

Untersuchungen über die psychophysiologische Wirkung von Geräuschen mit unterschiedlichem Bedeutungsgehalt¹

G. Jansen

1. Allgemeine Überlegungen zu Bedeutung, Struktur und Gewöhnbarkeit von Geräuschen

Lärmwirkungen können mit Hilfe psychologischer, physiologischer und otologischer Methoden nachgewiesen werden. Da der Mensch immer als ganzes Wesen auf einen Lärm reagiert, kann die durch einen Lärm hervorgerufene Wirkung immer nur unter dem Gesichtspunkt der bei der Erfassung angewandten Methoden beurteilt werden. Zur Beurteilung einer Gesamtwirkung sind daher monomethodische bzw. univariate Erfassungen nicht ausreichend. Andererseits geben Untersuchungen mit einer Methode bzw. mit verschiedenen Methoden eines Wissenschaftsbereiches (z. B. Psychologie oder Physiologie) Aufschluss über die wichtigsten, auffälligsten oder häufigsten Wirkungen eines Geräusches.

Es ist grundsätzlich zwischen der «Trägerfunktion» und der «Begleitfunktion» eines Geräusches zu unterscheiden. So «trägt» z. B. der Schall der menschlichen Sprache, die durch Intensitäts-, Frequenz- und Zeitstruktur akustisch charakterisiert werden kann, eine «Information» von Mensch zu Mensch, während das gleichmässige Rauschen einer Klimaanlage bei dieser Informationsübertragung als «begleitendes» Geräusch vorhanden sein kann. Zwischen diesen beiden Extremfällen gibt es fließende Übergänge. Aus der Geräuschsituation an Verkehrsampeln kann man dies z. B. leicht ableiten. Beim Anfahren der Fahrzeuge heben sich die Schallpegel aus einem Basisgeräusch zu einer «informationsträchtigen Geräuschsituation» ab. Diese Geräuschsituation wird jedoch bei jemandem, der sich lange Zeit in der Nähe einer solchen Ampel aufhält oder gar dort wohnt, schon sehr bald zu einem nicht mehr bewusst aufgenommenen Basisgeräusch. Somit können Bedeutungsgehalte von akustischen Situationen unter *psychologischem* Gesichtspunkt bei wiederholter Reizdarbietung leicht verschwinden, was im allgemeinen Sprachgebrauch als Gewöhnung bezeichnet wird. (Die Fragen einer ebenfalls möglichen «Sensibilisierung» sollen hier ausgeklammert werden.) Durch umfangreiche *physiologische* Untersuchungen konnte dagegen nachgewiesen werden, dass bei bestimmten physiologischen Funktionen diese Gewöhnungsphänomene nicht zu sehen sind.

Rosinger, Nixon und v. Gierke [4] untersuchten die psychologische Befindlichkeit bei Anwendung von Schallreizen, die als sogenannte «Doppler-Effekte» bezeichnet werden. Sie arbeiteten mit variablen Intensitäts- und Frequenzkombinationen, wobei sich folgende Paarungen ergaben (Tab. 1).

Sie unterschieden bei diesem Geräusch – in Anlehnung an Flugzeuggeräusche – zwischen sich näherndem «approaching» und sich entfernendem Lärm «receding noises» (von Geräusch 1 nach Ge-

Das Hörorgan dient nicht nur der akustischen Wahrnehmung, es ist auch eine Alarmanlage, die nahezu alle Organe des Körpers erreicht. Dies erklärt die zahlreichen psychophysiologischen Begleiterscheinungen bei Lärmexpositionen.

Tabelle 1

	Intensität	Frequenz
1.	steigend	konstant
2.	steigend	fallend
3.	steigend	steigend
4.	fallend	steigend
5.	fallend	konstant
6.	konstant	fallend
7.	fallend	fallend
8.	konstant	steigend

räusch 8). Die stärksten Wirkungen in der Lästigkeit (noisiness) riefen die sich nähernden Geräusche hervor. Sie konnten eine Rangreihe (1.–8. Geräusch) der psychologischen Wirkung feststellen.

In der vorliegenden Untersuchung wird das 3. Geräusch aus der Untersuchung von Rosinger, Nixon und v. Gierke als ein Standard-Geräusch verwendet, da es Ähnlichkeit mit einem sich nähernden Flugzeuggeräusch hat. Neben der psychologischen Wirkung, die durch die Untersuchungen von Rosinger, Nixon und v. Gierke, beschrieben wurde, sind jedoch auch bestimmte physiologische Wirkungen vorhanden, die z. B. mit Hilfe von Durchblutungsmessungen erfasst werden können. Im Gegensatz zu der psychischen Gewöhnungsfähigkeit, die bei wiederholter Anwendung derartiger Geräuschkonstellationen anzunehmen ist, kann aufgrund früherer Untersuchungen davon ausgegangen werden, dass bei Verwendung bestimmter hoher Intensitäten physiologische Reaktionen bei jedem Schallreiz zu erwarten sind.

