

Zur angeblich drastischen Minderung der Schutzwirkung von persönlichen Gehörschutzmitteln bei Verkürzung der Tragedauer

Zu Sinn und Unsinn des Energie-Äquivalenz-Prinzips bei Schallbelastungen nach nationalen und internationalen Normen

Helmut Strasser

Fachgebiet Arbeitswissenschaft/Ergonomie, Universität Siegen, E-mail: h.strasser@aws.mb.uni-siegen.de

Einleitung und Fragestellung

Trotz intensiver Bemühungen um primäre und sekundäre Schallschutzmaßnahmen müssen Arbeitnehmer im Industriebereich nicht selten persönlichen Gehörschutz tragen. Wogegen bislang nach der UVV-Lärm aus dem Jahre 1990 [1] erst ab einem Beurteilungspegel von 90 dB(A) Tragepflicht bestand, sieht die EU-Richtlinie 2003/10/EG [2] eine Absenkung der Grenzwerte um 5 dB vor. Tages-Lärmexpositionspegel $L_{EX,8h}$ von 80 und 85 dB(A) stellen seit 2006 die sogenannten unteren und oberen Auslöswerte dar, wobei unter dem Gehörschutz 85 dB(A) nicht überschritten werden dürfen.

Bei einer energie-äquivalenten Dauerschallexposition von z.B. 110 dB(A) wäre das ständige Tragen von bereits sehr hochwertigem Gehörschutz unabdingbar, wobei Gehörschutz mit einem effektiven Dämmwert von 30 dB dafür sorgen würde, dass auf das Gehör nur noch ein Restschallpegel von allenfalls 80 dB(A) einwirkt. Dieser Wert wird nach wie vor als Nullrisiko für Lärmherschäden angesehen (vgl. [3]). Gehörschützer mit einem Einzahl-dämmwert (z.B. einem SNR- bzw. Single Noise Reduction-Wert) von 30 dB sind heutzutage durchaus Stand der Technik, wenngleich sie nach den Angaben der Hersteller oftmals mehr versprechen, als sie „im Feld“, d.h. beim Einsatz in der Praxis halten können (vgl. u.a. [4, 5, 6]). Gleichwohl wird in nationalen und internationalen Normen und Regelwerken (vgl. [4, 7, 8]) bei Gehörschutz von effektiven Dämmwerten mit 20 oder auch 30 dB ausgegangen, wenn argumentiert wird, dass dieser drastisch an Schutzwirkung verliert, falls er nicht ständig getragen wird.

In Normen prognostizierte Schutzverluste bei verkürzter Tragedauer

In eben diesen Regelwerken finden sich – wie in Abb. 1 dargestellt – Verlaufskurven der effektiven Schalldämmung Z_{eff} , die vermitteln wollen, dass z.B. ein wirksamer Dämmwert Z_0 von 30 dB bei einer Tragedauer von 8 h drastisch abnimmt, wenn der Gehörschutz nur kurze Zeit nicht getragen wird. Allein durch eine Tragepause von lediglich 5 min verliere der Gehörschutz mehr als 10 dB. Nach nur 15 min des Nichttragens innerhalb von 8 h wäre er angeblich nur noch halb so viel Wert, und nach 60 min des Nichttragens wäre sogar nur noch weniger als 10 dB an Schutzwirkung vorhanden.

Nach der in Abb. 1 ebenfalls verzeichneten Kurve für einen Gehörschutz mit der effektiven Dämmwirkung Z_0 von 20 dB ist andererseits der mit kurzen Tragepausen verbundene Verlust weniger gravierend. Die Kurve verläuft nämlich flacher. Eine Halbierung der Schutzwirkung von 20 auf 10 dB würde hierbei erst nach 40 min eintreten. Nach einer Tragepause von 60 min in einer 8-h-Schicht wäre schließlich seine Schutzwirkung offensichtlich identisch mit der des objektiv deutlich besseren Gehörschutzes einer Dämmwirkung von 30 dB. Da stellt sich zwangsläufig die Frage, wie diese merkwürdigen Prognosen zustande kommen, bzw. womit sie begründet werden. Abb. 2 soll visualisieren, dass hierbei „schlicht und einfach“ die sog. Energie-Äquivalenz zugrunde gelegt wurde, die davon ausgeht, dass ein Pegel bei Halbierung der Wirkzeit um 3 dB höher sein darf und umgekehrt.

