

Geräte und Methoden der Geräuschmessung

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

In Heft 4/1956 dieser Zeitschrift wurde in zwei Aufsätzen eine Einführung in die Geräuschmessung gegeben und über Untersuchungen an Ackerschleppern berichtet. Im folgenden soll etwas ausführlicher auf die Meßgeräte und Meßmethoden eingegangen werden.

Lautstärkemessung

Der Begriff der Lautstärke wird im Normblatt DIN 5045 folgendermaßen definiert:

„Die als Lautstärke eines Schalles bezeichnete Größe ist nach DIN 1318 durch subjektiven Hörvergleich mit einem Normton von 1000 Hz zu bestimmen, dessen Schalldruckpegel in der logarithmischen phon-Skala als Maß der Lautstärke festgelegt ist.“

Bei der Durchführung des subjektiven Hörvergleichs werden einem Beobachter nacheinander das Geräusch beziehungsweise der Ton, dessen Lautstärke gesucht wird, und der Normton von 1000 Hz dargeboten. Der Normton wird in seiner Lautstärke verändert, bis er gleich laut empfunden wird wie das Geräusch.

Der Schalldruck p des Normtons kann mit physikalischen Methoden gemessen werden, wobei der Meßwert häufig statt in μbar (g/cm^2) in logarithmischen Maßzahlen, den dB (Dezibel), angegeben wird:

$$\text{dB-Wert} = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0}; \quad p_0 = 2 \cdot 10^{-4} \mu\text{bar}.$$

Der „Bezugsschalldruck“ p_0 entspricht angenähert dem Schalldruck eines 1000-Hz-Tones, der gerade noch wahrgenommen werden kann (Hörschwelle).

Den Ausdruck $20 \log p/p_0$ nennt man den „Schalldruckpegel“ (DIN 1332).

Es ist festgesetzt worden, daß der phon-Wert des Geräusches durch den Schalldruckpegel des mit dem Geräusch gleich laut empfundenen Normtones angegeben wird.

Da bei subjektiven Messungen erhebliche Abweichungen zwischen den einzelnen Versuchspersonen auftreten können, muß der Hörvergleich mit einer größeren Anzahl von Beobachtern durchgeführt und das Mittel aus den Einzelwerten gebildet werden.

Subjektive Untersuchungen sind zum Beispiel erforderlich, um die Abhängigkeit der Ohrempfindlichkeit von der Frequenz eines auf das Ohr treffenden Tones zu ermitteln. Das Ergebnis solcher Messungen sind die sogenannten Kurven gleicher Lautstärke. Abbildung 1 zeigt diese Kurven, wie sie 1956 von Robinson und Dadsen [1] bestimmt und zur internationalen Normung vorgeschlagen worden sind. Die angegebenen Kurven sind für normalhörende Personen von etwa 20 Jahren bestimmt worden. Mit zunehmendem Alter nimmt die Ohrempfindlichkeit oberhalb 1000 Hz beträchtlich ab. Ebenso wirken sich Erkrankungen des Ohres und Schädigungen des Ohres durch übermäßige Schalleinwirkung besonders durch Abnahme der Ohrempfindlichkeit bei den hohen Frequenzen aus [2]. Für die Sprachverständlichkeit sind aber Frequenzen bis zu etwa 6000 Hz von Bedeutung.

Der erhebliche Aufwand an Geräten, Zeit und Beobachtern macht die subjektiven Lautstärkebestimmungen für die praktische Anwendung ungeeignet. Es bestand daher der Wunsch nach einem objektiv anzeigenden und leicht zu bedienenden Meßgerät, das den Lautstärkewert gut reproduzierbar und mit geringer Streuung angibt. Die Industrie hat handliche Geräte mit Netz- und Batteriespeisung entwickelt, die den Lautstärkewert als Zeigerausschlag angeben. Diese Geräte werden in Deutschland als DIN-Lautstärkemesser bezeichnet. Die Eigenschaften des DIN-Lautstärkemessers sind in dem Normblatt DIN 5045 festgelegt. Die Meßwerte werden mit DIN-phon benannt. Damit soll zum Ausdruck gebracht wer-

den, daß der Wert an einem bestimmten Meßgerät abgelesen und nicht durch subjektiven Hörvergleich bestimmt wurde.

Diese Unterscheidung ist wichtig, da die Anzeige des DIN-Lautstärkemessers nur für reine Töne und Geräusche mit einer stark hervortretenden Komponente gut mit dem subjektiv bestimmten phon-Wert übereinstimmt. Bei Geräuschen kann der DIN-phon-Wert bis zu 10, in Extremfällen sogar 25 Einheiten unter dem subjektiven phon-Wert bleiben [3]. Die Größe der Abweichung hängt besonders von der Frequenzzusammensetzung des Geräusches ab. Je größer der Frequenzbereich und je ausgeprägter der Impulscharakter des Geräusches ist, um so mehr bleibt die Anzeige des DIN-Lautstärkemessers hinter dem subjektiven Hörvergleich zurück. Dies wurde in ausgedehnten Versuchsreihen ermittelt, bei denen die Lautstärke von einer Auswahl von Geräuschen sowohl durch subjektiven Hörvergleich als auch durch Ablesung am DIN-Lautstärkemesser bestimmt wurde.

