|----------------------------|
| OKiLeLe - Ruhe | KLT-R - Ruhe | 0,107 |
| OKiLeLe - Ruhe | FAIR-2 - Ruhe | 0,199 |
| KLT-R - Ruhe | FAIR-2 - Ruhe | 0,049 |
| OKiLeLe - G1 | KLT-R - G2 | 0,298 |
| OKiLeLe - G1 | FAIR-2 - G1 | 0,117 |
| KLT-R - G2 | FAIR-2 - G2 | 0,036 |

Tabelle 1 zeigt, dass innerhalb einer akustischen Bedingung kein bedeutsamer linearer Zusammenhang zwischen den Anstrengungswerten in den verschiedenen Testverfahren vorlag. Das heißt, Personen, die bei der Bearbeitung einer Aufgabe die höchsten Anstrengungswerte abgegeben haben, haben nicht generell bei allen Aufgaben die größte Anstrengung erlebt.

Diskussion

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Bearbeitung der Leseaufgabe sowohl in Ruhe als auch in der Sprachgeräuschbedingung als verhältnismäßig wenig anstrengend erlebt wurde. Ein Grund dafür kann darin liegen, dass die Aufgabe ursprünglich für Kinder konstruiert wurde und das Satzmaterial kindgerecht und einfach gestaltet ist. Ein weiterer Grund könnte sein, dass die Leseaufgabe immer zu Beginn der Testsitzung durchgeführt wurde, also zu einem Zeitpunkt innerhalb der Untersuchung, zu dem die Teilnehmer(innen) noch ausgeruht waren.

Wie oben erwähnt lag der Fokus der Studie zwar nicht auf dem Vergleich der Anstrengungsurteile zwischen verschiedenen Testverfahren, aber dennoch lässt sich aus der Beobachtung einer geringen erlebten Anstrengung bei der Leseaufgabe eine interessante Schlussfolgerung ableiten. Bei der Analyse der Leistungsdaten im Lesetest hatte sich sowohl bei der Arbeitsgeschwindigkeit als auch bei der Arbeitsgenauigkeit ein nachteiliger Effekt des Sprachgeräusches auf die Leistung gezeigt. Das heißt, aus einer geringen erlebten Anstrengung kann nicht geschlossen werden, dass Geräusche keinen nachteiligen Effekt auf die Leistung haben.

Die Ergebnisse zur Interaktion des Faktors „akustische Bedingung“ mit der Abfolge der akustischen Bedingungen liefern in zweierlei Hinsicht wichtige Informationen. Zum einen wird damit die Notwendigkeit unterstrichen, in experimentellen Lärmwirkungsstudien die Versuchsbedingungen gut auszubalancieren, damit Übungseffekte nicht fälschlicherweise als Geräuscheffekte interpretiert werden. Zum anderen ist dieses Ergebnis auch für die Praxis von Bedeutung. Bei der Auswertung der Leistungsdaten hatte sich bei einigen Kennwerten im Lesetest und im Konzentrationstest gezeigt, dass eine signifikant bessere Leistung in der Ruhebedingung nur dann vorlag, wenn die Aufgaben in der Abfolge „Geräusch, Ruhe“ bearbeitet wurden. Zusammen mit den hier vorgestellten Ergebnissen zur Anstrengungsbeurteilung deutet sich somit an, dass die wiederholte Bearbeitung einer Aufgabe Vorteile mit sich bringen kann, diese Vorteile (hier in Form von besserer Leistung und geringerer erlebter Anstrengung) aber nur zum Tragen kommen, wenn bei der zweiten Bearbeitung eine ruhige Umgebungsbedingung gegeben ist. Anders formuliert: Ein möglicher Vorteil aufgrund der Vertrautheit mit der Aufgabe kann bei der Abfolge „Ruhe, Geräusch“ durch die ungünstige akustische Bedingung bei der zweiten Bearbeitung wieder aufgehoben werden.

Diese Vermutung müsste mit einer größeren Stichprobe und einem erweiterten Untersuchungsdesign gezielt überprüft werden. Falls diese Annahme zutrifft, könnte dies für die alltägliche Arbeit bedeuten, dass ungünstige akustische Bedingungen die zu erwartenden Verbesserungen (bessere Leistung, geringere Anstrengung) bei der Erledigung von immer wiederkehrenden Tätigkeiten verhindern oder verzögern.