Bei gleicher akustischer Konstellation, das heisst konstanter Frequenzstruktur und Intensität des Geräusches kann man durch Änderung der Zeitstruktur, das heisst durch die bestimmte zeitliche Anordnung der Schallreize bzw. durch Einschaltung von verschieden langen Pausen zwischen die einzelnen Schallreize den Bedeutungsgehalt einer Geräuschsituation ebenfalls charakterisieren. Man könnte somit in der Umgebung eines Flughafens z. B. vom physiologischen Bedeutungsgehalt bei Kapazitätsausnutzung der Startbahnen analog zum psychologischen Bedeutungsgehalt sprechen. Es kann hierbei unterschieden werden zwischen «häufigen» Schallreizen (z. B. alle 2 Minuten ein kurzer Schallreiz) und «seltenen Ereignissen» (z. B. alle halbe Stunde ein kurzer Schallreiz).

¹ Forschungsförderung durch den Bundesminister des Inneren der Bundesrepublik Deutschland

2. Grundannahmen

Der Bearbeitung der vorgehend geschilderten Fragestellung gingen Voruntersuchungen voraus, die zu bestimmten Grundannahmen geführt haben; z. B. besteht die Annahme, dass zwischen der Reizhäufigkeit und der Reizintensität unter dem Gesichtspunkt von Gewöhnungseffekten bestimmte Beziehungen bestehen. Diese wurde in Anlehnung an Sokoloff [5] schematisch wiedergegeben (Abbildung 1). Nach dieser Vorstellung führen Kombinationen von Häufigkeit und Intensität zu folgenden Möglichkeiten: keine Reaktion, Orientierungsreaktion und Defensivreaktion.

Bei genügend geringer Intensität eines Schallreizes wird im physiologischen Bereich keine Reaktion gesehen, ganz gleich wie oft die Schallreize appliziert werden (wenn man als Kriterium z. B. die periphere Durchblutungsmessung heranzieht). Wird die Schallintensität gesteigert, so ergeben sich «Orientierungsreaktionen», die bei Anhalten bzw. grösserer Häufigkeit einen starken Gewöhnungseffekt zeigen, so dass schon sehr bald die Reaktion auf den Reiz völlig ausbleibt. Je stärker die Orientierungsreaktion ist, um so häufiger muss sie wiederholt werden, um die Adaptation, das heisst das Verschwinden der Reaktion, anzuzeigen.

Bei Messung der peripheren Durchblutung zeigen sich Orientierungsreaktionen in der Art, dass weit entfernt voneinander liegende periphere Gefässgebiete unterschiedlich reagieren. So zeigt bei Schallreizen die «Fingerpulsamplitude» regelmässig eine Reduktion, während die «Kopfpulsamplitude» beim gleichen Schallreiz im Bereich der Orientierungsreaktionen unbeeinflusst bleibt oder sogar ein gegensätzliches Verhalten aufweist.

Ist nun eine bestimmte kritische Intensität überschritten – es gibt Anhaltspunkte dafür, dass bei Gesamtschallpegeln von 85 dB(A) ein solcher kritischer Punkt liegt – so zeigen sich die «Defensivreaktionen», die nun nicht mehr gewöhnungsfähig sind. In diesem Falle zeigt sich ein gleichsinniges Verhalten der peripheren Durchblutungsgrösse in den verschiedenen, eben genannten Gefässgebieten, das heisst Fingerpuls- und Kopfpulsamplitude werden beide synchron verkleinert. Schliesslich gibt es einen Bereich, der bei 100 dB(A) und mehr gelegen ist, oberhalb dessen in jedem Falle sofort die Defensivreaktionen zu erwarten sind.

Die zweite Grundannahme ist die, dass durch Lärm ergotropisierende Reaktionen auszulösen sind, die sich in der peripheren Volumenpulsregulation in Form von Pulsamplituden-Reduktionen zeigen. Der Regelmechanismus des peripheren Volumenpulsverlaufes ist in Abbildung 2 wiedergegeben. Es wird angenommen, dass ein Schallreiz mit einer bestimmten «Lärmkraft» auf ein «ausgeregeltes System» trifft und das Gleichgewicht derart stört, dass es zu einer der Intensität entsprechenden Amplitudenverkürzung, das heisst peripheren Vasoconstriction kommt. Die von

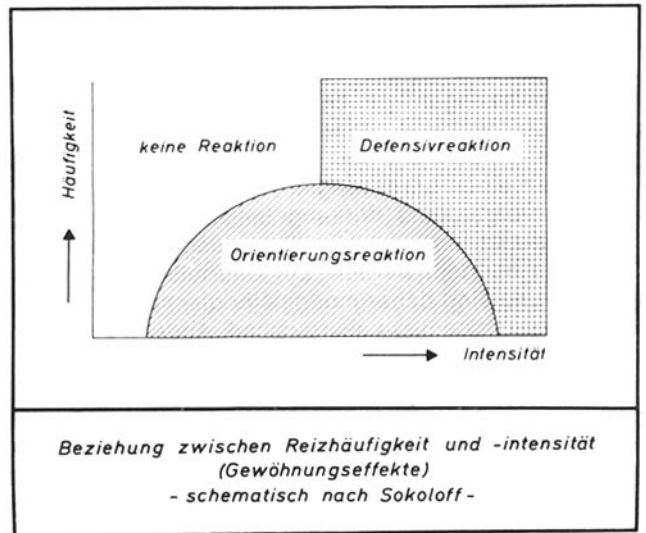


Abbildung 1 Beziehung zwischen Reizhäufigkeit und -intensität (Gewöhnungseffekte) - schematisch nach Sokoloff

aussen einwirkende Lärmkraft wird nun im Organismus eine «Gegenkraft» bewirken, die auf eine Rückregulation, das heisst Amplitudenvergrößerung in Richtung auf den Ausgangszustand, hinwirkt.