Bei Geräuschen mit ähnlicher Frequenzzusammensetzung ergibt sich annähernd die gleiche Fehl Anzeige des DIN-Lautstärkemessers. Wenn es sich darum handelt, zulässige Höchstwerte für die Lautstärke von Geräuschen festzusetzen, kann man den Abweichungen des DIN-Lautstärkemessers dadurch Rechnung tragen, daß für jede Gruppe von Geräuschen ein eigener Höchstwert gewählt wird. Dies ist z. B. in den Richtlinien des Bundesministeriums für Verkehr geschehen [4], wo für Mopeds, mittlere und schwere Motorräder und Lastkraftwagen verschiedene Höchstwerte festgesetzt worden sind. Die ab 1.1.1957 für neu in den Verkehr kommende Fahrzeuge geltenden Werte sind in der obigen Reihenfolge 75, 80, 82 und 90 DIN-phon, wobei die Lautstärkemessung bei bestimmten Betriebsbedingungen des Motors in 7 m Abstand vorzunehmen ist.

Der Aufbau und die Arbeitsweise des DIN-Lautstärkemessers sind kurz folgende:

Mit einem Mikrophon wird der Schall empfangen und in elektrische Wechselspannungen umgewandelt. Diese Wechselspannung, deren Amplitude der Schalldruckamplitude proportional ist, wird verstärkt, gleichgerichtet und an einem Instrument angezeigt. In den Verstärkungsgang ist ein Filter eingefügt, das die Frequenzabhängigkeit der Ohrempfindlichkeit nach Abbildung 1 berücksichtigt. Insgesamt wird der Frequenzbereich von 30 bis 8000 Hz beziehungsweise 30 bis 10000 Hz bei den zur Zeit im Gebrauch befindlichen Meßgeräten erfaßt. Es ist verständlich, daß die verwickelten Eigenschaften des Ohres mit einem Meßgerät nur angenähert nachgebildet werden können. Daraus erklären sich die Abweichun-

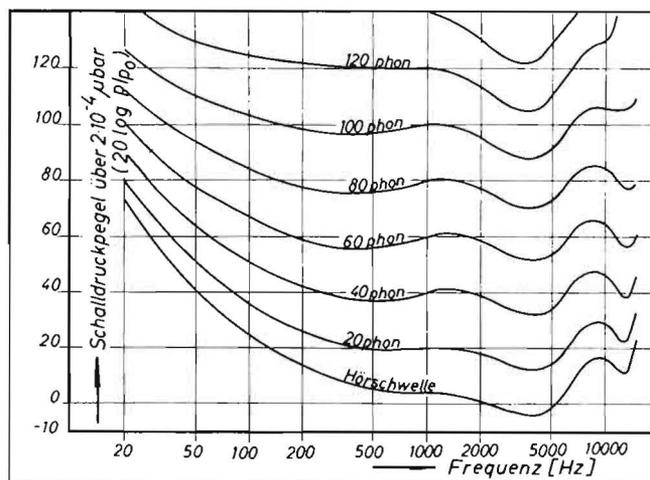


Abb. 1: Kurven gleicher Lautstärke nach Robinson. Die Kurven geben in Abhängigkeit von der Frequenz die Schalldruckpegel an, die zu der gleichen Lautstärkeempfindung führen (Entnommen aus [1]).

