

Wirkung von Lärm auf die Ermüdung bei Konzentrationsarbeit

Susann Röming¹, Annette Hoppe²

¹ *Fachgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg, Siemens-Halske-Ring 14, 03046 Cottbus, E-Mail: susann.roeming@b-tu.de*

² *Fachgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg, Siemens-Halske-Ring 14, 03046 Cottbus, E-Mail: hoppe@b-tu.de*

Stand der Lärmforschung und Motivation

Die aurale Wirkung von Lärm gilt als gut erforscht [11], was zu konkreten Hinweisen für die Praxis, z. B. in Form von Grenzwerten geführt hat. Die extra-aurale Lärmwirkung kann dagegen bisher nur vage beschrieben werden, was vor allem Studien aufzeigen, die versuchen aus der vorliegenden Datenmasse und Untersuchungsvielfalt zu der Thematik „Lärm“ allgemeingültige Erkenntnisse zu gewinnen. Die Meta-Analyse von SZALMA & HANCOCK verdeutlicht eindrucksvoll, dass die Wirkung von Lärm erheblich von den spezifischen Parametern der komplexen Situation abhängt und dass die bisher vorliegenden theoretischen Modelle noch nicht in der Lage sind, alle Wirkungszusammenhänge korrekt und vollständig vorauszusagen [18]. Dabei spielen nicht nur der Pegel, die Art des Geräuschs oder die Dauer der Exposition eine Rolle. Die Autoren zeigen auf, wie unterschiedlich die Effekte auf die Geschwindigkeit und die Genauigkeit in Abhängigkeit von der Art der Aufgabe sind, die während der Lärmexposition durchgeführt wird. Beispielsweise wirkt sich Lärm bei kognitiven Aufgaben stark negativ auf die Genauigkeit aber positiv auf die Geschwindigkeit bei der Bearbeitung aus [18]. Die z. T. widersprüchlichen Resultate der einbezogenen Studien und entgegengesetzt wirkende Effekte führen sie u. a. auf mögliche Bewältigungsstrategien des Menschen zurück, die kompensatorisch wirken und damit Leistungseinbußen entgegenwirken könnten. Da aber zur Kompensation mehr mentale Kapazitäten erforderlich sind, liegt der Schluss nahe, dass die Aufrechterhaltung der Leistung unter Lärm schneller zur Erschöpfung bzw. psychischen Ermüdung führt als ohne Lärm [18]. Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) kommt in ihrem Scoping Review zum Thema Lärm aus dem Jahr 2016 zu ähnlichen Erkenntnissen [11]. Sie bemängelt, dass die zu starke ingenieurwissenschaftliche Ausrichtung der bisher durchgeführten Studien Forschungslücken zurücklässt und empfiehlt bei zukünftigen Untersuchungen psychologische und medizinische Wirkungsmechanismen mehr in den Fokus zu rücken. Es gibt also weiterhin offene Forschungsfragen und nicht erklärte komplexe Wechselwirkungen situationsabhängiger Einflussgrößen. Aus diesem Grund muss nach neuen Strategien gesucht werden, um die Fragen zu beantworten. Neben den klassischen psychophysiologischen Methoden zur indirekten Ableitung psychologischer Effekte (z. B. Beanspruchung, Stress) aus korrelierenden physiologischen Maßen, wie z. B. der Herzschlagfrequenz oder dem Hautleitwert, werden vermehrt neurowissenschaftliche Verfahren auch im nicht-medizinischen Kontexten angewandt [7]. Die Elektroenze-

phalographie (EEG) und weitere Brain-Imaging-Techniken, wie die Magnetresonanztomographie (MRT) sind hier beispielhaft zu nennen. EEG-basierte Forschung eröffnet u. a. neue Möglichkeiten zur Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle [23] oder dient zur Ableitung von Indikatoren, um Beanspruchung bzw. Ermüdung in Echtzeit erfassen und beurteilen zu können [14][3].

Insbesondere der Aspekt Ermüdung scheint bei der Lärmwirkung von größerer Bedeutung zu sein. Auch wenn sich, wie eingangs beschrieben, bei Tätigkeiten unter Lärm, aufgrund der kompensatorischen Fähigkeiten des Menschen, keine oder nur sehr späte Leistungseinbußen messen lassen, muss dennoch von erheblichen negativen gesundheitlichen Folgen ausgegangen werden, da in vielen Studien eine ungünstige Entwicklung von biologischen Stressindikatoren (z. B. Blutdruck oder Cortisolspiegel) registriert worden ist [11]. Die Relevanz des Forschungsthemas extra-aurale Lärmwirkung begründet sich also angesichts zunehmender psychischer Erkrankungen [2] vor allem mit Bezug zum Gesundheitsmanagement.

