

Résumé:

Dr.-Ing. R. Finkenzeller: „Einführung in die Geräuschmessung.“

Der Verfasser gibt einen Überblick über den heutigen Stand der Geräuschmessung. Einzeltöne werden nach ihrer Schwingungsdoppelwechszahl (Frequenz) in Schwingungen je Sekunde (Hertz) und nach der Größe ihrer Druckschwankung (Schalldruck) in μ -bar definiert. Die Zusammenhänge zwischen diesen zwei Meßgrößen werden dargelegt. Es folgt eine Definition des Begriffs „Phon“ als Bezeichnung für die Lautstärke. Komplizierter als die Messung von Einzeltönen ist das Messen von Ton-Gemischen, das in den USA zur Normung einer Geräusch-Meßmethode nach „Sone“ geführt hat. Abschließend kommt der Verfasser zu dem Ergebnis, daß es bis heute unmöglich ist, Geräusche eindeutig und allgemein verständlich mit den physikalischen Grundeinheiten so zu definieren, wie sie vom menschlichen Ohr aufgenommen und empfunden werden.

Dr. Ing. R. Finkenzeller: „An Introduction to Sound Strength Measurement.“

The Author opens his article with a brief survey of the present state of development of the measurement of the strength of sounds. Single tones are classified in μ -bars in accordance with their frequency of vibrations per second and in accordance with their pressure variations (sound pressures). The relation between these two values is carefully explained and is further followed by an explanation of the use of the „phon“ as a unit of measurement of sound intensity. The method of evaluation of multi-tones is more complicated than those for measurements of strengths of single tones. This has led in the U.S.A. to the adoption of methods of measurement of noises on the basis of the „sone“. Finally, the Author arrives at the conclusion that, up to the time of writing, it has not been found possible to measure the strength of noises, as received by the human ear, clearly and in accordance with the basic principles of physics.

Dr.-Ing. R. Finkenzeller: «Introduction dans la mesure des bruits.»

L'auteur donne un aperçu de l'état actuel de la technique de la mesure des bruits. Des sons isolés sont déterminés en hertz correspondant à leur fréquence et en millibars correspondant à l'amplitude des compressions et dilatations successives de l'air. Les relations entre ces deux données sont exposées. L'auteur fait suivre une définition de la notion «phon», terme pour l'unité de mesure de l'intensité sonore. Plus difficile que la mesure de sons isolés est la mesure de bruits complexes pour lesquels on utilise aux États-Unis une méthode de mesure normalisée dite méthode d'après «Sone». L'auteur conclut qu'il n'est actuellement pas encore possible de définir d'une façon nette et accessible à tout le monde, au moyen des unités de mesure physiques, les bruits comme ils sont perçus et sentis par l'oreille humaine.

Ing. Dr. R. Finkenzeller: «Iniciación en la fonometría.»

El autor da una ojeada general al estado actual de la fonometría. Los sonidos individuales se definen según el cambio doble de sus oscilaciones (frecuencia) por segundo (Hertz - ciclos) y según el valor de la presión de las oscilaciones en μ -bar (presión del sonido). Se explican las relaciones entre estos dos valores. Sigue una definición del concepto de «fono» como designación de la fuerza del sonido. Más complicada que la medición de sonidos individuales resulta la de mezclas de sonidos, lo que en los Estados Unidos ha conducido a la creación de un método normalizado de medición de sonidos por «sonos». Para terminar, el autor llega a la conclusión de que hasta aquí resulta imposible definir ruidos de una forma inequívoca y fácilmente comprensible por los conceptos físicos fundamentales de la forma que los percibe y los siente el oído humano.

Dipl.-Ing. W. Kiene:

Geräuschmessungen an Ackerschleppern

Schlepperprüffeld Marburg des KTL

Im Rahmen der im vergangenen Jahr von der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft durchgeführten Kleinschlepper-Vergleichsprüfung wurden an den beteiligten sieben Maschinen Geräuschmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Messungen waren so beachtenswert, daß sie hier kurz mitgeteilt werden sollen, ohne damit weitergehenden Untersuchungen, die an anderer Stelle vorgenommen werden, vorgehen zu wollen. Diese Messungen, die das Schlepperprüffeld Marburg unter Mitwirkung von Dr. Schirmer, eines Angehörigen einer namhaften deutschen Filterfabrik, machte, waren die ersten, die im Rahmen einer Prüfung angestellt wurden. Da bisher für die Zwecke der Schlepperprüfung Erfahrungen auf diesem Gebiet völlig fehlen, können die Ergebnisse dieser Messungen keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Über den weiter unten beschriebenen Umfang der Messungen hinaus fehlen umfassende Untersuchungen bei Motordrehzahlen, die von den Grenzdrehzahlen abweichen, sowie bei unterschiedlichen Belastungen und anderen Mikrofonstandorten als den gewählten.

Tabelle 1 enthält eine kurze Beschreibung der Maschinen, die an der Prüfung beteiligt waren. An allen Maschinen wurden folgende Messungen bei Stillstand des Fahrzeugs, aber laufendem Motor durchgeführt:

- i. bei vollgespanntem Regler, also Höchstdrehzahl ohne Last,
- ii. bei entspanntem Regler, also Leerlaufdrehzahl ohne Last,
 - a) Mikrophon 10 cm neben dem Kopf des Fahrers, und zwar auf der Auspuffseite, falls dessen Austritt seitlich lag.
 - b) Mikrophon 7 m querab von Schleppermitte und 1,2 m über dem Boden. Da bei sonnigem Wetter leichter Wind herrschte, wurde das Mikrophon so aufgestellt, daß es in Lee lag, also nicht angeblasen wurde.

