

# Stand und Entwicklung der Lärmbelastung von Schlepper- und Mähdrescherfahrern

Von Ernst Witte, Braunschweig-Völkenrode\*)

Mitteilung aus dem Institut für landtechnische Grundlagenforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode

DK 631.372:631.354.2:628.517.2:34

Zu Beginn der Mechanisierung der Landwirtschaft fand der Lärm wenig Beachtung. Als Folge einer beängstigend anwachsenden Zahl von Lärmerkrankungen und geänderter Anforderungen an die Qualität des Arbeitsplatzes kommt jedoch heute der Lärmbekämpfung eine große Bedeutung zu.

Im Rahmen von Arbeiten zum Arbeitsschutz führt das Institut umfangreiche Messungen zur Bestimmung der Dauerbelastung durch Lärm an Arbeitsplätzen in der Landwirtschaft durch. Diese Messungen erfassen neben dem Arbeitsplatz von selbstfahrenden Mähdreschern insbesondere den Schlepperfahrerplatz, der für einen wesentlichen Zeitanteil den Arbeitsplatz des Landwirtes darstellt, und dienen der Analyse der Lärmsituation wie auch der Dokumentation der mit den Neukonstruktionen erreichten Fortschritte.

## 1. Einleitung

Zu Beginn der Mechanisierung wurde dem Lärm, wie auch anderen schädigenden Nebenwirkungen wenig Bedeutung zugemessen. Im Gegenteil, eine lärmende Maschine schien eine positive psychische Wirkung auszuüben. Der Lärm war eine Gegebenheit, die man hinnehmen mußte, und die Gefährdung des Hörvermögens wurde als ein in Kauf zu nehmendes Arbeitsrisiko betrachtet.

In einer Zeit, in der die Lärmerkrankungen geradezu beängstigend anwachsen und die Summe aller übrigen Berufskrankheiten, gemessen an den Rentenfällen, bereits überflügelt haben, kann diese Ansicht nicht mehr geteilt werden. Nicht zuletzt auch durch den Wandel der gesellschaftlichen Normen hinsichtlich der an einen Arbeitsplatz zu stellenden Anforderungen, kommt der Lärmbekämpfung und der Gehörhygiene heute eine außergewöhnlich große Bedeutung zu.

Deshalb wurden in Fortführung der Arbeiten des Instituts für landtechnische Grundlagenforschung über die an Arbeitsplätzen in der landwirtschaftlichen Produktion durch Umwelteinflüsse auftretenden Belastungen [1] umfangreiche Messungen zur Bestimmung der Dauerbelastung durch Lärm durchgeführt. Neben dem Fahrerplatz von selbstfahrenden Mähdreschern wurde insbesondere dem Schlepperfahrerplatz Beachtung geschenkt, der innerhalb der landwirtschaftlichen Produktion eine Schlüsselstellung einnimmt.

\*) Dr.-Ing. E. Witte ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für landtechnische Grundlagenforschung (Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. Batel) der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist eine Analyse der Lärmsituation an den genannten Arbeitsplätzen und darüber hinaus eine Antwort auf die Frage, inwieweit neu auf den Markt gelangende Schlepper und Mähdrescher die an sie geknüpften Erwartungen hinsichtlich einer geringeren Lärmbelastung bei praktischem Einsatz erfüllen. In diesem Zusammenhang dokumentieren die Meßergebnisse den zwischenzeitlich erreichten technischen Fortschritt.

## 2. Geräuschmessung und -bewertung

Das in Bild 1 [2] dargestellte Blockschaltbild vermittelt eine prinzipielle Übersicht über die Funktionsweise des menschlichen Gehörs.

Hinsichtlich seiner Funktion läßt sich das Gehör in drei Bereiche einteilen: in den mechanischen Bereich von Außen- und Mittelohr, in den mechanisch-nervösen Umsetzungsbereich der auf der Basilarmembran des Innenohres angeordneten Haarzellen und in den von der Hörbahn gebildeten nervösen Bereich.

Ein durch Luftdruckschwankungen gebildetes Schallfeld wird vom Gehör wahrgenommen, wenn sich die Frequenz der Druckänderungen zwischen rund 16 und 16000 Hz bewegt und der Effektivwert der Amplitude etwa  $10^{-5}$  bis  $10^2$  N/m<sup>2</sup> beträgt. Die zwei wichtigsten dabei vom Gehör vermittelten, nicht voneinander unabhängigen Empfindungsgrößen sind die als Tonhöhe wahrgenommene Frequenz und die als Lautstärke wahrgenommene Amplitude der Druckschwankungen der Luft.

Aus dem Bedürfnis, den sieben Zehnerpotenzen umfassenden Bereich für den Effektivwert der vom Gehör wahrnehmbaren Druckänderungen in einer handlichen Skala unterzubringen, ergab sich die Grundgröße der Schallmeßtechnik, der Schalldruckpegel mit der Zähleneinheit Dezibel als der zwanzigfache logarithmische Verhältniswert des jeweiligen Schalldruckes zu einem Bezugsschalldruck.

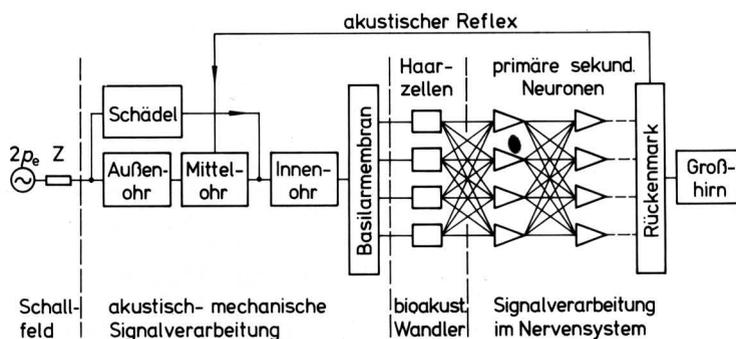


Bild 1. Blockschaltbild der Signalverarbeitung im menschlichen Gehör [2].

Der gewählte Bezugsschalldruck entspricht dem Schalldruck an der Wahrnehmungsschwelle des Gehörs bei 1000 Hz und beträgt  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$ .

Eine Grundaufgabe der Geräuschbewertung ist die zahlenmäßige Erfassung der Lautstärkeempfindung. Dies gelingt durch den subjektiven Vergleich mit einem Bezugsschall, dessen Frequenz nach Vereinbarung 1000 Hz beträgt. Der Schalldruckpegel des Bezugsschalls wird dabei so eingestellt, daß er gleich laut empfunden wird wie der nach seiner Lautstärke zu bewertende Schall. Der Schalldruckpegel des gleich lauten Normaltones dient als Maß für die Lautstärke des zu messenden Geräusches, und die Zähleinheit wird als phon bezeichnet.

Der Zusammenhang zwischen empfundener Lautstärke und Schalldruckpegeln wurde für sinusförmige Einzeltöne aus Untersuchungen mit einer sehr großen Anzahl normalhörender Versuchspersonen bestimmt und als Kurven gleicher Lautstärke dargestellt. Statt Kurven gleicher Lautstärke sind in Bild 2 die dazu inversen Kurven gleichen Schalldruckpegels eingetragen. In dieser Darstellungsform beschreiben sie den Frequenzgang der Lautstärkeempfindung des menschlichen Gehörs.

Lautstärkemessungen durch subjektiven Vergleich mit einem 1000 Hz Bezugston haben für die Praxis der Lärmbekämpfung wegen des für ihre Verwirklichung zu treibenden meßtechnischen Aufwandes keine Bedeutung, zumal die Lautstärke hier ohnehin nur mittelbar interessiert. Dem Verlangen der Praxis nach vereinfachten Verfahren, bei denen bewußt darauf verzichtet wird, die Lautstärke genau zu bestimmen, entspricht die Ermittlung eines frequenzbewerteten Schalldruckpegels.