Die Ergebnisse zum Zusammenhang der Anstrengungsurteile für verschiedene Testverfahren haben gezeigt, dass Personen, die die Bearbeitung einer speziellen Aufgabe

anstrengend fanden, nicht generell eine große Anstrengung erlebt haben. Diese Beobachtung unterstützt indirekt das ursprüngliche Anliegen, in dieser Studie drei Tests einzusetzen, die unterschiedliche Fertigkeiten erfassen bzw. unterschiedliche kognitive Leistungen ansprechen. Zumindest für die subjektiv erlebte Anstrengung lässt sich hier sagen, dass die drei Testverfahren nicht nur im Mittel zu unterschiedlichen Anstrengungsurteilen geführt haben, sondern dass sie offenbar auch intraindividuelle Unterschiede aufdecken können. In weiteren Analysen werden auch für die Leistungsdaten Zusammenhangsanalysen durchgeführt.

Die hier vorgestellten Ergebnisse zur Anstrengungsbefragung liefern zwar für sich genommen nur einen kleinen Beitrag zur ursprünglichen Fragestellung der Studie, also zu der Frage, inwieweit sich die ausgewählten Testverfahren für Lärmwirkungsstudien mit Erwachsenen eignen. Die Ergebnisse geben zunächst einen Einblick, wie die Teilnehmer(innen) die Bearbeitung der Aufgaben erlebt haben. In weiteren Analysen werden nun die Leistungsdaten der kognitiven Aufgaben und die Daten der Anstrengungsbefragung gemeinsam ausgewertet. Eine wesentliche Frage dabei ist, ob die Personen, die die größte Anstrengung bei einer bestimmten Aufgabe erlebt haben, besonders gute oder besonders schwache Testergebnisse in dieser Aufgabe erzielt haben, oder ob es keinen bedeutsamen Zusammenhang zwischen beiden Größen gibt.

Im Hinblick auf Arbeitsplatzsituationen ist es darüber hinaus auch von Bedeutung, der Interaktion zwischen Abfolge und Geräuscheffekt, die sich bei zwei Testverfahren in den Leistungsdaten und bei der Anstrengungsbeurteilung gezeigt hat, genauer nachzugehen. Gerade für alltägliche Arbeitssituationen, in denen sich die Aufgaben üblicherweise wiederholen, sind genauere Erkenntnisse wünschenswert, inwieweit ungünstige akustische Bedingungen mögliche positive Effekte einer mehrfachen Aufgabenbearbeitung verhindern oder verzögern, und ob derartige Interaktionen auch noch über längere Zeiträume beobachtbar sind.

Literatur

- [1] Banbury, S., Berry, D. C. (1998). Disruption of office related tasks by speech and office noise. *British Journal of Psychology: Applied*, 89, 499-517.
- [2] Hua, H., Emilsson, M., Ellis, R., Widén, S., Möller, C., Lyxell, B. (2014). Cognitive skills and the effect of noise on perceived effort in employees with aided hearing impairment and normal hearing. *Noise and Health*, 16 (69), 79-88.
- [3] Sukowski, H., van de Par, S. (2014). Reading in a noisy environment: Are test principles realized in a reading test procedure for children also useful in studies with adults? In: *Fortschritte der Akustik - DAGA 2014* (CD-Rom, 2 Seiten). Berlin: DEGA e.V.
- [4] Sukowski, H., van de Par, S. (2014). Noise effects on reading and attention: Investigating the role of the chosen test procedure. In: *Proceedings of the 11th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN) 2014* (CD-Rom, 8 Seiten).
- [5] Sukowski, H. (2009). Untersuchungen zur Lärmwirkung auf die Leseleistung von Grundschulkindern. Dissertation, Universität Oldenburg.
- [6] Moosbrugger, H., Oehlschlägel, J., Steinwascher, M. (2011). *Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar 2 (FAIR-2)*. Bern: Huber.
- [7] Düker, H., Lienert, G. A., Lukesch, H., Mayrhofer, S. (2001). *Konzentrations-Leistungs-Test - Revidierte Fassung, KLT-R*. Göttingen: Hogrefe.