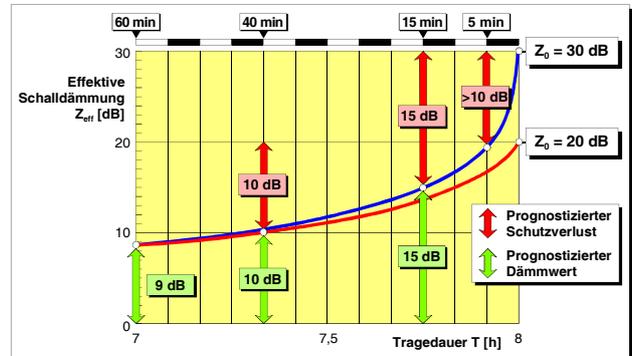


Abbildung 1: Effektive Schalldämmung Z_{eff} eines Gehörschützers in Abhängigkeit von der Tragedauer T – ausgehend von $Z_{eff} = Z_0$ bei 8 h Tragedauer – (nach [4, 5, 7-10])

Das Energie-Äquivalenz-Prinzip als Rechtfertigung für die prognostizierten Dämmwertverluste

Würde, wie in Abb. 2 rechts dargestellt, in dem bereits vorher angesprochenen Lärmbereich mit 110 dB Gehörschutz mit einem Dämmwert von 30 dB $3\frac{3}{4}$ min nicht getragen, dann würde sich für das Gehör ein Belastungsprofil von 80 dB über 7 h und $56\frac{1}{4}$ min und eben 110 dB über $3\frac{3}{4}$ min ergeben. Die 110 dB über diese extrem kurze Zeit sind – wie im linken Teil von Abb. 2 dargestellt – nach dem Halbierungsparameter $q = 3$ bei einer Verdopplung der Einwirkzeit äquivalent zu 107 dB über $7\frac{1}{2}$ min, aber auch 104 dB über 15 min, also $\frac{1}{4}$ h. Führt man diese Nivellierung einer kurzdauernden hohen akustischen Belastung in energie-äquivalent länger dauernde niedrigere Belastungen fort, dann werden aus den ehemals $110\text{ dB}/3\frac{3}{4}\text{ min}$ schließlich $89\text{ dB}/8\text{ h}$.

Das kurzzeitige Nichttragen des Gehörschutzes bei 110 dB kommt also einer Dauerbelastung von immerhin 89 dB über 8 h gleich, die energetisch bedeutsamer ist als die 80 dB über 7 h und $56\frac{1}{4}$ min. Addiert man schließlich diese beiden Belastungen, dann ist der gesamte, auf das Gehör scheinbar einwirkende Pegel nur um Bruchteile nach dem Komma größer als 89 dB (nämlich 89,51 dB). Bei den, aus konservativen Gründen angenommenen 89 dB für die summarische Belastung würde das heißen, dass der Gehörschutz nicht mehr 30, sondern nur noch 21 dB Wert ist, bzw. dass er 9 dB an Schutzwirkung verliert, wenn er auch nur $3\frac{3}{4}$ min in einer 8-h-Schicht nicht getragen würde. Das, was hier für eine kurze Tragepause mitten in einer 8-h-Schicht angenommen wurde, gilt auch für das verspätete Einsetzen bzw. vorzeitige Abnehmen des Gehörschutzes am Anfang bzw. am Ende einer Schicht. Das heißt, egal wann Gehörschutz nicht getragen wird, stets werden die gleichen Verluste prognostiziert. Die vorhergesagten Werte sind aber auch unabhängig von der Belastungshöhe.

Begünstigung weniger hochwertiger Produkte durch die Dosis-Maxime – Fiktion oder Wirklichkeit?

Führt man die Berechnungen mit einem höheren Dämmwert von 35 dB durch, lässt sich belegen, dass der angebliche Schutzverlust mit 14 dB um einiges höher ausfällt (vgl. Abb. 3 obere Reihe). Umgekehrt lässt sich bei einem wesentlich weniger guten Gehörschutz mit einer Dämmwirkung von nur 20 dB (vgl. Abb. 3 untere Reihe) ein Verlust von lediglich 3 dB berechnen.