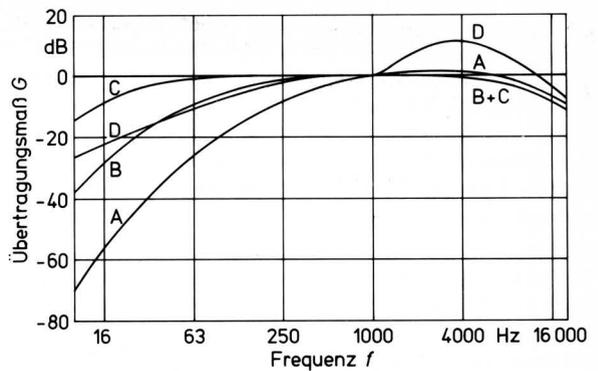


Bild 3. Normierte Frequenzbewertungskurven für Schalldruckmessungen [3].

Einem ähnlichen Kompromiß entspricht die Bildung eines Mittelungspegels als Maß für die Lärmbelastung bei zeitlich sich ändernden Pegelwerten. Wie in Tafel 1 dargestellt, wird der Mittelungspegel im Prinzip so gebildet, daß die Momentanwerte für den Schalldruck zunächst über der Zeit integriert bzw. summiert werden. Das Integral bzw. die Summe wird dann durch die Meßdauer dividiert, um so zu dem angestrebten Mittelwert zu gelangen.

Es ist auf die Dauer unbefriedigend, daß nebeneinander drei verschiedene Möglichkeiten zur Bestimmung des Mittelungspegels zur Wahl stehen. Inzwischen brachte aber die DIN 45 645 [4] durch Einführung eines Impulszuschlages eine gewisse Vereinheitlichung.

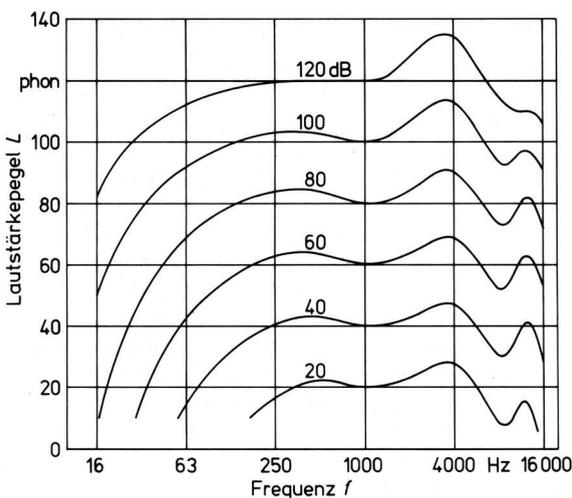


Bild 2. Hörempfindlichkeit für reine Töne gleichen Schalldruckpegels.

Zeitbewertung (Anzeigedynamik)	Frequenzbewertung	Schallpegelmittelung	Benennung der Mittelungspegel
Fast oder Slow			Energieäquivalenter Dauerschallpegel $L_{eq}$
Impuls	A		Mittelungspegel $L_m$
Fast mit Takt-Maximalbewertung			Beurteilungspegel $L_r$

Tafel 1. Verschiedene Möglichkeiten zur Bestimmung des Mittelungspegels.

In Bild 3 sind die verschiedenen international genormten Frequenzbewertungskurven für Schalldruckmessungen dargestellt [3]. Den Sinn der Bewertungskurven erkennt man, wenn man sie mit den in Bild 2 dargestellten, für das Lautstärkeempfinden gültigen Kurven gleichen Schalldruckpegels vergleicht. Während zunächst für verschiedene Pegelbereiche unterschiedliche Kurven vorgesehen waren, wird in der Zwischenzeit unabhängig von der Größe des zu erwartenden Pegelwertes die ursprünglich nur für niedere Werte vorgesehene Filterkurve A für Lärmmessungen eingesetzt. Das ist deshalb gerechtfertigt, weil für die Lautstärke und für nahezu alle anderen wichtigen Lärmwirkungen die Tendenz gilt, daß tiefere Frequenzanteile weniger wirksam sind als hohe.

Für den Arbeitsbereich ist jedoch bevorzugt der mit der Anzeigedynamik Impuls ermittelte Mittelungspegel zu verwenden [5]. Damit werden zum einen sehr schnelle Pegelanstiege genauer erfaßt, und zum anderen erfolgt wegen der langen Abklingzeit eine bessere Anpassung an die Erregungskurve des Gehörs.

Die besondere Gefährdung des Gehörs durch Impulslärm mit hohen Pegelwerten besteht darin, daß, vor allem wenn die Impulse in langsamer Folge auftreten, jeder Impuls auf das unvorbereitete Ohr trifft und in voller Höhe ins Innenohr gelangt, bevor der akustische Reflex die Gehörknöchelkette verspannt und dadurch das Innenohr in gewissem Umfang schützt.

Mit dem unter Verwendung der Filterkurve A und der Anzeigedynamik Impuls bestimmten Mittelungspegel steht ein brauchbares und bewährtes Grundmaß für die Lärmbelastung am Arbeitsplatz zur Verfügung.

Für die Beurteilung des Arbeitslärms ist diese Meßgröße mit den verschiedenen Lärmwirkungen und den vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Grenzwerten in Verbindung zu bringen [6, 7]. Die für den Lärmschutz am Arbeitsplatz bedeutungsvollste und in ihren Auswirkungen am weitreichendsten Auswirkung des Lärms ist die Schädigung bzw. Zerstörung der Hörsinneszellen des Innenohrs, was über die Lärmschwerhörigkeit bis zur völligen Taubheit der Betroffenen führen kann.

Der als Grenze für gehörschädigenden Lärm geltende Richtwert von 90 dB(A) ist umstritten, er ist aus überwiegend pragmatischen Gesichtspunkten gewählt worden. Einschlägige Normen [8] gehen davon aus, daß das Nullrisiko für einen lärmbedingten Gehörschaden bei einem auf eine 40-stündige Arbeitswoche bezogenen Mittelungspegel von 80 dB(A) liegt. Auf jeden Fall ist es aber unzulässig anzunehmen, unterhalb 90 dB(A) könne kein lärmbedingter Gehörschaden auftreten. Noch völlig ungeklärt ist ferner, ob Arbeitslärm von 90 dB(A) und mehr neben dem Gehörschadenrisiko für den Betroffenen weitere gesundheitsschädigende Auswirkungen haben kann.

Eine andere wichtige Frage ist die Beeinflussung der Arbeitsleistung durch Lärm. In zahlreichen Untersuchungen [6, 7] über die Beeinträchtigung von Leistungen, die keine besonderen Anforderungen an das Gehör stellen, konnte festgestellt werden, daß Lärm zunächst in einem bestimmten Maß aktivieren kann, bei weiterem Pegelanstieg nimmt die Leistung dann jedoch ab. Interessante Erkenntnisse hierzu werden von den in der FAL inzwischen angelaufenen Untersuchungen mit dem Arbeitsplatzbelastungssimulator erwartet.

### 3. Vorschriften zum Lärmschutz

Das alarmierende Ausmaß der durch Lärm am Arbeitsplatz verursachten Gehörschäden, aber auch die zunehmende Bedeutung, die dem Lärm in allen anderen Bereichen unseres Lebens zugemessen wird, bewirkte, daß eine Vielzahl neuer Vorschriften zum Schutz vor Lärm herausgegeben wurden [9, 10].

Eine Übersicht über die wichtigsten Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und Normen zum Lärmschutz zeigt Tafel 2. Grundsätzlich kann die Lärmschutzgesetzgebung, wie im Kopf der Tafel 2 dargestellt, vier verschiedenen Bereichen zugeordnet werden. Den Lärmschutz am Arbeitsplatz betreffen die beiden links aufgeführten Bereiche, wobei in der äußeren linken Spalte der unmittelbar den Arbeitsplatz betreffende Gesetzgebungsbereich aufgeführt ist.