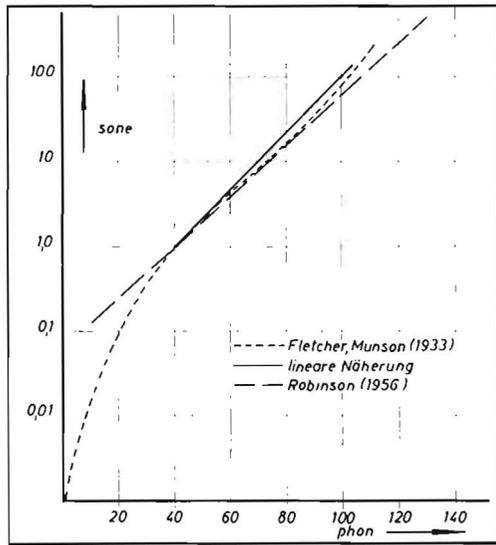


Abb. 2: Beziehung zwischen Lautheit in sone und Lautstärke in phon

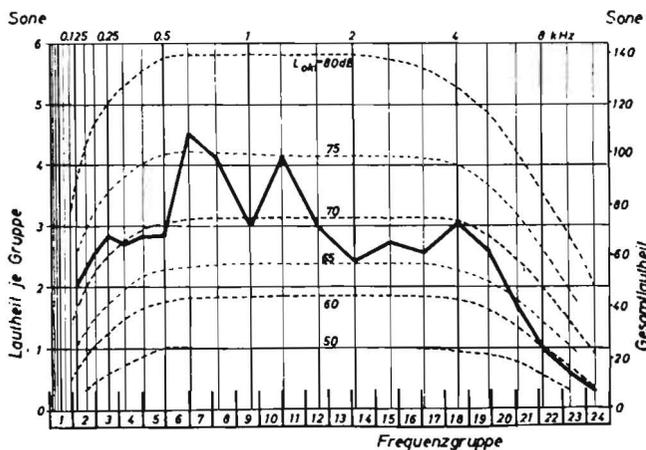


Abb. 3: Diagramm nach Cremer zur Berechnung der Lautstärke (Entnommen aus [11])

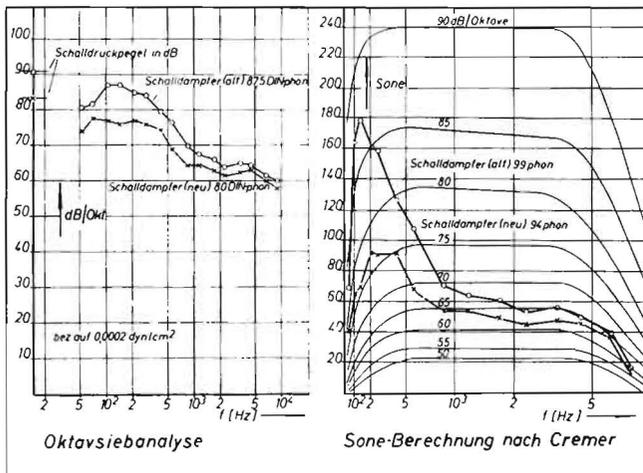


Abb. 4: Vorbeifahrgeräusch eines Motorrad mit zwei verschiedenen Schalldämpfern links: übliche Darstellung der Oktavsiebanalyse; rechts: sone-Berechnung nach Cremer [11]

gen zwischen Meßgerät und subjektivem Eindruck. Die Empfehlungen des Normblattes DIN 5045 sollen vor allem dazu dienen, daß die mit verschiedenen Geräten gemessenen Werte miteinander verglichen werden können.

Trotz der beschriebenen Abweichungen des DIN-Lautstärkemessers hat sich das Gerät für die objektive Feststellung von Lärminderungsmaßnahmen und die Überwachung von Lärmquellen bewährt, insbesondere dort, wo es auf einfache und schnelle Messung der Lautstärke ankommt. Bei Kraftfahrzeug-

geräuschen kann auch in absehbarer Zukunft nicht auf den DIN-Lautstärkemesser verzichtet werden.

Lautstärkeberechnung

Neben der willkürlich festgesetzten phon-Skala hat seit einigen Jahren die sone-Skala in zunehmendem Maß Bedeutung erlangt. Die sone-Skala teilt den Pegelbereich in empfindungsgemäß gleiche Stufen. Im Gegensatz zu der logarithmischen phon-Skala ist die sone-Skala linear. Dadurch wird erreicht, daß dem subjektiven Eindruck einer Lautheitsverdoppelung auch ein doppelt so großer sone-Wert entspricht. Durch sorgfältige Versuche ist der Zusammenhang zwischen der phon- und sone-Skala ermittelt worden (Abb. 2) [5, 6]. Es hat sich gezeigt, daß eine Verdoppelung des Lautheitseindrucks einer Lautstärkezunahme von 10 DIN-phon entspricht. Da sone-Werte lineare Größen sind, kann man sie, im Gegensatz zu den phon-Werten, addieren. Andererseits kann man Geräusche bestimmter Frequenzbandbreite in ihrer Wirkung auf das Ohr durch einen reinen Ton gleicher Schallenergie an der Mittenfrequenz des Frequenzbandes ersetzen. Darauf beruht eine Reihe von Rechenverfahren, die von Beranek [7], Mintz und Tyzzer [8], Quietzsch [3], Zwicker und Feldtkeller [9] und Stevens [10] angegeben worden sind.