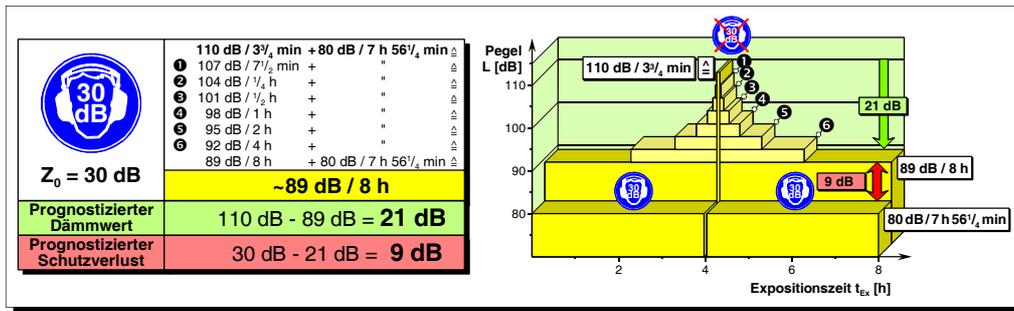


Abbildung 2: Berechnung des für das Gehör wirksamen energie-äquivalenten Schallpegels über den Halbierungsparameter q = 3, wenn Gehörschutz (mit Z₀ = 30 dB) nur 3¼ min in einer 8-h-Schicht (bei einem L_{Ex/8h} = 110 dB(A)) nicht getragen wird

Ähnlich, wie für die extrem kurze Tragepause von nur 3¼ min prognostizierte Verluste in der ersten Spalte von Abb. 3 zusammengestellt wurden, können bei längeren Tragepausen entsprechend höhere Verluste, bzw. niedrigere Schutzwirkungen berechnet werden (vgl. Werte in den weiteren Spalten von Abb. 3).

Die bereits eingangs erwähnte Halbierung der Schutzwirkung eines Gehörschutzes mit einem Dämmwert von 30 dB wird schon bei einer kumulierten Zeit des Nichttragens von ¼ h in einer 8-h-Schicht erreicht. Würde der Gehörschutz eine ½ h nicht getragen, so würden gute Gehörschützer weitere 3 dB Verlust erfahren. Wenn Gehörschützer 1 h oder sogar 2 h nicht getragen würden, dann würden einheitlich – gute, ebenso wie schlechte Produkte – nur noch eine Restdämmung von 9 dB bzw. 6 dB aufweisen.

Das „Schwächen“ der Gehörschützer um 3 dB bei Verdopplung der Zeit des Nichttragens ist zwar mathematisch korrekt und mit dem Halbierungsparameter q = 3 nachvollziehbar. Es führt aber dazu, dass exzellente Produkte letztlich sehr „schlecht aussehen“ und schwächere Produkte eher „gut dastehen“.

Tragepause in einem Lärmbereich mit L _{max} = 110 dB(A)	3¼ min 7 h 56¼ min	7½ min 7 h 52¼ min	¼ h 7 h ½ h	½ h 7 h ¼ h	1 h 7 h	2 h 6 h
Z ₀ = 35 dB	21 dB 14 dB	18 dB 17 dB	15 dB 20 dB	12 dB 23 dB	9 dB 26 dB	6 dB 29 dB
Z ₀ = 30 dB	21 dB 9 dB	18 dB 12 dB	15 dB 15 dB	12 dB 18 dB	9 dB 21 dB	6 dB 24 dB
Z ₀ = 20 dB	17 dB 3 dB	16 dB 4 dB	14 dB 6 dB	12 dB 8 dB	9 dB 11 dB	6 dB 14 dB

Abbildung 3: Prognostizierte Dämmwerte (jeweils obere Zeile) und Schutzverluste von Gehörschützern (jeweils untere Zeile) mit Z₀-Werten von 35,30 und 20 dB bei reduzierten Tragezeiten verschiedener Länge in einer 8-h-Schicht

Mit zunehmender Zeit des Nichttragens eines Gehörschutzes, der eine hervorragende Dämmung von 35 dB besitzt, nimmt nach Abb. 3 z.B. der Verlust von anfangs 14 dB auf „sage und schreibe“ 29 dB nach nur 2 h des Nichttragens so zu, dass mit 6 dB nur noch ein marginaler Teil der ursprünglichen Schutzwirkung übrig zu bleiben scheint. Bei dem Produkt mit einer eher bescheidenen Dämmung von 20 dB hingegen beschränken sich die prognostizierten Verluste auf 14 dB. Das muss wohl zwangsweise so sein, lässt sich doch ein Verlust von 29 dB bei ursprünglich maximal 20 dB Schutzwirkung überhaupt nicht berechnen.