Bei langdauernden Schallreizen kann dieses Gegeneinander der «externen» und «endogenen» Kräfte dazu führen, dass die Pulsamplitude sich entweder auf einen mittleren Haltewert während der Schallreizbeeinflussung einpendelt oder dass sie die vor dem Schallreiz erkennbare Grösse zu einem bestimmten Zeitpunkt erreicht und danach in den Bereich der Amplitudenvergrößerung hineinwächst.

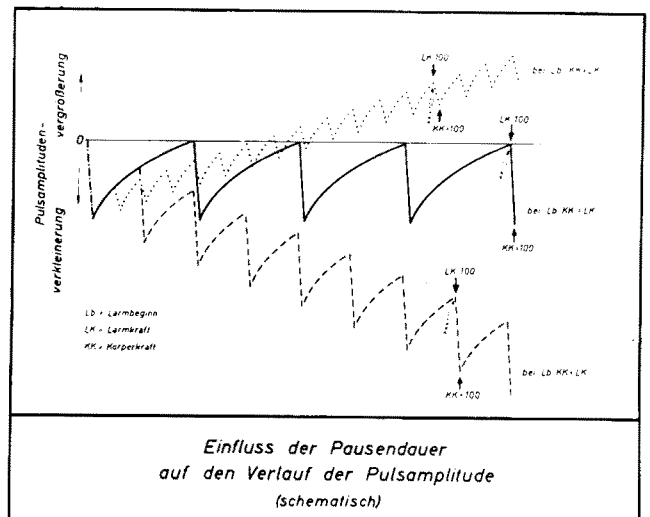


Abbildung 2 Einfluss der Pausendauer auf den Verlauf der Pulsamplitude (schematisch)

Handelt es sich um sehr kurze Reize, z. B. im Bereich von Sekunden, so tritt spätestens mit Beendigung des Reizes die Rückstellkraft des Organismus in Aktion, und es kommt zu einer in Form einer Exponentialfunktion verlaufenden Rückstellungskurve zum Ausgangswert. Wenn nach Erreichen der Ausgangsgrösse ein neuer Schallreiz appliziert wird, so wiederholt sich der vorhin beschriebene Vorgang. Man kann somit in der peripheren Durchblutungsbeeinflussung in längeren Abständen immer wieder die annähernd gleiche Reaktion auf Lärm erzielen.

Die Grösse der Amplitudenveränderung beim ersten Schallreiz kann als Anhaltspunkt für die vegetative Reaktionslage gelten. Trifft der Schallreiz einen bereits in ergotroper Lage sich befindenden Organismus, so wird die Reaktion auf den Schallreiz mit Sicherheit sehr gering sein, das heisst die Amplitudenverkürzung macht nur einen geringen Prozentsatz aus, während in trophotroper Reaktionslage besonders starke Amplitudenverkürzungen nachweisbar sind. Werden nun Schallreize immer dann gesetzt, wenn die Rückregulation aus einer vorhergehenden Schallreizung noch nicht beendet ist, sondern erst einen Halbzeit- oder Teilwert erreicht hat, so bekommt man durch einen gleich grossen Schallreiz wiederum eine Amplitudenverkürzung, deren absolute Grösse jedoch nicht ganz so stark ist wie bei der ersten Reaktion. Wenn man mehrere Schallreize in gleichen Abständen setzt, so dass immer nach der Hälfte der Rückregulationszeit der Schallreiz den Organismus trifft, so ergibt sich die abfallende Kurve in Abbildung 2. Bis zu einem bestimmten Fusspunkt hält dieser Abfall der Verlaufskurve an; wir sehen in unseren Experimenten dann sehr oft bei Erreichen einer bestimmten Amplitudenverkürzung eine schlagartige Gegenregulation in Form einer Pulsamplitudenvergrösserung.

Erfolgen die Schallreize in noch kürzeren Abständen, so ist die Rückstellkraft des Organismus noch besonders gross, so dass die Amplitudenverkleinerung durch den Schallreiz nur minimal ausfällt; setzt man eine Serie solcher Reize kurz hintereinander, so sieht man die nach oben verlaufende Kurve in Abbildung 2. In beiden Fällen sehen wir, dass durch kurze, aufeinander folgende Schallreize der Organismus in eine immer stärker ergotropisierende Reaktionslage versetzt wird.

Wie Langzeitversuche ergeben haben, sind die Reaktionen bei ein- und derselben Versuchsperson – so unterschiedlich ihre jeweilige augenblickliche Ausgangswertlage auch sein mag – immer wieder auflösbar (Jansen, 1971) [3].

3. Experimentelle Untersuchungen

Wir verwandten das eingangs schon erwähnte «Doppler-Geräusch» mit ansteigender Frequenz und ansteigender Intensität. Wir steigerten von 90 bis

105 dB(A) die Intensität und liessen von 250 bis 2500 Hz die Frequenz anwachsen. Das Geräusch dauerte insgesamt 14,3 Sekunden. Bei Rosinger et al. werden folgende akustische Kennwerte vorgegeben: Intensität 70–100 dB; Frequenz 600–1200 Hz; Dauer 15,25 Sekunden + 0,5 Sekunden Abschaltzeit.

