

# Minderung der Belästigung von tieffrequenten Impulslärm durch geeignete Schallschutzfenster

E. Buchta, K.-W. Hirsch  
(Institut für Lärmschutz, Düsseldorf)

## Einleitung und Ziel der Untersuchung

Der militärische Betrieb auf Truppenübungsplätzen, insbesondere das Schießen mit Panzer und Artillerie aber auch das Fahren der militärischen Fahrzeuge durch die Randgemeinden verursacht Lärm, der von den Anwohnern in der Umgebung von Truppenübungsplätzen als Beeinträchtigung der Lebensqualität empfunden wird. Das „Pilotprojekt für passive Schallschutzmaßnahmen am Truppenübungsplatz Grafenwöhr“ /5/ sollte die Grundlagen für die Entscheidung bilden, in wie weit durch passive Schallschutzmaßnahmen (spezielle Schallschutzfenster) eine spürbare Verminderung der Beeinträchtigung der Lebensqualität durch Kanonendonner erreicht werden kann, und ob es vertretbar ist, den Einbau von speziellen Schallschutzfenstern mit Mitteln des Bundeshaushaltes zu fördern.

Ein weiteres Ziel dieser Untersuchung ist es, Erkenntnisse über die Wirksamkeit im Hinblick auf die besonderen Anforderungen für tieffrequenten Impulslärm von Schallschutzfenstern zu gewinnen. Es sollte die subjektiv empfundene Verminderung der Beeinträchtigung von Kanonendonner mittels sozialwissenschaftlicher Befragungen vor und nach dem Einbau von Schallschutzfenstern ermittelt werden.

Die Dosis-Wirkung-Beziehung durch Schallevents von Truppenübungsplätzen wurde bisher von Schomer /1/, Hede + Bullen /2/ und Buchta /3/ in Feldstudien untersucht. Gegenübergestellt wurde dabei die subjektive Belästigungsreaktion zur objektiven Geräuschbelastung durch Truppenübungsplatzlärm.

Durchschnittlich 50 % der Befragten in der Umgebung von fünf Truppenübungsplätzen in der Bundesrepublik /3/ fühlten sich durch Kanonendonner-Schießlärm „stark“ bis „sehr stark“ belästigt. 46 % sprachen von einer unerträglichen Belästigung.

## Methode

Die Methodik und der Inhalt dieser Untersuchung stützen sich auf die Ergebnisse der z. Zt. umfangreichsten Felduntersuchungen /1/, /2/, /3/, /4/ und /5/. Die Entwicklung der Fragebogen (Vorher- und Nachher-Befragung) basierte auf dem bewährten Fragebogensystem der Studie „Lästigkeit von Schießlärm“ /4/.

## Akustische Messungen

Vom Auftraggeber wurden 9 Ortschaften in der Umgebung des Tr.Üb.Pl.-es für die Untersuchung festgelegt. Die Messung der physikalischen Geräuschbelastungskenndaten von Kanonendonner wurde jeweils über 2 Wochenperioden vor und nach dem Einbau neuer Fenster bei gesteuertem Schießen an 10 bis 13 Gebäuden in der Umgebung des Truppenübungsplatzes außerhalb und innerhalb der Gebäude mit alten Fenstern und an zwei weiteren Wochenperioden mit den neuen Fenstern mit Spezialscheiben durchgeführt. Die Nachher-Befragung erfolgte ca. 2 Monate nachdem die neuen Fenster mit von uns getesteten Spezialscheiben eingebaut waren. Meßverfahren und Bewertungsverfahren sind für derartig tieffrequente Impulsgeräusche durch Normen und Richtlinien nicht festgelegt. Es wurden jedoch eine Reihe von Meßverfahren /6/ angewandt: Frequenzbewertungen A, C und lin.; Zeitbewertungen peak, F, und LX sowie Terzbandpegel.

## Berechnung der Geräuschbelastung an den Immissionsorten

Da die Geräuschbelastung von der Häufigkeit des Schießbetriebes auf den einzelnen Schießbahnen und Feuerstellungen abhängig ist, wurden die Schußzahlen für das ganze Jahr 1986 zusammengestellt. Diese sind aufgeschlüsselt nach Waffengattung, Kaliber, Schießbahn und Feuerstellung. Aus der Windrose über einen längeren Zeitraum gehen die häufigsten Windrichtungen hervor, deren Richtungskomponenten mit den Schallrichtungen der einzelnen Lärmquellen zu den 10 Meßorten verknüpft wurden, um den Einfluß der Windrichtung auf die Schallausbreitung zu berücksichtigen. Unter Berücksichtigung der Meßwerte der Meßstationen in den einzelnen Ortschaften sowie der jährlichen Schußzahlen und der o.g. Einflußfaktoren kann ein Belastungsmaß als Mittelungspegel  $L_{Cm}$  und  $L_{Am}$  für den Tag und die Nacht errechnet werden. Auf die Einflußfaktoren von Wind und Wetter wird hier nicht auf die detaillierte Untersuchung /5/ eingegangen. Aus den gemessenen Schallausbreitungs-Regressionen für die mittleren Einzelschußpegel  $L_{Cx}$  bzw.  $L_{Ax}$  für die einzelnen Waffengattungen werden für die Abstände zwischen Emissionsort und Immissionsort, unter Berücksichtigung der Schußzahlen der einzelnen Lärmquellen und der Windhäufigkeiten, energetische

Mittelungspegel  $L_{0m}$  und  $L_{Am}$  für jeden Immissionsort und einen Beurteilungszeitraum, z.B. für die Tageszeit (16 Std., 6<sup>00</sup> bis 22<sup>00</sup> Uhr) nach /7/ berechnet.

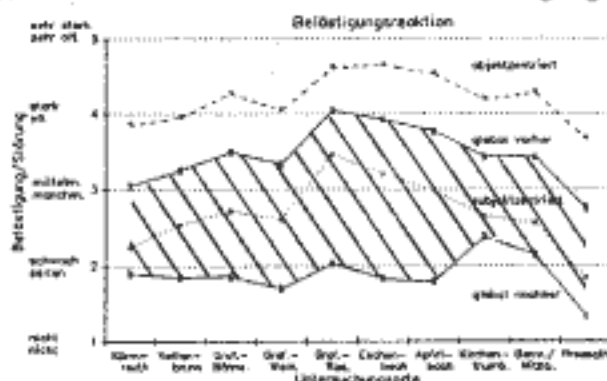
## Sozialwissenschaftliche Untersuchung

Zielsetzung der sozialwissenschaftlichen Untersuchung ist es einerseits, in einer Pilotuntersuchung eine empirische Bestandsaufnahme über das Ausmaß der vorhandenen Beeinträchtigung zu gewinnen und andererseits die minderrnde Wirkung von passivem Schallschutz auf die subjektive Beeinträchtigung der durch den Tr.Üb.Pl.-Lärm betroffenen Menschen zu ermitteln. Der vorliegende Bericht beabsichtigt keineswegs eine theoretische Analyse in sozialwissenschaftlicher Richtung zum Problem der subjektiven Beeinträchtigung vom Tr.Üb.Pl.-Lärm auf den Menschen zu geben. Im Untersuchungsplan ist deshalb eine Vorher- und eine Nachher-Befragung festgelegt worden, um die Verminderung der Beeinträchtigung durch die baulichen Maßnahmen, d.h. den passiven Schallschutz, ermitteln zu können.

Die Befragungen wurden mittels eines standardisierten Fragebogens durchgeführt. Beim Aufbau des Fragebogens, der in seiner Grundkonzeption in anderen Untersuchungen bereits erfolgreich eingesetzt wurde /3/, /4/, lag besonderes Gewicht auf der Erfassung der Geräuschbeeinträchtigung durch Panzerkanonen- und Artillerielärm vor und nach dem Einbau von Schallschutzfenstern sowie in der Auffindung und Erfassung moderierender Einflüsse. Der Fragebogen für die Nachher-Befragung beinhaltet alle Reaktionsvariablen der Vorher-Befragung mit zusätzlichen Fragen hinsichtlich der Beurteilungen der Schalldämmeigenschaften der neuen Fenster mit Spezialscheiben.

Die sozialpsychologischen Erhebungen (Vorher-Befragungen) erfolgten in den Wohnungen der 246 Anlieger in den 9 Ortschaften. Es wurden 118 Wohnungen (40 Einfamilien- und 40 Zweifamilienhäuser), die mit neuen Schallschutzfenstern (insgesamt 677 Fenster) versehen werden sollten, ausgewählt. Eine Zufallsauswahl der Haushalte (zu befragende Personen) des jeweiligen Gebietes erfolgte durch Stichprobenziehung anhand der „Deutschen Grundkarte“ bzw. anhand von Stadtplänen der einzelnen Orte. Die Untersuchungsorte sowie auch die Anzahl der Häuser pro Untersuchungsort, die in dieses Pilotprojekt (Maßnahmen des passiven Schallschutzes) einbezogen werden sollten, waren vorgegeben. Die Anzahl der Befragten schwankt deshalb zwischen 12 und 25 Personen pro Untersuchungsort und richtet sich nach der vorgegebenen Anzahl der Häuser, an denen passive Schallschutzmaßnahmen getroffen werden sollten. Es wurden nur Personen im Alter zwischen 15 und 65 Jahren befragt mit einem Geschlechtsverhältnis 1 : 1.

Zur Beschreibung einer „globalen Belästigungsreaktion“ wurde aus der „subjektzentrierten“ und der „objektzentrierten Belästigungsreaktion“ durch Summation und Mittelung das entsprechende Maß gebildet. **Abb. 1** zeigt den Mittelwertverlauf dieser drei konstruierten Belästigungsdimensionen über den einzelnen Untersuchungsorten.



**Abb. 1:** Mittelwerte der „globalen Belästigungsreaktion“ in den Untersuchungsorten vor und nach dem Einbau von Schallschutzfenstern

Die deutlichen Mittelwertunterschiede zwischen der „objektzentrierten“ und der „subjektzentrierten Belästigungsreaktion“ können auf die unterschiedlich starken Ausschläge auf den Skalen der sensorischen Belästigungsreaktionen im Vergleich zu den Ausschlägen auf den Skalen vegetativer Wirkungen zurückgeführt werden.

## Korrelation zwischen akustischen Belastungswerten und Belästigungsreaktionen

Als Moderatoren werden solche Fragen oder Variablen bezeichnet, die zusätzlich zur Geräuschbelastung die Reaktionsstärke beeinflussen (vgl. /1/, /2/, /5/) ohne dabei selbst wesentlich vom Ausmaß des Lärms beeinflusst zu werden. Formal ausgedrückt bedeutet dies, daß die Moderator-Variablen zwar mit den Reaktions-Variablen, aber möglichst wenig mit den Lärmbelastungsmaßen korrelieren sollen. Wie aus **Tab. 1** zu ersehen ist, korrelieren die Moderatorvariablen mit den Langzeitmittelungspegeln mit max.  $r = 0,26$  relativ schwach, so daß die Unabhängigkeit zwischen den Belastungsmaßen  $L_{0m}$  und  $L_{Am}$  und den Moderatoren gewährleistet ist. Für den Moderator „allgem. Gewöhnungsbereitschaft“ erreicht die Korrelation mit  $r = 0,26$  schon einen Wert, der im Grenzbereich zwischen Abhängigkeit und Unabhängigkeit liegt. **Tab. 2** enthält die Korrelationen

Moderatorvariable	Langzeitmittelungspegel	
	L <sub>Am</sub> / Tag	L <sub>Cm</sub> / Tag
allgem. Gewöhnungsbereitschaft	r = .24*	r = .26*
Einstellung zum Tr.Üb.Pl.	r = -.12	r = -.12
Lärmempfindlichkeit	r = .14	r = .16
Einschätzung der Wohngegend	r = .19*	r = .17*
Gesundheitszustand	r = .19*	r = .18*

\* Signifikanz = 1 %

Tab. 1: Korrelationen zwischen akustischen Belastungswerten und Moderatorvariablen

Schallkennwerte	Belästigungsreaktion		
	obj.zentr. Belästigung	subj.zentr. Belästigung	globale Belästigung
mittlere Einzelschußpegel			
L <sub>peak</sub>	.25**	.34**	.33**
L <sub>CFmax</sub>	.27**	.36**	.35**
L <sub>AFmax</sub>	.20**	.28**	.27**
Langzeitmittelungspegel			
L <sub>Am</sub> /Tag	.32**	.46**	.44**
L <sub>Cm</sub> /Tag	.30**	.45**	.42**

Tab. 2: Korrelationen der mittleren Einzelschußpegel sowie der Langzeitmittelungspegel mit den Belästigungsreaktionen

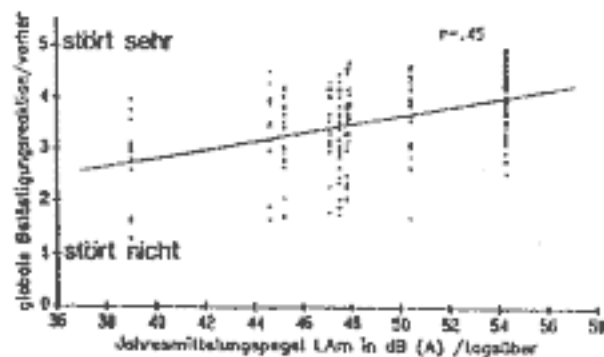


Abb. 2: Belästigungsreaktionen über dem Jahresmittelungspegel L<sub>Am</sub>

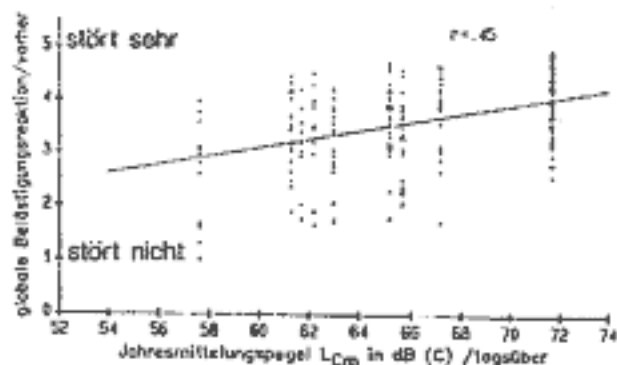


Abb. 3: Belästigungsreaktionen über dem Jahresmittelungspegel L<sub>Cm</sub>

dieser akustischen Kenngrößen  $\bar{L}_{peak}$ ,  $\bar{L}_{CFmax}$  und  $\bar{L}_{AFmax}$  und der Belastungsmaße  $L_{Cm}$  und  $L_{Am}$  mit der „objektzentrierten, subjektzentrierten und der globalen Belästigungsreaktion“. Diese Übersicht zeigt, daß die Korrelationen der Jahresmittelungspegel  $L_{Cm}$  und  $L_{Am}$  mit den Belästigungsreaktionen deutlicher ausfallen (zwischen .30 und .46) als bei den mittleren Einzelschußpegeln  $\bar{L}_{peak}$ ,  $\bar{L}_{CFmax}$  und  $\bar{L}_{AFmax}$  (zwischen .20 und .36), so daß der mit den Schußzahlen berechnete Jahresmittelungspegel  $L_{Cm}$  bzw.  $L_{Am}$  als der bessere Prädiktor für die Belästigungsreaktionen angesehen werden kann als nur die mittleren Einzelschußpegel (Spitzen- bzw. Maximalwerte). In den Abb. 2 und 3 sind die Streudiagramme der „Belästigungsreaktionen“ über dem Jahresmittelungspegel ( $L_{Am}$  und  $L_{Cm}$ ) mit den jeweiligen Regressionsgeraden dargestellt.

## Beurteilung der durchgeführten passiven Schallschutzmaßnahmen

Nachfolgend werden einige Vorher-Nachher-Vergleiche dargestellt, die die Wirkungen der passiven Schallschutzmaßnahmen beschreiben. Für diesen Vergleich wurden alle Befragungsdaten, d.h. auch die derjenigen Personen, die bei der Haushaltsbefragung zusätzlich befragt wurden, von denen aber keine Vorher-Werte vorlagen, berücksichtigt. Die Abb. 4 zeigt den Mittelwertunterschied der „globalen Belästigungsreaktion“ für alle Vorher-Befragten im Vergleich zur Nachher-Befragung. Für die globale Belästigungsreaktion zeigt sich auf der zugrundeliegenden fünfstufigen (1...5) Skala eine Beeinträchtigungsminderung von ca. 1,73 Skaleneinheiten von 3,6 (deutlich (3) bis stark (4)) bis herunter auf 1,87 (schwach (2)), d.h. die globale Belästigungsreaktion wurde dadurch um 2/3 vermindert und ebenfalls die subjektzentrierte Belästigungsreaktion wurde nach Abb. 9 um 2/3 vermindert. Diese Minderung der Belästigung um 69 % von 2,88 auf 1,58 entspricht nach Abb. 9 einer Pegelminderung des Jahresmittelungspegels  $L_{Cm}$  um rd. 20 - 22 dB(C).

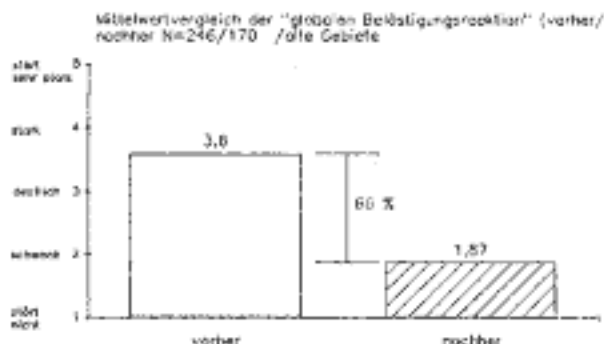


Abb. 4: Globale Belästigungsreaktion vorher/nachher für alle Gebiete



Abb. 5: Beurteilung der Zumutbarkeit des Lärms vom Tr.Üb.Pl.



Abb. 6: Beurteilung der Erträglichkeit des Lärms vom Tr.Üb.Pl.

Frage: "Hat sich die Lebensqualität durch den Einbau der Fenster erhöht?" (N = 170)

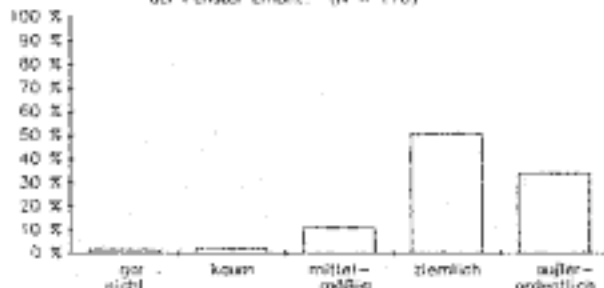


Abb. 7: Erhöhung der Lebensqualität durch die neuen Fenster

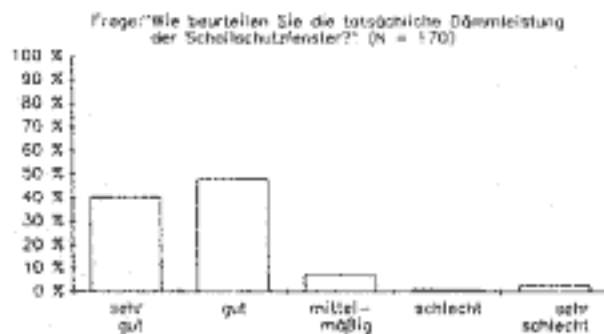


Abb. 8: Beurteilung der tatsächlichen Dämmleistung der neuen Fenster

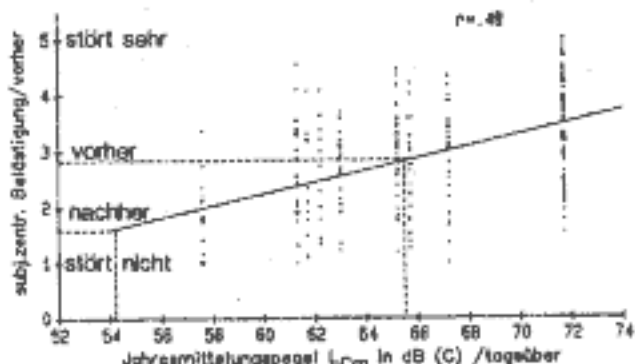


Abb. 9: subjektzentrierte Belastungsreaktion

#### Literaturverzeichnis:

- Schomer, P.D.: „Community Reaction to Impulsive Noise“; Initial Army Survey CERL, Technical Report N-100, 1981
- Hede, A.J. + Bullen, R.B.: „Community Response to Impulsive Noise: A Survey around Holsworthy Army Range“; National Acoustic Laboratories Commonwealth Department of Health; Commissioned Report No. 3, April 1988
- Buchta, E. et al.: „Lärmbelastung in der Umgebung von Truppenübungsplätzen“ Umweltbundesamt Berlin 1988
- Buchta, E. et al.: „Lästigkeit von Schießlärm“ Umweltbundesamt Berlin 1988
- Buchta, E.: „Pilotprojekt für passive Schallschutzmaßnahmen am Truppenübungsplatz Grafenwöhr“ LA, Bundesminister der Finanzen, Sept. 1988
- Buchta, E., Hirsch, K.-W.: „Berechnungsverfahren zur Bestimmung von Lärmzonen in der Umgebung hochintensiver Impulschallquellen“; DAGA '89, S. 543
- Hirsch, K.-W., Buchta, E.: „Zur Schallausbreitung tieffrequenter Impulsgeräusche über große Entfernungen“ DAGA '89, S. 539