Schlussfolgerungen und „offene“ Fragen

Die Anwendung des Energie-Äquivalenz-Prinzips auf die Prognose der Schutzwirkung persönlicher Gehörschutzmittel führt also zu gravierenden Fehleinschätzungen. Fraglich ist, ob diese unreflektierte, geradezu „blinde“ Anwendung des physikalischen Prinzips der Energie-Äquivalenz im Sinne von Herstellern und Nutzern von wirklich hochwertigen Produkten sein kann. Sind die prognostizierten Verluste nur ein theoretisches Konstrukt, wobei man sich geradezu „blindlings“ auf die Gültigkeit des Energie-Äquivalenz-Prinzips verlässt? Kann man der Maxime der Energie-Äquivalenz überhaupt „trauen“, die auch einen Pegel von 140 dB über 100 ms oder den Knall einer Waffe mit 160 dB über 1 ms in 85 dB über 8 h, d.h. gleichsam eine akustische Ohrfeige in Streicheleinheiten über 1 Tag umrechnen lässt? Kann die Energie-Äquivalenz, die auch den Lärm von z.B. 1000 Autos, die jeweils 60 dB emittieren, mit dem Lärm eines einzigen LKW's von 90 dB gleichsetzt, bezüglich der Wirkungen von Lärm überhaupt Sinn machen? Experimentelle Vertäubungsstudien, in denen verkürzte Tragezeiten in ihrer tatsächlichen Wirkung auf das Gehör untersucht wurden [11, 12], widerlegen die letztlich unsinnigen Prognosen zu den drastischen Schutzverlusten, die allein auf physikalisch-mathematischen Berechnungen beruhen und typische physiologische Reaktionsweisen des Gehörs auf zeitlich unterschiedlich verteilte Schallbelastungen gleicher Dosis einfach ignorieren.

Literatur

[1] UVV-Lärm: Unfallverhütungsvorschrift der gewerblichen Berufsgenossenschaften (VBG F21). C. Heymanns Verlag, Köln, 1990

[2] EU-Richtlinie 2003/10/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Lärm) (17. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) vom 6. Februar 2003 (ABl. EU Nr. L 42 S. 38)

[3] ISO DIS 1999.2: Acoustics – Determination of Occupational Noise Exposure and Estimation of Noise-Induced Hearing Loss, 1985

[4] NIOSH: Preventing Occupational Hearing Loss – A Practical Guide. DHHS (NIOSH) Publication No. 96-110. U.S. Department of Health and Human Services. Cincinnati, OH, October 1996

[5] NIOSH: Criteria for a Recommended Standard – Occupational Noise Exposure. Revised Criteria 1998: DHHS (NIOSH) Publication No. 98-126. U.S. Department of Health and Human Services. Cincinnati, OH, June 1998

[6] BGI 5024 „Gehörschutzinformationen“ des Fachausschusses „Persönliche Schutzausrüstungen“. Berufsgenossenschaftliche Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften und Carl Heymanns Verlag, Januar 2006

[7] DIN EN 458: Gehörschützer: Empfehlungen für Auswahl, Einsatz, Pflege und Instandhaltung. Leitfaden Dokument. Beuth Verlag, Berlin, 1994

[8] AS/NZS 1269: Acoustics – Occupational Noise Management. Standards Australia and Standards New Zealand, Sydney Australia, 1998

[9] VDI 2560: Persönlicher Schallschutz. VDI-Verlag, Düsseldorf, 1983

[10] DIN EN ISO 4869-2: Akustik: Gehörschützer: Teil 2: Abschätzung der beim Tragen von Gehörschützern wirksamen A-bewerteten Schalldruckpegel. Beuth Verlag, Berlin, 1995

[11] IRLE, H.; ROSENTHAL, Ch. and H. STRASSER: Substantial Protection Loss Associated with a Minimally Reduced Wearing Time of Hearing Protectors – Fiction or Reality. In: STRASSER, H. (Ed.): Traditional Rating of Noise Versus Physiological Costs of Sound Exposures to the Hearing. IOS Press, Amsterdam/Berlin/Oxford/ Tokyo/Washington DC, 191-202, 2005

[12] STRASSER, H.; IRLE, H. and Th. SIEBEL: Influence of Reduced Wearing Time of the Attenuation of Earplugs – Prognosis by the 3-dB Exchange Rate Versus Audiometric Measurements. In: STRASSER, H. (Ed.): Traditional Rating of Noise Versus Physiological Costs of Sound Exposures to the Hearing. IOS Press, Amsterdam/Berlin/Oxford/Tokyo/Washington DC, 203-210, 2005