Wir registrierten Fingerpulsamplitude, Kopfpulsamplitude und zeitweilige Hörschwellenverschiebung (TTS).

Es wurden mit 20 Versuchspersonen je 5 Versuchsreihen von 64 Minuten Dauer durchgeführt, wobei das Geräusch verschieden häufig appliziert wurde. In einer ersten Versuchsreihe erfolgte die Applikation des Geräusches nur dreimal, das heisst alle 32 Minuten. In einer zweiten Versuchsreihe traten die Geräusche alle 16 Minuten und in einer dritten Versuchsreihe alle 8 Minuten auf. In der vierten Versuchsreihe wurde der Schallreiz alle 4 Minuten und in der fünften Versuchsreihe alle 2 Minuten gesetzt.

Die erste Reaktion, das heisst die «mittlere Reaktion» aus den jeweils ersten Lärmstössen aller fünf Versuchsreihen – also aus insgesamt 100 Versuchen – ergab eine durchschnittliche Reaktionsgrösse von 38,3 %. Auf diesen Wert bezogen wir die Verläufe aller Versuchsreihen mit den definierten Pegelspitzenabständen, Pausen, Intensitäts- und Frequenzcharakteristiken. Wir berechneten die zugehörigen äquivalenten Dauerschallpegel (mit dem Äquivalenzparameter $q = 3$) und erhielten Werte zwischen $Leq = 78$ und $Leq = 90$ dB(A), so dass wir bei den Versuchen mit dem dichtesten Pegelspitzenabstand von 2 Minuten den Schallpegel-Richtwert gemäss VDI-Richtlinie 2058 (Blatt 2) (Gehörschädigungskriterium) erreichten, bei der gleichzeitig vorliegende Spitzenintensität von 105 dB(A) bezüglich der vegetativen Reaktionen jedoch eindeutig im Bereich der Übersteuerung gelegen waren.

4. Ergebnisse

Wir werteten alle Reaktionen auf Lärm in der Art aus, dass die Amplitudenverkürzungen durch Ausmessen und Umrechnen in Prozent der Ausgangslage bestimmt wurden. Dadurch konnten wir zu den verschiedenen Zeitpunkten der Versuchszeit jeweils festlegen, wie gross die Amplitudenverkürzungen, das heisst die Reaktion auf Lärmstösse in den einzelnen Versuchsreihen waren.

Wie schon erwähnt, ergab sich bei den jeweils ersten Schallreizen aus den 5 Versuchsreihen mit je 20 Versuchspersonen der Bezugswert und das in Abbildung 3 wiedergegebene Verlaufsbild. Man erkennt, dass nach einer überschüssigen vegetativen Reaktion eine Rückregulation einsetzt, die mit länger dauerndem Lärm anfangs stark, dann aber weniger stark ansteigt. Erst nach Beendigung des Schallreizes kommt es zu der einer Exponentialfunktion entsprechenden Rückbildung.

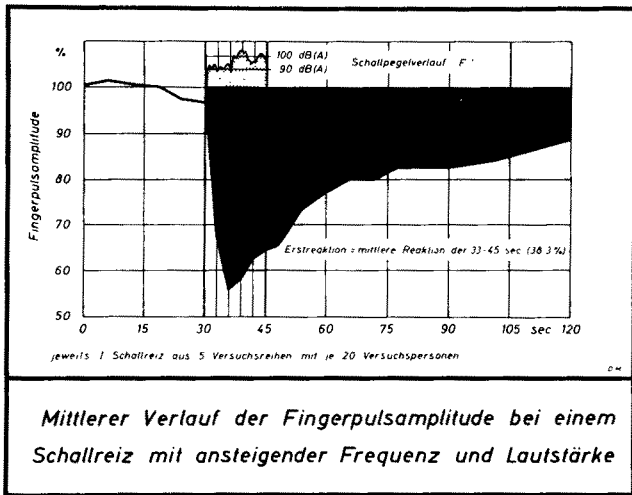


Abbildung 3
Mittlerer Verlauf der Fingerpulsamplitude bei einem Schallreiz mit ansteigender Frequenz und Lautstärke

Die Abbildung zeigt ausserdem den Schallpegelverlauf des verwandten Geräusches.

In Abbildung 4 sind die Reaktionstrends der einzelnen Versuchsreihen berechnet und zeichnerisch dargestellt. Man sieht – als Punkt auf der Ordinate eingetragen – den Erstreaktionswert von 38,3% und in der Versuchsreihe mit 32 Minuten Pegelspitzenabstand (obere Linie) eine besonders hohe Reaktion. Dies ist ein Zeichen dafür, dass der Schallreiz nach 32 Minuten auf ein im Gleichgewicht befindliches Regelsystem trifft, und – wie auch nach 64 Minuten – eine starke Reaktion erkennen lässt.