EEG-Studien zur Lärmwirkung gibt es kaum. TSENG et al. stellen fest, dass sich unter Einwirkung von Lärm der Anteil des Beta-Bands bei ihren Probanden verringerte, was sie mit den Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit in Verbindung bringen [20]. Einen Zusammenhang zur Ermüdung stellen die Autoren jedoch nicht her. Stattdessen müssen Parallelen zu Arbeiten gezogen werden, die mentale Ermüdungsprozesse fokussieren und EEG-Daten registriert haben aber nicht in der Lärmforschung verortet sind (vgl. z. B. [21][19][10]). Ergänzend können auch EEG-basierte Daten aus der Pausenforschung helfen weitere Hinweise auf die psychische Ermüdung bei Konzentrationsaufgaben zu gewinnen (vgl. z. B. [22][9]). Das Ziel zukünftiger Studien muss es also sein, die Methoden der Neurowissenschaft bzw. Neuroergonomie [13] auf die offenen Forschungsfragen zu Lärmeffekten zu übertragen und weiterzuentwickeln, um neue Erkenntnisse zu gewinnen und die Theorielücken bei der extra-auralen Lärmwirkung zu schließen.

Ziel einer Laborstudie am Fachgebiet Awip

Übergeordnetes Ziel des Fachgebiets Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie (Awip) der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg (BTU) ist es zunächst die Möglichkeiten und die Praktikabilität der Elektroenzephalographie für die Anwendung in der extra-auralen Lärmwirkungsforschung zu evaluieren. Dazu soll die Methode sowohl in der Grundlagenforschung, als auch in der Feldforschung eingesetzt werden.

Zielstellung einer neu konzipierten, speziell auf die Sichtprüftätigkeit fokussierenden, Laborstudie am Fachgebiet Awip ist es neue Erkenntnisse über den Einfluss von Lärm auf die Ermüdungsprozesse bei dieser Art von Tätigkeit (Konzentrationsaufgaben) zu gewinnen. Daraus sollen im Besonderen Handlungsempfehlungen abgeleitet werden, wann bei Sichtprüftätigkeiten unter Lärmeinfluss eine Unterbrechung in Form einer Pause anzuraten ist, um erhöhte gesundheitliche Risiken zu vermeiden.

Versuchsaufbau und Methode

Um die Zielstellung zu erreichen wurde eine Lärmstudie im Ergonomielabor des Fachgebiets Awip der BTU unter standardisierten Beleuchtungs- und Klimabedingungen konzipiert. Sowohl die Gestaltung des Versuchsaufbaus als auch die gewählten Umgebungsparameter orientieren sich an ergonomischen Richtlinien und Empfehlungen, insbesondere für psychische Arbeitsbelastungen [4]. Die auf den Arbeitsflächen messbare Beleuchtungsstärke wurde z. B. mit einem Gleichmäßigkeitsfaktor (U_0) von $> 0,9$ auf 500 lx definiert, da die Visualisierung zur Probandenaufgabe über einen Bildschirm realisiert wird [5]. Die Kontrastverhältnisse sind im unmittelbaren und weiteren Umfeld der Sehaufgabe, unter Berücksichtigung der gemessenen Leuchtdichten optimiert, d. h. die Raumgestaltung, die genutzten Hardware (Bildschirme, Bedienelemente) sowie die Softwareoberflächen sind harmonisiert worden [5]. Das Klima kann in einem akzeptablen Toleranzbereich bei 22°C und 50 % rel. FH konstant gehalten werden [6]. Es kann also angenommen werden, dass die Arbeitsbedingungen für die Probanden optimal sind.