Der Schlepperstandort wurde so gewählt, daß keine Häuser, Bäume oder Sträucher in der Nähe lagen, die echo-bildend hätten wirken können; außerdem wurde darauf geachtet, daß kein Verkehrslärm stören konnte.

Tabelle 1: Kurzbeschreibung der an der Prüfung beteiligten Schlepper

Schlepper	Leistung	Drehzahl	Zylinderzahl	Arbeitsverfahren	Verbrennungsverfahren	Kühlung	Art des Kühlgebläses	Antrieb des Gebläses	Spülung	Symbol in den Abbildungen 3) — 6)
A	12	2000	1	4 t.	direkt	Luft	achsal	Keilriemen	—	=====
B	12	2200	1	4 t.	W. K.	Luft	radial	Zahnräder	—	=====
C	12	2200	1	2 t.	W. K.	Wasser	—	—	Umkehrspülung m. Roots-Gebläse	XXXXXXXX
D	13	2800	1	2 t.	direkt	Luft	radial	auf der K.-Welle	Umkehrspülung Kurbelkasten	oooooooo
E	14	1850	1	2 t.	direkt	Luft	achsal	Keilriemen	Kurbelkasten m. Auspuffventil
F	16	1500	1	4 t.	direkt	Luft	radial	Keilriemen	—	△△△△△
G	17	2000	2	4 t.	direkt	Luft	radial	i. Schwungrad	—	+++++++

Tabelle 2: Werte des Gesamtgeräuschpegels

Schlepper	I		II		III	
	a	b	a	b	a	
A	107	91,5	88	76	—	Alle Werte in dB. Die in der Tabelle angegebenen Werte dürfen nicht mit Phon gleichgesetzt werden.
B	103,5	94,3	86	77,5	104,5	
C	107	96,3	94	82	—	
D	103,5	91,5	90,5	83	104,5	
E	103	93,5	95,5	87	—	
F	100	88,5	81,5	70	100	
G	101,5	87,5	91,5	81	—	

III. Darüber hinaus wurden an den Maschinen B, D und F noch Messungen während der Fahrt durchgeführt, und zwar bei vollgespanntem Regler bergauf mit einem gebremsten Anhänger, so daß der Motor mit voller Drehzahl in einer nur wenig von der Vollast abweichenden Teillast lief, mit dem Mikrophon 10 cm neben dem Kopf des Fahrers, wie oben unter a) angegeben.

Die Messungen selbst wurden so durchgeführt, daß zunächst der Gesamtgeräuschpegel gemessen und anschließend eine Frequenzanalyse über den Bereich von 53 bis 9200 Hz in Oktavsprünge aufgenommen wurde. Die Aufnahme erfolgte als Schalldruck mit der Einheit Mikrobar (μb) im CGS-System. Der gemessene Schalldruck wurde dann in den entsprechenden Schalldruckpegel, dessen Einheit das Dezibel (dB) ist, umgerechnet. Der Schalldruckpegel ist hierbei der 20fache Logarithmus des Verhältnisses des gemessenen Schalldrucks zu einem Bezugsschalldruck, der nach DIN 1332 zu 2×10^{-4} Mikrobar festgestellt ist.

Man mag unterschiedlicher Auffassung sein, ob die Wahl der Maßeinheit richtig war, ob nicht eine Umrechnung in Phon oder auch in Sone besser gewesen wäre. Da es sich bei der vorliegenden Arbeit aber um eine Vergleichsprüfung und nicht um eine Grundlagenuntersuchung handelt, war die Wahl des Maßstabes von zweitrangiger Bedeutung, es mußte nur die Vergleichbarkeit gewahrt sein. Eine Verzerrung der Meßergebnisse gegenüber der Hörkurve des Normalohrs konnte unberücksichtigt bleiben.

Die Ergebnisse in der Tabelle 2 sind die bei den Messungen für die oben angeführten Variationen ermittelten Werte des Gesamtgeräuschpegels, während die Abbildungen 3 bis 6 die Frequenzanalysen darstellen. Zur Ergänzung des vorangegangenen Beitrags mögen die Abbildungen 1 und 2 dienen, die den Zusammenhang zwischen der Lautstärke und dem Schalldruck beziehungsweise der Lautstärke und der Lautheit zeigen.

Die Betrachtung der Zahlenwerte für den Gesamtgeräuschpegel und deren Vergleich mit den Kurven der Frequenzanalyse einerseits und der subjektiven Beurteilung andererseits zeigt, daß das Gesamtgeräusch keine brauchbare Grundlage für die Beurteilung bietet. So ist zum Beispiel nach I a) die Maschine B der Maschine D anscheinend gleichwertig, während nach der Frequenzanalyse und der subjektiven Beurteilung ein erheblicher Unterschied zwischen beiden besteht. Ferner sind wieder nach I a) die Maschinen A und F anscheinend sehr stark unterschiedlich, wobei die Maschine A wegen ihres hohen Gesamtgeräuschpegels mit 107 dB ausgesprochen laut sein müßte. Tatsächlich werden beide Maschinen von den Fahrern subjektiv als gleich erträglich im Geräusch beurteilt. Aus den Meßwerten läßt sich demnach kein Schluß auf die Frequenzlage des Geräusches ziehen, eine Beurteilung nach dem Gesamtgeräusch ist daher nicht möglich.

