

Wirkung von Industriegeräuschen auf konzentrationale Tätigkeiten – Ergebnisse einer Labor-Grundlagenstudie

Rico GANßAUGE, Annette HOPPE

*Fachgebiet Arbeitswissenschaft/Arbeitspsychologie,
Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg,
Siemens-Halske-Ring 14,
D-03046 Cottbus*

Kurzfassung: Aktuell existieren verschiedene Vorgaben hinsichtlich der maximalen Geräuschniveaus für konzentrationale Tätigkeiten. Zum Teil werden Schallpegel bis zu 55 dB (A) (ASR A3.7 2018, 2021) empfohlen. In diesem Bereich ist mit reversiblen, extra-auralen Wirkungen, z. B. auf die Konzentration, zu rechnen. Eine Sichtprüfung von produzierten Metallteilen ist eine konzentrationale Tätigkeit, bei der katalogisierte Gütemerkmale mit dem vorgefundenen Zustand verglichen und eine (meist binäre) Entscheidung getroffen werden muss. In Zusammenarbeit mit einem Industriepartner wurde ein Laborexperiment am Fachgebiet Awip konzipiert und im Ergonomielabor durchgeführt, welches die Wirkung unterschiedlicher Geräuschniveaus auf die Konzentration nachbildete. Maßgebliche Aussagen über die Wirkung von Geräuschen sind z.B. in der Theorie des allgemeinen Aktivierungsniveaus (Broadbent 1978; Eysenck 1982) sowie im Komposit-Modell nach Poulton (1979) zu finden. Beide wurden in einer Metaanalyse von Szalma und Hancock (2011) in den Kontext neuerer Erkenntnisse gesetzt. Als abhängige Variablen wurden Maße aus dem verwendeten Konzentrations-Leistungstest (Moosbrugger & Goldhammer 2007) sowie subjektive und objektive Daten (EEG, hier insbesondere die α - und θ -Anteile; Radüntz 2016) erhoben. Der Schallpegel staffelte sich von 35 dB (A) bis zu 80 dB (A). Es wurden N = 124 Probanden in den getrennten Untersuchungsgruppen getestet. Der Artikel zeigt erste Auswertungen und die daraus zu ziehenden Schlussfolgerungen bzw. Handlungsempfehlungen für die arbeitsgestalterische Praxis bei industriellen Sichtprüftätigkeiten.

Schlüsselwörter: Sichtprüfung, Lärm, Schallpegel, Konzentration

1. Einleitung, Problemlage und Ziel

Im Jahr 2021 waren in der deutschen Metall- und Elektroindustrie etwa 3,9 Mio. Arbeitnehmer beschäftigt (Statista 2022). Es ist davon auszugehen, dass in der Qualitätskontrolle allgemein und Sichtprüfung speziell eine erhebliche Anzahl von Arbeitsplätzen existiert. Die Tätigkeiten dort werden teilweise maschinennah durchgeführt, bei durchgeführten Messungen in den Werken eines Industriepartners wurden z. T. lärmäquivalente Dauerschallpegel von leicht über 70 dB(A) vorgefunden. Bei der Sichtprüftätigkeit werden Merkmale verglichen und eine in der Regel binäre Entscheidung über die Brauchbarkeit getroffen. Die Merkmale gibt ein Fehlerkatalog