Alle Probanden bearbeiten in dem ca. 2-stündigen Versuchsaufbau den adaptiven Frankfurter Konzentrationsleistungstest II (FAKT-II) in der höchsten Belastungsstufe [12]. Damit soll die bei der Sichtprüfung übliche Anforderung nach einer möglichst schnellen und korrekten Unterscheidung von „richtig“ und „falsch“ und die sich anschließende notwendige zielorientierte Handlung bei sehr ähnlichen Prüfteilen praxisnah simuliert werden. Vor, während und nach der Ausführung des FAKT-II wird mittels validierter Fragebögen die subjektive Einschätzung zum erlebten Beanspruchungsniveau [8] und der Ermüdung [1] [15] abgefragt. Objektiv bewertbare Leistungsindikatoren bezüglich der Genauigkeit und der Geschwindigkeit bei der Bearbeitung der Aufgabe können valide aus dem FAKT-II abgeleitet werden. Die objektivierte Erfassung und Analyse des mentalen Zustands bzw. der Müdigkeit der Probanden erfolgt über die Registrierung und Auswertung von EEG-Daten eines Systems der Firma Brain Products GmbH (LiveAmp 32, actiCAP). Als Kontrollvariablen werden Persönlichkeitsmerkmale nach BIG-5-Persönlichkeitsmodell sowie die individuelle Lärmempfindlichkeit der Probanden erhoben [16][24].

Aufgrund des Forschungsschwerpunkts Ermüdung ist die Versuchszeit konstant auf 13:00 bis 15:00 Uhr terminiert. Damit kann sichergestellt werden, dass sich die Probanden unabhängig vom individuellen Chronotyp in einer schlechten Konzentrationsphase, also in einem Leistungstief, befinden [17].

Die Zuordnung der Probanden erfolgt in zwei unabhängigen Stichproben. Zur statistischen Absicherung ist eine Gesamtprobandenanzahl von $n = 100$ anzustreben [7], wobei alle Personen gleichmäßig auf Versuchs- und Kontrollgruppe aufgeteilt werden. Die Ruhebedingung der Kontrollgruppe ist bei 35 dB(A) definiert. Im Vergleich dazu bearbeitet die Versuchsgruppe die Aufgabe unter einer konstanten Lärmexposition von 55 dB(A). Es wird eine Industrielärmsequenz genutzt, die bei einem Praxispartner des Fachgebiets in einem industriellen Produktionswerk für Automobilteile aufgenommen und aufbereitet wurde (real gemessener $L_{Aeq} = 71,2$ dB(A)). Die aufgenommene Sequenz hat fast gleichmäßig hohe Pegel über das gesamte Frequenzspektrum hinweg. Tonhaltige Geräusche und Peaks sind im tief-frequenten Bereich, bei ca. 25 Hz, zu erkennen. Sie stammt aus dem direkten Umfeld der Mitarbeiter, die Sichtprüftätigkeiten ausführen.

Zur Akquise der Probanden für den Versuch findet die nicht-probabilistische Methode in Form der Selbstselektionsstichprobe auf Basis von Aushängen, Informationen und Ansprachen Anwendung. Durch Permutieren der Reihenfolge von Versuchs- und Kontrollbedingung soll sichergestellt werden, dass sich die Probanden, welche im Rahmen von Veranstaltungen der BTU Cottbus-Senftenberg die Information zum Experiment erhalten haben, nicht auf die Untersuchung vorbereiten können. Zur Auswahlpopulation werden sowohl männliche als auch weibliche Personen bis zu einem Alter von 65 Jahren gehören. Einschränkungen bei Berufsgruppen und Tätigkeiten gibt es nicht.

Derzeit befindet sich die Studie in der Pretestphase. Erste Ergebnisse werden im Herbst 2020 erwartet.

Literatur

- [1] Åkerstedt, T. & Gillberg, M. Subjective and objective sleepiness in the active individual. *International Journal of Neuroscience* 52 (1990), 29-37.
- [2] Badura B., Ducki A., Schröder H., Klose J., Meyer M. (Hrsg.): *Fehlzeiten-Report 2018. Sinn erleben - Arbeit und Gesundheit*, Springer-Verlag, 2018, 373-378
- [3] Charbonniera S., Roy R. N., Bonnet S., Campagne A.: EEG index for control operators mental fatigue monitoring using interactions between brain regions. *Expert Systems With Applications* 52 (2016), 91-98
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417416000233>
- [4] DIN EN ISO 10075-1: Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung – Teil 1: Allgemeine Aspekte und Konzepte und Begriffe. Beuth-Verlag, Berlin, 2018
- [5] DIN EN 12464-1: Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten – Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen. Beuth-Verlag, Berlin, 2011
- [6] DIN EN ISO 7730: Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und

- Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit. Beuth-Verlag, Berlin 2005
- [7] Döring N. & Bortz J.: Forschungsmethoden und Evaluation in der Sozial- und Humanwissenschaft. 5. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2016
- [8] Eilers, K.; Nachreiner, F.; Hänecke, K.: Entwicklung und Überprüfung einer Skala zur Erfassung subjektiv erlebter Anstrengung. In: Z. Arb. Wiss. 40 (4), 1986, 215–224
- [9] Ghadiri, A./Prinz, J./Peters, T./Kowalski, A.: Beitrag von inhaltlich gestalteten Arbeitspausen für das betriebliche Gesundheitsmanagement – Eine empirische Untersuchung der Konzentrations- und Entspannungswirkung ausgewählter Interventionen. In: CO. med – Fachmagazin für Komplementärmedizin, 20. Jg. (2014), H. 11, 45–48
- [10] Käthner I., Wriessnegger S. C., Müller-Putz G. R., Kübler A., Halder S.: Effects of mental workload and fatigue on the P300, alpha and theta band power during operation of an ERP (P300) brain–computer-interface. *Biological Psychology* 102 (2014) 118–129
- [11] Liebl A., Kittel M., Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA): Psychische Gesundheit in der Arbeitswelt. Bericht Lärm zur Forschung Projekt F2353, Dortmund, Berlin, Dresden, 2016. URL: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2353-4a.html> [20.02.2019]
- [12] Moosbrugger H. & Goldhammer F.: FAKT-II. Frankfurter Adaptiver Konzentrationsleistungs-Test II. Manual. Grundlegende neu bearbeitete und neu normierte 2. Auflage des FAKT von Moosbrugger und Heyden, 1997. Huber, Bern, 2007
- [13] Parasuraman, R.: Neuroergonomics. Theoretical Issues in *Ergonomics Science* 4 (2003) 5-20.
- [14] Radüntz, T.: A New Method for the Objective Registration of Mental Workload. In: Hale, K.S.; Stanney, K.M. (Hrsg.): *Advances in Neuroergonomics and Cognitive Engineering. Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Neuroergonomics and Cognitive Engineering, July 27–31, 2016, Walt Disney World, Florida, USA*, Springer Verlag. 2017, 279 - 290
- [15] Samn S. W., Perelli L.P.: Estimating Aircrew Fatigue: A Technique with Application to Airlift Operations. Report SAM-TR- 82.21. Brooks Air Force Base. USAF School of Aerospace Medicine, Texas, 1982 URL: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a125319.pdf>
- [16] Satow, L.: Big-Five-Persönlichkeitstest (B5T): Test- und Skalendokumentation. 2012. URL: <http://www.drSATOW.de>.
- [17] Schmauder M. & Spanner-Ulmer B.: *Ergonomie. Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation*, 1. Auflage aus der REFA-Fachbuchreihe Arbeitsgestaltung, Hanser Verlag, Darmstadt, 2014, 219
- [18] Szalma J. L., Hancock P. A.: Noise Effects on Human Performance: A Meta-Analytic Synthesis. *Psychological Bulletin* Jul. 137(4) (2011), 682–707 URL: <https://www.researchgate.net/publication/51251662> [20.02.2019]
- [19] Trejo L. J., Kubitz K., Rosipal R., Kochavi R. L., Montgomery L. D. (2015): EEG-Based Estimation and Classification of Mental Fatigue. *Psychology* 6 (2015), 572-589 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1746809410000029> [20.02.2019]
- [20] Tseng L., Cheng M., Chen S., Hwang J., Chen C., Chou C.: An EEG investigation of the impact of noise on attention. *Advanced Materials Research Online: 2013-09-04*, Trans Tech Publications, Switzerland, 2013
- [21] Wascher E., Rascha B., Sängler J., Hoffmann S., Schneider D., Rinkenauer G., Heuer H., Gutberlet I. (2014): Frontal theta activity reflects distinct aspects of mental fatigue. *Biological Psychology* 96 (2014), 57–65 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301051113002421>
- [22] Wollseiffen, P./Ghadiri, A./Scholz, A./Strüder, K. S./Herpers, R./Peters, T./Schneider, S.: Short Bouts of Intensive Exercise During the Workday Have a Positive Effect on Neuro-cognitive Performance. In: *Stress and Health*, 2015
- [23] Zander T. O. & Kothe C.: Towards passive brain–computer interfaces: applying brain–computer interface technology to human–machine systems in general. *Journal of Neural Engineering* 8 (2011) 025005, 5pp
- [24] Zimmer K., Ellermeier W.: Konstruktion und Evaluation eines Fragebogens zur Erfassung der individuellen Lärmempfindlichkeit. *Diagnostica*, 44, Heft 1, II-20, Hogrefe-Verlag, Göttingen, 1998