Hier ist als erstes die *Gewerbeordnung (GewO)* in der Fassung vom 5.7.1976 zu erwähnen, in der ganz allgemein Rahmenbedingungen für den Schutz gegen Gefahren für Leben und Gesundheit der Beschäftigten festgelegt werden.

Als die beiden ersten, speziell dem Lärmschutz am Arbeitsplatz gewidmeten Vorschriften sind dann die Arbeitsplatzlärmschutzrichtlinie des Bundesministeriums für Arbeit und Sozialordnung (BMA) vom 10.11.1970, die sich inhaltlich mit der *VDI-Richtlinie 2058, Blatt 2: Beurteilung von Arbeitslärm am Arbeitsplatz hinsichtlich Gehörschäden*, Oktober 1970, deckt, und die vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften herausgegebene *Unfallverhütungsvorschrift Lärm (UVV Lärm)* vom 1.12.1974, zu nennen. Beide Vorschriften enthalten umfassende Regelungen zum Schutz vor Lärm am Arbeitsplatz. Zur Vermeidung lärmbedingter Gehörschäden und Unfallgefahren wird gefordert, daß der Beurteilungspegel während eines achtstündigen Arbeitstages 90 dB(A) nicht überschreiten darf.

Die am 1.5.1976 in Kraft getretene *Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)* des BMA behandelt diese beiden Gefahrenpunkte sachlich übereinstimmend, geht aber noch einen Schritt weiter durch Einbeziehung auch möglicher lärmbedingter Gesundheitsschäden psychischer und physischer Art. Das kommt dadurch zum Ausdruck, daß hier bestimmten Tätigkeiten unterschiedlich hohe Grenzwerte für den Beurteilungspegel zugeordnet werden. Bemerkenswert ist, daß der höchste als zulässig erachtete Grenzwert mit 85 dB(A) angegeben wird. Wenn die Grenzwerte bei den betrieblich möglichen Lärminderungsmaßnahmen jedoch nicht eingehalten werden können, dürfen die zulässigen Beurteilungspegel um bis zu 5 dB(A) überschritten werden, so daß sich in diesem Fall auch wiederum als oberste Grenze ein Wert von 90 dB(A) ergibt.

Speziell für den Bereich der Landwirtschaft zugeschnitten sind die der UVV Lärm entsprechenden *Richtlinien zur Lärminderung am Arbeitsplatz in der Land- und Forstwirtschaft* des Bundesverbandes der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften (BLB) vom 1.7.1976. Diese Richtlinien fordern, daß am Arbeitsplatz in der Land- und Forstwirtschaft Lärm, der das Gehör schädigt oder zu lärmbedingten Unfallgefahren führt, zu vermeiden ist. Wenn trotz Lärminderungsmaßnahmen ein Beurteilungspegel über 90 dB(A) nicht vermeidbar ist, wird wie in der UVV Lärm die Benutzung von persönlichen Schallschutzmitteln vorgeschrieben. Ob die Forderungen bezüglich der Lärminderung erfüllt sind, ist im einzelnen z.B. anhand *Besonderer Grundsätze für die Beurteilung des Lärms am Ohr des Führers von Ackerschleppern und selbstfahrenden Mähreschern* des BLB vom 20.6.1974 festzustellen.

Lärmschutzgesetzgebung			
Arbeitsplatz		Nachbarschaft	Allgemeinheit
Gewerbebetrieb	technische Arbeitsmittel	gewerbliche Anlagen	Alltagslärm – Verkehrslärm
Gewerbeordnung (GewO) VDI-Richtlinie 2058, Bl. 2, Beurteilung von Arbeitslärm	Gesetz über technische Arbeitsmittel (GtA)	Bundesimmissionsschutz- gesetz (BImSchG)	Gesetze über die öffentliche Sicherheit und Ordnung
Unfallverhütungsvorschrift Lärm (UVV Lärm)	DIN 31000, Sicherheits- gerechtes Gestalten tech- nischer Erzeugnisse	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm)	Straßenverkehrsgesetz (StVG) Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO)
Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)	BLB-Besondere Grund- sätze für die Beurteilung des Lärms	VDI-Richtlinie 2058, Bl. 1, Beurteilung von Arbeits- lärm in der Nachbarschaft	Luftverkehrsgesetz (Luft VG) Luftverkehrszulassungsordnung (Luft VZO)
BLB-Richtlinien, Lärm- minderung am Arbeitsplatz	EG-Richtlinie 77/311/EWG, Geräuschpegel von Zug- maschinen  EG-Richtlinie 74/151/EWG Bestandteile und Merkmale von Zugmaschinen	Allgemeine Verwaltungsvorschriften zum Schutz gegen Baulärm	Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (Fluglärm G)

Tafel 2. Übersicht über wichtige Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und Normen zum Lärmschutz.

Wenn man die zeitliche Folge der Gesetze beachtet, ist zu erkennen, daß man von dem Grenzwert 90 dB(A), der für die Verhütung von lärmbedingten Gehörschäden bisher als ausreichend erachtet wurde, abrückt zugunsten eines um 5 dB(A) niedriger liegenden Wertes von 85 dB(A). Ferner ist die Tendenz zu erkennen, daß der Gesetzgeber außer der Gehörschädigung in Zukunft auch noch andere Lärmwirkungen mit in die gesetzlichen Schutzmaßnahmen einbeziehen wird.

Wie schon bei der Erörterung der BLB-Richtlinien zur Lärmminde- rung am Arbeitsplatz in der Land- und Forstwirtschaft angedeutet wurde, läßt sich der Lärmschutz am Arbeitsplatz auch dadurch erreichen, daß die zum Einsatz kommenden technischen Arbeitsmittel so gestaltet werden, daß bestimmte Grenzwerte bezüglich des Lärms nicht überschritten werden. Dies ist insbesondere dann möglich, wenn, wie z.B. bei Schleppern, die Lärm- entwicklung überwiegend eine Eigenschaft des technischen Arbeits- mittels selbst ist und nur in geringem Umfang von der Art des Einsatzes abhängt und wenn der Arbeitsplatz – im betrachteten Beispiel der Führerplatz des Schleppers – dem technischen Ar- beitsmittel fest zugeordnet werden kann.

Die diesem Bereich des Lärmschutzes gewidmete, für den Her- steller von technischen Arbeitsmitteln verbindliche Gesetzgebung ist in der Tafel 2 in der zweiten Spalte von links aufgeführt.

In dem *Gesetz über technische Arbeitsmittel (GtA)* und der *DIN 31000 Grundanforderungen für sicherheitsgerechtes Gestal- ten technischer Erzeugnisse* werden allgemeine Rahmenbedingun- gen für die Lärmbekämpfung bei der Herstellung technischer Ar- beitsmittel vorgegeben.

Die weiter unten aufgeführten Richtlinien sind speziell auf die Belange land- oder forstwirtschaftlicher Zugmaschinen bzw. selbstfahrender Mähdrescher abgestellt und enthalten detaillierte Angaben über Grenzwerte für den A-bewerteten Schalldruckpegel, die bei bestimmten, genau definierten Betriebsbedingungen nicht überschritten werden dürfen.

Nach den Besonderen Grundsätzen für die Beurteilung des Lärms am Ohr des Führers von Ackerschleppern und selbstfahrenden Mähdreschern ist bei Ackerschleppern die Messung in der Fahrstu- fe durchzuführen, die bei Nenndrehzahl des Motors einer Ge- schwindigkeit von 7,25 km/h am nächsten kommt. Bei Mähdre- schern ist die Messung bei eingeschaltetem Mäh- und Dreschwerk sowie mit Zusatzgeräten wie Häcksler oder Presse in der Fahrstufe durchzuführen, die bei Nenndrehzahl des Motors einer Geschwin- digkeit von 3,6 km/h am nächsten kommt.