vor. Konzentration ist erforderlich, da Merkmale visuell erfasst und mit Abbildern aus dem Gedächtnis oder aus dem Fehlerkatalog verglichen werden müssen. Die Arbeitsstättenrichtlinie ASR A3.7 (2021) empfiehlt für Tätigkeiten mit hohen Anforderungen an Konzentration und Sprachverständnis max. 55 dB(A), für solche mit mittleren Anforderungen max. 70 dB(A). Bei typischer Sichtprüfung ist zwar keine Sprachverständlichkeit nötig, Konzentration spielt jedoch zweifellos eine bedeutsame Rolle. Sichtprüfung wird in der Richtlinie nicht speziell erwähnt. Deshalb wurde eine Untersuchung konzipiert, mit dem Ziel, Handlungsempfehlungen für die industrielle Praxis abzuleiten. Es sollte die differenzierte Auswirkung auf die Prüfleistung, konkretisiert durch Variablen wie Gesamtleistung, Genauigkeit und Gleichmäßigkeit der Prüfung, ermittelt werden. Maße, die ggf. auf eine beginnende Verschlechterung der Leistungsvoraussetzungen hindeuten (z. B. EEG) sollten ebenfalls einbezogen werden sowie das subjektive Erleben, um eine breite Datengrundlage zu schaffen und Messfehler einzelner Methoden zurückzudrängen (Döring & Bortz 2016).

2. Geräuschwirkung und Konzentration

Einige Theorien beschäftigen sich mit der Wirkung von Geräuschen auf die Konzentration und bilden die Grundlage für die Konzipierung des Experiments. Die Arousal Theory von Broadbent (1971 und 1978, zit. nach Szalma & Hancock 2011) bietet Erklärungsansätze. Demnach existiert für jede Tätigkeit ein optimales Niveau der zentralnervösen Aktivierung (Arousal). Einfache Routineaufgaben können auch bei hohem Arousal ausgeführt werden. Anspruchsvolle Aufgaben mit hohen Anteilen an Konzentration sowie Denk- und Verarbeitungsvorgänge sind bei einem geringeren Arousal besser auszuführen. Geräusche können das Arousal deutlich erhöhen, was vor allem die Leistung bei Aufgaben, die mehr Konzentration und geistige Verarbeitung erfordern, beeinträchtigen sollte.

Das „Composit-Modell“ (Poulton 1979) führt eine Beeinträchtigung vor allem auf die Störung von, für Denk- und Entscheidungsvorgänge, wichtigem „inneren Sprechen“ zurück. Damit ist ein nach außen unhörbares Sprechen gemeint, das durch die Anregung von Stimmbändern bei Denkvorgängen nachgewiesen werden konnte. Wenn Geräusche dieses innere Sprechen überlagern, wird der Denkvorgang gestört oder unmöglich. Steigende Geräuschniveaus sollten sich damit in einer sinkenden Leistung äußern.

Einige Erkenntnisse existieren bezüglich des zeitlichen Verlaufes der Wirkung eines Störfaktors: Ein normalerweise beeinträchtigender Faktor kann durchaus für eine gewisse Zeit durch erhöhte Anstrengung kompensiert werden (Hockey 1978). Jedoch sind Ressourcen für die Kompensation nicht unendlich verfügbar. Sie erschöpfen sich, es kommt zu erhöhter Fehlerhäufigkeit und Leistungsstreuung (Richter & Hacker 1998).

3. Methoden

Die unabhängige Variable bildete ein Industriegeräusch aus der realen Produktion in verschiedenen Schallpegeln von $L_{aeq} = 35, 55, 70$ und 80 dB(A). Abhängige Variablen werden nachfolgend beschrieben.

3.1 Konzentrationsleistungstest FAKT-II

Die Aufgabe der Sichtprüfung besteht aus einem visuellen Merkmalsvergleich mit anschließender Entscheidung „geeignet“ oder „nicht geeignet“. Vergleichbare Anforderungen stellt der Konzentrationsleistungstest FAKT-II (Moosbrugger & Goldhammer, 2007). Als Items werden geometrische Formen in schneller Abfolge dargeboten, die anhand ihrer Merkmale binär klassifiziert werden müssen. Ist die Entscheidung zu langsam, wird ein Item wieder aufgeblendet und die kommenden langsamer eingeblendet. Rohwert des Tests ist die Gesamtanzahl der Items, zusammengesetzt aus richtig, falsch und nicht bearbeiteten Items. Verrechnet mit den Reaktionszeiten werden Konzentrations-Leistung, -Genauigkeit und -Homogenität und für sechsinminütige Abschnitte ausgewiesen. Eine lange Durchführungsdauer ist möglich, um die Wirkungen nach anfänglicher Kompensation sichtbar zu machen. Die Schwierigkeit passt sich adaptiv an das Leistungsniveau an, die Teilnehmer werden mit entsprechend hohen Anforderungen konfrontiert. Der Test wurde für insgesamt 60 Min. (mit technisch bedingter, kurzer Unterbrechung nach 30 Min.) durchgeführt.

