

Bewertung der Lärmwirkung an industriellen Arbeitsplätzen

Schultz, J.¹; Altinsoy, M. E.²; Drossel, W.-G.¹; Linke, M.¹; Troge, J.¹; Knöfel, B.¹

¹ Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU), Email: judith.lydia.schultz@iwu.fraunhofer.de

² Technische Universität Dresden, Lehrstuhl Kommunikationsakustik, Email: Ercan.Altinsoy@tu-dresden.de

Kurzfassung

Lärm am Arbeitsplatz stellt ein bedeutendes sozialpolitisches Problem dar. Er verursacht nicht nur Gehörschäden und erhöht die Unfallgefahr, sondern kann auch zu Unwohlsein bei den betroffenen Personen oder zu weiteren körperlichen Beeinträchtigungen führen. Die bisherigen Maßnahmen, den Menschen vor Lärm am Arbeitsplatz zu schützen, orientieren sich lediglich an biologischen und physikalischen Größen. Die psychischen Prozesse, welche das physikalische Phänomen der Schallemission erst zu Lärm werden lassen, werden nicht angemessen berücksichtigt. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick zu einem Bewertungsansatz, der den Schutz der Beschäftigten vor Lärm im industriellen Umfeld verbessern soll.

Für die Untersuchung wurden unterschiedliche Geräusche an industriellen Arbeitsplätzen aufgenommen und in einem Hörversuch die dadurch verursachte wahrgenommene Lästigkeit abgefragt. Die daraus resultierenden Probandenurteile wurden mittels statistischer Berechnungen, unter Berücksichtigung psychoakustischer Kenngrößen, ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen, dass der Ansatz, psychoakustische Kenngrößen zur Bewertung der Lästigkeit von Lärm heranzuziehen, besser geeignet ist, um das subjektive Empfinden des Menschen zu berücksichtigen, als der bisher verwendete A-bewertete Schalldruckpegel. Somit stellt dieser Ansatz eine Möglichkeit dar, den Schutz der Beschäftigten vor Lärm an Industriearbeitsplätzen zu optimieren.

Einleitung

Lärmschwerhörigkeit ist die in Deutschland am häufigsten anerkannte Berufskrankheit [1], weshalb Lärm am Arbeitsplatz ein bedeutendes sozialpolitisches Problem darstellt. Laut DIN 1320 [2] bewirkt Lärm jedoch nicht nur Gehörschäden und erhöht die Unfallgefahr, sondern führt auch zu Belästigungen und Beeinträchtigungen. In Abbildung 1 werden die möglichen Folgen von Lärm grafisch zusammengefasst.

Ob ein Geräusch als Lärm empfunden wird, hängt im Wesentlichen von drei Faktoren ab:

- Akustische Faktoren, welche durch die physikalischen Signaleigenschaften des Schalls beschrieben werden,
- Situative Faktoren, welche die Situation beschreiben, in der sich die Person befindet, während das Geräusch auftritt,
- Persönliche Faktoren, welche sich auf die emotiona-

len und kognitiven Eigenschaften des Betroffenen beziehen.



Abbildung 1: Mögliche Folgen von Lärm

Folglich lassen oftmals erst psychische Prozesse ein physikalisches Phänomen zu Lärm werden [3]. Das bisherige Bewertungsverfahren für Arbeitsplatzlärm im industriellen Umfeld mit Hilfe von A-bewerteten Schalldruckpegeln beschreibt die eigentliche Lärmempfindung nur unzureichend. Infolgedessen soll ein alternativer Ansatz zur Lärmbewertung im industriellen Umfeld unter Berücksichtigung des subjektiven Lärmempfindens ermittelt werden. Hierfür werden psychoakustische Kenngrößen zur Beschreibung der durch Probanden subjektiv wahrgenommenen „Lästigkeit“ herangezogen.

Probandenversuche

Zur Ermittlung der subjektiv wahrgenommenen Lästigkeit wurden Hörversuche mit Hilfe von 45 Probanden durchgeführt. Es erfolgte eine Bewertung der Lästigkeit von 16 Stimuli (transiente und stationäre Industriegerausche) anhand einer Kategorie-Skalierung. Die Skala umfasste Werte von 0...100, denen die Attribute „nicht“, „wenig“, „mittel“, „ziemlich“ und „sehr“ zugeordnet wurden.

Psychoakustische Kenngrößen

Folgende psychoakustische Kenngrößen wurden in dieser Studie verwendet:

- **Lautheit (N):** repräsentiert die subjektiv empfundene Lautstärke von Schall
- **Tonhaltigkeit (T):** beschreibt den Anteil tonaler Komponenten im Schallspektrum
- **Schärfe (S):** bildet die Frequenzverteilung der spektralen Hüllkurve von Schallen ab
- **Rauigkeit (R):** bildet die Hüllkurvenfluktuationen im Bereich von 15 Hz bis 300 Hz ab
- **Schwankungsstärke (F):** bildet die Hüllkurvenfluktuationen bis 15 Hz ab

Statistische Berechnungen

Mittels statistischer Berechnungen wurden optimierte Modelle zur Abbildung der subjektiv wahrgenommenen Lästigkeit ermittelt. Diese beruhen auf Regressionsmodellen basierend auf jeweils drei psychoakustischen Kenngrößen.

Um einen Vergleich zur bisherigen Lärmbewertung zu ziehen, wurden auch Regressionsmodelle berechnet, welche den A-bewerteten Schalldruckpegel als alleinige unabhängige Variable enthalten. Als Gütemaß für die Regression wurde das (korrigierte) Bestimmtheitsmaß herangezogen (R_{adj}^2 bzw. R^2).