Die Meßergebnisse dürfen einen Grenzwert von 90 dB(A) nicht überschreiten:

- für nach dem 1.7.1976 neu in den Verkehr kommende Acker- schlepper und Mähdrescher bei 75 % der Nenndrehzahl,
- für nach dem 1.7.1978 neu in den Verkehr kommende Acker- schlepper mit geschlossener Kabine bei 100 % der Nenndrehzahl und
- für nach dem 1.7.1981 neu in den Verkehr kommende Acker- schlepper und Mähdrescher bei 100 % der Nenndrehzahl.

Die *EG-Richtlinie zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über den Geräuschpegel in Ohrenhöhe der Fahrer von land- oder forstwirtschaftlichen Zugmaschinen auf Rädern (77/311/EWG)* vom 29.3.1977 stellt alternativ zwei Meßverfah- ren zur Auswahl:

Nach dem Meßverfahren I wird in Anlehnung an den OECD-Stan- dard-Code in der bei voller Drehzahl einer Geschwindigkeit von 7,25 km/h am nächsten kommenden Fahrstufe bei der Motorlei- stung gemessen, die dem stärksten Geräusch entspricht. Ferner wird bei der dem stärksten Geräusch entsprechenden Motorlei- stung jeder beliebigen anderen Fahrstufe gemessen, sofern der Ge- räuschpegel mindestens 1 dB(A) über dem Geräuschpegel bei der vorgeannten Geschwindigkeit liegt.

Das Meßverfahren II geht aus demjenigen der Besonderen Grund- sätze des BLB hervor, d.h. der Geräuschpegel wird im unbelaste- ten Zustand, jedoch bei maximaler Drehzahl, in der Fahrstufe ge- messen, die bei Nenndrehzahl des Motors einer Geschwindigkeit

von 7,25 km/h am nächsten kommt.

Die Geräuschpegel in Ohrenhöhe des Fahrers dürfen dabei folgen- de Grenzwerte nicht überschreiten: 90 dB(A), ermittelt nach dem Meßverfahren I und 86 dB(A), ermittelt nach dem Meßverfahren II. Während einer Übergangszeit, die zu einem bis zum 1.10.1981 festzusetzenden Zeitpunkt abläuft, werden die vorstehenden Grenzwerte um 6 dB(A) erhöht.

Die *EG-Richtlinie zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über bestimmte Bestandteile und Merkmale von land- oder forstwirtschaftlichen Zugmaschinen auf Rädern (74/151/EWG)* vom 4.3.1974 befaßt sich u.a. mit dem Lärm- schutz der Nachbarschaft. Gemäß Anhang VI ist das Fahrgeräusch bei beschleunigter Vorbeifahrt in 7,5 m Entfernung von der Fahr- zeuglängsachse zu messen. Die Geschwindigkeit soll dabei drei Vier- tel der Höchstgeschwindigkeit betragen, die im höchsten Getriebe- gang auf Straßen erreicht werden kann. Der unter diesen Bedin- gungen gemessene Geräuschpegel darf bei Zugmaschinen mit ei- nem Leergewicht von mehr als 1,5 t 89 dB(A) und bei Zugma- schinen mit einem Leergewicht von nicht mehr als 1,5 t 85 dB(A) nicht übersteigen.

Sinnvoll sind Vorschriften nur dann, wenn auch die entsprechen- den technischen Voraussetzungen für ihre Einhaltung gegeben sind. Darum sehen sowohl die Besonderen Grundsätze des BLB als auch die EG-Richtlinie 77/311/EWG einen gestuften Zeitplan für die Erfüllung der Anforderungen vor.

In dieser großzügigen Regelung kommt zum Ausdruck, daß man außer mit bestimmten Anforderungen genügenden technischen Arbeitsmitteln auch mit entsprechend eingesetzten Mitteln des persönlichen Lärmschutzes sicherstellen kann, daß die am Arbeits- platz auftretende Dauerbelastung des Menschen durch Lärm un- terhalb der als zulässig erachteten Grenzwerte bleibt.

Zusätzlich zu diesen Vorschriften sind von den verschiedensten Gremien noch Normen, Richtlinien usw. herausgegeben worden, die nur Meßvorschriften, aber keine Angaben über zulässige Höchstwerte enthalten. Vorrangig muß hier der OECD-Standard- Code für die Prüfung von Ackerschleppern genannt werden, der detaillierte Meßbedingungen für die Bestimmung des Lärms am Ohr des Fahrers enthält. Weiterhin ist noch die *ISO/DIS 5131 Lärmmessungen am Fahrerplatz von Ackerschleppern und Feld- maschinen* zu nennen.

Die dritte Spalte der Tafel 2 enthält den Gesetzgebungsbereich, der sich mit dem Lärmschutz für die Nachbarschaft befaßt. Eine zentrale Stellung nimmt hier das *Bundesimmissionsschutz- gesetz (BImSchG)* vom 15.3.1974 ein, durch das eine einheitliche Rechtsgrundlage für die Lärmschutzbestimmungen für die Nach- barschaft geschaffen wurde. Der darin vorgegebene Rahmen wird durch allgemeine Verwaltungsvorschriften, die Einzelheiten über Immissionsrichtwerte, Meßverfahren usw. enthalten, ausgefüllt. Für Lärmimmissionen aus genehmigungspflichtigen Anlagen gilt z.Z. noch die *Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm)* vom 16.7.1968. Für alle anderen Bereiche, in denen durch Gewerbebetriebe Lärmbelastungen in der Nachbarschaft verursacht werden, mit Ausnahme von Baulärm, sind die als allge- mein anerkannte Regeln der Technik geltenden VDI-Richtlinien insbesondere *VDI 2058, Bl. 1 (Juni 1973): Beurteilung von Ar- beitslärm in der Nachbarschaft* verbindlich. Mit Baulärm befaßt sich eine ganze Reihe eigener Allgemeiner Verwaltungsvorschriften.

Während die vorstehenden Lärmschutzbestimmungen allein von Gewerbebetrieben zu beachten sind, gibt es darüber hinaus Rechts- normen, die für jedermann gelten und die der Vollständigkeit hal- ber in der äußeren rechten Spalte der Tafel 2 aufgeführt sind. Für die Bekämpfung des Alltagslärms liefern vor allem Gesetze und dazu gehörige Lärmverordnungen der Länder die rechtliche Grundlage.

Bestimmungen für die Bekämpfung des Straßen- und Luftverkehrs- lärms enthalten das *Straßenverkehrsgesetz*, die *Straßenverkehrs- zulassungsordnung*, das *Luftverkehrsgesetz* und die *Luftverkehrs- zulassungsordnung*.

## 4. Lärmbelastung am Arbeitsplatz in der landwirtschaftlichen Produktion

### 4.1 Meßgeräte, Meßgrößen, Meßanordnung und Durchführung der Messungen

Für die Messung der Dauerbelastung durch Lärm an Fahrerplätzen wurde ein batteriebetriebenes Pegelstatistik- und Mittelungsgerät, Typ 4426 der Fa. Brüel & Kjaer, eingesetzt, mit dem die nachstehenden Meßgrößen unter Benutzung des Bewertungsfilters A und der Anzeigedynamik Impuls aus den im Abstand von 1 s gemessenen Pegelstichproben bestimmt wurden:

- absolute Häufigkeit
- relative Häufigkeit
- Summenhäufigkeit
- Anzahl der Pegelstichproben
- Pegelwerte (Prozentpegel) für eine Summenhäufigkeit von 1 %, 10 %, 50 %, 90 %, 99 %
- Mittelungspegel, als Maß für einen Mittelwert des Geräusches über der Zeit.