3.2 Elektroenzephalogramm (EEG)

Ein gut gesicherter Indikator für hohe psychische Beanspruchung und verschlechterte Leistungsvoraussetzungen sind die erhöhte Aktivität im α -Frequenzband und verringerte θ -Aktivität des Gehirns (z. B. Manzey 1998; Gevins & Smith 2003; Holm et al. 2009). Die Messung erfolgte anhand des standardisierten 10-20-Systems (Radüntz 2016). Die θ -Aktivität wird an der Fz-Elektrode, die α -Aktivität an der Pz-Elektrode ermittelt (Radüntz 2016). Als Basis der individuellen Hirnaktivität für die späteren Vergleiche schauten die Teilnehmer vor Beginn der Geräuschbedingung ein 6-minütiges Video mit einer ruhigen Meeresszene an.

3.3 Subjektives Erleben und Umgang mit Störeinflüssen

Für ein umfassendes Gesamtbild der Auswirkungen von Geräuschen wurden auch subjektive Maße einbezogen, aus Platzgründen jedoch hier nicht dargestellt. Störeinflüsse wurden durch die standardisierte Situation im Experimentallabor (Beleuchtung, Klima) weitestgehend ausgeschlossen. Verzerrende Einflüsse seitens der Teilnehmer wurden ebenfalls ausgeschlossen (z. B. vergleichbarer Allgemeinzustand, vergleichbare generelle Lärmempfindlichkeit, kein starker Konsum aufmerksamkeitsbeeinflussender Substanzen vor Beginn, keine neurologischen Beeinträchtigungen).

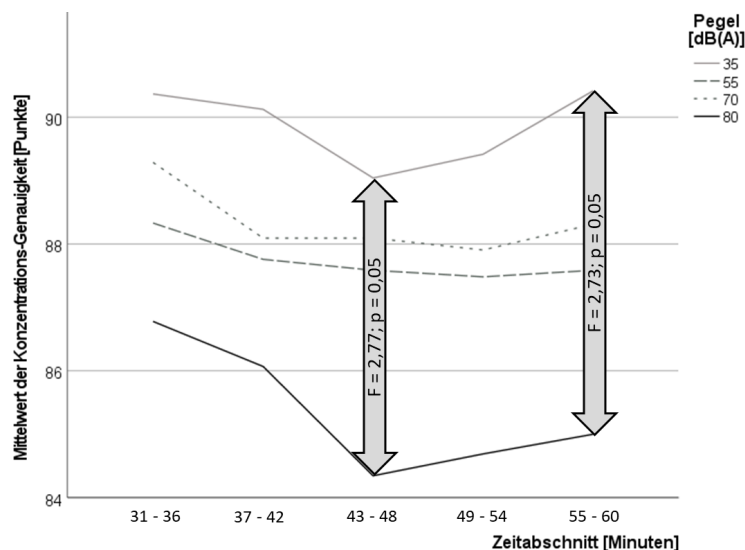
4. Ergebnisse

Aus Platzgründen werden hier nur signifikante Ergebnisse dargestellt, eine umfassende Veröffentlichung folgt. Es konnten 117 vollständige Datensätze ausgewertet werden. Während der ersten 30 Minuten traten keine signifikanten Unterschiede auf. Ab der 31. Minute traten signifikante Unterschiede im Globalvergleich bei durch Levene-Test nachgewiesener Gleichheit der Varianzen in der Anzahl richtig ($F = 2,89$; $df = 116$; $p = 0,04$) und falsch ($F = 2,96$; $df = 116$, $p = 0,04$) bearbeiteter Items auf (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) für Minute 31 – 60 der Durchführung des FAKT-Tests; Quelle: eigene Darstellung