Erst die Frequenzanalyse in der vergleichenden Betrachtung bei verschiedenen Drehzahlen und Lastzuständen und bei verschiedenen Mikrophonstandorten erlaubt, Schlüsse auf die Erträglichkeit des Geräusches einer Maschine zu ziehen, genau so wie es auch nur möglich ist, die Wirtschaftlichkeit

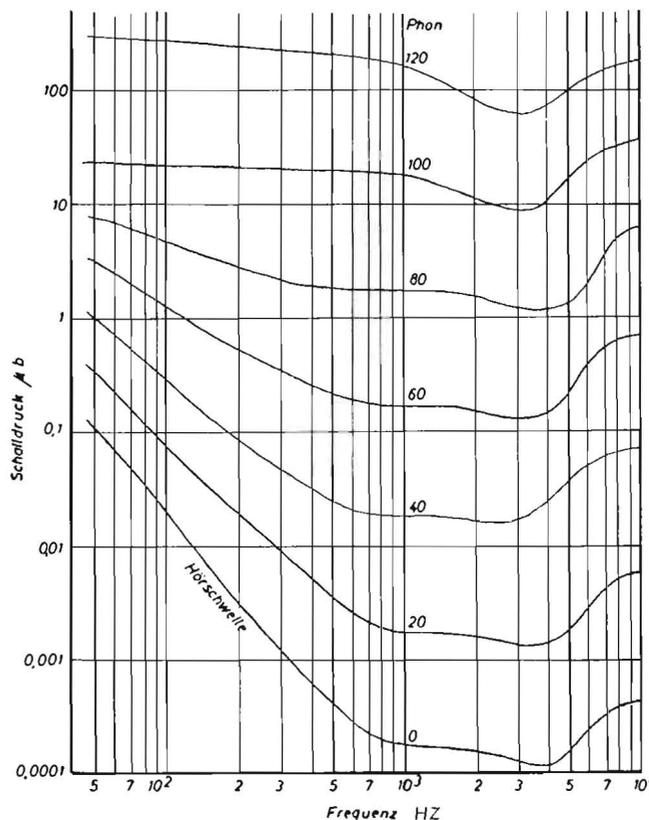


Abb. 1: Zusammenhang zwischen Lautstärke in Phon und Schalldruck in $\mu\text{-bar}$, Linien gleicher Lautstärke (entnommen aus: Bussien, Automobiltechnisches Handbuch Bd. 1, S. 284)

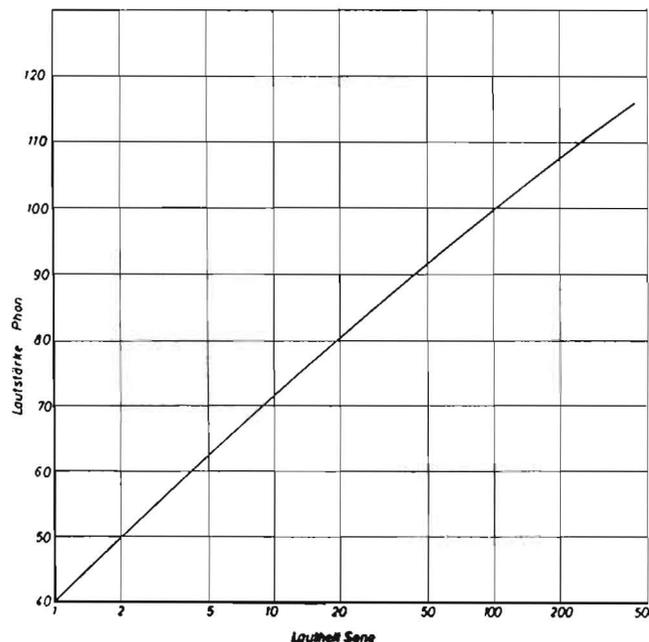


Abb. 2: Zusammenhang zwischen Lautstärke in Phon und Lautheit in Sone (entnommen aus: Bussien, Automobiltechnisches Handbuch Bd. 1, S. 284)

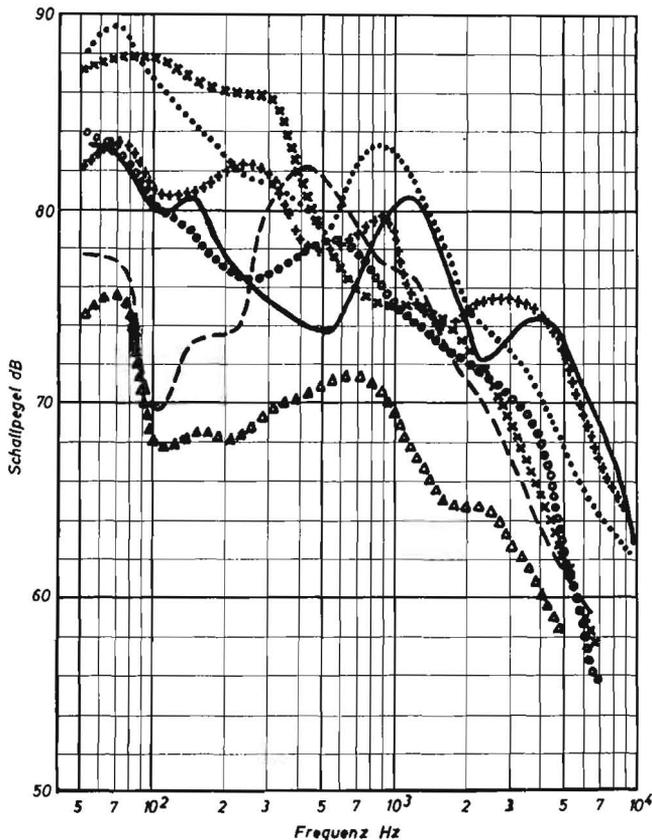


Abb. 3: Schallpegelkurven bei Leerlauf des Motors
Mikrofon 10 cm neben dem Ohr des Fahrers

eines Motors nach der Angabe des Verbrauchs im gesamten Drehzahl- und Lastbereich zu beurteilen.

Aus den Abbildungen 3 bis 6 sind die Geräuschpegelkurven der Maschine B nochmals herausgezogen und in Abbildung 7 gemeinsam dargestellt, um daran zu zeigen, wie sich der Schalldruckpegel der einzelnen Frequenzen je nach dem

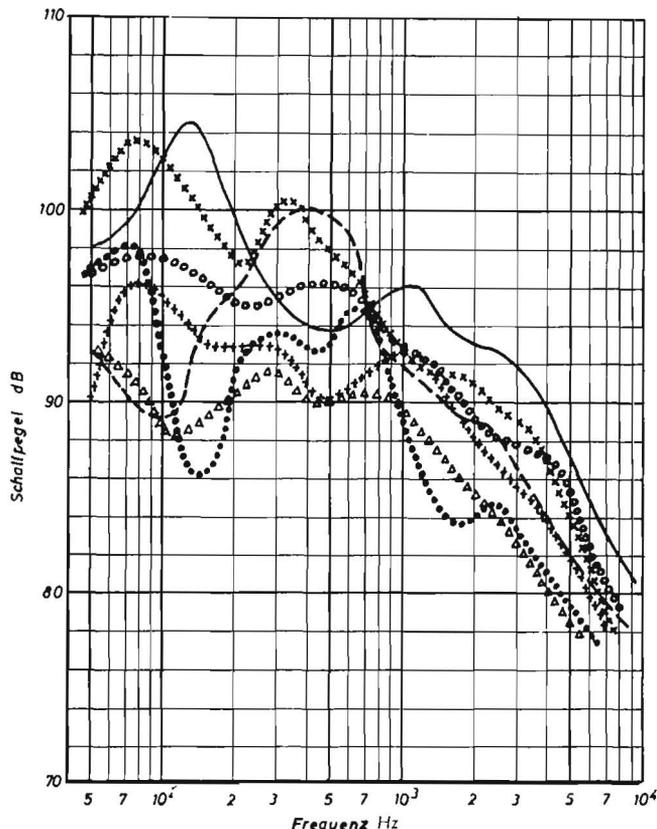


Abb. 4: Schallpegelkurven bei Höchstzahl des Motors ohne Last
Mikrofon 10 cm neben dem Ohr des Fahrers

Standort des Mikrophons verschieben kann und wie dabei bestimmte Frequenzen herauskommen und hörbar werden können, die bei einem anderen Mikrophonstandort unterdrückt sind. Die Kurven in Abbildung 7 bedeuten:

- a) bei Höchstzahl ohne Last, Mikrofon 10 cm neben dem Ohr des Fahrers,
- b) bei Leerlauf, Mikrofon 10 cm neben dem Ohr des Fahrers,
- c) bei Höchstzahl ohne Last, 7 m querab von Schleppermitte, 1,20 m hoch,
- d) bei Leerlauf, Mikrofon 7 m querab von Schleppermitte, 1,20 m hoch.

Abbildung 8 zeigt in einer Gegenüberstellung die Maschine D in ihrer jetzigen Ausführung, nachdem eine Weiterentwicklung des Auspuff- und des Ansaugeräuschschalldämpfers vor Beginn der Prüfung durchgeführt wurde, zu dem Zustand vor ihrer Änderung. Dieses Bild zeigt deutlich, wie die tiefen Frequenzen zwischen 50 und 230 Hz, die hauptsächlich das Ansaugeräusch bilden, und die hohen zwischen 600 und 3000 Hz, die unter anderem vom Auspuffschall herrühren, weitgehend abgedämpft werden konnten. Trotz dieser entscheidenden Verbesserung wird der Ton dieser Maschine immer noch als unangenehm empfunden, weil die hohen Frequenzen immer noch einen verhältnismäßig hoch liegenden Schalldruckpegel haben.

Abbildung 9 zeigt eine Gegenüberstellung der Schalldruckpegellinien, die an der Maschine F bei belasteter Fahrt und bei Standlauf des Motors bei Höchstzahl ohne Last gewonnen wurden. Man sieht die fast völlige Übereinstimmung und die nur geringen Abweichungen bei Frequenzen bis zu 1000 Hz. Ein Unterschied von 1 dB im Schalldruckpegel ist vom menschlichen Ohr nicht unterscheidbar, ein solcher von 2 dB kann nur von Menschen mit gutem Gehör und 3 dB Unterschied kann erst allgemein von allen festgestellt werden. Nur bei Frequenzen über 1000 Hz treten bei dieser Maschine Unterschiede von 3 dB im Verlauf der beiden Kurven auf, wobei auffallend ist, daß bei Lastfahrt niedrigere Schalldruckpegelwerte erreicht werden. Dies ist speziell bei dieser Maschine darauf zurückzuführen, daß bei Höchstzahl ohne Last die Motorhaube in ein Resonanzgebiet kommt und anfängt zu klirren, während die Drehzahlermäßigung bei Last um ca. 100 U/min, die vom Regler bewirkt wird, ausreichte, um das Resonanzgebiet wieder zu verlassen und das Klirren der Motorhaube zum Verschwinden zu bringen. Von den sieben Maschinen wurde diese Maschine F von den Fahrern subjektiv als die angenehmste beurteilt, obwohl dieses Klirren der Motorhaube bei Standlauf mit Höchstzahl als recht störend empfunden wird.

Da der Kurvenverlauf bei den Maschinen B und D, bei denen ebenfalls Messungen des Schalldruckpegels bei Lastfahrt gemacht wurden, auch eine weitgehende Übereinstimmung mit dem bei Standlauf mit Höchstzahl ohne Last zeigt, wurde im Rahmen dieser Prüfung auf weitere Messungen unter Belastung auch bei den vier anderen Maschinen verzichtet. Es ist aber durchaus nicht gesagt, daß diese Übereinstimmung bei jeder Maschine eintreten muß.

Unter Hinweis auf dieses Beispiel der Maschine F darf hier eingeschaltet werden, daß die Kurven nicht die Frequenzanalyse der Motoren allein wiedergaben, obwohl die Fahrzeuge stillstanden. Es waren selbstverständlich alle Anbauteile, die durch den laufenden Motor zu Schwingungen angeregt wurden, an der Geräuschbildung beteiligt. Dies trifft in erster Linie für Blechteile der Karosserie zu, wie Hauben und Kotflügel, aber auch für andere Teile, zum Beispiel die Gestänge für Drehzahlverstellung und die Bremsen. Die Kurven zeigen keine optimalen Verhältnisse, wie sie an fabrikanneuen Maschinen unter laboratoriumsmäßigen Bedingungen festgestellt werden, weil es sich bei den untersuchten Maschinen um solche handelt, die durchweg ein Jahr, teilweise länger, im praktischen Betrieb gelaufen waren.

Schließlich muß noch darauf hingewiesen werden, daß bei allen Maschinen der Schalldruckpegel am Ohr des Fahrers um mindestens 9 dB und bis zu 15,5 dB höher lag als 7 m

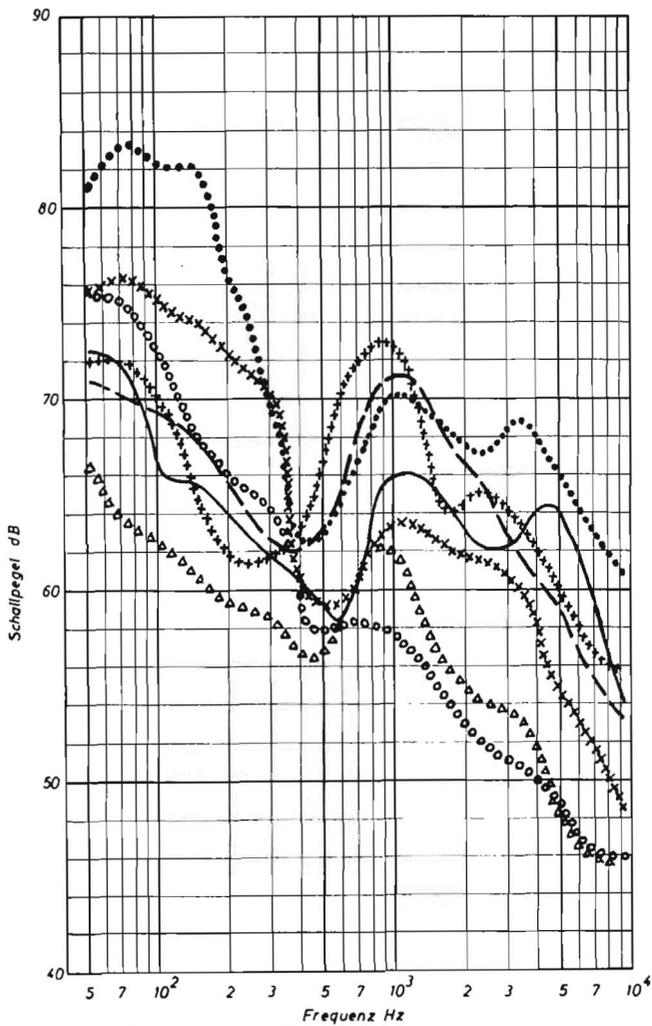


Abb. 5: Schallpegelkurven bei Leerlauf des Motors
Mikrofon 7 m querab von Schleppermitte, 1,20 m hoch

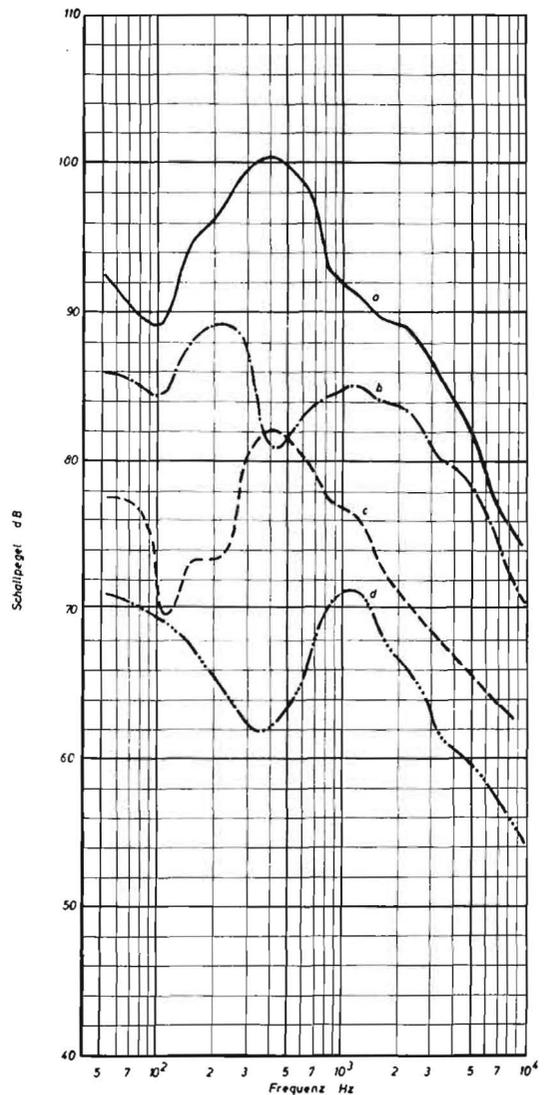


Abb. 7: Schallpegelkurven der Maschine B bei verschiedenen Motordrehzahlen und Mikrofonstandorten (Erläuterung im Text)

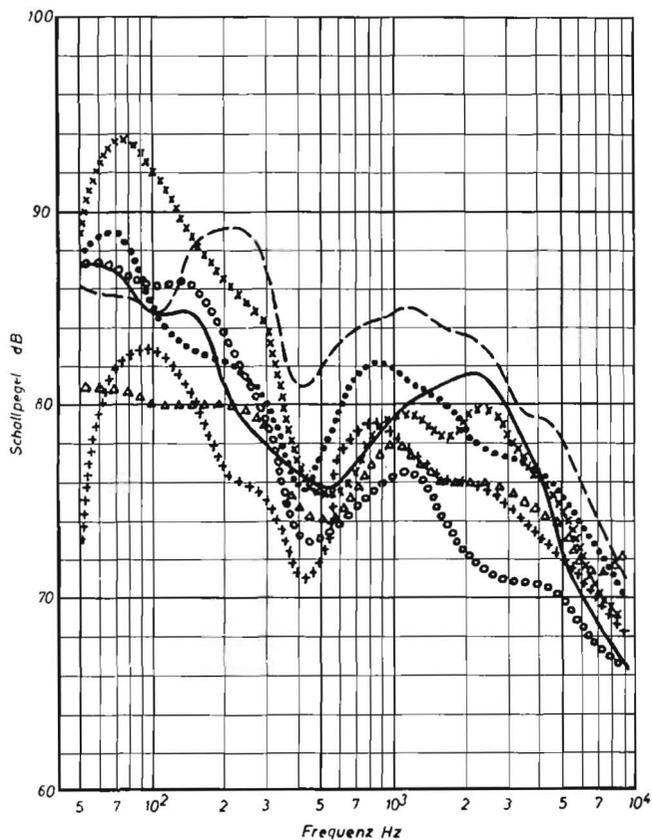


Abb. 6: Schallpegelkurven bei Höchstdrehzahl des Motors ohne Last
Mikrofon 7 m querab von Schleppermitte, 1,20 m hoch

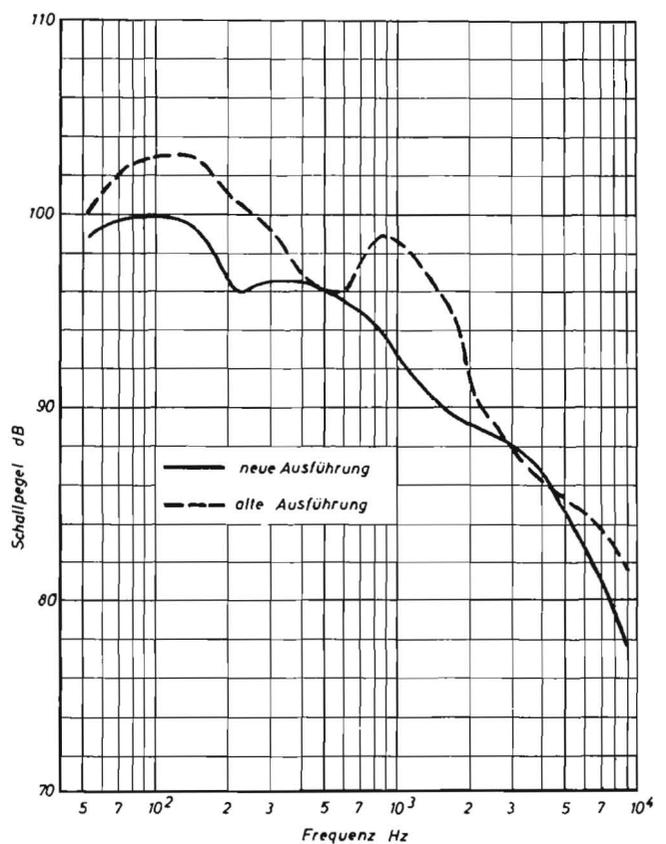


Abb. 8: Schallpegelkurven der Maschine D bei Höchstdrehzahl des Motors ohne Last mit zwei verschiedenen Ansaug- und Auspuffschalldämpfern — Mikrofon 10 cm neben dem Ohr des Fahrers

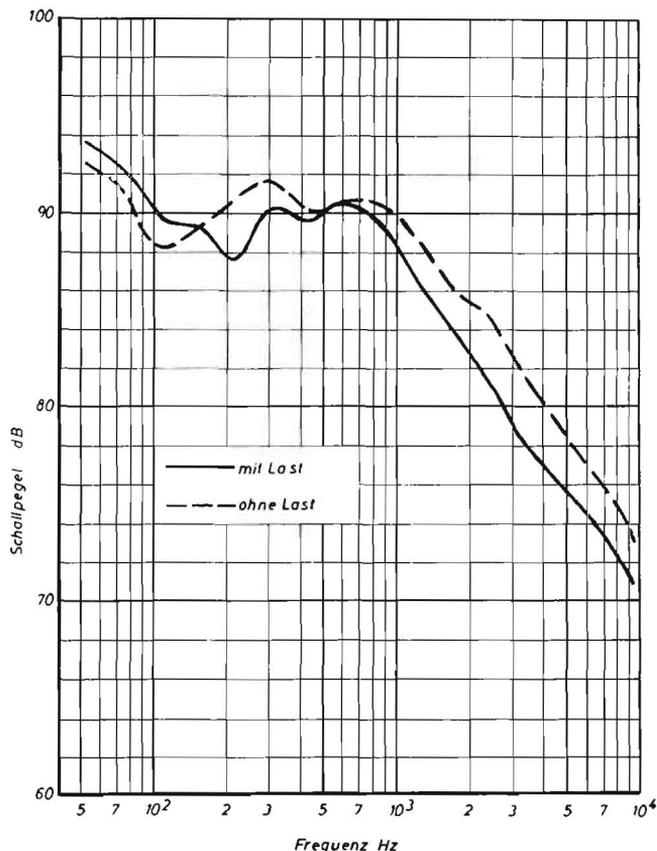


Abb. 9: Schallpegelkurven der Maschine F bei Höchstdrehzahl des Motors mit und ohne Last
Mikrofon 10 cm neben dem Ohr des Fahrers

querab vom Schlepper. Es ist daher keineswegs ausreichend, wenn der Gesamtgeräuschpegel das vom Gesetzgeber zugelassene Maß nicht überschreitet, es muß darüber hinaus von den Schlepperfirmen gefordert werden, daß sie ihre Aufmerksamkeit in der Geräuschbekämpfung auf die Herabsetzung

des Geräuschpegels am Ohr des Fahrers richten. Wenn man dabei bedenkt, daß schon der Gewinn von 4 bis 5 dB einen technischen Aufwand rechtfertigt, so zeigt dies, welche Aufgabe die Motorenhersteller auf diesem Gebiet noch zu bewältigen haben.

Dieser erste Versuch, Geräuschmessungen im Rahmen einer Schleppervergleichsprüfung durchzuführen, war für das Schlepperprüffeld ein Schritt in technisches Neuland. Der Weg mußte beschritten und soll auch weitergegangen werden. Das Ziel dabei ist auf der einen Seite, in Zusammenarbeit mit der Forschung und der Industrie Prüfmethode auszuarbeiten, die eine objektive Urteilsfindung erlauben, auf der anderen Seite das Interesse der Schlepper- und Motorenindustrie an dem Problem der Geräuschbekämpfung zu wecken und zu erhalten und dadurch auf die Entwicklung geräuscharmer Typen Einfluß zu nehmen. Es ist dabei selbstverständlich, daß es nicht Aufgabe solcher im Rahmen weiterer DLG-Vergleichsprüfungen oder vielleicht auch später einmal des Marburg-Tests durchzuführenden Untersuchungen sein kann und darf, Forschung zu treiben, sondern nur die Bestehendes festzustellen, durch Zahlen zu belegen und so durch einfache Gegenüberstellung der Ergebnisse deren Diskussion anzuregen und dadurch dem Fortschritt zu dienen. In diesem Sinne soll auch dieser Beitrag verstanden sein.

Zusammenfassung

Es wird über Lautstärkemessungen berichtet, die im Rahmen der Kleinschlepper-Vergleichsprüfung 1955/56 an sieben Maschinen durchgeführt wurden und die gemessenen Werte mitgeteilt. Es wird festgestellt, daß die Messung des Gesamtgeräusches keine Möglichkeit bietet, Maschinen miteinander zu vergleichen, daß dies vielmehr nur über die Aufnahme einer Geräuschanalyse bei verschiedenen Betriebszuständen geschehen kann. Die Meßergebnisse werden nicht kritisch betrachtet, vielmehr zur Diskussion gestellt.

Schrifttum:

- [1] Bussien: Automobiltechnisches Handbuch, 17. Auflage, und das dort verzeichnete Schrifttum.
- [2] Meyer: Entwicklungsrichtlinien im Ackerschlepperbau. Vortrag auf der Konstrukteurtagung in Braunschweig-Völkenrode. Frühjahr 1956.

Résumé:

Dipl.-Ing. W. Kiene: „Geräuschmessungen an Ackerschleppern.“

Die Geräusche wurden mit einem Mikrofon aufgenommen bei Stillstand des Fahrzeugs mit Höchstdrehzahl und Leerlaufdrehzahl des Motors ohne Last 10 cm neben dem Kopf des Fahrers, außerdem in einem Abstand 7 m querab von Schleppermitte und schließlich am fahrenden Schlepper, der einen schweren Anhänger bergauf zog, mit voller Drehzahl unter Last mit dem Mikrofon 10 cm neben dem Kopf des Fahrers. Das festgestellte Gesamtgeräusch bietet keine Beurteilungsgrundlage, wohl aber der Vergleich der Frequenzanalysen bei verschiedenen Drehzahlen, Motorbelastungen und Mikrofon-Standorten. In einigen Abbildungen sind die aufgenommenen Kurven dargestellt, aus denen beispielsweise die erfolgreiche Dämpfung von Ansaugergeräusch und Auspuffgeräusch zu erkennen ist. Schwingungen von Blechteilen können ebenfalls sehr unangenehme Geräusche hervorrufen. Der gesetzlich vorgeschriebene, höchstzulässige Gesamtgeräuschpegel 7 m querab vom Schlepper allein reicht nicht aus, vielmehr muß der Geräuschpegel am Ohr des Fahrers herabgesetzt werden. Die Veröffentlichung soll ein Beitrag zur Anregung weiterer und umfangreicher Untersuchungen sein.

Dipl. Ing. W. Kiene: "Results of Noise Measurements made with various Types of Agricultural Tractors."

The noises were recorded by means of a microphone with the tractor stationary and the engine running at maximum r.p.m. and when idling. The microphone was placed at a distance of 10 cm. from the driver's head and also at a distance of 7 metres at right angles to the centre-line of the tractor. Finally, the noise emitted by a tractor hauling a fully laden trailer at maximum r.p.m. up an incline was recorded by a microphone placed at a distance of 10 cm. from the driver's head. The total noise recorded did not offer any possibilities of arriving at any evaluation, but it was possible to compare the frequency analyses at various r.p.m., varying loads and different locations of the microphone. The curves recorded are shown in a number of illustrations, from which it will be seen that the damping of the noise at the air intake and at the exhaust was successful. Vibration of the metal casing of a tractor can also cause unpleasant noises. The maximum legal noise level at a distance of 7 metres at right-angles to the tractor is in itself not sufficient. On the contrary, it is very necessary that the noise level at the driver's ear should be reduced considerably. The article is intended to provide some incentive to further and more comprehensive research in this field.

Dipl.-Ing. W. Kiene:

«Résultats des mesures de bruits effectuées sur quelques tracteurs agricoles.»

Les bruits sont détectés successivement dans les conditions suivantes: Le véhicule est arrêté et le moteur non chargé tourne d'abord au régime maximum et ensuite au ralenti, tandis qu'un microphone est placé à 10 cm de la tête du conducteur et puis à une distance de 7 m du milieu du tracteur. Ensuite, le tracteur gravit une côte et traîne une remorque lourde, le moteur tournant au régime maximum et le microphone étant placé à 10 cm de la tête du conducteur. Le bruit total détecté n'offre aucune base d'appréciation, mais seule la comparaison des courbes de fréquence enregistrées lors des essais dans des conditions différentes de nombres de tours, charges du moteur et emplacements du microphone permet d'en tirer des conclusions. On a reproduit les courbes enregistrées qui permettent de reconnaître les affaiblissements des bruits d'admission et d'échappement obtenus. Les vibrations de pièces en tôle peuvent également produire des bruits très désagréables. La détection du bruit à 7 m du tracteur, comme il est prescrit par la législation, ne donne pas un résultat satisfaisant. Il faut essayer de réduire le bruit près de l'oreille du conducteur. L'exposé veut inciter à entreprendre d'autres essais plus élargis.

Ing. dipl. W. Kiene: «Resultado de mediciones del ruido producido por tractores agrícolas.»

Los ruidos se captaron estando el vehículo parado, con número de revoluciones máximo y con número de revoluciones de marcha en vacío del motor, sin carga, con un micrófono colocado a 10 cm de la cabeza del conductor, además a 7 metros de distancia lateral del centro del motor, y para terminar, con el vehículo en marcha cuesta arriba con remolque pesado y con el número de revoluciones máximo baja carga, con el micrófono a 10 cm de la cabeza del conductor. El ruido total no suministra base alguna para la apreciación, pero sí lo hace la comparación de los análisis de frecuencia con número de revoluciones, carga y posición del micrófono distintos. Algunos grabados presentan las curvas que p. e. dan a conocer el resultado favorable de la amortiguación del ruido de aspiración y del número de escapes. Las oscilaciones de las piezas de chapa también pueden causar ruidos muy desagradables. El nivel máximo de ruidos legalmente permitido a 7 m de distancia al lado del tractor, por sí sólo no es satisfactorio, sino que debe reducirse el nivel de ruidos cerca del cido del conductor. El objeto de la publicación es el de estimular nuevas investigaciones sobre una base más amplia.