Das Geräusch wird bei diesen Rechenverfahren in Frequenzbereiche bestimmter Bandbreite, zum Beispiel Oktaven oder $\frac{1}{3}$ -Oktaven, zerlegt und entsprechend der Ohrempfindlichkeit bewertet. Die geeignete Wahl der Filterbreite ist von wesentlichem Einfluß auf das Endergebnis. Mit Hilfe der phon-sone-Beziehung wird für jedes Frequenzband der sone-Wert ermittelt. Durch Addition der sone-Werte wird die Gesamtlautheit gefunden, die wiederum in einen phon-Wert zurückgerechnet werden kann. Bei der Rechnung muß auch der Effekt der Lautheitsdrosselung oder Verdeckung berücksichtigt werden. Dieser Effekt besteht in der Verminderung der Lautheit eines Frequenzbereiches durch die Geräuschanteile in den benachbarten Bereichen. Der so berechnete phon-Wert liefert eine bessere Übereinstimmung mit dem subjektiv bestimmten Wert als die Anzeige des DIN-Lautstärkemessers.

Um die Rechenarbeit zu vereinfachen, sind verschiedentlich besondere Diagramme vorgeschlagen worden. Die Ergebnisse der Frequenzanalyse werden dort eingetragen. Die Fläche unter dem so entstehenden Kurvenzug ist dann ein Maß für die Gesamtlautheit des Geräusches. Abbildung 3 zeigt als Beispiel ein von Cremer [11] angegebenes Diagramm. Nach den Ergebnissen von Zwicker und Feldtkeller ist der Frequenzmaßstab in Frequenzgruppen aufgeteilt. Diese Frequenzgruppen können mit hinreichender Genauigkeit unterhalb 200 Hz durch Oktavfilter und oberhalb 200 Hz durch $\frac{1}{3}$ -Oktavfilter angenähert werden. Nach Augenmaß wird eine Gerade so durch den Kurvenzug gelegt, daß die Flächen unter der Geraden und unter dem Kurvenzug gleich sind. Am rechten Rand des Diagramms kann die Gesamtlautheit für das Geräusch abgelesen werden.

Abbildung 4 zeigt eine Gegenüberstellung der üblichen Darstellung einer Oktavsiebanalyse und der Auftragung nach Cremer. Die Erniedrigung der Lautstärke durch Verbesserungen des Schalldämpfers tritt bei Cremer wesentlich stärker in Erscheinung. Die am DIN-Lautstärkemesser abgelesenen und nach Cremer berechneten Lautstärkewerte sind an den Kurvenzügen vermerkt. Die verbesserte Wirkung des neuen Schalldämpfers betrifft hauptsächlich die starken Geräuschanteile unterhalb 500 Hz, das Spektrum wird dadurch gleichmäßiger, „breitbandiger“. Der DIN-Lautstärkemesser gibt eine Verbesserung von 7,5-DIN-phon, während die Lautheitsrechnung nur 5 phon liefert. Dieser Befund veranschaulicht die Aussage, daß die Anzeige des DIN-Lautstärkemessers um so stärker hinter dem subjektiv bestimmten Wert zurückbleibt, je breitbandiger das Geräusch ist.

In den USA wird die sone-Skala bereits für die Messung von Lastkraftwagengeräuschen allgemein verwendet [12]. Die Berechnung der Lautheit geht von den je Oktave gemessenen Pegeln aus, Verdeckungseffekte werden nicht berücksichtigt. Das in etwa 15 m Entfernung bei Vollast gemessene maximale Geräusch soll eine Lautheit von 125 sone nicht überschreiten. Dies entspricht etwa 100-DIN-phon in 7 m Entfernung.

Bei der Anwendung der 125-sone-Bedingung in den USA hat sich gezeigt, daß daneben noch eine Begrenzung der Frequenzzusammensetzung erwünscht ist, um zu verhindern, daß durch stark hervortretende Komponenten die sone-Rechnung fehlerhaft wird.

Es gibt gewichtige Gründe, die für eine vorläufige Beibehaltung des DIN-Lautstärkemessers sprechen: Der Weg zur Ermittlung der sone-Werte ist gegenüber der Ablesung des DIN-Lautstärkemessers sehr viel umständlicher. Ein sone-Meßgerät gibt es zur Zeit noch nicht, es wird wahrscheinlich wesentlich größer und damit kostspieliger sein als der DIN-Lautstärkemesser. Die Berechnungsmethoden für den sone-Wert sind noch uneinheitlich. Es muß abgewartet werden, welche Methode sich in der praktischen Anwendung hinsichtlich Zuverlässigkeit der Ergebnisse und Aufwand für die Messung bzw. Rechnung am besten bewähren und durchsetzen wird.

Es erscheint daher noch verfrüht, die sone-Skala bei der amtlichen Festsetzung von Höchstwerten für die Geräuschentwicklung zum Beispiel von Kraftfahrzeugen einzusetzen. Das schließt nicht aus, daß in speziellen Fällen die sone-Skala bereits in dem jetzigen Entwicklungsstadium mit gutem Erfolg benutzt werden kann. Wie bereits erwähnt, kann man der Fehlanzeige des DIN-Lautstärkemessers durch entsprechende Abstufung der Höchstwerte je nach Geräuschtyp Rechnung tragen.