Bei der Versuchsreihe mit einem Pegelspitzenabstand von 16 Minuten sehen wir, ebenso wie bei der Versuchsreihe mit 8 Minuten Pegelspitzenabstand, ungefähr gleich grosse Reaktionen wie bei der Erst-

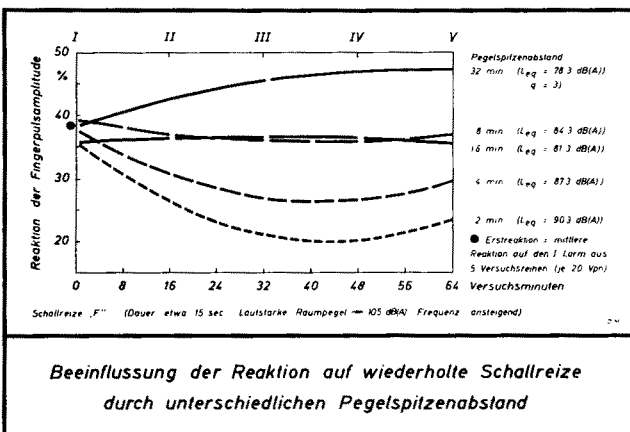


Abbildung 4
Beeinflussung der Reaktion auf wiederholte Schallreize durch unterschiedlichen Pegelspitzenabstand

reaktion. Erst wenn die Schallreize häufiger werden, also Pegelspitzenabstände von 4 und 2 Minuten auftreten, dann kommt es zu einer zwar geringeren Reaktion, die aber gemäss der eingangs erwähnten Grundannahme dahingehend zu interpretieren ist, dass der Organismus hier in eine zunehmend ergotropisierende Reaktionslage hineingerät.

Wenn man die Reaktionsgrössen bei den unterschiedlichen Pegelspitzenabständen hinsichtlich der extraauralen und der auralen Wirkung untersucht, so stellt man fest (Abbildung 5), dass (wie auch schon aus Abbildung 4 hervorging) die grössten Reaktionen bei weitem Pegelspitzenabstand vorhanden sind; dies trifft sowohl bei der Fingerpulsamplitude als auch bei der Kopfpulsamplitude zu. Mit zunehmender Häufigkeit, das heisst enger werdenden Pegelspitzenabständen (und damit einem grösser werdenden Leq), wächst auch die Vertäubung TTS; sie bleibt allerdings – absolut gesehen – gering, da ja erst beim 2-Minuten-Pegelspitzenabstand eine Grössenordnung

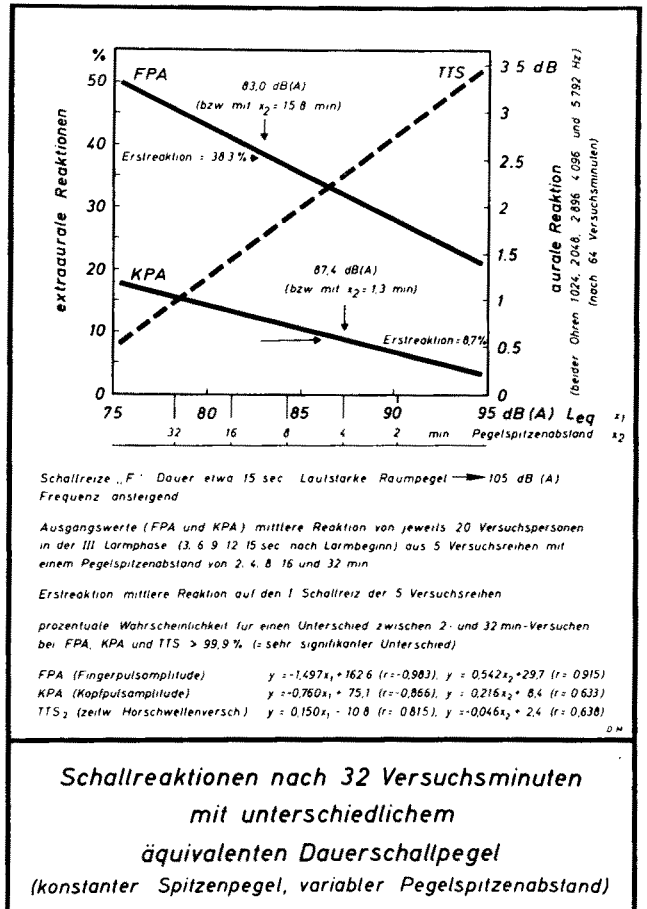


Abbildung 5
Schallreaktionen nach 32 Versuchsminuten mit unterschiedlichem äquivalenten Dauerschallpegel (konstanter Spitzenpegel, variabler Pegelspitzenabstand)

von $Leq = 90\text{dB(A)}$ erreicht ist. Immerhin ist eine steigende TTS-Wirkung in den einzelnen Versuchsreihen vorhanden, während bei der Fingerpulsamplitude und auch bei der Kopfpulsamplitude eine ständig geringer werdende Reaktion zu sehen ist. Dies war schon bei Besprechung der Abbildung 4 mit der zunehmenden Ergotropisierung bei geringer werdendem Pegelspitzenabstand erklärt worden. Als wichtig erscheint noch der Hinweis, dass Fingerpulsamplitude und Kopfpulsamplitude in gleicher Richtung verlaufen und dass daher von einer «Defensivreaktion» und somit von einer allgemein ergotropisierenden Reaktion des peripheren Kreislaufs gesprochen werden kann.

Eine gleich grosse Reaktion wie die Erstreaktion ist bei einem Pegelspitzenabstand von 15,8 Minuten (praktisch bei 16) gelegen. Alle kürzeren Abstände können als stärker ergotropisierend angesehen werden.