Die mindestens erforderliche Meßdauer für eine ausreichend genaue Bestimmung des Mittelungspegels ergibt sich aus der Unregelmäßigkeit des Schallpegelverlaufes. Bei der vorliegenden Untersuchung wurde der Zeitraum so gewählt, daß die in einem bestimmten Rhythmus sich wiederholenden Arbeitsabläufe mehrmals erfaßt wurden. Damit ergaben sich in der Regel Meßzeiten von zwei bis vier Stunden. Das bedeutet, daß bei dem gewählten Zeitabstand von einer Sekunde für die Stichprobennahme je Messung 7200 bis 14400 Pegelwerte gespeichert und statistisch ausgewertet wurden.

Das Mikrofon wurde mittels entsprechender Vorrichtungen in der Kabine befestigt und befand sich in Nähe des rechten Fahrerohres in der vom BLB in ihren Besonderen Grundsätzen für Geräuschmessungen am Fahrerplatz vorgeschriebenen Position.

Weiterreichend als der Mittelungspegel ist in ihrer Aussage die Summenhäufigkeit, die ausdrückt, in welchem Zeitanteil während des Meßzeitraums ein bestimmter Schallpegelwert überschritten wurde. Damit wird es möglich, Lärmbelastungen, für die sich gleiche Mittelungspegel ergeben, zu unterscheiden. Die Summenhäufigkeit kann auch als Belastungskollektiv aufgefaßt werden, ein Ingenieuren von Festigkeitsuntersuchungen her geläufiger Begriff.

Außer der Lärmbelastung am Fahrerplatz wurde, soweit es möglich war, gleichzeitig der die Nachbarschaft beeinträchtigende Lärm bestimmt. Zu seiner Kennzeichnung dient als Meßgröße ein bei Vorbeifahrt in 7,5 m Entfernung von der Fahrzeuglängsachse in rund 1,2 m Höhe gemessener Außengeräuschpegel. Als Meßgerät wurde ein batteriebetriebener Präzisions-Impulsschallpegelmessgerät, Typ 2209 der Fa. Brüel & Kjaer, eingesetzt, dessen Haltschaltung Impulse hold eine bequeme Bestimmung des während der Vorbeifahrt auftretenden maximalen A-bewerteten Schallpegels ermöglichte. Für die Bestimmung eines Mittelwerts wurden mindestens drei Einzelmessungen durchgeführt.

Um die Lärmbelastung wirklich unter praxisgerechten Bedingungen zu bestimmen, wurde die Wahl des Betriebs- wie auch des Kabinenzustandes dem Fahrer überlassen<sup>1)</sup>.

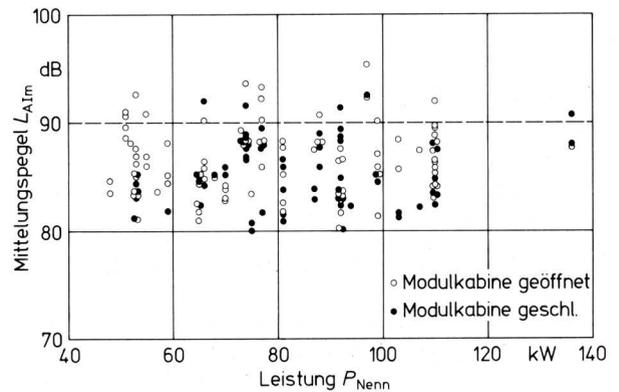
Die Messungen erfolgten ausschließlich an Schleppern und selbstfahrenden Mähreschern neuentwickelter Baureihen, die sämtlichen vom BLB hinsichtlich der Geräuschentwicklung erhobenen Anforderungen genügten. Die Schlepper waren durchweg mit Modulkabinen – das sind allseitig geschlossene Kabinen mit eigenem Boden – ausgerüstet.

### 4.2 Meßergebnisse

Einen Überblick über die bei praktischem Einsatz auftretende Dauerbelastung des Schlepperfahrers durch Lärm gibt **Bild 4**. Es zeigt den zur Kennzeichnung der Belastung herangezogenen Mittelungspegel in Abhängigkeit von der jeweiligen Schleppernennleistung, die aber nicht unbedingt mit der während der Messung tatsächlich abgegebenen Leistung identisch sein muß.

Die Werte für den Mittelungspegel schwanken zwischen 80 und 95 dB, wobei jedoch der überwiegende Teil unterhalb des als zulässig erachteten Grenzwertes von 90 dB liegt. Deutlich ist zu erkennen, daß bei praktischem Einsatz die Lärmbelastung nicht von der Schleppernennleistung abhängt. Das erscheint umso bemerkenswerter, als der kleinste Schlepper, an dem Messungen durchgeführt wurden, nur über eine Nennleistung von 48 kW, der größte hingegen über eine von 136 kW verfügt. Ebenso schlug auch der Versuch fehl, eine Abhängigkeit von der Nenndrehzahl der Schlepper her zu erkennen. Des weiteren ist keine eindeutige Abhängigkeit der Lärmbelastung von dem jeweils vorliegenden Kabinenzustand – geschlossen oder geöffnet – zu erkennen.

Der Grund dafür, daß der überwiegende Teil der Schlepper mit geöffneter Kabine betrieben wurde, ist in der noch nicht befriedigend gelösten Klimatisierung der Kabine zu suchen. Besonders an Tagen mit intensiver Sonneneinstrahlung versucht sich der Fahrer durch Öffnen der Kabine halbwegs erträgliche Bedingungen zu verschaffen. Die ihr zugeordnete Lärmschutzaufgabe erfüllt die Kabine aber am wirkungsvollsten nur im geschlossenen Zustand.

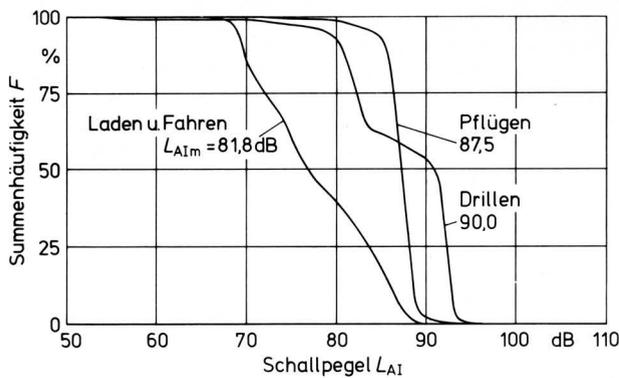


**Bild 4.** Mittelungspegel am Fahrerohr in Abhängigkeit von der Nennleistung für Schlepper bei praktischem Einsatz.

Besser noch als durch den Mittelungspegel kann die jeweils herrschende Lärmsituation durch die Summenhäufigkeit der Pegelüberschreitungen gekennzeichnet werden. Charakteristische, bei Arbeiten mit dem Ackerschlepper in der landwirtschaftlichen Produktion häufig auftretende Summenhäufigkeitslinien zeigt **Bild 5**. Unbeschadet der absoluten durch den Mittelungspegel ausdrückbaren Belastungshöhe, die von Fall zu Fall verschieden ausfallen kann, soll zunächst nur der Verlauf der Summenhäufigkeitslinien erörtert werden.

Die oben rechts verlaufende Kurve läßt auf eine um den Mittelwert annähernd normalverteilt schwankende Lärmbelastung schließen. Auffallend ist der steile Abfall, der auf eine sehr geringfügige Streuung hinweist. Dieser Kurvenverlauf ist typisch für alle Arbeiten, bei denen die Schlepperleistung voll ausgenutzt wird, z.B. Pflügen. Arbeiten, die sich aus Teilarbeiten mit unterschiedlichem Leistungsbedarf zusammensetzen, wie z.B. Drillen, zeigen den durch die mittlere Kurve gekennzeichneten Summenhäufigkeitsverlauf eines Mischkollektivs, wobei jedes Einzelkollektiv wieder näherungsweise normalverteilt ist. Die bisher vorliegenden Summenhäufigkeiten können fast alle zwischen diesen beiden Kurvenverläufen als Grenzfälle eingeordnet werden. Die oben links verlaufende Summenhäufigkeitslinie stellt also in gewisser Weise eine Ausnahme dar, die eintritt, wenn ein Schlepper in verschiedenen Getriebestufen mit unterschiedlicher Leistungsabgabe, z.B. bei Frontladerarbeiten, in Anspruch genommen wird.