Frequenzanalyse:

Für die subjektive Beurteilung der Geräusche ist außer der Lautstärke besonders die Frequenzzusammensetzung von Bedeutung. Zur Frequenzanalyse werden verschiedene Geräte verwendet, die eine Aufteilung des gesamten interessierenden Frequenzbereiches von etwa 30 bis 10 000 Hz in Oktav- oder 1/3-Oktav-Bänder gestatten oder, wie im Falle der Suchtonanalyse, den Frequenzbereich mit konstanter Bandbreite durchfahren. Abbildung 5 zeigt als Beispiel für diese verschiedenen Methoden die Analysen eines Moped-Geräusches. Mit Verkleinerung der Bandbreite treten die Einzelheiten der Frequenzzusammensetzung immer stärker hervor. Die gezeigte Suchtonanalyse ist nur ein grobes Beispiel. Es gibt wesentlich leistungsfähigere Meßgeräte für diese Art der Analyse. Bereits aus diesem Beispiel geht hervor, daß mehrere Komponenten in dem Geräusch besonders hervortreten. Diese Komponenten bilden den „Ton“ des Mopedgeräusches. Bei Motorrädern sind oberhalb etwa 500 Hz nur selten so stark ausgeprägte Komponenten vorhanden.

Das in Abbildung 5 ebenfalls wiedergegebene „Geräuschbild“ zeigt eine Analysiermethode, die ursprünglich zur Untersuchung von Sprachvorgängen entwickelt worden ist und deshalb die Bezeichnung „Visible Speech“ erhalten hat [13]. Die Schallstärke wird als Schwärzung in Abhängigkeit von Frequenz und Zeit dargestellt. Dadurch wird ein anschauliches Bild der Frequenzzusammensetzung aufgezeichnet, wobei zeitliche Frequenzänderungen besonders deutlich in Erscheinung treten.

Geräuschbeurteilung

Die Beurteilung der störenden oder gar gesundheitsschädigenden Wirkung von Geräuschen auf den Menschen ist eine schwierige Aufgabe, die eine beträchtliche Sachkenntnis erfordert. In erster Annäherung scheint die Lautstärke auch ein brauchbares Maß für die Störung oder Schädigung zu sein. Es hat nicht an Versuchen gefehlt, Bewertungsmethoden auszuarbeiten, die auf Grund medizinischer Untersuchungen [14, 15] und statistisch ausgewerteter Befragungen [16] eine Voraussage der Wirkung von Geräuschen auf den Menschen ermöglichen sollen. Nach den bisherigen Erfahrungen und Ergebnissen scheinen bei Dauereinwirkung Schallpegelwerte über 85 bis 90 dB pro Oktave im Frequenzbereich oberhalb etwa 1000 Hz unbedingt gesundheitsschädigend zu sein [2]. Bei tieferen Frequenzen setzt die schädigende Wirkung etwas später ein.

Während die Beurteilung von Geräuschen im Hinblick auf direkte Schädigung des Ohres relativ gut gesichert ist, läßt sich die Störwirkung oder „Lästigkeit“ wesentlich schwieriger

abschätzen, da hierfür insbesondere subjektive Faktoren ausschlaggebend sind. In Amerika ist von Stevens u. a. [16] unter der Bezeichnung „Composite Noise Rating“ eine Beurteilungsmethode für Geräusche ausgearbeitet worden, nach der die Reaktion der Öffentlichkeit auf das Geräusch abgeschätzt werden kann. Ausgehend von der Oktavanalyse des Geräusches wird durch Korrekturen für Grundgeräusch, Häufigkeit, Dauer, Impulscharakter, Gehalt an reinen Tönen und Gewöhnung das Störgeräusch in eine Tabelle eingestuft, aus der die erfahrungsgemäß zu erwartende Reaktion der Öffentlichkeit entnommen werden kann.

Von anderen Autoren wird die Beeinträchtigung der Sprachverständigung als Beurteilungsmaßstab benutzt [17]. Kürzlich wurden von Meister [18] Diagramme angegeben, die ebenfalls zur Beurteilung von Geräuschspektren herangezogen werden können.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß dieses Gebiet der Geräuschbeurteilung sich noch in der Entwicklung befindet und in absehbarer Zeit kein Meßgerät zu erwarten ist, das direkt die Störwirkung, Lästigkeit oder Ohrschädigung als Zeigeranschlag angibt.

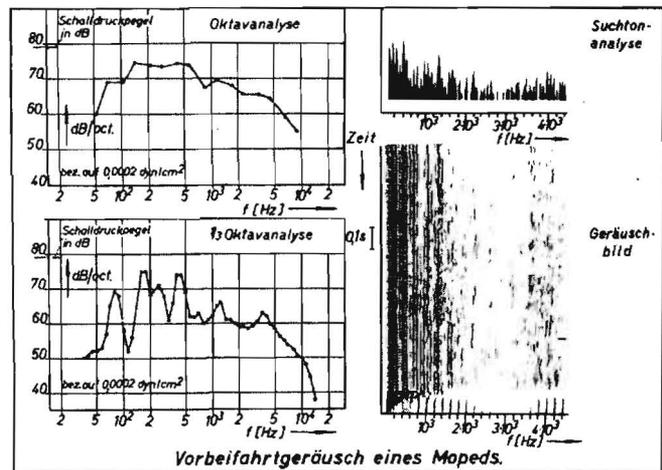


Abb. 5: Verschiedene Methoden der Frequenzanalyse

Zusammenfassung

Die Lautstärke eines Schalles wird durch subjektiven Hörvergleich mit einem Normton von 1000 Hz bestimmt. Der phon-Wert wird durch den Schalldruckpegel des gleich laut empfundenen Normtones gegeben. Zur praktischen Lautstärkemessung werden Geräte benutzt, die angenähert die Eigenschaften des Ohres nachbilden. Bei Geräuschen bleibt die Anzeige der DIN-Lautstärkemesser hinter dem durch Hörvergleich bestimmten Wert zurück.

Unter Benutzung der sone-Skala sind Methoden zur Berechnung der Lautstärke ausgearbeitet worden, deren Ergebnis besser mit dem subjektiv ermittelten Wert übereinstimmt als die Anzeige des DIN-Lautstärkemessers. Die Rechenmethoden erfordern einen größeren Aufwand an Meßgeräten und sind noch uneinheitlich, daher wird nach wie vor der DIN-Lautstärkemesser für Lautstärkemessungen benutzt.

Für die Analyse der Frequenzzusammensetzung eines Geräusches stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, die einen Überblick über die einzelnen Geräuschanteile liefern. Für die Beurteilung von Geräuschen in ihrer störenden oder schädigenden Wirkung auf den Menschen sind verschiedene Methoden ausgearbeitet worden, die von medizinischen Untersuchungen und statistisch ausgewerteten Befragungen ausgehen. Ein Meßgerät, das direkt die Störwirkung, Lästigkeit oder Ohrschädigung angibt, ist in absehbarer Zeit nicht zu erwarten.

Schrifttum:

- [1] Robinson, D. W. and Dadson, R. S.: A Determination of the Equal-loudness for Pure Tones. Brit. J. Appl. Phys. 7 (1956) S. 166.
- [2] Rosenblith, W. A. u. a.: The Relations of Hearing Loss to Noise Exposure. American Standards Association 1954.
- [3] Quietzsch, G.: Objektive und subjektive Lautstärkemessungen. Acustica 5 (1955) Akust. Beih. 1, S. 49.

[4] Richtlinien für die Geräuschmessung an Kraftfahrzeugen. Vk Bl. (1953) S. 467, (1955) S. 286.
 [5] Fletcher, H. and Munson, W. A.: Loudness, Its Definition, Measurement and Calculation. J. Acoust. Soc. Amer. 5 (1933) S. 82.
 [6] Robinsan, D. W.: The Subjective Loudness Scale. Communication from the National Physical Laboratory 1956.
 [7] Beranek, L. L. u. a.: Calculation and Measurement of the Loudness of Sounds. J. Acoust. Soc. Amer. 23 (1951) S. 261.
 [8] Mintz, F. and Tyzzer, F. G.: A Loudness Chart for Octave-Band Data of Complex Sounds. J. Acoust. Soc. Amer. 24 (1952) S. 80.
 [9] Zwicker, E. und Feldtkeller, R.: Über die Lautstärke von gleichförmigen Geräuschen. Acustica 5 (1955) S. 303.
 [10] Stevens, S. S.: Calculation of the Loudness of Complex Noise. J. Acoust. Soc. Amer. 28 (1956) S. 807.
 [11] Cremer, L. und Schreiber, L.: Über die verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten von akustischen Spektren. Frequenz 10 (1956) S. 201.

[12] Apps, D. C.: The AMA 125-Sone New-Vehicle Noise Specification. Noise Control 2 (1956) Nr. 3, S. 13.
 [13] Kollenbach, W.: Anwendungsmöglichkeiten der Schallspektrographie bei akustischen Untersuchungen. Acustica 4 (1954) Akust. Beih. 1, S. 403.
 [14] Lehmann, G.: Was ist und was bedeutet Lärm? Z. VDI 97 (1955) S. 1012.
 [15] Meyer-Delius, J.: Wirkung des Schalles auf den Menschen. Erscheint in den VDI-Berichten 1957.
 [16] Stevens, K. N., Rosenblith, W. A. und Bolt, R. H.: A Community's Reaction to Noise: Can It Be Forecast? Noise Control 1 (1955) Nr. 1, S. 63.
 [17] Beranek, L. L. and Rudmose, H. W.: Sound Control in Airplanes. J. Acoust. Soc. Amer. 19 (1947) S. 357.
 [18] Meister, F. J.: Schallpegel, Lautheit, Lästigkeit und Schädigung bei Geräuschbelastung des Ohres. Z. VDI 99 (1957) S. 329.

Résumé:

Dr. R. Martin: „Geräte und Methoden der Geräuschmessung.“

Der erhebliche Aufwand an Geräten, Zeit und Beobachtern bei der Lautstärkebestimmung durch subjektiven Hörvergleich mit einem Normton macht diese Art der Geräuschmessung für die praktische Anwendung ungeeignet. Dort wird der DIN-Lautstärkemesser benutzt, der bei reinen Tönen und Geräuschen mit einer stark hervortretenden Komponente gut mit dem subjektiv bestimmten phon-Wert übereinstimmt. Bei Geräuschen bleibt die Anzeige der DIN-Lautstärkemesser hinter dem durch Hörvergleich bestimmten Wert zurück. Aufbau und Arbeitsweise des DIN-Lautstärkemessers werden beschrieben. Neben der willkürlich festgesetzten phon-Skala hat seit einigen Jahren die sone-Skala in zunehmendem Maße Bedeutung erlangt, mit der die Lautstärke berechnet wird. Die Ergebnisse dieser Methode stimmen zwar besser mit den subjektiv ermittelten Werten überein, erfordern aber einen größeren Aufwand an Meßgeräten und sind noch uneinheitlich. Für die Beurteilung von Geräuschen in ihrer störenden oder schädigenden Wirkung auf den Menschen gibt es noch kein Meßgerät.

Dr. R. Martin: "Equipment and Methods Used in Noise Measurements."

The considerable expenditure of time and equipment and the number of observers necessary when attempting to determine the strength of sounds by subjective comparisons with a standard sound renders this method unsuitable for practical purposes. This method utilizes the DIN metering instrument, which in the case of pure tones and sounds having a strongly accentuated component, agrees generally with subjectively determined phon-values. In the case of noises, the readings obtained from the DIN sound metering instrument lag behind those obtained by sound comparisons. The construction and operation of the DIN sound metering instrument are then described. In addition to the pre-determined phon scale, the sone scale has also been increasingly used for sound metering during the last few years. Although the results obtained by this latter method compare better with those obtained subjectively, nevertheless, this method requires a greater amount of metering equipment and the results obtained so far are not yet quite uniform. There is no instrument at present available whereby the irritational or damaging effect of noises upon human beings can be determined.

Dr. R. Martin: «Les appareils et méthodes de mesure acoustique.»

Les essais comparatifs d'audition subjective au moyen d'un son normalisé exigent un appareillage complexe, et beaucoup de temps et d'observateurs de sorte qu'ils ne conviennent pas dans la pratique pour la détermination de l'intensité d'un bruit. On utilise donc le sonomètre DIN dont les résultats correspondent à peu près à ceux obtenus par des essais d'audition subjective, pourvu que les sons soient purs et que les bruits comportent un élément nettement distinct. Pour la mesure de bruits complexes, les valeurs obtenues par le sonomètre DIN sont inférieures à celles obtenues par les mesures comparatifs d'audition subjective. L'auteur décrit la construction et le mode de fonctionnement du sonomètre DIN. A côté de l'échelle en phones, établie arbitrairement, l'échelle en sones a obtenu une importance croissante au cours des dernières années pour la détermination de l'intensité d'un bruit. Cette dernière méthode permet d'obtenir des résultats qui correspondent mieux aux résultats découlant des essais d'audition subjective. Toutefois, elle exige des installations plus complexes et elle n'est pas encore appliquée d'une façon uniforme. Pour l'appréciation de bruits au point de vue de leur action irritante ou nocive sur l'individu, il n'existe pas encore un appareil de mesure.

Dr. R. Martin: «Instrumentos y métodos para la medición de ruidos.»

El gasto elevado en instrumentos, tiempo y personal en la definición del volumen de sonidos por comparación de audición subjetiva con un sonido norma hacen que en la práctica este procedimiento de medición resulte inconveniente. Aquí se emplea el fonómetro DIN que concuerda bien con el valor fónico precisado de forma subjetiva, cuando se trate de sonidos y ruidos claros con componente claramente dominante. Tratándose de ruidos, la indicación de los fonómetros DIN es menos exacta que el valor establecido por audición. Se describen la construcción y el funcionamiento del fonómetro DIN. Al lado de la escala fónica establecida arbitrariamente, desde hace algunos años la escala sónica, con la que se calcula el volumen del ruido, ha ido ganando importancia. Si bien los resultados de este método concuerdan mejor con los valores subjetivos, requieren por otra parte mucho aparato de instrumentos, sufriendo además de falta de uniformidad. Todavía no existe ningún instrumento que permita medir el estorbo o el efecto perjudicial que los ruidos puedan ejercer en el hombre.

Résumé:

Dipl.-Ing. W. Kiene: „Nochmals: Geräuschmessungen an Ackerschleppern.“ (S. 83)

Der Verfasser ergänzt seinen Beitrag aus Heft 4/1956 dieser Zeitschrift. Er stellt wiederum fest, daß die subjektive Empfindung des Schlepperfahrers völlig anders sein kann als die objektive Messung des Gesamtgeräusches. Hier hilft nur eine Zerlegung des Geräusches in sein Spektrum weiter. Inzwischen ist von anderer Seite ein Kennlinienfeld aufgestellt worden, in dem Bewertungslinien für industrielle Schallstörung auf Grund gemessener Störgrenzen dargestellt sind, und zwar unter Berücksichtigung der normalen Anpassung des menschlichen Ohres. In dieses Bewertungskennlinienfeld trägt der Verfasser die Schallpegelkurven der geprüften Schlepper ein und kommt zu dem Ergebnis, daß fünf von den sieben Maschinen die Kennlinie „schädlich bei Dauereinwirkung“ in einzelnen Frequenzbereichen überschreiten. Er schließt daraus, daß von seiten der Motoren- und Schlepperhersteller noch eine große Entwicklungsarbeit auf diesem Gebiet zu leisten ist.

Dipl. Ing. W. Kiene: "More about Noise Measurements on Agricultural Tractors." (p. 83)

The Author supplements his article in No. 4 of this Journal for 1956. He has again determined that the subjective sensitivity to noise of the tractor driver can be completely different from the objective measurement of the total noise. Any progress beyond this point is only possible if the noise be split up into its various components. In the meantime, the Author has constructed a chart on which curves for the evaluation of various types of industrial noises with respect to measured limits have been laid down. The normal adjustment to noise of the human ear has been taken into consideration when laying out these curves. The Author has superimposed the sound curves obtained from the various tractors under test onto these curves. He has determined that in the case of 5 of the 7 tractors tested the curve exceeds the limits in various frequencies as defined by the curve marked "harmful when continuous." The Author arrives at the conclusion that there is still a lot of research and development work required in this field on the part of manufacturers of motors and tractors.

Dipl.-Ing. W. Kiene: «A nouveau à propos des mesures du bruit émis par les tracteurs agricoles.» (p. 83)

Cet article constitue la suite d'un article paru dans le Numéro 4 de l'année 1956 de cette revue. L'auteur précise à nouveau que la sensation subjective du tractoriste peut différer complètement du résultat de la mesure objective d'un bruit complexe. Seule la décomposition du bruit en son spectre ouvre de nouvelles possibilités de recherche. Entretemps, un autre chercheur a établi un diagramme sur lequel figurent des courbes de qualification de bruits industriels dont le caractère offensif plus ou moins grand fut déterminé par mesure, tout en tenant compte de l'adaptation naturelle de l'appareil auditif humain. L'auteur a utilisé ce diagramme et y a tracé les courbes du niveau sonore des tracteurs examinés. Il en tire la conclusion que 5 des 7 tracteurs examinés dépassent, dans certains champs de fréquence, la courbe «nuisible à l'exposition prolongée». Il conclut que les constructeurs de moteurs et de tracteurs doivent encore étudier d'une façon approfondie le problème de l'insonorisation de leurs constructions.

Ing. dipl. W. Kiene:

«Otra vez.: Mediciones del ruido producido por tractores agrícolas.» (p. 83)

El autor complementa su artículo publicado en el No. 4 del año de 1956 de esta revista. Hace constar que las sensaciones subjetivas del conductor de un tractor pueden ser distintas de las mediciones objetivas del ruido total. Para adelantar en este terreno, sólo puede servir la descomposición del ruido en su espectro. Entretanto otro autor ha establecido un cuadro de características, en el que se dan curvas de sonidos industriales a base de límites establecidos por medición, teniendo en cuenta la adaptación normal del oído humano. En este cuadro de curvas el autor inscribe las curvas de nivel sonoras de los tractores probados, con el resultado de que cinco de los siete probados pasan de la característica «perjudicial con incidencia de duración» en diferentes márgenes de frecuencia. Este resultado lo lleva a la consideración de que a los fabricantes de motores y de tractores les queda todavía mucho que hacer en este terreno.