Für den Kopfpuls liegt die Erstreaktion bei 8,7%; die gleich grosse Reaktion wird bei einem Pegelspitzenabstand von 1,3 Minuten erreicht. Die in der Zeichnung enthaltenen Pfeile (Schnittpunkte der Erstreaktion mit den gleich grossen Reaktionen) gelten nur für die Bezeichnungen der äquivalenten Dauerschallpegel, während für die Pegelspitzenabstände x_2 die Pfeile nicht gelten (dies liegt im wesentlichen daran, dass der Massstab auf der x-Achse ein nichtlinearer Massstab ist, während der Leq -Massstab linear aufgetragen wurde).

Da uns die Erstreaktion Aussagen über die Reaktionslage bei Beginn einer Schallreizserie und auch über das weitere Verhalten der durch Schallreize bedingten und sich anschliessenden Ergotropisierungsphase gestattet, haben wir die Erstreaktion als Standard bzw. Bezugswert für die Beurteilung herangezogen. Wir haben (Abbildung 6) die Reaktion der Fingerpulsamplitude (in Prozent von der Ausgangslage) wiedergegeben und auf der Abszisse den jeweiligen Lärmanteil an der Gesamtversuchszeit in den verschiedenen Versuchsreihen eingetragen. Dabei haben wir:

1. die gesamte Lärmdauer von 14,3 Sekunden als Anteil an der gesamten Versuchsdauer von 64 Minuten berechnet;

2. haben wir als «lärmrelevante Zeit» die «Spitze minus 10 dB-Zeit» zur Beurteilung herangezogen und schliesslich

3. die Dauer des Lärms über der Grenzlinie 3 prozentual ermittelt.

Während somit für die «gesamte Lärmdauer» 14,3 Sekunden als Lärmstoss anzurechnen sind, ergeben sich für «Spitze minus 10 dB» etwa 8 Sekunden lärmrelevante Zeit und 5,8 Sekunden für die lärmrelevante Zeit über der Grenzlinie 3. (Übersteuerungsgrenze für vegetative Reaktionen, Jansen, 1967) [1].

Gleich grosse Reaktionen wie die Erstreaktion ergeben sich für die «Gesamtlärmzeit» bei einem Anteil von 2,24% an der Versuchsdauer; der Schnittpunkt des Verlaufs der Fingerpulsreaktion mit der Erstreaktion liegt dagegen bei «Spitze minus 10 dB(A)» bei

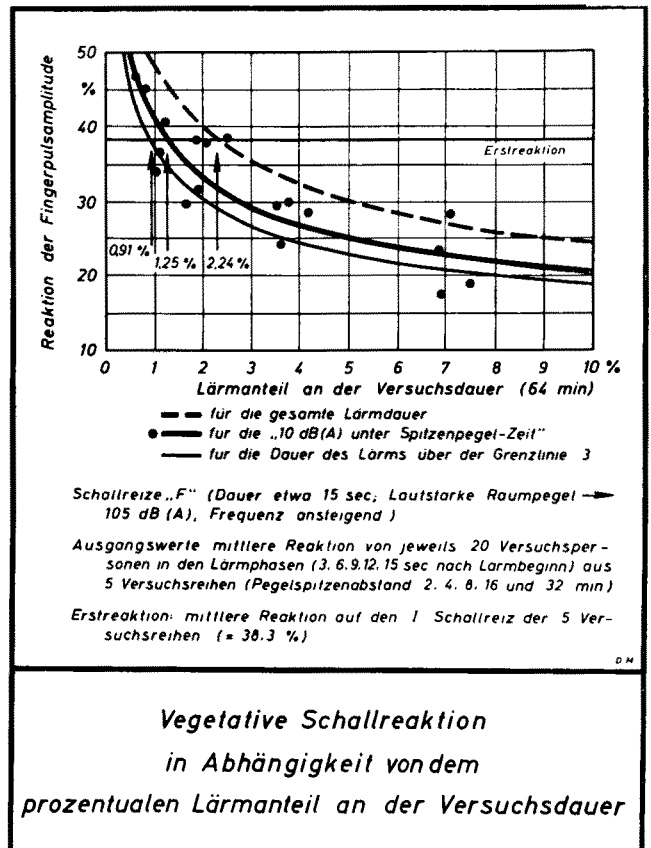


Abbildung 6
 Vegetative Schallreaktion in Abhängigkeit von dem prozentualen Lärmanteil an der Versuchsdauer

einem Lärmanteil von 1,25% an der Versuchsdauer, während für die Überschreitung der Grenzlinie 3 ein Schnittpunkt mit der Erstreaktion bei 0,91% gelegen ist. Bei Lärmanteilen im Bereich um 1-2% ist die Reaktion der Erstreaktion vergleichbar.

5. Diskussion und Schlussfolgerung

Die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen zeigen, dass trotz der Unterschiede der Lärmreaktion bei verschiedenen Pegelspitzenabständen in den einzelnen Versuchsreihen in jedem Falle Defensivreaktionen auftraten, was zum überwiegenden Teil auf die über 100 dB(A) liegenden Maximalpegel zurückzuführen sein dürfte. Der vegetativ aktivierende Einfluss ist jedoch unterschiedlich je nach Pegelspitzenabstand, und zwar ist durch einen sehr engen Pegelspitzenabstand die am stärksten ergotropisierende Reaktion zu bemerken. Wie die hyperbelartig verlaufenden Kurven in Abbildung 6 jedoch zeigen, kommt es nicht etwa zu einer Aufhebung der Fingerpulsreaktion, sondern die Reaktionsgrösse regelt sich bei höheren Lärmanteilen auf eine bestimmte Reaktionsgrösse

ein, was wiederum auf eine fehlende Gewöhnung schliessen lässt. Dieses Ergebnis der «Konstanz vegetativer Reaktionen» wurde auch schon in anderen Versuchen gefunden [3].