Pegel [dB (A)]	Gesamtanzahl Items		richtig bearbeitet		falsch bearbeitet		nicht bearbeitet	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
35	1515,8	20,2	833,6	16,1	152,2	19,7	530,0	28,4
55	1549,8	17,9	871,0	14,2	194,1	17,4	484,7	25,1
70	1538,0	17,9	859,9	14,2	182,6	17,4	495,4	25,1
80	1562,5	18,2	895,9	14,4	229,6	17,7	436,9	25,5

Die anschließenden post-hoc-Tests mit Bonferroni-Korrektur zeigten Unterschiede zwischen 35 dB(A) und 80 dB(A). Bei 80 dB(A) wurden im Mittel 62,3 Items mehr richtig bearbeitet ($p = 0,03$), jedoch auch 77,5 Items mehr falsch ($p = 0,03$). Von den drei aus diesen Rohdaten berechneten Maßen zeigte die Konzentrations-Genauigkeit in späteren Zeitabschnitten signifikante Unterschiede (Abb. 1).

**Abbildung 1:** Konzentrations-Genauigkeit des FAKT-Tests ab der 31. Minute, signifikante Unterschiede durch Pfeile gekennzeichnet; Quelle: eigene Darstellung

Die Werte in der Bedingung 80 dB(A) zeigen eine deutlich geringere Konzentrations-Genauigkeit. EEG-Daten konnten bei 104 Teilnehmern erhoben werden, da es Ausfälle wegen einer Ablehnung der Messung aufgrund der Corona-Pandemie gab. Für eine Erstausswertung wurden 15-Min.-Abschnitte erstellt und danach für jeden an der Gesamtsumme referenzierten Abschnitt das Power-Spektrum ($\mu\text{V}/\text{Hz}$) durch Fast-Fourier-Transformation ermittelt. Diese wurden mit dem Ausgangsniveau während der Ruhephase verglichen (Radüntz 2016). Abbildung 2 zeigt den Verlauf der α -Anteile. Von der Basis (Wert = 100) steigerten sich die Aktivität unter allen Pegeln (Abb. 2).

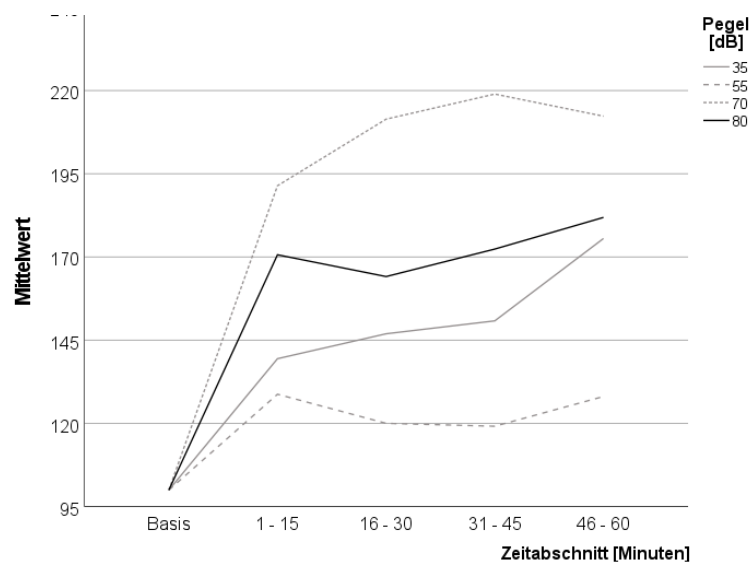


Abbildung 2: Verlauf der α -Wellen, verglichen mit der Basis = 100; Quelle: eigene Darstellung

Die geringste Steigerung war bei 55 dB(A), die höchste bei 70 dB(A) zu konstatieren. Die θ -Anteile zeigten ebenfalls Unterschiede zwischen den einzelnen Geräuschpegeln (Abb. 3).