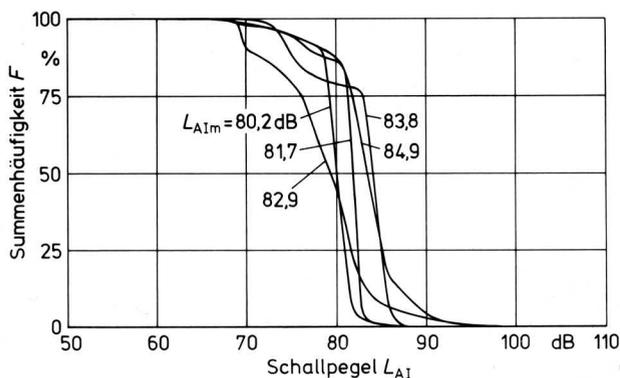
<sup>1)</sup> Besonderer Dank gilt den Landwirten, die sich mit ihren Schleppern und Mähreschern für die Messungen zur Verfügung stellten und dem Meßtechniker *H.D. Wiemann*, der mit der Durchführung der Messungen beauftragt war.



**Bild 5.** Charakteristische Summenhäufigkeitslinien des Schallpegels am Fahrerohr (Lärmbelastungskollektive) für verschiedene Arbeiten mit dem Schlepper.

Die bei verschiedenen Schleppern gleichen Typs im praktischen Betrieb auftretenden Unterschiede bezüglich der Lärmbelastung sind **Bild 6** zu entnehmen. Alle fünf betrachteten Schlepper waren zum Pflügen eingesetzt, die Kabinen zweier Schlepper – aber nicht die mit den höchsten Meßwerten – waren während der Messung geöffnet, die anderen drei geschlossen. Für die Summenhäufigkeitslinien ergeben sich besonders in ihrem oberen linken Verlauf größere Unterschiede. In den auf ein mehr oder weniger ausgeprägtes Mischkollektiv hinweisenden Einbuchtungen der Summenhäufigkeitslinien spiegeln sich die Leerfahrten am Vorgehende der zu bearbeitenden Schläge wider. Die unterschiedliche Neigung der Linien in ihrem mittleren Verlauf bringt eine mehr oder weniger große Streuung der gemessenen Schallpegelwerte zum Ausdruck.

Die Spannweite von rd. 5 dB für den Mittelungspegel wird mit wachsender Stichprobenzahl aus statistischen Gründen noch größer, außerdem wird sie sich noch vergrößern, wenn neben dem Pflügen andere Arbeiten mit in die Untersuchung einbezogen werden. Der größte bisher für Schlepper gleichen Typs bei praktischem Einsatz festgestellte Unterschied zwischen den Mittelungspegeln betrug 6,5 dB. Dafür sind sicherlich an erster Stelle die für verschiedene Schlepper gleichen Typs von Haus aus bestehenden Unterschiede im Hinblick auf ihre Geräusentwicklung verantwortlich und erst an zweiter Stelle die verschiedenen Einsatzbedingungen.

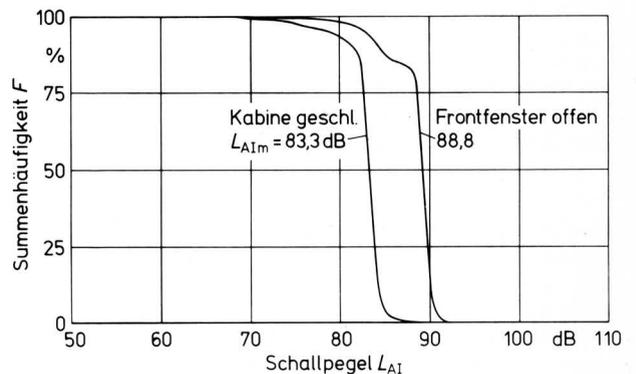


**Bild 6.** Summenhäufigkeitslinien des Schalldruckpegels am Fahrerohr für verschiedene Schlepper gleichen Typs beim Pflügen (Schleppernennleistung 92 kW).

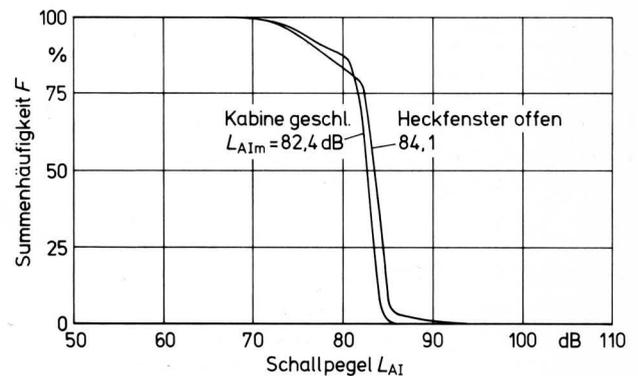
Diese Unterschiede sind letztlich auch die Ursache dafür, daß keine eindeutige Abhängigkeit der Lärmbelastung von dem jeweiligen Kabinenzustand festgestellt werden kann. Für verschiedene Schlepper eines bestimmten Typs kann sowohl bei geöffneter als auch bei geschlossener Kabine der höhere Mittelungspegel auftreten.

Der Kabinenzustand ist aber trotzdem im Einzelfall von großem Einfluß auf die auftretende Lärmbelastung. Messungen, die am selben Tag einmal mit geöffneter und einmal mit geschlossener Kabine bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen durchgeführt wurden, zeigen, daß insbesondere das Öffnen der Frontscheibe eine beachtliche Erhöhung der Lärmbelastung nach sich zieht, **Bild 7**, während das Öffnen der Heckscheibe bei dem gleichen Schleppertyp keine nennenswerte Pegelerhöhung zur Folge hat, **Bild 8**.

Die große Schwankungsbreite erschwert auch eine eindeutige Zuordnung der gemessenen Mittelungspegel zu den in Prüfstandversuchen nach bestimmten Meßvorschriften ermittelten Pegelwerten.



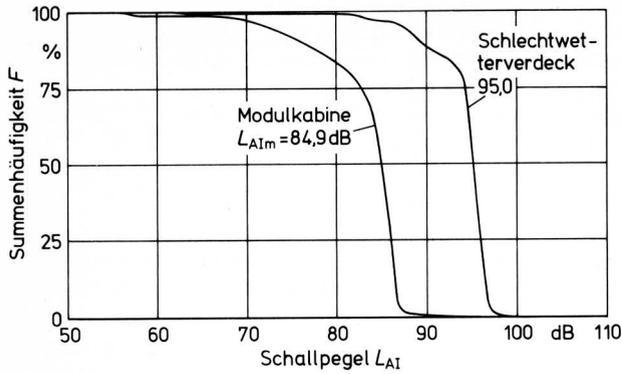
**Bild 7.** Einfluß eines geöffneten Frontfensters auf die Lärmbelastung des Fahrers (110kW-Schlepper beim Pflügen).



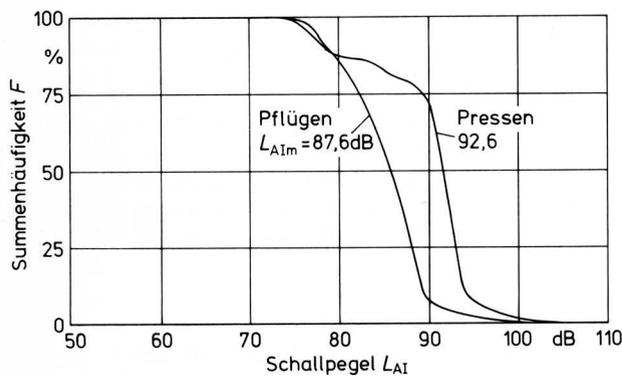
**Bild 8.** Einfluß eines geöffneten Heckfensters auf die Lärmbelastung des Fahrers (110kW-Schlepper beim Pflügen).