Es zeigte sich, dass der A-bewertete Schalldruckpegel für diese Art von Stimuli verhältnismäßig gut geeignet ist, um die subjektive Wahrnehmung zu modellieren. Dies geht aus den Bestimmtheitsmaßen bei der Verwendung von Regressionsmodellen basierend auf Polynomen ersten und zweiten Grades hervor ($R^2(n = 1) = 0,85$; $R^2(n = 2) = 0,91$). Es ist jedoch zu beachten, dass lediglich der Gebrauch von Polynomgrad $n = 1$ der standardisierten Angabe von A-bewerteten Schalldruckpegeln entspricht.

Auf diese Weise wird zwar die subjektive Wahrnehmung bereits relativ gut approximiert, dennoch erreichen die (korrigierten) Bestimmtheitsmaße der Regressionsmodelle, basierend auf drei unabhängigen Variablen, bereits beim Polynomgrad $n = 3$ zum Teil nahezu maximale Werte ($R_{\text{adj}}^2 = 0,993$). Dies trifft insbesondere auf die Parameterkonstellationen, welche die Lautheit beinhalten, zu. Geeignete Modelle basieren auf folgenden Parameterkombinationen:

- Lautheit, Schärfe nach DIN 45692 [4] und Schwankungsstärke oder
- Lautheit, Rauigkeit und Schwankungsstärke

Die entsprechenden Modellanpassungen sind den Abbildungen 2 und 3 zu entnehmen.

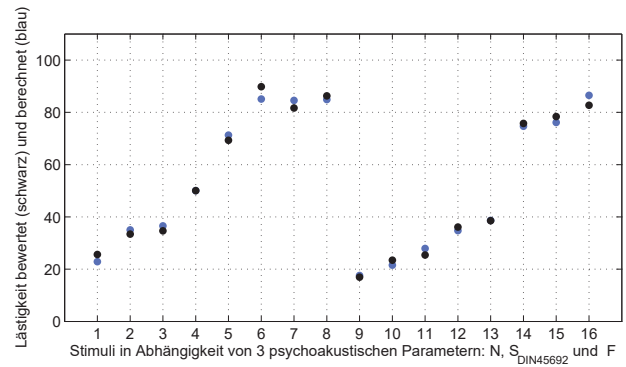


Abbildung 2: Lästigkeit bewertet (schwarz) und Abbildung des Regressionsmodells (blau) in Abhängigkeit von Lautheit, Schärfe nach DIN 45692 und Schwankungsstärke; $R_{\text{adj}}^2 = 0,980$ bei Polynomgrad $n = 3$

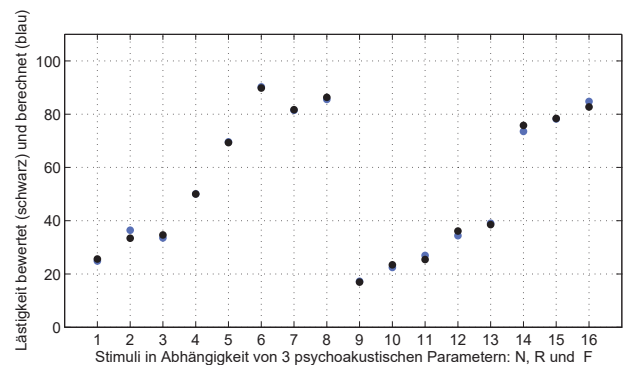


Abbildung 3: Lästigkeit bewertet (schwarz) und Abbildung des Regressionsmodells (blau) in Abhängigkeit von Lautheit, Rauigkeit und Schwankungsstärke; $R_{\text{adj}}^2 = 0,993$ bei Polynomgrad $n = 3$

Zusammenfassung und Ausblick

Unter den gegebenen Rahmenbedingungen wurde in dieser Studie ein Ansatz entwickelt, um die subjektiv wahrgenommene Lästigkeit von Industriergeräuschen objektiv zu modellieren. Auf diese Weise ist ein erster Grundstein gelegt worden, um zukünftig spezifische Industriergeräusche gezielt zu modifizieren, sodass die verursachte Belästigung verringert werden könnte. Somit würden auch die mit der Belästigung verbundenen Folgen reduziert werden. Weiterhin könnten die Erkenntnisse bereits bei der Arbeitsplatzplanung berücksichtigt werden und somit eine Reduzierung der Fehlerquoten sowie der Krankheitstage der Angestellten ermöglichen.

In weiterführenden Studien sollten die bisher auf Trainingsdaten basierenden Modelle mit Hilfe weiterer Testdaten auf ihre Allgemeingültigkeit untersucht werden, sodass der vorgestellte Ansatz zu einer Bewertungssystematik weiterentwickelt werden kann, die alternativ zur bisherigen Lärmbewertung nicht nur biologische und physikalische, sondern auch psychologische Aspekte berücksichtigt.

Literatur

- [1] Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2013, Unfallverhütungsbericht Arbeit, Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), Berlin 2013
- [2] DIN 1320: Akustik-Begriffe, Deutsche Norm, Beuth Verlag, Berlin ICS 01.040.147; 01.040.33; 17.140.01(1320), 2009
- [3] M.T. Kalivoda (Hg.): Taschenbuch der angewandten Psychoakustik, Springer, Wien and New York, 1998
- [4] DIN 45692: Messtechnische Simulation der Hörempfindung Schärfe, Deutsche Norm, Beuth Verlag, Berlin, 17.140.50(45692), August 2009