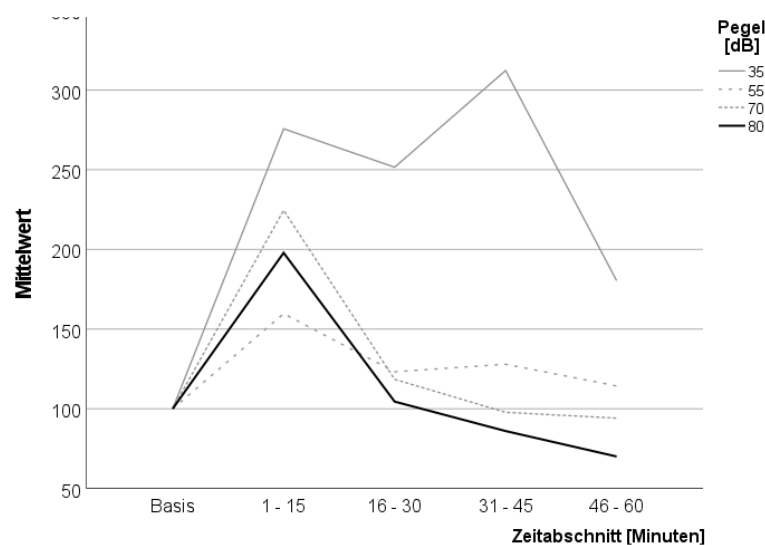


Abbildung 3: Verlauf der θ -Wellen, verglichen mit der Basis = 100. Quelle: eigene Darstellung

Während hier nach einer anfänglichen Steigerung bei drei der vier Geräuschbedingungen ein Absinken auf etwa das Ausgangsniveau zu konstatieren war, steigerte sich nur die leiseste Bedingung von 35 dB(A) bis fast zum Ende hin weiter. Eine inferenzstatistische Auswertung wird zeitnah erfolgen.

4. Diskussion

Deutlich zeigt sich, dass vor allem beim lauten Geräuschpegel von 80 dB(A) die Leistung zwar hoch ist, die Genauigkeit jedoch leidet. In der betrieblichen Praxis würde dies bedeuten, dass mehr fehlerhafte Teile als brauchbar klassifiziert würden.

Werte von 80 dB(A) tangieren ohnehin arbeitsschutzrelevante Grenzen, weshalb eine Senkung angebracht ist. Erste Hinweise auf ungünstige Leistungsvoraussetzungen ergeben sich auch aus den Daten des EEG, welche einen kontinuierlichen Rückschluss auf die Leistungsvoraussetzungen gestatten. Selbst bei 70dB(A) zeigen sich Verschlechterungen in einem gesteigerten α -Niveau, das für Ermüdung steht. Angestrebt werden sollte deshalb auch bei dieser Tätigkeit ein geringerer Geräuschpegel bis hin zu 55 dB(A). Ein sehr geringes Geräuschniveau könnte jedoch eine Unteranregung bedeuten, wie die erheblich gestiegenen α -Niveaus bei 35 dB(A) zeigen und erscheint deshalb ebenfalls nicht empfehlenswert. Beides muss jedoch noch inferenzstatistisch abgesichert werden. Die relativ hohe Intensität und kurze Durchführungsdauer des Experiments können als kritisch angesehen werden. Im Vorhinein war abgeschätzt worden, dass sich damit ein brauchbares Abbild einer Arbeitstätigkeit erzielen lässt. Es könnten weitere Studien unter praxisnäheren Bedingungen, möglicherweise als Feldexperiment, angezeigt sein.

5. Literatur

- ASR A3.7:2021. Technische Regeln für Arbeitsstätten: Lärm. Online verfügbar: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/ASR-A3-7.html> [Zugriff 19.12.2022]
- Broadbent DE (1978). The current state of noise research: Reply to Poulton. *Psychological Bulletin*, 85, 1052–1067. doi:10.1037/0033-2909.85.5.1052
- Döring N, Bortz J (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Berlin: Springer, S. 472.
- Eilers K, Nachreiner F, Hänecke K (1986). Entwicklung und Überprüfung einer Skala zur Erfassung subjektiv erlebter Anstrengung. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.): *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 40 (4), S. 215–224. *Ergonomia*, Stuttgart
- Gevins A, Smith M (2003). Neurophysiological measures of cognitive workload during human-computer interaction. *Theoretical Issues in Ergonomics Science* (4), S. 113–131.
- Hockey G (1978). Effects of noise on human work efficiency. In: May, D. (Ed.) *Handbook of Noise Assessment*. New York: van Nostrand, S. 347 ff.
- Holm A, Lukander K, Korpela J, Sallinen M, Müller K (2009). Estimating brain load from the EEG. In: *The Scientific World Journal*, 9, S. 639–651.
- Lachter J, Forster KI, Ruthruff, E. (2004). "Forty-five years after Broadbent (1958) Still no identification without attention". *Psychological Review*. 111 (4): 880–913.
- Manzey D (1998). Psychophysiologie mentaler Beanspruchung. In: Rösler F (Hrsg.) *Ergebnisse und Anwendungen der Psychophysiologie*. Hogrefe, Göttingen, S. 799–864.
- Moosbrugger H, Goldhammer F (2007). *FAKT-II. Frankfurter Adaptiver Konzentrationsleistung-Test II*. Manual. Bern: Hans Huber Verlag.
- Poulton EC (1979). Composite model for human performance in continuous noise. *Psychological Review*, 86(4), S. 361–375.
- Radüntz T (2016). Kontinuierliche Bewertung psychischer Beanspruchung an informationsintensiven Arbeitsplätzen auf Basis des Elektroenzephalogramms. Dissertation an der Humboldt-Universität Berlin. Online verfügbar: <https://edoc.hu-berlin.de/handle/18452/18069> [Zugriff 06.12.2021]
- Richter P, Hacker W (1998). *Belastung und Beanspruchung: Stress, Ermüdung und Burnout im Arbeitsleben*. Roland Asanger Verlag.
- Statista (2022). Anzahl der Beschäftigten in der deutschen Metall- und Elektroindustrie in den Jahren 1970 bis 2021. Online verfügbar: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/6131/umfrage/anzahl-der-beschaeftigten-in-der-metallindustrie-seit-1970/> [Zugriff 23.09.2022]
- Szalma J, Hancock P (2011). Noise Effects on Human Performance: A Meta-Analytic Synthesis. In: *Psychological Bulletin*, 137 (4), S. 682–707.



Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Nachhaltig Arbeiten und Lernen

**Analyse und Gestaltung lernförderlicher
und nachhaltiger Arbeitssysteme
und Arbeits- und Lernprozesse**

69. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

01. – 03. März 2023

GfA-Press

Bericht zum 69. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 01. – 03. März 2023

**Fakultät Maschinenbau, Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik (IBM) und
Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA), Leibniz Universität Hannover**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Sankt Augustin: GfA-Press, 2023
ISBN 978-3-936804-32-4

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.) erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© GfA-Press, Sankt Augustin

Schriftleitung: Prof. Dr. Rolf Ellegast

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

Geschäftsstelle der GfA

Simone John, Tel.: +49 (0)30 1300-13003

Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de · www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de

Screen design und Umsetzung

© 2023 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de