Bei der Beurteilung in der Praxis vorkommender Geräuschsituationen (Verkehrsgerausche, Fluggeräusche usw.) werden die Richtwerte meist in Form äquivalenter Dauerschallpegel angegeben. Hierzu wird jedoch immer wieder kritisch eingewandt, dass die gegenseitige Verrechnung der einzelnen Parameter «Intensität», «Häufigkeit» und «Zeitstruktur» der wirklichen Belastung nicht gerecht wird. In letzter Zeit werden daher immer häufiger neben den Beurteilungspegeln auch Spitzenpegel für die Begrenzung einer Lärmbeeinflussung vorgeschlagen. Die so festgelegten Werte der Maximalpegelbelastung haben jedoch noch keine eindeutige Festlegung bezüglich des Lärmanteils an der Gesamtdauer des Bezugszeitraumes erfahren, so dass in manchen Fällen der 5-0%-Wert zur Beurteilung herangezogen wird, das heisst in 5 % der Zeit darf der angegebene äquivalente Dauerschallpegel überschritten werden. In anderen Fällen wird der 1-0%-Wert und manchmal wird sogar ein 0,1-0%-Wert als «seltenes Ereignis» bzw. als «sehr seltene Spitzen» festgelegt.

Nach unseren Untersuchungen ist die Wirkung des Lärms dann mit der Erstreaktion vergleichbar, wenn Lärmanteile in einem Bereich von 0,91 bis 2,24 % vorhanden sind.

Es ist zweifellos gewagt, von einer einzelnen Untersuchung auf ein allgemeines Verhaltensmuster schliessen zu wollen. Andererseits sind für physiologische Begründungen eines 1-0%-wertes als zulässige Spitzenschallpegel bisher keine Untersuchungen vorgelegt worden. In konkreten Situationen kommt es für Behörden, Gutachten, Rechtsfindungen darauf an, Prozentsätze für Spitzenpegel anzugeben.

Bei der Beurteilung von Schlafstörungen durch Geräusche konnte z. B. festgestellt werden, dass etwa 3-5 halbminütige Schallreize im Verlaufe einer Nacht - regelmässig angewandt - zu einer gewöhnungsfähigen Reaktion führten (Jansen, 1970) [2], so dass für die Beurteilung von nächtlichen Fluglärmereignissen diese Häufigkeit (bei einer Dauer von 30 Sekunden für jedes Fluglärmereignis) als «seltenes Ereignis» durch den Lärmanteil von 1 % der Bezugszeit festgelegt wurde. Dabei ging man von der Tatsache aus, dass in den acht Nachtstunden (= 480 Minuten) bei 4-5 lärmrelevanten Bewegungen in jeder Abflugrichtung bzw. Landerichtung für den gesamten Flughafen eine Bewegungszahl von 9,6 (= 4,8 Minuten = 1 % von 480 Minuten) vorgeschlagen wurde. Eine derartige 1-0%-Grenze für den Beurteilungszeitraum «Tag» war bis jetzt aus bisher vorliegenden Untersuchungen noch nicht nachzuweisen.

Aus den hier mitgeteilten Ergebnissen wird vorgeschlagen, dass bei 0,91 % (also praktisch bei 1 % Lärmanteil am zu beurteilenden Versuchszeitraum) die

Reaktion mit der Erstreaktion gleich ist. Bei höheren Lärmanteilen ist die vegetativ stärker aktivierende Wirkung in Rechnung zu stellen.

In den Darstellungen der Abbildungen 4 und 5 sind die äquivalenten Dauerschallpegel berechnet worden. Aus den Zusammenstellungen geht hervor, dass die Reaktionsgrössen hinsichtlich der Übereinstimmung mit den Erstreaktionen bei äquivalenten Dauerschallpegeln von 83 dB(A) liegen. Einen solchen Wert in Form des äquivalenten Dauerschallpegels als Übersteuerungswert anzugeben ist trotzdem nicht gerechtfertigt, da die Schallintensität, mit der hier gearbeitet wurde, bei 105 dB(A) und dementsprechend eindeutig im Übersteuerungsbereich gelegen ist. Da die Grösse der vegetativen Aktivierung jedoch unterschiedlich, je nach Lärmanteil und auch abhängig von der Schallintensität ausfällt, kann aus den hier beschriebenen Untersuchungsergebnissen nicht die Schlussfolgerung gezogen werden, dass bei einem bestimmten äquivalenten Dauerschallpegel mit vegetativen Übersteuerungen zu rechnen ist. Hierzu ist in erster Linie immer der Einzelschallpegel heranzuziehen. In früheren Untersuchungen wurde schon ermittelt, dass eine kritische Grenzintensität bei 99 dB(A) gelegen ist [1]. Trotz der Möglichkeit, äquivalente Dauerschallpegel aus den akustischen Parametern berechnen zu können, muss doch auf die jeweils spezifische Art der Verarbeitung bei überkritischen Pegeln hingewiesen und davor gewarnt werden, den äquivalenten Dauerschallpegel als alleinige Kenngrösse für physiologische (das heisst vegetative) Unzumutbarkeit heranzuziehen.

Zusammenfassung

Angeregt durch eine Untersuchung von Rosinger, Nixon und v. Gierke zur Quantifizierung psychischer Störungen durch sich nähernde und sich entfernende (Flugzeug-)Geräusche wurde die physiologische Wirkung eines sich nähernden Flugzeuggeräusches untersucht. Dieses 14,3 Sekunden dauernde Geräusch (Anstieg von 90 auf 105 dB(A) und Änderung von 250 auf 2500 Hz in diesem Geräusch) wurde in 5 Versuchsreihen (mit 20 Vpn) von je 64 Minuten Dauer nach dem erstenmal in regelmässigen Abständen 2-, 4-, 8-, 16- und 32mal appliziert. Dabei wurden Fingerpulsamplituden, Kopfpulsamplituden und Hörschwellenverschiebungen gemessen. Die verschiedenartigen Versuchsanordnungen zeigen unterschiedliche Reaktionsgrössen sowohl der extraauralen als auch der auralen Wirkung. Ausgehend von einer Hypothese, in der vegetative Ausgangslage, Reaktionsverlauf, Defensivreaktion und Gewöhnungsfähigkeit in ein physiologisches Verhaltensmuster zusammengefasst werden, werden die Ergebnisse berechnet und diskutiert. Es zeigt sich dabei, dass die in der psychologischen Beurteilung neben dem äquivalenten Dauerschallpegel häufig angewandte Bezugsgrösse 1 % zur Beschreibung «seltener Ereignisse» auch vom physiologischen Standpunkt aus als sinnvoll angesehen werden kann.

Résumé

Recherches sur les effets psychophysiologiques de bruits de signification différente

Incités par les expériences de Rosinger, Nixon et v. Gierke, lors desquelles ces auteurs essayèrent de mesurer quantitativement la gêne causée par différents bruits (d'avions) qui se rappro-

chaient et s'éloignaient, nous avons examiné les effets physiologiques causés par un bruit d'avions qui se rapprochait. Dans 5 séries de tests de 64 minutes, 20 sujets furent exposés à ce bruit de 14,3 secondes (augmentant de 90 à 105 dB(A) et variant de 250 à 2500 Hz) à des intervalles réguliers, après la première fois 2, 4, 8, 16 et 32 fois. Nous avons mesuré l'amplitude des pulsations aux doigts et à la tête ainsi que les variations des seuils auditifs. Les différentes conditions de test montrèrent des courbes variées de réaction aurale et extra-aurale.

Les résultats sont calculés et discutés sur la base de l'hypothèse intégrant l'état initial végétatif, la courbe de réaction, la réaction de défense et l'habituation en un modèle de comportement physiologique. Il semble que le terme 1% décrivant les «événements rares» qui, de même que le niveau sonore permanent équivalent, est souvent appliqué lors de l'évaluation psychologique se prête aussi à l'évaluation physiologique.

Summary

Studies on the psychophysiological effect of noises with different significance

Stimulated by an experimental investigation of Rosinger, Nixon and v. Gierke in which they tried to quantify annoyance caused by several different approaching and receding noises we tested the physiological effects of an approaching noise lasting for 14,3 sec (increasing from 90 to 105 dB(A) and changing from 250 to 2500 cps). In 5 test series (with 20 subjects) the noise was applied regularly after the first stimulus 2, 4, 8, 16 und 32 times. We recorded pulsamplitudes at the fingertips and at the head as well as temporary threshold shift. The different arrangements of

intervals showed different slopes of reactions in extraaural and aural fields. According to the hypothesis in which the concepts of initial value of the vegetative system, slope of reaction, defensive reaction and habituation were integrated to a physiological behaviour pattern the results were calculated and discussed. It seems that the 1% value for describing "seldom events" which besides the equivalent sound pressure is very often used in psychological assessment of noise is significant for physiological evaluation as well.

Literatur

- [1] Jansen G.: Zur nervösen Belastung durch Lärm. Beihefte z. Zentralbl. f. Arbeitsmed. und Arbeitsschutz 9, Dr. Dietrich Steinkopff Verlag (1967).
- [2] Jansen G.: Beeinflussung des natürlichen Nachtschlafes durch Geräusche. Forsch.-Ber. des Landes NRW Nr. 2131, 1-49, Westdeutscher Verlag, Köln und Opladen 1970.
- [3] Jansen G.: Experimenteller Beitrag zur «Konstanz vegetativer Schallreaktionen». ASA, 6. Jg. 10, 255-259 (1971).
- [4] Rosinger G.; Nixon C.W. und v. Gierke H.E.: Quantification of the Noisiness of "Approaching" and "Receding" Sounds. JASA 48, 843-853 (1970).
- [5] Sokoloff D.: Perception and the Conditioned Reflex, Pergamon Press, Oxford 1963.

Adresse des Auteurs

Prof. Dr. Dr. Gerd Jansen, Universitätsklinikum, Hufelandstrasse 55, D-4300 Essen 1.