In welchem Maße die Lärmbelastung des Fahrers mit einer in akustischer Hinsicht befriedigend gestalteten Modulkabine gegenüber einem Schlechtwetterverdeck gesenkt werden kann, ist **Bild 9** zu entnehmen. Die Messungen erfolgten an Schleppern gleichen Typs beim Pflügen. Die bemerkenswerte Minderung des Mittelungspegels um rd. 10 dB wurde in erster Linie durch eine konsequent durchgeführte Luftschalldämmung erzielt. Weiterhin wurde aber auch den Maßnahmen zur Luftschalldämmung und Körperschalldämmung die gebührende Beachtung geschenkt.

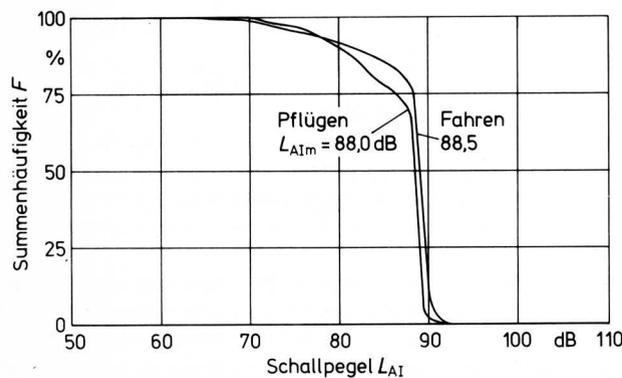
Obleich die Geräusentwicklung des Schleppers meistens überwiegt, kann jedoch auch in bestimmten Fällen der von den Anhängern hervorgerufene Lärm für den Schalldruckpegel am Fahrerohr maßgebend sein. Z.B. ergab sich für einen Schlepper zwischen dem beim Pflügen und dem bei der Arbeit mit einer Aufsammlerpresse gemessenen Mittelungspegel ein Unterschied von 5,0 dB, **Bild 10**. Vergleichsweise ergab sich für einen anderen Schlepper sowohl beim Pflügen als auch bei schneller Straßenfahrt eine fast gleich große Lärmbelastung, **Bild 11**. In Zukunft wird man daher den Lärminderungsmaßnahmen bei Anbau- und Anhängern mehr Beachtung als bisher schenken müssen.



**Bild 9.** Vergleich der Lärmbelastung des Fahrers für mit Modulkabine bzw. Schlechtwetterverdeck ausgerüstete Schlepper gleichen Typs (68kW-Schlepper beim Pflügen).



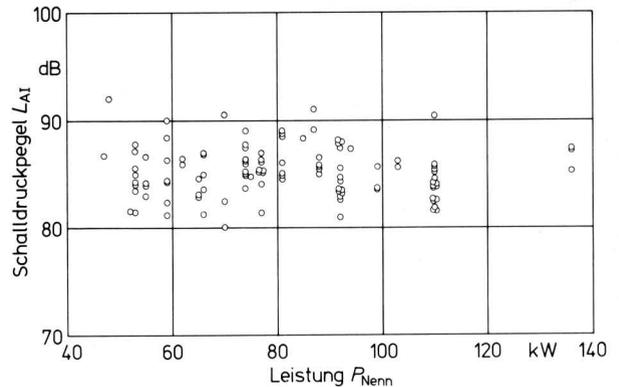
**Bild 10.** Beeinflussung der Lärmbelastung des Fahrers durch Anhängegeräte. (53kW-Schlepper beim Pflügen und bei der Arbeit mit einer Aufsammlerpresse).



**Bild 11.** Einfluß verschiedener Betriebsbedingungen auf die Lärmbelastung des Fahrers (74kW-Schlepper beim Pflügen und bei schneller Straßenfahrt).

Wenn es die Umstände erlaubten, wurde neben dem den Arbeitsplatz betreffenden Mittelungspegel auch der während des praktischen Einsatzes auftretende Außengeräuschpegel als Maß für die Beeinträchtigung der Nachbarschaft bestimmt. Das Ergebnis der Messungen zeigt **Bild 12**, in dem der Außengeräuschpegel wie zuvor der Mittelungspegel in Abhängigkeit von der Schleppernennleistung eingetragen ist. Die Pegelwerte sind in etwa von der gleichen Größenordnung wie der am Fahrerohr gemessene Mittelungspegel und liegen im Bereich zwischen 80 und 90 dB(AI). Erwäh-

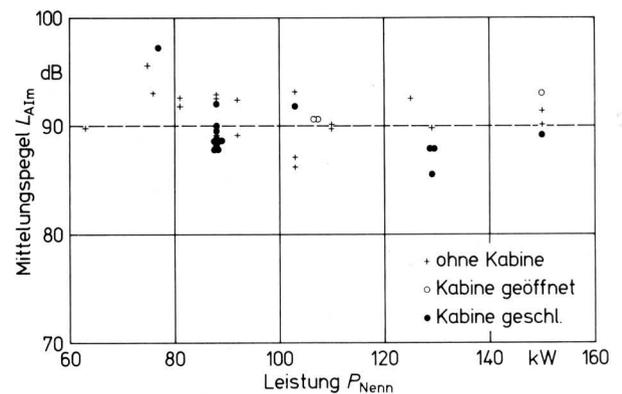
nenswert ist, daß zwar der Außengeräuschpegel in der Regel kleiner als der Mittelungspegel ist, in einigen Fällen jedoch einen bis zu 9 dB höheren Wert annimmt. Allerdings waren hier die Fahrer-kabinen vollkommen geschlossen und von einem in akustischer Hinsicht hohen Entwicklungsstand.



**Bild 12.** Außengeräuschpegel bei Vorbeifahrt in 7,5 m Entfernung in Abhängigkeit von der Nennleistung für Schlepper bei praktischem Einsatz.

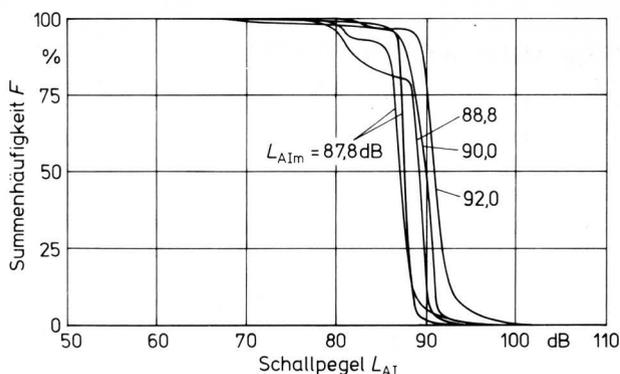
Die Dauerbelastung von Mähdrescherfahrern durch Lärm während des praktischen Betriebes, gekennzeichnet durch den am Fahrerohr gemessenen Mittelungspegel, ist in Abhängigkeit von der Nennleistung in **Bild 13** dargestellt. Die Meßwerte liegen im Bereich zwischen 85 und 95 dB. Eine Abhängigkeit von der Nennleistung ist auch hier wie schon zuvor bei den Schleppern nicht zu erkennen. Dabei verfügt der kleinste Mähdrescher, an dem Messungen durchgeführt wurden, nur über eine Nennleistung von 63 kW, der größte immerhin über eine von 150 kW.

Ebenso scheinen keine wesentlichen Unterschiede hinsichtlich der Lärmbelastung zwischen Mähdreschern ohne Kabine und solchen mit Kabine im geschlossenen oder geöffneten Zustand zu bestehen. Allerdings zeigte keine der Mähdrescherkabinen den bei vielen Schlepperkabinen schon häufig vorhandenen hohen Entwicklungsstand bezüglich der passiven Lärmbekämpfung.



**Bild 13.** Mittelungspegel am Fahrerohr in Abhängigkeit von der Nennleistung für Mähdrescher bei praktischem Einsatz.

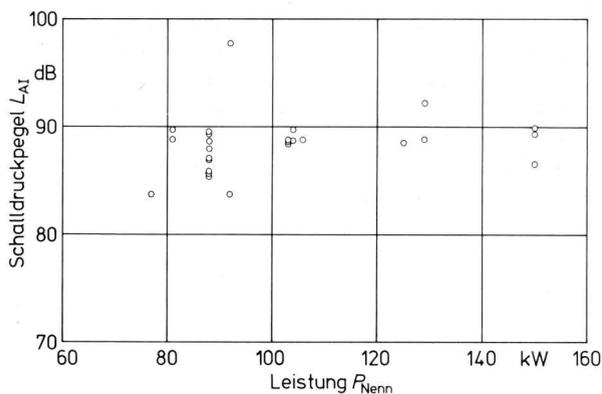
Um einen Eindruck zu vermitteln, wie groß die Unterschiede hinsichtlich der Lärmbelastung im praktischen Betrieb sein können, ist diese für fünf verschiedene Mähdrescher gleichen Typs in **Bild 14** aufgetragen. Obgleich die auszuführende Arbeit fest vorgegeben und auch der Spielraum für die Einsatzbedingungen begrenzt ist, fällt die Schwankungsbreite der Lärmbelastung nicht wesentlich kleiner als bei den Schleppern aus.



**Bild 14.** Summenhäufigkeitslinien des Schalldruckpegels und Mittelungspegel am Fahrerohr für verschiedene Mährescher gleichen Typs bei praktischem Einsatz (Nennleistung 88 kW).

Aus den vorstehend erwähnten Gründen fallen die Summenhäufigkeitslinien im mittleren Bereich gleichmäßiger ab als bei Arbeiten mit dem Schlepper. Nur im oberen Bereich zeigen zwei Kurven gegenüber den anderen auf ein Mischkollektiv hinweisende Einbuchtungen. Der Korntank dieser beiden Mährescher wurde im Stand entleert, während das bei den übrigen während des Mähreschens geschah.

Der Außengeräuschpegel der Mährescher ist im allgemeinen kleiner, aber von der gleichen Größenordnung wie der Mittelungspegel, **Bild 15**. Ebenso wie bei den Schleppern trat jedoch auch hier ein Fall auf, wo der Außengeräuschpegel um rd. 5 dB größer war als der Mittelungspegel, obwohl der Mährescher keine Kabine hatte.



**Bild 15.** Außengeräuschpegel bei Vorbeifahrt in 7,5 m Entfernung in Abhängigkeit von der Nennleistung für Mährescher bei praktischem Einsatz.

## 5. Zusammenfassung

Die Messungen zeigen, daß in den letzten Jahren durch Lärmbekämpfungsmaßnahmen, vor allem am Fahrerplatz des Schleppers, beachtliche Erfolge erzielt worden sind. Die heute auf dem Markt befindlichen Kabinenschlepper neuer Baureihen erfüllen nicht nur die derzeit gültigen, sondern auch die für die achtziger Jahre vom Gesetzgeber zu erwartenden Forderungen bezüglich der Lärmbelastung am Arbeitsplatz. Andererseits wurde aber auch mit den an

der unteren Grenze des Streubandes der Meßwerte liegenden Schlepperkabinen ein Entwicklungsstand erreicht, bei dem sich die Frage stellt, ob eine weitere Senkung der Lärmbelastung mit Hilfe geräuschisolierender Kabinen noch wünschenswert und, gemessen an dem dafür zu treibenden Aufwand, wirtschaftlich vertretbar ist. Das gilt insbesondere, solange nicht durch Schaffung eines behaglichen Innenklimas die Kabine im geschlossenen Zustand betrieben werden kann.

Die Mährescherkabinen zeigen in der Regel noch nicht den von Schlepperkabinen schon gewohnten hohen Entwicklungsstand, der aber ohne besondere Schwierigkeiten nachvollzogen werden kann.

Kritisch stellt sich die Situation für Schlepper – vor allem der niederen Leistungsklasse – dar, die aus bestimmten Gründen – beispielsweise aus wirtschaftlichen Überlegungen – nicht mit einer Kabine ausgestattet werden können. Hier ist eine spürbare Absenkung der Lärmbelastung nur zu erwarten, wenn es gelingt, die Hauptquelle, d.h. die Verbrennungskraftmaschine, durch eine motornahe Kapselung in Verbindung mit aktiven Maßnahmen wirkungsvoll zu bekämpfen. Trotz intensiver Bemühungen und vieler Einzelerfolge ist hier der große, zum überzeugenden Erfolg führende Durchbruch noch nicht zu erkennen. Völlig verfehlt wäre eine Gesetzgebung, die auch für diese Schlepper unter dem einseitigen Gesichtspunkt der Lärmbekämpfung den Aufbau von Kabinen erzwingen würde. Hier sollte man zwischenzeitlich vielmehr auf einfache Mittel der passiven Lärmbekämpfung, den persönlichen Gehörschutz in Form von Lärmschutzwatte, Gehörschutzstöpseln sowie Kapselgehörschützern zurückgreifen, deren Dämmwirkung bei weitem ausreicht, um die vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Grenzwerte einzuhalten.

Die Messungen ergaben ferner, daß schon heute in bestimmten Fällen die Geräuschentwicklung der Anbau- bzw. Anhängergeräte für die Lärmbelastung der Schlepperfahrer maßgebend sein kann. Daher müssen zukünftig bei Anbau- und Anhängergeräten vor allem die Möglichkeiten der aktiven Lärmbekämpfung mehr und mehr ausgeschöpft werden.

## Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [ 1 ] *Batel, W.*: Messungen zur Staub-, Lärm- und Geruchsbelastung an Arbeitsplätzen in der landwirtschaftlichen Produktion und Wege zur Entlastung – Erster Bericht. Grundle. Landtechnik Bd. 25 (1975) Nr. 5, S. 135/57.
- [ 2 ] ● *Kraak, W. u. H. Weißing*: Schallpegelmess-technik. Berlin: VEB Verlag Technik 1970.
- [ 3 ] DIN 45 633, Präzisionsschallpegelmess-er, Nov. 1966.
- [ 4 ] DIN 45 645, Teil 1: Einheitliche Ermittlung des Beurteilungspegels für Geräuschimmissionen, April 1977.
- [ 5 ] VDI-Richtlinien 2058, Blatt 2, Beurteilung von Arbeitslärm am Arbeitsplatz hinsichtlich Gehörschäden, Okt. 1970.
- [ 6 ] *Klosterkötter, W.*: Lärmwirkungen und Lebensqualität. Kampf dem Lärm Bd. 20 (1973) Nr. 5, S. 113/24.
- [ 7 ] *Gruber, J.*: Lärm: Wirkungen und Bewertung. Fortschr.-Ber. VDI-Z., Reihe 11, Nr. 19. Düsseldorf: VDI-Verlag GmbH 1975.
- [ 8 ] ISO 1999, Assessment of occupational noise exposure for hearing. Conservation purposes, 1.8.1972.
- [ 9 ] Lärmindex, Informationsführer Lärm-minderung, Materialien 7/76 Herg. Umweltbundesamt, Berlin: Selbstverlag 1976.
- [ 10 ] Regeln und Vorschriften der Technik zum Schutz gegen Lärm. Herg.: GdT-Informationsstelle über Technische Regelwerke beim Deutschen Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine.