

Messungen zur Staub-, Lärm- und Geruchsbelastung an Arbeitsplätzen in der landwirtschaftlichen Produktion und Wege zur Entlastung – Erster Bericht

Von Wilhelm Batel, Braunschweig-Völkenrode*)

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

DK 62-784:631.17:631.5:331.82

Maßnahmen zur Senkung der durch die Umweltbedingungen verursachten Belastungen an Arbeitsplätzen führen nur dann zu sinnvollen Lösungen, wenn man die gleichzeitig auftretenden Einwirkungen, z.B. von Wärme, Staub, Lärm und Geruch, berücksichtigt. Dies war der Grund, solche Belastungen an Arbeitsplätzen in der landwirtschaftlichen Produktion in Verbindung mit den jeweils eingesetzten technischen Mitteln in größerem Umfang zu messen. Die Meßwerte zeigen die Bereiche der Beeinträchtigung der Arbeitsleistung und der Gefährdung der Gesundheit, insbesondere lassen sich aber die grundsätzlichen Wege zum Senken der Belastung ableiten. Als Schwerpunkte ergeben sich hieraus die Weiterentwicklung von Fahrererkabinen, entstaubungstechnische Maßnahmen und Senken der Geruchsimmission.

Inhalt

- 1. Einleitung
- 2. Aufgabenstellung
- 3. Benutzte Meßmethoden zur Ermittlung der Staub-, Lärm- und Geruchsimmission
 - 3.1 Messen der Staubimmission
 - 3.2 Messen der Lärmimmission
 - 3.3 Messen der Geruchsimmission
- 4. Meßergebnisse
 - 4.1 Arbeitsplätze auf fahrenden Arbeitsmaschinen
 - 4.1.1 Staubbelastung
 - 4.1.2 Lärmbelastung
 - 4.1.3 Geruchsbelastung
 - 4.2 Arbeitsplätze oder Orte in ortsfesten Anlagen
 - 4.2.1 Staubbelastung
 - 4.2.2 Lärmbelastung
 - 4.2.3 Geruchsbelastung
- 5. Bewertung der gemessenen Belastungen hinsichtlich der Auswirkungen auf den Menschen
 - 5.1 Staub
 - 5.2 Lärm
 - 5.3 Geruch

*) Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Batel ist Direktor des Instituts für landtechnische Grundlagenforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.

- 6. Einige Hinweise zur Bekämpfung der durch die Umwelt verursachten Belastungen
 - 6.1 Arbeitsplätze auf fahrenden Arbeitsmaschinen
 - 6.1.1 Staubbekämpfung
 - 6.1.2 Lärmbekämpfung
 - 6.1.3 Geruchsbekämpfung
 - 6.1.4 Die Fahrererkabine
 - 6.2 Arbeitsplätze in ortsfesten Anlagen
 - 6.2.1 Staubbekämpfung
 - 6.2.2 Lärmbekämpfung
 - 6.2.3 Geruchsbekämpfung

7. Zusammenfassung

1. Einleitung

Im Rahmen unserer Güter- und Dienstleistungsproduktion haben hinsichtlich des arbeitenden Menschen die Bemühungen an Bedeutung gewonnen, die Arbeit zu erleichtern und die Arbeitsproduktivität und -qualität zu verbessern. Dies sind Aufgaben, die die Technik und die Ingenieurwissenschaften als grundsätzliche Ziele seit Anbeginn verfolgen.

Von besonderem Einfluß im Rahmen der genannten Aufgabe ist die Belastung des Menschen am Arbeitsplatz. Hierbei läßt sich unterscheiden zwischen der Belastung durch die mit dem Produktionsmittel zu verrichtende Arbeit und der, die sich aus der Umwelt ergibt, in der sich der Arbeitsplatz befindet. Eine Übersicht hierzu zeigt Bild 1. Die Belastungen sind auf den Menschen gerichtete Einwirkungen, die in ihm eine Beanspruchung hervorrufen.

Belastung		Entlastung durch:
Belastung durch produktive Arbeit	Informationsverarbeitung (Durchführen, Steuern und Überwachen des Arbeitsprozesses; Führen des Fahrzeuges)	Automatisieren, Verbessern der Information
	Betätigen der Stellglieder	Krafthilfen
Belastung durch die Umweltbedingungen am Arbeitsplatz	Mechanische Schwingungen	Schwingungsdämpfung
	Lärm	Lärminderung
	Klima (Wärme, Kälte, Feuchte)	Wetterschutz, Klimatisieren
	luftfremde Stoffe (Staub, Gase)	Emissionsbegrenzung, Luftbehandlung

Bild 1. Belastungen an Arbeitsplätzen und Mittel zu ihrer Senkung.

Da die Arbeitsbelastung einem anderen Problemkreis zuzuordnen ist, befaßt sich dieser Bericht nur mit den Einwirkungen durch die Umweltverhältnisse in der landwirtschaftlichen Produktion. Aktuell sind u.a. die Belastungen durch Staub, Lärm und Geruch. Die Belastungen durch Wärme (Kälte) und Luftfeuchtigkeit lassen sich, soweit keine Fahrerkabinen eingesetzt werden, aus den Klimadaten entnehmen und über die Schwingungen auf fahrenden Arbeitsmaschinen existiert ein umfangreiches Schrifttum. Werden Fahrerkabinen eingesetzt, so ist die dadurch verursachte Wärmebelastung zu berücksichtigen.

2. Aufgabenstellung

Aus den einleitend dargelegten Problemen folgt als Aufgabe, für die wichtigsten Arbeiten in der landwirtschaftlichen Produktion die gleichzeitig auftretenden Belastungen durch Staub, Lärm, Geruch und soweit notwendig auch durch Wärme zu erfassen, unbeschadet der Tatsache, daß für jeden Bereich schon vereinzelte Messungen vorliegen [z.B. 1 bis 4]. Dies beinhaltet im wesentlichen die Bestimmung der Immissionen an den jeweiligen Arbeitsplätzen unter verschiedenen Bedingungen.

Da viele landwirtschaftliche Arbeiten eng an den Vegetationsablauf gebunden sind, werden diese für eine solche Periode erfaßt. Dabei wird unterschieden zwischen der Außen- und Innenwirtschaft bzw. der Pflanzen- und Tierproduktion. Entsprechend wurden im Jahr 1975 für die Pflanzenproduktion die repräsentativen Arbeiten wie Bodenbearbeiten und Ernten verfolgt, und dies an verschiedenen Standorten, bei unterschiedlichen Wetterbedingungen und Maschinen. In der Tierproduktion wurden die Bereiche Rind, Schwein und Geflügel untersucht. Die Messungen wurden ferner so angelegt, daß sie repräsentative Arbeitsplätze und Bedingungen erfassen. Sie dienen in erster Linie als Analyse, um daraus technische Maßnahmen zur Senkung der Arbeitsplatzbelastung abzuleiten. Die Meßwerte sind ferner geeignet, um daraus Hinweise für die Beeinflussung der Arbeitsleistung und für gesundheitliche Gefährdungen abzuleiten. Zu erwähnen sind in diesem Zusammenhang zahlreiche VDI-Richtlinien mit Aussagen über die Erträglichkeit von Belastungen und ihre Grenzen. Einige solcher Grenzen sind auch durch Unfallverhütungsvorschriften festgelegt.

3. Benutzte Meßmethoden zur Ermittlung der Staub-, Lärm- und Geruchsbelastung

Die Meßmethoden zur Ermittlung der Staub-, Lärm- und Geruchs- immission wurden so gewählt, daß sie den internationalen und amtlichen Anforderungen genügen. Das Messen dieser Immissionen beinhaltet das Beschreiben eines physikalischen Tatbestandes. Daran schließt sich als zweiter Schritt das Abschätzen der dadurch verursachten Beanspruchungen des Menschen an (Abschnitt 5).

3.1 Messen der Staubimmission [5]

3.1.1 Meßgrößen

Der Staubgehalt der Luft, also der Anteil luftfremder, fester Teilchen wird gekennzeichnet durch die Teilchenmenge pro Volumeneinheit Luft. Zur Mengenbeschreibung eignen sich die Anzahl oder die Masse der Teilchen. Insbesondere aus meßtechnischen Gründen gibt man der Kennzeichnung durch die Masse den Vorzug. Mit dieser Festlegung ist bereits die Meßvorschrift gegeben, nämlich ein bestimmtes Luftvolumen einzuziehen und die darin befindliche Staubmasse zu ermitteln. Für das Bestimmen der Staubmasse stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Die genaueste Methode ist das vollständige Abscheiden und Wiegen der Teilchen. Eine gewisse Problematik kann die vollständige Abscheidung beinhalten. Mit entsprechenden Filtermedien läßt sich diese Aufgabe aber sicher lösen. Das Bestimmen des Staubgehaltes umfaßt daher folgende Teilschritte: Luftentnahme ohne Entmischung, vollständiges Abscheiden der Teilchen durch Filtration, Bestimmen der Luftmenge und Wiegen der Staubteilchen. Das Schema einer sol-

chen Meßanordnung zeigt Bild 2. Das Wiegen erfolgt auf einer Analysenwaage. Neben dieser gravimetrischen Methode mit Abscheiden durch Filtration gibt es auch noch solche mit Abscheiden durch elektrische Wirkungen, thermomolekulare Effekte, Fliehkkräfte, Trägheitskräfte und Auswaschen. Sie sind aber entweder weniger genau oder aufwendiger.

Die indirekte Mengenbestimmung z.B. über die Lichtstreuung und die Strahlenabsorption ermöglicht zwar eine kontinuierliche Messung, ist aber genügend genau nur bei Stäuben bekannter Zusammensetzung. Dies sind die wichtigsten Gründe für die Auswahl des Meßverfahrens.

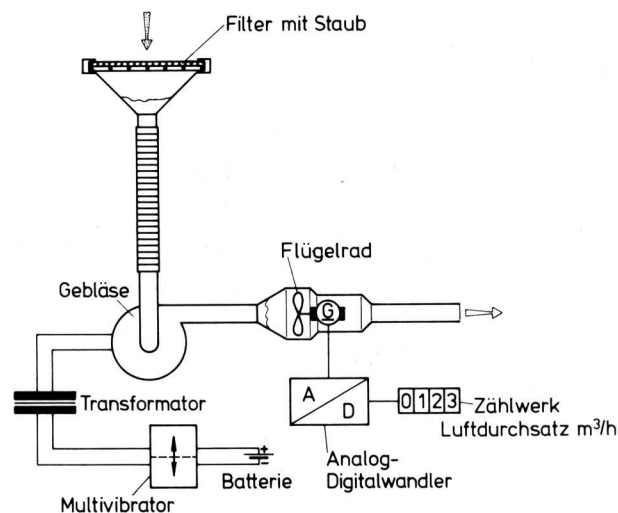


Bild 2. Schema eines Probenehmers zur gravimetrischen Staubgehaltsbestimmung mit Abscheidung durch Filtration.

3.1.2 Meßgeräte und Durchführung der Messungen

Da im Rahmen der landwirtschaftlichen Produktion vielfach mobile Arbeitsplätze auftreten, wurde ein vom Staubforschungsinstitut des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften Bonn entwickeltes Staubsammelgerät [6, 7] eingesetzt, das netzunabhängig ist. Dieses leicht transportable, batteriebetriebene Sartorius Staubsammelgerät "Portikon" gestattet Messungen ohne besondere Vorbereitungen am Meßort. Daneben wird das von der gleichen Firma hergestellte netzabhängige Gerät EM 100 eingesetzt, das einen größeren und einstellbaren Luftdurchsatz (0 - 100 m³/h) ermöglicht. Falls die von einer Staubquelle abströmenden staubförmigen Luftverunreinigungen gemessen werden sollen, wurden die Geräte ortsgebunden im bestimmten Abstand zur Quelle aufgestellt. Ansonsten galt als Bezugspunkt für die Probenahme der direkte Atembereich am Arbeitsplatz.

Die Dauer der Probenahme wurde so gewählt, daß jeweils nur ein Arbeitsablauf mit konstanten Bedingungen erfaßt wurde. Dies läßt sich für die Innenwirtschaft leicht verwirklichen. Im Bereich der Außenwirtschaft sind sowohl Windrichtung wie Windstärke z.B. für die Staubbelastung von Einfluß. Dann wurde der Arbeitsablauf abschnittsweise gegliedert.

Als Filter wurden Glasfaser-, Mikrosorban- und Membranfilter verwendet. Da Glasfaserfilter gewichtskonstant sind, ist eine direkte gravimetrische Bestimmung der Staubprobe möglich. Die Feuchtigkeit Aufnahme der Filter wird dadurch korrigiert, daß diese vor und nach der Probenahme 60 min. bei 100 °C im Trockenschrank getrocknet und anschließend im Exsikkator auf Zimmertemperatur abgekühlt werden. Die Massendifferenz aus den beiden Wägungen vor und nach der Probenahme ergibt die Staubmenge.

Neben dem Staubgehalt wird für bestimmte Fragen noch die chemische Zusammensetzung, der lungengängige Anteil und die Teilchengrößenverteilung bestimmt. Zur Bestimmung des organischen Anteils im Staub wurden Filter aus Polystyrol — die Mikrosorbanfilter — verwendet. Diese sind in Trichloräthylen rückstandsfrei löslich und gestatten somit eine vollständige Rückgewinnung des Staubes aus dem Filtersystem. Der gesammelte Staub kann dann aus der Suspension auf einem Membranfilter abfiltriert und anschließend getrocknet, gewogen und analysiert werden [8, 9]. Dieses Verfahren ist nur anwendbar, wenn im Staub keine Anteile vorhanden sind, die in Trichloräthylen löslich sind. Eine andere Möglichkeit, Staub für Analysenzwecke zu erhalten, bieten die Membranfilter.

Um auf einfache Weise neben dem Staubgehalt auch den Anteil lungengängigen Staubes bestimmen zu können und umfangreichere Proben für die Teilchengrößenanalyse zu erhalten, wurde dem Filter ein im Institut hergestellter Zyklonabscheider mit einer Trennungsgradkurve nach der Johannisburger Konvention vorgeschaltet, Bild 3. So ergeben sich zwei Fraktionen: Die Teilchen auf dem Filter entsprechen dem Feinstaub [10] und die im Sammelraum des Axialzyklons dem Grobstaub. Diese Auftrennung hat auch Vorteile für die Teilchengrößenanalyse, weil z.B. als Filtermedium ein Membranfilter gewählt werden kann, das sich direkt als Objektträger benutzen läßt. Für die Bildauswertung steht das vollautomatische Gerät Classimat der Fa. Leitz zur Verfügung.

Die Genauigkeit dieser Probenahme mit Auftrennung hängt ab von dem Staubgehalt, den anfallenden Mengen und davon, wieviel Staub im Vorabscheider an den Wandungen haften bleibt. Diese Fehlerquellen lassen sich durch entsprechende Versuchsdurchführung genügend klein z.B. unter 2 % halten.

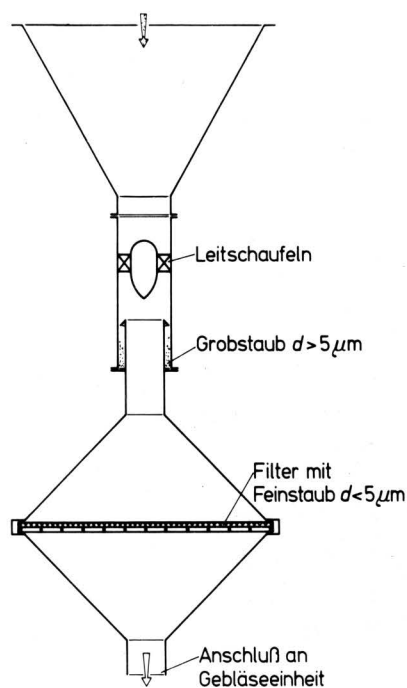


Bild 3. Einrichtung zum Trennen des Staubes in Grob- und Feinstaub. Die Trennungsgradkurve entspricht der der Johannisburger Konvention in guter Näherung.

3.2 Messen der Lärmimmission [11 bis 22]

3.2.1 Meßgrößen

Die Kennzeichnung der Lärmbelastung erfolgt mit Hilfe von Schalldruckmessungen, die heute fast ausschließlich durch elektroakustische Wandler mit nachgeschalteten elektrischen Meßgeräten vorgenommen werden. Als Maßstab dient die Angabe eines Schalldruck-

pegels in Dezibel. Der Schalldruckpegel, kurz auch Schallpegel genannt, ist der zwanzigfache Zehnerlogarithmus des Verhältnisses der Effektivwerte des gemessenen Schalldruckes und eines Bezugschalldruckes.

Um den Eigenschaften des Gehörs hinsichtlich einer Frequenzbewertung annähernd Rechnung zu tragen, können in Abhängigkeit von der Größe des Schallpegels bei der Messung Bewertungsfilter eingesetzt werden. Die mit A, B, C und D bezeichneten Filter unterscheiden sich durch ihre Frequenzcharakteristik. Die Filterkurven sind als Vereinbarung aufzufassen und in Vorschriften festgelegt. In der Meßpraxis wird unabhängig von der Größe der A-bewertete Schallpegel bevorzugt.

Für die Anzeige sind drei unterschiedliche, gleichfalls in Vorschriften festgelegte, Trägheitsstufen wählbar, die sich im wesentlichen durch ihre Integrationszeiten für die Bildung des Effektivwertes unterscheiden. Die Anzeigedynamik slow (langsam) liefert ein dem Effektivwert angenähertes Meßergebnis. Die Anzeige impulse (Impuls) bildet annähernd den Lautstärkeindruck im Gehör nach. Die Dynamik fast (schnell) verliert an Bedeutung, da sie weder einen physikalischen noch einen gehörrichtigen Wert ergibt.

Neben gleichbleibenden Geräuschen, die durch die Messung eines Momentanwertes hinreichend beschrieben werden, treten sehr häufig hinsichtlich Frequenz- und Intensitätsverteilung unregelmäßig schwankende Geräusche auf. Zur Beschreibung eines derartigen Geräusches ist eine Aufzeichnung des Schallpegels über der Zeit notwendig.

Um auch in diesem Fall die Lärmbelastung in einfacher Weise beurteilen zu können, wurde eine neue Meßgröße, der äquivalente Dauerschallpegel eingeführt. Bei der Wahl dieser Meßgröße geht man von folgender Voraussetzung aus: Der Integralwert des Geräusches über der Zeit, die sogenannte Lärmdosis, übt auf den Menschen eine Wirkung aus, die unabhängig von der zeitlichen Verteilung des Geräusches ist. Diese vereinfachende Annahme berücksichtigt nicht die für verschiedene zeitliche Verteilungen subjektiv wahrnehmbaren Unterschiede in der Wirkung, führt jedoch auf den physikalisch sinnvollen energieäquivalenten Dauerschallpegel. Dieser stellt einen zeitlichen Mittelwert des einwirkenden Geräusches dar. Mit einem gleichbleibenden Geräusch, dessen Pegel dem energieäquivalenten Dauerschallpegel entspricht, wird somit in Annäherung die gleiche Wirkung auf das Gehör ausgeübt, wie durch das zeitlich schwankende Geräusch.

3.2.2 Meßgeräte

Zur Bestimmung der vorgenannten Meßgrößen werden nachstehende Geräte der Fa. Brüel & Kjaer verwendet:

1. Präzisions-Impulsschallpegelmesser, Typ 2209, ein batteriebetriebenes tragbares Schallmeßgerät. Der Meßbereich des Gerätes liegt zwischen 15 und 140 dB. Dabei können neben der direkten Schallpegelmessung die Bewertungsfilter A, B, C und D gewählt werden. Folgende Anzeigetragheiten sind möglich: slow, fast und impulse. Eine Halteschaltung impulse hold erlaubt die bequeme Bestimmung des während einer bestimmten Zeitdauer auftretenden maximalen Impulsschallpegels.
2. Lärmdosimeter, Typ 4424, ein tragbares, batteriebetriebenes Gerät zum Bestimmen des energieäquivalenten Dauerschallpegels. Das Gerät mißt eine Lärmdosis, aus der sich unter Beachtung der Meßzeit der Dauerschallpegel berechnen läßt. Dabei wird das Geräusch durch ein festeingebautes Filter A-bewertet. Der Meßbereich beträgt 80 bis 130 dB(A).

Um auch für Geräusche mit einem Pegel unter 80 dB(A) den energieäquivalenten Dauerschallpegel erfassen zu können, wurde im Institut ein Anpassungsverstärker entwickelt und eine Änderung an dem Lärmdosimeter vorgenommen. Durch diese Maßnahmen kann das Lärmdosimeter an den vorhandenen Gleichspannungsausgang des Präzisions-Impulsschallpegelmeßers angeschlossen werden. Damit lassen sich alle Einstellmöglichkeiten des Präzisions-Impulsschallpegelmeßers zur Bestimmung des energieäquivalenten Dauerschallpegels ausnutzen.

3. Akustischer Kalibrator, Typ 4230, ein kleines, batteriebetriebenes Schalldrucknormal, das zur Eichung der vorstehend beschriebenen Schallmeßgeräte dient.

3.2.3 Meßanordnungen

Die Durchführung der Messungen erfolgte in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2058 < Beurteilung von Arbeitslärm am Arbeitsplatz hinsichtlich Gehörschäden > [19].

Bei Fahrern oder Bedienpersonen von landwirtschaftlichen Maschinen, Geräten und Apparaten mit festzugeordnetem Arbeitsplatz wurde mit dem Lärmdosimeter, dessen Mikrofon sich in Ohrnähe befand, der A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel gemessen, der zur Beurteilung der gehörschädigenden Wirkung des Lärms herangezogen werden kann. Daneben ist am gleichen Ort mit dem Präzisions-Impulsschallpegelmessers der maximale Impulsschallpegel ermittelt worden. Ein Vergleich der beiden Meßwerte gibt Aufschluß über etwaige Schallpegelschwankungen. Die Meßdauer richtete sich nach der Regelmäßigkeit des Schallpegelverlaufes. Es wurden Zeiträume gewählt, die den typischen Arbeitsvorgang umfassen, um Lärmbelastungen für beliebige Arbeitsabläufe durch Zusammensetzen der Einzelbelastungen berechnen zu können.

Zur Beurteilung der Lärmimmission in der Nachbarschaft, insbesondere bei mobilen Maschinen der Außenwirtschaft, wurde, ähnlich wie in DIN 45 636 < Außengeräuschemessungen bei Kraftfahrzeugen > festgelegt, der Schallpegel bei Vorbeifahrt gemessen [11]. Das Mikrofon des Präzisions-Impulsschallpegelmessers befand sich dabei in 1,25 m Höhe und 7,50 m Entfernung von der Längsachse der betreffenden Maschine. Es wurde sowohl der maximale Impulsschallpegel als auch mit der Anzeige slow der Effektivwert des Schallpegels A-bewertet gemessen.

In Innenräumen ohne feste Arbeitsplätze, z.B. Ställen, Lagerräumen usw. wurde gleichfalls mit dem Lärmdosimeter der energieäquivalente A-bewertete Dauerschallpegel und daneben mit dem Präzisions-Impulsschallpegelmessers der maximale A-bewertete Impulsschallpegel bestimmt. Die Meßmikrofone befanden sich dabei in 1,25 m Höhe über dem Fußboden und bei kleineren Räumen in Raummitte, bei großen Räumen an verschiedenen, von der Geräuschverteilung abhängenden Stellen. Der Mindestabstand von den Wänden betrug 1,25 m. Die Meßdauer wurde auch hier so gewählt, daß typische Arbeitsabschnitte, z.B. Füttern, Melken usw. erfaßt wurden. Bei allen Messungen wurde beachtet, daß der Abstand zu einem etwa vorhandenen Störpegel mindestens 10 dB(A) betrug.

3.3 Messen der Geruchsimmission [23 bis 34]

3.3.1 Meßmethode

Das Messen geruchswirksamer Stoffe erfolgt nach den meßtechnischen Grundsätzen derart, daß die geruchsbildenden Stoffe chemisch oder physikalisch nach Zusammensetzung und Menge ermittelt werden. Nun sind aber diese Stoffe meist in so geringer Menge und damit in einem Konzentrationsbereich geruchswirksam, der von der Analytik außer in Sonderfällen noch nicht erfaßt wird. Dies wird sich auch in absehbarer Zeit nicht wesentlich ändern. Aus diesem Grund muß man auf organoleptische Verfahren, in diesem Fall auf den Geruchssinn des Menschen, zurückgreifen [23].

Die sensorische Beurteilung des Geruchs erfolgt im wesentlichen nach Qualität, Lästigkeit und Intensität. Die Qualität unterscheidet einzelne Gerüche nach ihrer Art, wie Rosenduft; die Lästigkeit nach angenehm und unangenehm [24]. Mit der Intensität wird die Stärke der Empfindung beschrieben, Bild 4. Das Unterscheidungsvermögen im Bereich der Intensität ist relativ begrenzt. Es geht über fünf Stufen kaum hinaus. Zur Beschreibung des Geruchs werden den Geruchsintensitäten Zahlenwerte zugeordnet. Der Wert 1/2 beschreibt den unteren Schwellenwert, die Wahrnehmungsschwelle. Das ist die Konzentration eines Geruchsstoffes in der Luft, welche eben noch wahrgenommen wird, aber noch so schwach ist, daß der Geruch nicht beschreibbar ist. Die Stufe 1 bezeichnet

den Identifikationsschwellenwert, eine Konzentration des Geruchsstoffes, die notwendig ist, um ein arteigenes Merkmal zu erkennen [25]. Diese Konzentration ist für die Qualitätsangabe eines Geruchs mindestens erforderlich. Das hinsichtlich der Intensität begrenzte direkte Unterscheidungsvermögen, Bild 4, macht es erforderlich, nach einer anderen Kennzeichnung zu suchen.

Grad der Intensität	Beschreibung
0	geruchlos (nichtwahrnehmbar)
1/2	Geruchsschwelle (Wahrnehmung)
1	Geruchsschwelle (Erkennung)
2	deutlicher Geruch
3	starker Geruch
4	überwältigender Geruch
5	gefährlich

Bild 4. Einteilung der Geruchsintensität nach Stufen.

Es bietet sich an, geruchsfreie Luft — oder reinen Sauerstoff — als Atemgas mit geruchsbeladener Luft solange zu mischen, bis die Geruchsschwelle erreicht ist. Das Mischungsverhältnis ist ein Maß für die Geruchsintensität. Auf diese Weise läßt sich ein Geruchspegel G_p definieren. Dieser ist gegeben durch das Verhältnis der Atemgasmenge V_{O_2} zu der mit Geruchsstoffen beladenen Luftmenge V_{bLuft} ($\hat{=}$ V_{Probe}) an der Wahrnehmungsschwelle (WS).

$$G_p = \left(\frac{V_{O_2}}{V_{bLuft}} \right)_{WS}$$

Der Geruchspegel gibt die Menge des vorhandenen geruchsinaktiven Stoffes als das Vielfache der Menge an, die gerade noch wahrgenommen wird.

Die Bestimmung des Geruchspegels mit Hilfe eines organoleptischen Kriteriums beruht darauf, Mischungsreihen herzustellen und auszuwerten. Hierfür stehen statische und dynamische Verfahren zur Verfügung. Bei den statischen Verfahren werden mit einer Batterie von Ganzglasspritzen Mischungsreihen hergestellt; bei den dynamischen Verfahren wird einem geruchsfreien Luft- oder Sauerstoffstrom eine unterschiedliche, jeweils bekannte Menge mit Geruchsstoffen beladener Probenluft zugemischt [26]. Vergleichsversuche mit geruchsfreier Luft und Sauerstoff als Atemgas ließen keinen Einfluß auf das Meßergebnis erkennen. Die Geräte zur Durchführung solcher Messungen nennt man Olfaktometer.

3.3.2 Meßgeräte

Das benutzte Olfaktometer ist ein mit Sauerstoff oder Druckluft betriebenes Atemgerät. Dem bekannten Strom von Atemgas wird ein einstellbarer, mit Geruchsstoffen beladener Luftstrom zugeführt, Bild 5. Die Testperson beginnt bei der Beurteilung mit einem großen Mischungsverhältnis, um einer raschen Adaption des Geruchssinnes vorzubeugen. Ermittelt wird das Mischungsverhältnis an der Geruchsschwelle, bei der Geruchsintensität 1/2 (Wahrnehmungsschwelle). Vielfach wird auch die Geruchsintensität 1 (Identifikationsschwelle) als Geruchsschwelle benutzt, weil sie sich mit größerer Sicherheit bestimmen läßt. Die Auswertung der so erhaltenen Mischungsverhältnisse wird weiter unten behandelt.

Zur Geruchsbeurteilung von Immissionen der landwirtschaftlichen Produktion wird in der Bundesrepublik vielfach ein vom Institut für landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Universität Kiel entwickeltes Olfaktometer verwendet [27]. Bei diesem auch von uns wegen seiner Handlichkeit benutzten Olfaktometer sind Mischungsverhältnisse zwischen Atemgas und Probenluft von 0,3 bis 800 einstellbar. Vorversuche haben gezeigt, daß die Größe der bei diesem Olfaktometer benutzten Ausgleichsblase für das Atemgas einen Einfluß auf das Meßergebnis hat. Die Empfindlichkeit des Olfaktometers nimmt mit zunehmendem Inhalt ab, so daß alle Versuche ohne Ausgleichsblase durchgeführt wurden.

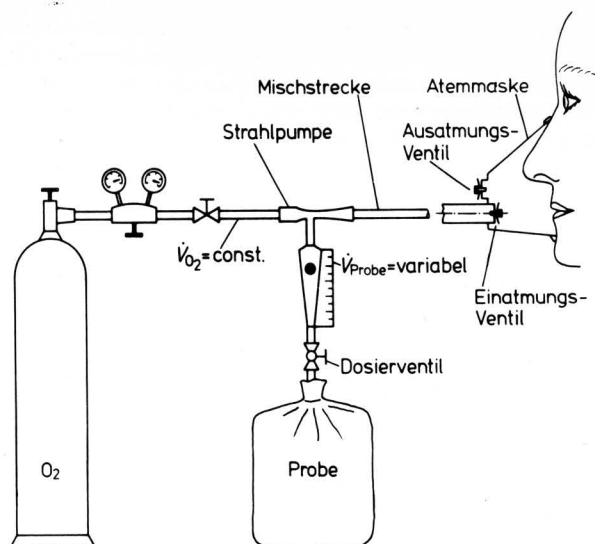


Bild 5. Schema des Olfaktometers Bauart Mannebeck.

3.3.3 Auswertung der mit dem Olfaktometer erhaltenen Werte

In grundlegenden Untersuchungen wurde festgestellt, daß die von verschiedenen Personen ermittelten Geruchsschwellen unterschiedlich und logarithmisch normal verteilt sind [28]. Sie schwanken je nach dem angebotenen Geruchsstoff über zwei bis vier Zehnerpotenzen. Man muß daher mit einer Gruppe von Testpersonen arbeiten (Riechteam). Zur Auswertung stellt man die mit dem Olfaktometer ermittelten Meßwerte in einem Wahrscheinlichkeitsnetz mit logarithmisch geteilter Abszisse dar. Die Ordinate gibt die Summenhäufigkeit in Prozent, die Abszisse das gemessene Mischungsverhältnis an der Geruchsschwelle an. Die den einzelnen Beobachtungswerten zuzuordnenden Summenhäufigkeiten werden nach der Näherungsformel von Rosow $100(3i - 1)/(3n + 1)$ berechnet, mit n als Anzahl der Beobachtungswerte (Mischungsverhältnis) und i als Nummer der der Größe nach geordneten Beobachtungen. Die Prozentwerte geben den Erwartungswert der Wahrscheinlichkeit des

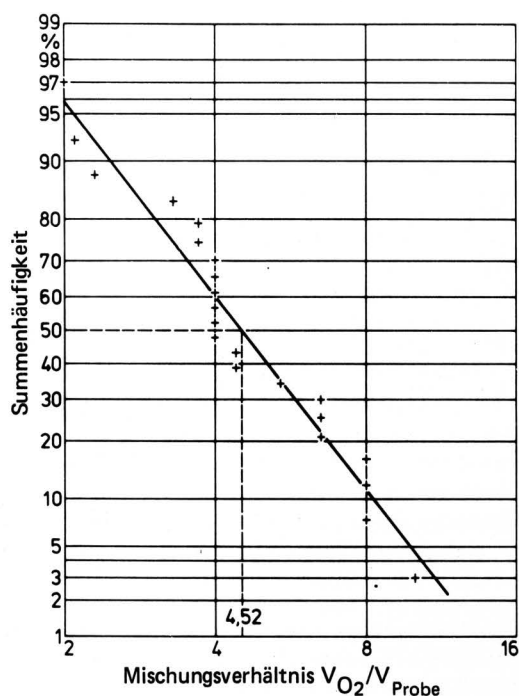


Bild 6. Bestimmen des Mittelwertes des Mischungsverhältnisses für ein Team von Testpersonen.

i-ten Wertes an. Der Geruchspegel ist dann das Mischungsverhältnis, das von 50 % des Teams gerade noch wahrgenommen wird, Bild 6.

Wird außerdem der arithmetische Mittelwert und die Varianz der Ausgangsverteilung angegeben, so ist auch die Verteilung des transformierten Merkmals beschrieben.

3.3.4 Zusammenstellung eines geeigneten Teams von Testpersonen (Riechteam) und Durchführung der Messungen

Nach Schrifttumsangaben [26, 29] werden vielfach sechs bis acht Testpersonen zur Messung eingesetzt. Die Mitglieder sollten den Altersstufen zwischen 20 und 50 Jahren angehören. Jüngere und ältere Testpersonen werden nicht mit einbezogen, da ihr Geruchsempfinden in charakteristischer Weise von dem der 20 bis 50-jährigen abweicht [30].

Aus einer Gruppe von 35 Personen des Instituts wurden in Versuchsreihen mit künstlich hergestellten Gasgemischen — einschließlich Blindversuchen — acht Testpersonen mit möglichst gleichem Geruchsempfinden ausgewählt.

Die Testpersonen sollten während der Arbeitszeit, einschließlich der Pausen nicht rauchen. Außerdem ist der Genuß alkoholischer Getränke und scharfer Gewürze zu vermeiden. Zwischen der letzten Nahrungsaufnahme und den Messungen sollten mindestens 2 Stunden liegen [30].

Vorversuche haben u.a. ergeben [31], daß die Geruchsempfindung der Testgruppe zwischen 9 und 11 Uhr am ausgeprägtesten ist. Zur Prüfung der Reproduzierbarkeit wurden mindestens einmal wöchentlich, stets zur gleichen Tageszeit, Kontrollversuche mit einem Ammoniak-Luftgemisch von 120 ppm durchgeführt. Einer Empfehlung von May [32] folgend wurden mit jeder Testperson täglich nicht mehr als fünf Messungen durchgeführt.

Untersuchungen an der Geruchsquelle führen zu einer raschen Adaption des Geruchssinns. Zur Regeneration muß den Testpersonen mindestens drei bis vier Minuten geruchsfreie Luft zugeführt werden [33]. Die Regeneration des Geruchssinns mit Sauerstoff über eine Atemmaske führte nicht zu befriedigenden Ergebnissen. Zur Vermeidung der Adaption bieten sich Untersuchungen am Meßort in einer geruchsfreien Kabine oder die Entnahme von Geruchsproben und die Messung unter Laborbedingungen an [4]. Messungen unter solchen Bedingungen haben den Vorteil, daß die Beurteilung der Proben unter gleichen Klimabedingungen erfolgen kann. Eine Unsicherheit liegt jedoch darin, daß sich die Proben verändern. Dies wurde durch Zwischenversuche jeweils geprüft [31]. Bei den durchgeführten Versuchen wurde Probenluft in gereinigtem Polyäthylenbeutel gefüllt.

Wegen der Möglichkeit von Änderungen der Geruchsintensität bei einer Lagerung der Probenluft erfolgte die Beurteilung der Proben direkt nach der Probenahme unter konstanten Klimabedingungen (20 °C, 60 % Luftfeuchte), im Labor oder an einem geeigneten Ort in Nähe der zu messenden Produktion. Für diese Fälle wurde ein 120 ppm Ammoniak-Luftgemisch als Standard-Geruchsquelle zur Kontrolle des Teams im Vergleich zu den Laborbedingungen mitgeführt.

Der Ort der Probenahme wurde in Anlehnung an die Empfehlung zur Messung und Beurteilung von gesundheitsgefährlichen Stäuben am Arbeitsplatz festgelegt [34]. Die Höhe beträgt bei stehender Tätigkeit 165 cm und bei sitzender Tätigkeit 110 cm. Der horizontale Abstand wurde bei mobilen Arbeitsplätzen in Anlehnung an die DIN 45636 < Außengeräuschmessungen an Kraftfahrzeugen > festgelegt [11]. Die Probenahme erfolgte leeseitig vom fahrenden Fahrzeug in einem Abstand von 7,5 m von der Emissionsquelle. Für die personenbezogene Probenahme wurde als Bezugspunkt der Atembereich des Beschäftigten, für die ortsbezogene Probenahme wurde als Bezugspunkt ein Ort gewählt, der für den Arbeitsbereich repräsentativ ist. Das sind beispielsweise Orte, an denen sich der Beschäftigte relativ häufig aufhält. Für die Erfassung der auf die Nachbarschaft wirkenden Geruchsbelastigungen erfolgte die Probenahme ebenfalls in einer Höhe von 165 cm.

3.3.5 Übertragbarkeit der Ergebnisse

Aus vorstehenden Ausführungen wird sichtbar, daß das Ergebnis von Geruchsmessungen in hohem Maße von den individuellen Eigenschaften der Testpersonen und deren Anzahl abhängt. Die Reproduzierbarkeit für ein bestimmtes Team ist unter Berücksichtigung der Einflußfaktoren recht gut. Damit sind Olfaktometer für Vergleichsmessungen gut geeignet. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse oder die Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedener Teams ist eingeschränkt.

Um diesen schwerwiegenden Nachteil zu mildern, wird vorgeschlagen, das jeweilige Team über eine oder mehrere Standard-Geruchsquellen, z.B. ein Ammoniak-Luftgemisch von 120 ppm, zu kennzeichnen. Für das Team der vorstehenden Messungen sind diese Werte in Bild 7 dargestellt. An einer Methode zur Bewertung der Meßwerte verschiedener Teams wird gearbeitet [31].

Datum	6.8.	7.8.	11.8.	26.8.	1.9.	8.9.	16.9.	23.9.
V_{O_2}/V_{bLuft}	12,33	14,43	11,51	12,28	12,41	12,52	15,86	14,77

Bild 7. Mittelwerte des Mischungsverhältnisses V_{O_2}/V_{bLuft} für ein Luft-Ammoniakgemisch von 120 ppm als Kennwert der Testgruppe, Aug./Sept. 1975, 9 ÷ 10 Uhr, $t_L = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi \approx 60\text{ \%}$.

4. Meßergebnisse

Die Ergebnisse zu den in der Aufgabenstellung genannten Untersuchungen sind in den Tafeln 1 bis 5 dargestellt. Die Messungen erfolgten an handelsüblichen Maschinen und Geräten ohne Einnengung, Veränderung oder Störung der Arbeiten in den jeweiligen landwirtschaftlichen Klein-, Mittel- und Großbetrieben. Die erhaltenen Ergebnisse sind geeignet, die Größenordnungen der Belastungen repräsentativ für Arbeitsplätze bzw. Orte an Produktionsmitteln in der landwirtschaftlichen Produktion anzuzeigen und Hinweise auf die Emissionsquellen und ihre Bekämpfung zu geben.

4.1 Arbeitsplätze auf fahrenden Arbeitsmaschinen

Die Ergebnisse zu diesen Messungen zeigt Tafel 1. Allgemein ist festzuhalten, daß die Fahrerkabinen im Sommerhalbjahr wegen der Temperaturentwicklung meist geöffnet sind. Die Kabine ist dann nicht geeignet, erwünschte Grenzwerte, z.B. für Lärm und Staub, zu sichern (s. 6.1.4).

4.1.1 Staubbelastung

Als allgemeines Ergebnis hinsichtlich der Staubbelastung ergibt sich, daß im wesentlichen zwei Staubströme vorhanden sind, nämlich Teilchen vom Boden, die vor allem durch die Geräte zur Bodenbearbeitung und auch durch die Reifen aufgewirbelt werden und Teilchen von oder an Pflanzen, die bei der Ernte oder Verarbeitung anfallen oder frei werden, wie z.B. beim Mähdrusch.

Bei einer Grundbelastung an Staub von etwa $0,1\text{ mg/m}^3$ auf dem Land werden bei der Bodenbearbeitung, abgesehen von Extremwerten, abhängig von der Bodenart und insbesondere der Bodenfeuchtigkeit, Staubbelastungen von 1 bis 500 mg/m^3 erreicht, beim Mähdrusch Werte von 1 bis 300 mg/m^3 . Die Belastung ist in hohem Maße von der Wind- und Fahrtrichtung, sowie von der Wind- und Fahrgeschwindigkeit abhängig. Der anzustrebende Grenzwert von 8 mg/m^3 für inerte Stäube wird im Bereich des Arbeitsplatzes auf Mähdreschern und Schleppern oft erheblich überschritten.

Die Stäube bestehen bei Mähdreschern aufgrund durchgeführter Analysen vorwiegend aus organischer Substanz (Anteil etwa 70 bis über 90 %) und bei der Bodenbearbeitung aus Stoffen mit einem anorganischen Anteil von meist um 90 % (mineralische Stäube).

Hinsichtlich der Teilchengröße ist zu erwähnen, daß bei den untersuchten organischen Stäuben etwa $3 \div 5\text{ \%}$ und bei den mineralischen Stäuben etwa $3 \div 10\text{ \%}$ kleiner sind als etwa $5\text{ }\mu\text{m}$. Diese Anteile sind lungengängig und können dann entsprechende Wirkungen hervorrufen, Tafel 5.

4.1.2 Lärmbelastung

Für die Lärmbelastung ist nicht nur die Größe der Arbeitsmaschine oder die installierte Leistung entscheidend, sondern auch die jeweils gewählte Drehzahl. Die Lärmbelastung (Dosimeter am Fahrerohr) liegt zwischen etwa 85 dB(A) und 100 dB(A). Die Spitzenwerte können etwas höher liegen, z.B. um 2 dB(A). Aus dieser Differenz folgt, daß es sich bei den untersuchten Arbeiten vorwiegend um wenig impulshaltigen, also sehr gleichförmigen Lärm handelt.

In einem Abstand von 7,5 m von der Mittelachse liegt die Belastung zwischen 70 dB(A) und 95 dB(A) bei den Spitzenwerten. Die Mittelwerte sind meist um 3 bis 5 dB(A) kleiner. — Systematische Unterschiede zwischen den Maschinen nach Herstellern geordnet sind nicht darstellbar.

Interessant ist die unterschiedliche Abnahme der Lärmbelastung mit zunehmender Entfernung. Diese Abnahme beträgt für 7,5 m Abstand beim Mähdrusch etwa 5 bis 6 dB(A) und bei den Schleppern etwa 10 bis 12 dB(A). Die Gründe hierfür sind sehr vielschichtig.

Zu erwähnen ist ferner, daß sich die Werte auf geöffnete Kabinen beziehen. In solchen Kabinen ist die Lärmbelastung oft geringfügig höher als ohne Kabine (s. 6.1.4). — Arbeitsgeräte können einen hohen Anteil zum Lärmpegel liefern.

4.1.3 Geruchsbelastung

Die Geruchsbelastung an fahrenden Arbeitsmaschinen tritt nur dann auf, wenn der Arbeitsplatz, bzw. die Auspuffeinrichtung des Verbrennungsmotors so angelegt ist, daß die Abgase den Arbeitsplatz bestreichen.

Sonst ist nur beim Ausbringen von Flüssig- oder Festmist eine Geruchsbelastung festzustellen. Diese ist abhängig auch von der Einbringungsmethode und der ausgebrachten Menge, worüber im Institut für Landmaschinen der FAL gearbeitet wird. Einige Werte aus den Versuchen dieses Institutes sind in Tafel 2 angegeben.

4.2 Arbeitsplätze in ortsfesten Anlagen

Bei diesen Untersuchungen wird unterschieden zwischen ortsfesten Anlagen zur Haltung der Tiere, Tafel 3, und solchen zur Verarbeitung von Pflanzenprodukten, Tafel 4. Da in diesen Fällen der Arbeitsplatz nicht eindeutig festgelegt ist, beziehen sich die Werte auf jeweils genannte Orte der Anlagen.

Die Belastungen im Bereich der Tierproduktion unterscheiden sich jedoch in der Grundtendenz wesentlich von denen an Arbeitsplätzen auf fahrenden Arbeitsmaschinen. Allgemein ist festzustellen, daß die Staub- und Lärmbelastung wesentlich niedriger liegt. Die Lärmbelastung ist sehr ungleichförmig. Als weiterer wesentlicher Unterschied ist die vergleichsweise hohe Geruchsbelastung zu nennen.

4.2.1 Staubbelastung

Die Staubbelastung liegt im allgemeinen unter dem Richtwert von 8 mg/m^3 . Höhere Werte findet man in bestimmten Bereichen, wie in der Nähe der Futteraufbereitung oder der Futterzuteilung. Trotz dieser niedrigen Belastung kann die Gefährdung durch Staub größer sein, weil der meist organische Staub einen hohen Anteil an Keimen enthält. Dieser kann sowohl zu einer Gefährdung des arbeitenden Menschen als auch der Tiere führen.

Der Feinstaubanteil schwankt je nach Art der Belüftung bzw. der Luftbewegung, der Futterzubereitung und der tierspezifischen Haltung zwischen 1 % und 20 %.

4.2.2 Lärmbelastung

Die Lärmquellen bei der Tierproduktion sind, wenn man von maschinellen Einrichtungen absieht, vor allem durch Tierlaute gegeben. Hieraus ergeben sich auch die großen Unterschiede zwischen den Spitzenwerten einerseits, die zwischen 70 und 100 dB(A) liegen, und den Dosimeterwerten andererseits, die oft bis 30 % niedriger liegen. Der Richtwert von 90 dB(A) wird meist unterschritten.

4.2.3 Geruchsbelastung

Eine wesentliche Umweltbelastung in der Tierproduktion ist der Geruch. Ursache ist der teilweise unkontrollierte biologische Abbau organischer Stoffe, wodurch Gase wie Ammoniak, Mercaptane, Amine usw. entstehen. Diese Geruchsbelastungen führen meist zu keiner direkten Gefährdung der Arbeitspersonen, sie werden aber teilweise als sehr belästigend empfunden. Von besonderem Einfluß sind nicht so sehr die Tierarten als vielmehr die Belüftung (Lufrate), der Pflegezustand der Ställe, die Beladung und die Art der Entsorgung.

Die Immission in ortsfesten Einrichtungen zur Behandlung von Pflanzen oder Pflanzenteilen, Tafel 4, läßt erkennen, daß die anfallenden Staubmengen nicht nur stoff-, sondern auch funktionsbedingt sind. Sie hängen daher auch von der Arbeitsweise und konstruktiven Ausbildung der Maschinen ab. Hieraus ergeben sich Hinweise für die Staubbekämpfung.

5. Bewertung der gemessenen Belastungen hinsichtlich gesundheitlicher Wirkungen

5.1 Luftfremde Stoffe

Über gesundheitliche Auswirkungen von Stoffen, eingeschlossen Staub, liegen zahlreiche Ergebnisse vor. Aus diesen hat die < Kommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der deutschen Forschungsgemeinschaft > eine Liste über < Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe > (MAK-Werte) abgeleitet [35, 36]. Als Maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK-Wert) bezeichnet die Kommission diejenige Konzentration eines gas-, dampf- oder staubförmigen Arbeitsstoffes in der Luft am Arbeitsplatz, die nach der derzeitigen Kenntnis auch bei langfristiger, in der Regel täglich achtstündiger Einwirkung, jedoch bei Einhaltung einer Wochenarbeitszeit bis zu 45 Stunden, im allgemeinen die Gesundheit des hier Beschäftigten nicht schädigt. Ob gelegentliche Überschreitungen des MAK-Wertes als noch unbedenklich gelten können, hängt nicht nur von der Höhe, Dauer und Häufigkeit der Überschreitung ab, sondern auch noch von den Besonderheiten des jeweiligen Stoffes. Die MAK-Werte gelten in der Regel für einen reinen Stoff, das gilt auch dann, wenn diese Stoffe in staubförmigem Zustand auftreten.

In der Liste der MAK-Werte sind auch inerte Stäube aufgeführt. Hierunter versteht man Stäube, die nach den heutigen Kenntnissen nicht toxisch und nicht fibrogen wirken und auch keine spezifischen Krankheitserscheinungen hervorrufen. Man hat sie aber wegen der Beeinträchtigung von Funktionen der Atemorgane mit einem MAK-Wert von 8 mg/m³ in die Liste aufgenommen. Für die nicht in der Liste aufgeführten Stoffe bestehen noch keine hinreichenden Unterlagen zur Festlegung von MAK-Werten.

Dies läßt es angebracht erscheinen, auf einige spezifische Krankheiten hinzuweisen. Für die Staubbelastung sind zu beachten die sog. Staubinhalationskrankheiten oder Pneumokoniosen. Hinsichtlich dieser Erkrankungen lassen sich zwei Staubgruppen unterscheiden, nämlich mineralische und organische Stäube.

5.1.1 Mineralische Stäube

Bei mineralischen Stäuben wird eine gesundheitsschädliche Wirkung (Silikose) dann angenommen, wenn der Feinstaub aus Quarz 0,15 mg/m³ übersteigt oder wenn der quarzhaltige Feinstaub (Quarzgehalt zwischen 1 % und 5 %) mehr als 4 mg/m³ beträgt. Feinstaub ist diejenige Menge, die als lungengängig anzusehen ist. Dies sind die Teilchen, die kleiner sind als die durch die Johannis-

burger Konvention festgelegte Trennkurve [10]. Diese Kurve für Stoffe der Dichte 1 g/cm³ ist durch folgende Punkte charakterisiert:

- 1,5 µm – Teilchen sind zu 95 %
- 3,5 µm – Teilchen sind zu 75 %
- 5 µm – Teilchen sind zu 50 % und
- 7,1 µm – Teilchen sind zu 0 % dem Feinstaub zuzuordnen.

Unter Berücksichtigung dieser Werte und der Expositionszeit sind Gefährdungen durch Quarz bei der Bodenbearbeitung unter bestimmten Bedingungen möglich, weil sehr viele Böden auch im lungengängigen Teilchenbereich Quarz enthalten.

5.1.2 Organischer Staub

Als Pneumokoniosen, verursacht durch organischen Staub, sind u.a. die Farmerlunge, die Bagassose, die Byssinose, die Hanfstaublunge, und die Paprikaspalterlunge zu nennen [37]. Die Farmerlunge [38, 39], eine allergische Erkrankung der Lungenalveolen, wird im wesentlichen durch bestimmte auf Kulturpflanzen oft vorhandene Schimmelpilze hervorgerufen. Die Anzahl der Erkrankungen wird nach Petersen [40] bis zu 20000 pro Jahr geschätzt. Demgegenüber wurden von 1963 bis 1967 nur 27 Fälle den landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften gemeldet, 9 davon wurden als Arbeitsunfälle anerkannt, 3 wurden wie eine Berufskrankheit entschädigt. Die Getreidestaubpneumokoniose wird nach Gofferje [41] als ein fortgeschrittenes Stadium der Farmerlunge angesehen. Schon diese wenigen Hinweise lassen sichtbar werden, daß die an Pflanzenteilen haftenden Mikroorganismen oft für Erkrankungen ursächlich sein können. Dies gilt auch für die Infektion von Tierbeständen und ist besonders zu beachten, wenn Tiere in größeren Beständen gehalten werden. Insofern gewinnen die Staubprobleme bei der tierischen Produktion dann eine vergleichsweise höhere Bedeutung.

Zusammenfassend läßt sich zur Staubbelastung ausführen, daß die Möglichkeiten sehr schwerer Erkrankungen durch Staub in der landwirtschaftlichen Produktion verhältnismäßig gering sind, Staub aber als eine erhebliche Belästigung am Arbeitsplatz wirken kann, wodurch auch die Arbeitsleistung und -güte herabgesetzt wird [42]. Des weiteren kann Staub als Risikofaktor für die Verbreitung von Krankheiten in Tierbeständen angesehen werden, so daß unbeschadet der derzeit vorgegebenen MAK-Werte das Bestreben der Technik dahin gehen muß, die Staubkonzentration grundsätzlich und stets so weit wie möglich zu senken.

5.1.3 Gasförmige Stoffe

Gasförmige Verunreinigungen stammen allgemein aus Verbrennungsprozessen, so daß die Abgase aus Verbrennungsmaschinen und in einigen Fällen auch aus Feuerungen zu beachten sind.

Hinsichtlich der Belastung durch Kohlenmonoxid und Stickoxide hat Biller [43] festgestellt, daß die Verdünnung bei richtiger Anordnung und Ausbildung der Auspufföffnung meist ausreicht, um die MAK-Werte zu unterschreiten.

5.2 Lärm [13, 19, 44 bis 47]

Die Wirkung von Lärm auf den Menschen kann man in vier Bereiche gliedern, nämlich in die exauralen (psychische und physiologische) und die auralen (lang- und kurzfristig sich auf das Gehör auswirkende) Wirkungen, wobei jedem Bereich grob ein bestimmter unterer Pegelgrenzwert des Luftschalldruckes zugeordnet ist.

Zu den psychischen Wirkungen gehören die allgemeine Belästigung, die Störung von Tätigkeiten und die Beeinträchtigung der Kommunikation. Sie sind bereits oberhalb etwa 30 dB(A) möglich. Eine Vorausbestimmung der psychischen Wirkung allein auf Grundlage physikalischer Meßwerte ist nicht möglich, da für diese Reaktionen die im Lärm enthaltene Information, die individuelle Konstitution und die persönliche Einstellung gegenüber dem Lärm von entscheidender Wichtigkeit sind. Die Beeinträchtigung von Tätigkeiten durch Lärm läßt sich unter Laborbedingungen erst bei verhältnismäßig hohen Schallpegeln von etwa 80 bis 90 dB(A) experimentell nachweisen, wobei es jedoch sicher unzulässig ist, daraus Schlüsse auf die Wirkungen des in der Praxis auftretenden Arbeitslärms zu ziehen, zumal bei solchen Untersuchungen Nachwirkungen nicht erfaßt werden.

Tafel 1. Fahrende Arbeitsmaschinen, Pflanzenproduktion.

Lfd. Nr.	Datum	Uhrzeit	Ort	Produktionsstufe	Schlepper	Gerät	Kabine 1)	Produktionsbedingungen		
								Produktionsmittel		
								Fahrt- richtung 2)	Fahr- geschw. km/h	Dreh- zahl min ⁻¹
1	13.5.	13.30	Steinhof	Rübendrilla	Deutz 5506	Vielfachgerät Rau-Kombi 7r.	W-offen	0/180	3,4	1400
2	13.5.	14.30						0/180	3,4	1400
3	14.5.	8.30						90/270	3,4	1000
4	14.5.	9.30						90/270	3,4	1000
5	29.4.	9.15	Rietze	Spargelbeete aufpflügen	Deutz 5005	Spargel-Pflug	W-offen	82/262	4,8	1600
6	29.4.	10.10						82/262	4,8	1600
7	29.4.	14.40						72/252	4,8	1600
8	29.4.	15.30						72/252	4,8	1600
9	6.5.	9.35	Rietze	Kartoffellegen	IHC 724	Cramer Kartof- fellegeautomat	W-offen	165/345		1800
10	6.5.	14.00						165/345		1800
11	15.5.	9.00	Üfingen	Rübenhacken	Deutz 6005	Vielfachgerät Rau-Kombi 14r.	W-offen	80/260	2,1	1000
12	15.5.	10.30						80/260	2,1	1000
13	15.5.	12.45						80/260	2,1	1000
14	22.5.	9.00	Hornburg	Rübenhacken	Deutz 6006	Vielfachgerät Rau-Kombi 14r.	W-offen	175/355	3,6	1100
15	22.5.	10.30						175/355	3,6	1100
16	11.6.	9.10	Rietze	Rübenhacken	Fendt-Geräte- träger	Vielfachgerät Rau-Kombi 7r.	W-offen	326	4,1	1150
17	11.6.	10.15						146	4,1	1150
18	11.6.	13.05						326	4,7	800
19	11.6.	14.15						146	4,7	800
20	30.5.	13.15	Rietze/Volkse	Kartoffelanhäufeln	Deutz 5505	Häufelpflug	W-offen	165/345	9,0	2000
21	30.5.	14.10						165/345	9,0	2000
22	2.6.	14.00	Rietze/Volkse	Kartoffelanhäufeln	Deutz 5505	Häufelpflug	W-offen	165/345	7,1	1600
23	2.6.	15.10	Rietze/Brücke		Deutz 5505			165/345	7,0	1600
24	26.6.	10.00	Edemissen	Rübenspritzen	Deutz 5506	Eigenbau	W-offen	75/255	11,0	1700
25	7.7.	11.00	Üfingen	Erbsendreschen	Deutz 8005	Erbsendresch- maschine IMC	W-offen	76/256	1,1	1600
26	8.7.	7.00						76/256	1,1	1600
27	8.7.	9.10						120/300	1,1	1600
28	8.7.	10.10	Hallendorf	Erbsenmähen		Schwadmäher Hesston 300 M	keine	120/300	5,2	1500
29	8.7.	10.50						120/300	5,4	1500
30	9.7.	7.20	Hallendorf	Erbsenstroh häckseln	Deutz 6005	Schlegelhäcksler Taarup (Fischer)	W-offen	120/300	6,0	1900
31	9.7.	8.55						120/300	6,0	1900
32	9.7.	10.05						120/300	6,0	1900
33	10.7.	10.30						120/300	6,3	1950
34	10.7.	11.30						120/300	6,3	1950
35	11.7.	7.00						76/256	1,1	1600
36	11.7.	8.00	Üfingen	Erbsendreschen	Deutz 8005	Erbsendresch- maschine IMC	W-offen	76/256	1,1	1600
37	9.7.	11.25	Hallendorf	Pflügen Pflügen u. Eggen Pflügen	Schlüter 500 S Schlüter 500 S Schlüter 500 S	Wendepflug 6 scharig	K-offen	120/300	8,0	1800
38	10.7.	7.30						120/300	7,6	1800
39	10.7.	9.00						120/300	8,0	1800
40	31.7.	8.10	Üfingen	Eggen u. Walzen	Schlüter 1500 TV	Egge u. Cambridgewalze	K-offen	278/ 98	9,0	1900
41	31.7.	8.35						278	9,0	1900
42	31.7.	8.55						98	9,0	1900
43	31.7.	9.55						278	9,0	1900
44	15.7.	13.55	Volkse	Mähdreschen, Wintergerste		Mähdrescher Fahr 1200	keine	85	3,3	1000
45	15.7.	14.15						180	3,3	1000 ⁷⁾
46	15.7.	14.35						265	3,3	1000
47	15.7.	15.00						0	3,3	1000
48	22.7.	13.30	Hillerse	Mähdreschen, Winterweizen		Mähdrescher Fahr 1600	keine	90	3,4	1000
49	22.7.	13.50						270	3,4	1000
50	22.7.	14.15						180	3,4	1000
51	22.7.	14.40						0	3,4	1000
52	28.7.	15.00	FAL	Mähdreschen, Sommergerste		Claas-Mercator	keine	0	4,5	700
53	28.7.	15.15						180	4,5	700
54	28.7.	15.35						270	4,9	850

1) W — auf Sicherheitsrahmen aufgesetzte einfache Wetterschutzkabine mit Seitenteilen aus Stoff, K — Kabine in Rahmenbauweise, T — Türen

2) Fahrtrichtung = Fahrt in Richtung, Winkel gegen geogr. Nord 3) Richtung = Bearbeitungsrichtung auf dem Feld, die Gegenrichtung — 180° größer — ist nicht angegeben 4) S 30 = Sandboden, Bodenzahl 30, IS = lehmiger Sand, L = Lehm Boden auf Löß, tL = toniger Lehm 5) Bodenfeuchte in der 2 cm starken Schicht an der Oberfläche 6) Windrichtung = Wind aus Richtung 7) Drehzahl beim Mähdreschen ist die Trommeldrehzahl 8) Sand, anmoorig.

Produktionsbedingungen									Meßergebnisse					
Feldbedingungen					Wetterbedingungen				Staub		Lärm			
Lfd. Nr.	Abmessungen m	Richtung 3)	Boden 4)	Bodenfeuchte % 5)	Lufttemp. °C	Luftfeuchte %	Windrichtung 6)	Windgeschw. m/s	Lage der Meßstelle	Staubgehalt mg/m³	7,5 m Abstand		am Ohr	
											Imp. Hold dB(A)	Slow dB(A)	Imp. Hold dB(A)	Dosimeter dB(A)
1	295x 134	0	S 32-36	10	18	40	150	0 -2	Schlepperkotflügel	2,70	76	74 -75	92,5	88,5
2	295x 134	0		11,9	19	38	150	0 -2		3,61	76	74 -75	92,5	88,5
3	380x 295	90		6,5	17	43	100	0 -1		3,39	76	73 -75	88	85
4	380x 295	90		6,2	19,5	46	90	0 -1,5		3,61	76	73 -75	88	85
5	140x 45	82	S 25-30	2,4	21	40	180	2 -4	Schlepperkotflügel	1,77	86	82 -84	94-95	94,9
6	195x 70	82		2,3	21	40	180	4 -6		11,43	86	82 -84	94-95	94
7	140x 114	72		0,7	24	38	215	4 -6		37,55	86	82 -84	94-95	94
8	140x 114	72		0,7	24	37	215	4 -6	Pflugsitz	8,80	86	82 -84	91	90
9	332x 160	165	S 20-25	7,3	12	62	90	2 -4	Schlepperkotflügel	2,10	70	66 -69	85	84,6
10	332x 160	165		2,7	19	48	90	3,5-5,5		5,15	70	67 -69	85	84,6
11	975x 430	80	L 77-85	19,6	15	78	325	2 -2,5	Schlepperkotflügel	0,30	74	70 -72	87,5	83,9
12	975x 430	80		12,0	16,5	75	290	2 -2,5		0,26	74	70 -72	87,5	83,9
13	682x 375	80		16,6	19	56	0	0 -1		0,52	74	70 -72	89	86,9
14	560x1120	175	L 60-85	8,6	9	55	270	3 -5	Schlepperkotflügel	1,97	76	73 -75	88	87,3
15	560x1120	175		9,0	9,5	52	270	4 -5,5		2,25	77	73 -75	88,5	87,3
16	362x 308	146	S 25-30	7,5	16,5	58	75	0 -2	neben Fahrersitz	0,57	74	69 -71	91	91,2
17	362x 308	146		3,2	20,5	55	80	0 -1,5		1,08	76	72 -74	92	91,1
18	362x 308	146		1,2	22,5	45	80	4 -5		1,67	76	72 -74	92	90,9
19	362x 308	146		3,1	25,0	50	80	3 -4		1,35	76	72 -74	90	88,0
20	316x 132	165	S 25-30	1,4	13,5	37	325	1 -3,5	Schlepperkotflügel	401,55	84	82 -83	93	92,6
21	316x 132	165		1,0	11	44	325	2 -3		411,58	84	82 -83	94	92,6
22	316x 132	165	S 25-30	1,5	16	44	230	1 -3	Schlepperkotflügel	36,54	80	76 -78	93,5	93,4
23	316x 132	165		0,7	15	43	250	1,5-3,5		122,00	79	76 -77	93	92,5
24	460x 108	75	S 70-80	9,2	18,5	60	190	0 -1	Schlepperkotflügel	0,29	79,5	76 -78	95	94,7
25	1075x 460	76	L 70-80	1,8	27	40	0	0 -1	Schlepperkotflügel	2,34	88	84 -86	92,5	91,8
26	1075x 460	76	L 70-80	2,4	20,5	58	180	0,5-1,5		2,54	83	80 -82	93,5	93,8
27	485x 380	120	L 75-85	1,5	26,5	37	30	0,5-1,5		5,90	83	80 -82	94	93,1
28	485x 380	120	L 75-85	4,15	28,5	33	45	1 -2	neben Fahrersitz	8,28	85	82 -83	92	90,8
29	485x 380	120		4,15	28,5	33	80	1 -2		5,84	84,5	82 -83	92	91,0
30	485x 380	120	L 75-85	3,38	24	55	90	0 -1	Schlepperkotflügel	8,47	96	85 -90	102	99,0
31	485x 380	120		1,50	26	52	60	0 -1		20,13	96	85 -90	102	99,0
32	485x 380	120		1,49	27	47	45	0 -1		27,78	96	85 -90	102	99,0
33	485x 380	120		2,36	23	68	15	0 -1,5		32,63	87,5	83 -86,5	103	100,1
34	485x 380	120		2,36	25	57	35	0 -1,5	3 m h. Häcksler	297,67				
35	1075x 460	76	L 70-80	0,22	18	80	170	0 -1,5	Schlepperkotflügel	1,46	86,5	83 -85	94	94,4
36	1075x 460	76		0,14	21	74	170	0 -1		4,10	86	83 -85	94,5	94,1
37	485x 380	120	L 75-85	1,65	29	47	180	4 -6	neben Schleppersitz	193,12	86	82 -84	102,5	101,5
38	485x 380	120		2,38	20	77	0	0 -1,5		82,40	86	82 -84	102,5	101,4
39	485x 380	120		1,98	20	77	15	0 -1		80,02	86	82 -84	102,5	101,4
40	600x 420	98	L 70-80		24,5	53	312	0 -1,5	neben d. Fahrer	67,80	88,5	82 -85	100	100,3
41	600x 420	98			24,5	53	312	0 -1,5		89,90	87	83 -85,5	100	100,6
42	600x 420	98			24,5	53	312	0 -1,5		103,10	87	83 -85	100	100,4
43	600x 420	98			25,0	51	310	0 -1,5	3 m neben d. Eggen	325,80				
44	428x 296	0	S 25-30		24	52	230	3 -5	neben d. Fahrer	38,00	92	88 -90	96	92,4
45	428x 296	0			26	43	230	3 -5		20,64	92	89 -90,5	98	93,3
46	428x 296	0			26	43	230	4 -6		52,46	92	88 -90	96,5	92,6
47	428x 296	0			26	43	230	4 -6		208,00	92	88 -90	96	92,5
48	460x 412	90	S 25-30		24	35	220	2 -3	neben d. Fahrer	84,60	90	87 -89	98	98,1
49	460x 412	90			24	35	220	2 -3		10,36	88	86 -88	96	97,6
50	460x 412	90			24	35	220	2 -3		24,12	89	86 -88	96	96,8
51	460x 412	90			24	35	220	2 -3		62,00	89	86 -88	96	97,0
52	416x 98	90	S 35-40		21	74	270	3,5-4,5	neben d. Fahrer	5,27	87,5	85 -86	95	96,1
53	416x 98	90			21	74	270	3,5-4,5		1,55	87,5	85 -86,5	96	96,3
54	416x 98	90			21	74	270	3,5-4,5		0,49	87,5	85 -86	95	96,1

Tafel 1. Fahrende Arbeitsmaschinen, Pflanzenproduktion. (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Datum	Uhrzeit	Ort	Produktionsstufe	Produktionsbedingungen					
					Produktionsmittel					
					Schlepper	Gerät	Kabine 1)	Fahrt- richtung 2)	Fahr- geschw. km/h	Dreh- zahl min ⁻¹
55	28.7.	16.00	FAL	Mähdreschen, Sommergerste		Claas-Mercator	keine	90	5,3	900
56	28.7.	16.20						rundum	5,1	900
57	29.7.	15.10						4	4,9	800
58	29.7.	15.35						184	4,9	800
59	29.7.	15.55						276	4,9	800
60	29.7.	16.10						96	4,9	800
61	31.7.	13.35	Bortfeld	Mähdreschen, Hafer		John Deere 530	keine	155	3,1	800
62	31.7.	14.00						245	3,1	800
63	31.7.	14.15						335	3,1	800
64	31.7.	14.35						65	3,1	800
65	31.7.	14.55						rundum	3,1	800
66	1.8.	13.25	Wendeburg	Mähdreschen, Winterweizen		John Deere 430	keine	86	2,9	800
67	1.8.	13.50						266	2,9	800
68	1.8.	14.20						rundum	2,9	800
69	5.8.	13.00	Wendeburg	Mähdreschen, Winterweizen		John Deere 330	keine	320	2,6	800
70	5.8.	13.25						90	2,6	800
71	5.8.	13.48						140	2,6	800
72	5.8.	14.10						270	2,6	800
73	5.8.	14.30						rundum	2,6	800
74	6.8.	13.30	Wendezelle	Mähdreschen, Winterweizen		John Deere 330	keine	45	2,5	800
75	6.8.	13.45						135	2,5	800
76	6.8.	14.00						225	2,5	800
77	6.8.	14.15						315	2,5	800
78	6.8.	14.35						rundum	2,5	800
79	11.8.	10.15	Zweidorf	Mähdreschen, Sommerweizen		John Deere 330	keine	0	2,6	800
80	11.8.	10.50						100	2,6	800
81	11.8.	11.10						260	2,6	800
82	11.8.	11.25						rundum	2,6	800
83	4.8.	9.15	Gebhardshagen	Grasmähen, 2. Schnitt	Unimog U84/406	Kreismäher Fahr KM 22	K-offen	266	8,1	2600
84	4.8.	9.30						356	8,1	2600
85	4.8.	9.50						86	8,1	2600
86	4.8.	10.10						176	8,1	2600
87	4.8.	9.00						rundum	8,1	2600
88	12.8.	8.00	Zweidorf	Grasmähen, 2. Schnitt	IHC 523	Rotormäher Zweegers PZ	W-offen	275	5,7	1900
89	12.8.	8.30						95	5,7	1900
90	12.8.	8.45						rundum	5,7	1900
91	8.8.	11.15	FAL	Strohpressen	Fendt Farmer 3	Hochdruckpr. Welger AP61	W-offen	90	4,0	1900
92	8.8.	11.35						270	4,0	1900
93	6.8.	9.45	Zweidorf	Heupressen, Ballenstapeln	Güldner G 40	Hochdruckpr. Claas Medium 100	W-offen	282	3,6	1900
94	6.8.	10.00						102	3,6	1900
95	6.8.	10.30						282	3,6	1900
96	6.8.	10.40						102	3,6	1900
97	15.8.	12.45	Zweidorf	Schälen, Weizenstoppel	Güldner G 40	Beetpflug, 3 scharig	W-offen	265	7,5	2000
98	15.8.	13.00						95	7,5	2000
99	15.8.	13.20						0	7,5	2000
100	15.8.	13.30						180	7,5	2000
101	18.8.	8.20	Zweidorf	Schälen, Weizenstoppel	IHC 624	Beetpflug, 3 sch. Spiralkrümler	W-offen	78	7,2	2100
102	18.8.	8.35						258	7,2	2100
103	18.8.	13.40	FAL	Grubbern, Haferstoppel	Schlüter S1150V	Schwergrubber Howard	W-offen	95	9,7	1800
104	18.8.	14.15						275	9,7	1800
105	19.8.	13.00	FAL	Grubbern, Weizenstoppel	Schlüter S1500TV	Schwergrubber Howard 3 m	K-gschl. T-offen	93/273	9,0	1800
106	19.8.	13.45						93/273	9,0	1800
107	21.8.	10.00	FAL	Saatbeet bereiten	Schlüter S1150V	Schottlöfflegege Drahtwälzgege	W-offen	96	8,1	1800
108	21.8.	10.40						276	8,1	1800

1) W – auf Sicherheitsrahmen aufgesetzte einfache Wetterschutzkabine mit Seitenteilen aus Stoff, K – Kabine in Rahmenbauweise, T – Türen

2) Fahrtrichtung = Fahrt in Richtung, Winkel gegen geogr. Nord 3) Richtung = Bearbeitungsrichtung auf dem Feld, die Gegenrichtung – 180° größer – ist nicht angegeben 4) S 30 = Sandboden, Bodenzahl 30, IS = lehmiger Sand, L = Leimboden auf Löß, tL = toniger Lehm 5) Bodenfeuchte in der 2 cm starken Schicht an der Oberfläche 6) Windrichtung = Wind aus Richtung 7) Drehzahl beim Mähdreschen ist die Trommeldrehzahl 8) Sand, anmoorig.

Produktionsbedingungen									Meßergebnisse					
Feldbedingungen					Wetterbedingungen				Staub		Lärm			
Lfd. Nr.	Abmessungen m	Richtung 3)	Boden 4)	Bodenfeuchte % 5)	Lufttemp. °C	Luftfeuchte %	Windrichtung 6)	Windgeschw. m/s	Lage der Meßstelle	Staubgehalt mg/m³	7,5 m Abstand		am Ohr	
											Imp. Hold dB(A)	Slow dB(A)	Imp. Hold dB(A)	Dosimeter dB(A)
55	416x 98	90	S 35-40		21	74	270	3,5-4,5	neben d. Fahrer	115,50	88	84 -86	95	96,4
56	416x 98	90			21	74	270	3,5-4,5		35,50	80	84 -86	94-95	94,3
57	596x 113	90			25,5	70	315	1 -2		15,80	89	85 -87	94	94,5
58	596x 113	90			25,5	70	315	1 -2		33,90	87	85 -86	94	94,5
59	596x 113	90			25,5	70	315	1 -2		36,10	88	85 -87	94	94-95
60	596x 113	90			25,5	70	315	1 -2		47,40	89	86 -87,5	94	94,5
61	516x 104	155	S 35-40		30	42	302	1 -2	neben d. Fahrer	20,30	84	81 -82	93	92,1
62	516x 104	155			30	42	302	1 -2		3,30	83,5	81 -82	93	93,9
63	516x 104	155			30	42	302	1 -2		4,60	84	81 -82	93	92,6
64	516x 104	155			30	42	302	1 -2		2,90	83,5	81 -82	93	93,3
65	516x 104	155			30	42	302	1 -2		21,30	84	81 -82	93	92,6
66	540x 30	86	S 40-45		27	46	318	1 -2	neben d. Fahrer	2,50	87	83 -85	93	91,5
67	540x 30	86			27	46	318	1 -2		7,09	86	82 -84	93	91,2
68	540x 30	86			27	46	drehend	0 -2		54,90	86	82 -84	93	90,8
69	440x 282	140	S 40		32	27	126	3 -3,5	neben d. Fahrer	5,47	82	79 -80	92	91,5
70	440x 282	140			32	27	126	3 -3,5		3,48	82	79 -81	92	91,2
71	440x 282	140			32	27	126	3 -3,5		1,74	81	78 -80	92	91,1
72	440x 282	140			32	27	126	3 -3,5		54,94	83	78 -81	92	89,5
73	440x 282	140			32,5	26	135	3 -3,5		7,36	83	78 -81	92	89,7
74	304x 80	135	S 40-45		32	33	25	0 -1	neben d. Fahrer	7,40	84,5	82 -84	91	87,3
75	304x 80	135			32	33	25	0 -1		2,67	84,5	82 -83,5	91	90,6
76	304x 80	135			32	33	25	0 -1		58,65	85	82 -84	91	90,9
77	304x 80	135			32	33	25	0 -1		36,40	84,5	82 -84	91	89,9
78	304x 80	135			32	33	25	0 -1		17,86	84,5	82 -84	91	88,2
79	400x 152	100	S 40	9,0	33	23	90	2 -4	neben d. Fahrer	5,52	84	81 -82,5	91	90,9
80	400x 152	100		9,0	33	23	90	3 -4		1,34	83	82 -82,5	91	89,9
81	400x 152	100		9,0	33	23	90	3 -4		65,38	82,5	80 -81	91	89,9
82	400x 152	100		9,0	33	23	90	3 -4		10,80	83	80 -82	91	89,8
83	222x 167		L 70		26	51	145	1,5-2,5	auf Beifahrersitz	1,40	86,5	84 -86	94,5	94,3
84	222x 167				26	51	145	1,5-2,5		1,90	86	84 -85,5	94,5	93,7
85	222x 167				26	51	145	1,5-2,5		3,50	85,5	83 -84,5	94,5	92,7
86	222x 167				26	51	145	1,5-2,5		1,30	86,5	84 -86	94,5	93,9
87	222x 176				26	51	145	1,5-2,5		6,90				94,4
88	260x 74	95	S 35-40		22	80	300	2 -2,5	Schlepperkotflügel	2,48	88	82 -84	99,5	98,6
89	260x 74	95			22	77	300	2 -2,5		14,75	84	81 -83	99,5	99,5
90	260x 74	95			22	77	300	2 -2,5		10,56				98,3
91	280x 230	90	S 35-40	1,3	31	37	110	4 -5,5	Mitfahrer auf der Strohpresse	33,10	83	80 -81	95	93,3
92	280x 230	90		1,3	31	36	110	4 -5,5		27,32	83	79 -81	95	93,5
93	238x 40	102	S 40-45		29	45	184	0 -1,5	auf d. Heuwagen	63,11	84,5	81 -83		81,3
94	238x 40	102			29	45	184	0 -1,5		30,98	84,5	80 -81		76,2
95	238x 40	102			29	45	184	0 -1,5		80,86	84,5	80 -82		81,6
96	238x 40	102			29	45	184	0 -1,5		214,70	84,5	80 -82		74,7
97	496x 42	85	IS 45	0,9	30	39	210	3 -3,5	neben d. Fahrer	9,82	83	80 -81	99,5	99,2
98	496x 42	85		0,9	30	39	210	3 -3,5		150,58	86	81 -83	99,5	99,1
99	496x 42	85		0,9	30	39	210	4 -4,5		38,72	84	80 -82	98,5	96,1
100	496x 42	85		0,9	30	39	210	4 -4,5		16,08	84	80 -82	98,5	97,2
101	306x 94	78	IS 40	8,0	18	64	275	2,5-4	neben d. Fahrer	3,21	82	79 -80,5	96,5	95,6
102	306x 94	78		8,0	18	64	275	2,5-4		0,63	82	79 -81	98,5	97,4
103	512x 200	95	S 35-40	3,5	21	48	292	1,5-3	neben d. Fahrer	18,00	85	83 -84	101,0	100,2
104	512x 200	95		3,5	21	48	292	1,5-3		7,97	85	83 -84	101,0	100,8
105	422x 100	93	S 35-40	4,7	20,5	55	306	2,5-3,5	neben d. Fahrer	3,00	82	80 -81	87,0	86,0
106	422x 100	93		4,7	21	54	306	2,5-3,5		14,00	82	80 -81	91,0	90,0
107	596x 103	96	S 35-40	9,2	27	58	225	2,5-3,5	neben d. Fahrer	68,26	84,5	82 -84	103,0	102,7
108	596x 103	96		9,2	27	58	225	2,5-3,5		9,84	84,5	82 -83,5	103,0	102,3

Tafel 1. Fahrende Arbeitsmaschinen, Pflanzenproduktion. (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Datum	Uhrzeit	Ort	Produktionsstufe	Produktionsbedingungen					
					Produktionsmittel					
					Schlepper	Gerät	Kabine ¹⁾	Fahrt- richtung ²⁾	Fahr- geschw. km/h	Dreh- zahl min ⁻¹
109	7.8.	13.00	Üfingen	Bohnenpflücken	Deutz 5506	Claas Bohnen- pflückmaschine	W-offen	110	3,0	1600
110	7.8.	13.30						290	3,0	1600
111	7.8.	14.45						110/290	3,0	1600
112	28.8.	8.00	FAL	Grünlandumbruch	Schlüter S750	Fräse Howard Rotavator	W-offen	270	4,6	1800
113	28.8.	8.40						90	4,8	1800
114	1.9.	13.00	Zweidorf	Strohpressen	John Deere Lanz 700	Hochdruckpr. Welger AP12	W-offen	355	3,1	2300
115	1.9.	13.15						255	3,1	2300
116	1.9.	13.30						175	3,1	2300
117	1.9.	13.45						75	3,1	2300
118	4.9.	13.30	FAL	Dünger streuen, Phoskali 14/28	Fendt Farmer 3S	Schleuderstr. Amazone	W-offen	95	8,0	2000
119	4.9.	13.45						275	8,0	2000
120	5.9.	9.00	Eickenrode	Kalkstreuen	Unimog U66/403	Bandstreuer Kuxmann 8 m	W-offen	rundum	8,5	2200
121	5.9.	9.30						54	8,5	2200
122	5.9.	9.35						142	8,5	2200
123	5.9.	9.40						234	8,5	2200
124	5.9.	9.45						322	8,5	2200
125	12.9.	10.10	Harvesse	Kartoffelroden	Fendt GT231	Kartoffelvoll- erntemaschine Grimme Europa	W-offen	12	2,2	1600
126	12.9.	10.30						192	2,2	1600
127	12.9.	11.30						12	2,2	1600
128	12.9.	11.40						192	2,2	1600
129	15.9.	10.20	Rietze/Brücke	Kartoffelroden	Deutz 5506	Sammelroder Hagedorn	W-offen	264	3,0	1500
130	15.9.	10.40						84	3,0	1500
131	22.9.	14.15	FAL	Silomais ernten	Schlüter S1150V	Trommel-Feldh. Claas Jaguar S	W-offen	92	8,0	1800
132	22.9.	14.45						272	8,0	1800
133	24.9.	9.30	Gebhardshagen	Rübenroden	Selbstfahrer	Bunkerköpfröder, 2 r. Stoll S210	K-offen	294	4,8	2500
134	24.9.	10.00						114	4,8	2500
135	24.9.	13.30	Gebhardshagen	Rübenroden	Deutz 5502	Bunkerköpfröder, 1 r. Stoll	W-offen	296	6,5	2300
136	24.9.	13.45						116	6,5	2300
137	2.10.	10.00	Eickenrode	Rübenroden	Deutz D13006	Kleine Automatik 8000 2 r.	K-offen	50/230	5,8	1600
138	2.10.	10.30					K-geschl.	50/230	5,8	1600
139	25.9.	10.00	Gustedt	Tiefpflügen	Deutz 10006	Wendepflug, 4 schar. Lemken	W-offen	325	8,0	2500
140	25.9.	10.30						145	8,0	2500
141	29.9.	14.05	Ohof	Pflückdrusch, Körnermais		Spez. Maisdr. Rivierre-Casalis	K-offen	rundum	7,1	2550
142	29.9.	14.25					K-geschl.	rundum	7,1	2550
143	1.10.	14.50	Altena	Pflückdrusch, Körnermais		Mähdrescher Claas Dominator	K-geschl.	74/254	8,0	2500
144	1.10.	15.20					K-offen	74/254	8,0	2500
145	1.10.	15.40				85,110 kW mit	K-offen	74	8,0	2500
146	1.10.	15.50				Maispflücker	K-offen	254	8,0	2500

¹⁾ W — auf Sicherheitsrahmen aufgesetzte einfache Wetterschutzkabine mit Seitenteilen aus Stoff, K — Kabine in Rahmenbauweise, T — Türen

²⁾ Fahrtrichtung = Fahrt in Richtung, Winkel gegen geogr. Nord ³⁾ Richtung = Bearbeitungsrichtung auf dem Feld, die Gegenrichtung — 180° größer — ist nicht angegeben ⁴⁾ S 30 = Sandboden, Bodenzahl 30, IS = lehmiger Sand, L = Leimboden auf Löß, tL = toniger Lehm ⁵⁾ Bodenfeuchte in der 2 cm starken Schicht an der Oberfläche ⁶⁾ Windrichtung = Wind aus Richtung ⁷⁾ Drehzahl beim Mähdrescher ist die Trommeldrehzahl ⁸⁾ Sand, anmoorig.

Die physiologisch nachweisbaren Wirkungen setzen bei etwa 50 dB(A) ein und umfassen außer der Schlafbeeinflussung die vegetativen Reaktionen, wie z.B. Änderung der Fingerpulsamplitude, Vergrößerung der Pupillenöffnung usw. Die vegetativen Reaktionen sind eine Folge der unmittelbaren Einwirkung des aufgenommenen Schallreizes auf das Vegetativum unter Ausschluß des Bewußtseins. Nicht jede Reaktion stellt schon eine Gefährdung der Gesundheit dar, jedoch können bei längerer intensiver Auslösung solcher Reaktionen schwerwiegende nervöse und organische Schäden auftreten. Das Ausmaß der gesundheitlichen Gefährdung hängt weitgehend von der individuellen Anfälligkeit, dem allgemeinen Gesundheitszustand und der unter Lärmeinwirkung geforderten Arbeitsleistung ab. Bei der Schlafbeeinflussung ist zwischen

einer Schlafunterbrechung und einer Änderung der Schlaftiefe zu unterscheiden. Bereits sehr niedrige Pegel von etwa 15 dB(A) können zu einer Schlafbeeinträchtigung führen.

Auf das Gehör wirkt sich der Lärm von Pegeln ab etwa 50 dB(A) in Form einer vorübergehenden Hörschwellenverschiebung aus, die schnell wieder abklingt und unbedenklich ist. Bei Pegeln ab etwa 80 dB(A) muß bei ständig wiederholter Einwirkung jedoch damit gerechnet werden, daß ein bleibender Hörverlust entsteht, der bis zur Taubheit fortschreiten kann. Jedoch sind auch hier die individuellen Unterschiede erheblich. Die Lärmschwerhörigkeit ist immer eine reine Innenohrschwerhörigkeit, die durch eine Zerstörung der Haarzellen auf der Basilarmembran hervorgerufen wird. Am meisten gefährdet ist das Gehör im Bereich der größten Empfind-

Produktionsbedingungen									Meßergebnisse					
Feldbedingungen					Wetterbedingungen				Staub		Lärm			
Lfd. Nr.	Abmessungen m	Richtung 3)	Boden 4)	Bodenfeuchte % 5)	Lufttemp. °C	Luftfeuchte %	Windrichtung 6)	Windgeschw. m/s	Lage der Meßstelle	Staubgehalt mg/m ³	7,5 m Abstand		am Ohr	
											Imp. Hold dB(A)	Slow dB(A)	Imp. Hold dB(A)	Dosimeter dB(A)
109	642x 642	110	L 70-80	0,9	30	38	80	2,5-3	neben d. Fahrer	3,65	80	76 -78	95,0	93,8
110	642x 642	110		0,9	30	38	80	2,5-3,5		16,40	80	76 -78	95	93,9
111	642x 642	110		0,9	30	38	80	2,5-3,5		7,79	80,5	77 -79	95	94,2
112	430x 100	90	S 35-40	1,4	19	60	45	0 -1,5	neben d. Fahrer	625,42	82,5	80 -81	102,5	97,3
113	430x 100	90		1,4	21	60	45	0 -1,5		61,43	84	80 -81	102	98,3
114	230x 121	75	S 35-40	2,4	29,5	48	336	0 -1	auf d. Presse	868,18	85,5	82 -83,5	99	96,3
115	230x 121	75	8)	2,4	29,5	48	336	0 -1		64,39	85	81 -83	99	96,8
116	230x 121	75		2,4	29,5	48	336	0 -1		161,53	86	82 -84	99	96,5
117	230x 121	75		2,4	29,5	48	336	0 -1		832,43	86,5	82 -84	99	96,6
118	430x 100	95	S 35-40	0,6	24	49	270	1,5-2,5	neben d. Fahrer	24,74	81	76,5-78,5	94	93,4
119	430x 100	95		0,6	24	49	270	1,5-2,5		0,53	81	76 -78	93,5	93,1
120	295x 175	54	S 25-30	1,3	19	57	115	1	neben d. Fahrer	177,00	83,5	81 -82	98	92,3
121	295x 175	54		1,3	19	57	115	1		118,48	83,5	81 -82	98	91,0
122	295x 175	54		1,3	19	57	115	1		544,00	84	81 -82,5	98	90,9
123	295x 175	54		1,3	19	57	115	1		153,33	84	81 -82	98	93,0
124	295x 175	54		1,3	19	57	115	1		116,43	84	81 -82	98	91,7
125	288x 49	12	S 40-45	15,9	17	71	222	2,5-5	neben d. Sortierer	46,04	78	74,5-76	92	86,1
126	288x 49	12		15,9	17	71	222	2,5-5		3,40	79	74,5-76	93	85,0
127	288x 49	12		15,9	18	68	222	2,5-5		3364,73	78	74,5-76	92	86,1
128	288x 49	12		15,9	18	68	222	2,5-5		8,04	79	74,5-76	93	85,0
129	295x 155	84	S 25-30	12,4	15	70	275	0 -1,5	neben d. Sortierer	84,86	78,5	76 -77,5	95,5	85,8
130	295x 155	84		12,4	15	70	275	0 -1,5		963,75	80	76 -78	102	89,4
131	230x 40	92	S 35-40	4,2	19	48	270	0,5-1	neben d. Fahrer	20,11	93	91 -92	104	103,0
132	230x 40	92		4,2	19	48	270	0,5-1		82,74	95	90 -91	104	102,4
133	233x 900	114	L 70-80	11,0	15,5	84	240	0 -1	neben d. Fahrer	7,23	84	79 -83	92	90,3
134	233x 900	114		11,0	15,5	84	240	0 -1		15,42	86	80 -84	91,5	90,0
135	282x 252	116	tL 75-85	6,6	17	80	216	0,5-1,5	neben d. Fahrer	0,67	83	80 -81	103	96,5
136	282x 252	116		6,6	17	80	216	0,5-1,5		0,55	84,5	81 -82	101,5	96,4
137	365x 150	50	S 25-30	10,5	16	72	208	0 -1	neben d. Fahrer	2,75	84,5	82 -83	97,0	96,1
138	365x 150	50		10,5	16	72	208	0 -1		1,19	84,5	82 -83	95,5	95,1
139	1200x 224	145	tL 60-70	7,4	17	70	drehend	1 -3	neben d. Fahrer	8,60	86,5	82 -84	102,5	101,1
140	1200x 224	145		7,4	17	70	drehend	1 -3		1,76	86	83 -84,5	102,5	101,6
141	388x 192	118	S 30-35	23,9	18	76	34	0 -1	neben d. Fahrer	2,60	91	86 -87	98	96,6
142	388x 192	118		23,9	18	76	34	0 -1		3,83	89	84 -86	96	94,3
143	550x 442	74	S 22-25	12,1	18	58	226	0 -1	neben d. Fahrer	3,61	89	84 -86	94	90,0
144	550x 442	74		12,1	18	58	226	0 -1	neben d. Fahrer	19,21	89	84 -86	98	94,1
145	550x 442	74		12,1	18	58	226	0 -1	linksseitig 0,5 m	75,00	89	84 -86	99	94,4
146	550x 442	74		12,1	18	58	226	0 -1	neben d. Kabine	4,47	89	84 -86	98	94,4

Lfd. Nr.	Produktionsstufe	Schlepper	Gerät	Verteilungs-, Einbringungsart	Motordrehzahl	Fahrtrichtung	Windrichtung	Windgeschw. m/s	Staub	Lärm				Geruch
										7,5 m Abstand	Fahrerohr			
									Staubgehalt mg/m ³	Imp. Hold dB(A)	Slow dB(A)	Imp. Hold dB(A)	Dosimeter dB(A)	Geruchspegel
1	Hühnergülle ausbringen	Unimog U 84/406	Güllefaß Rekordia	Oberfläche weit	2500	58	50	0 - 1	0,55	83	81 - 82	98	96,5	70,4
2	ausbringen			Oberfläche kurz	2500	74	drehend	0 - 1	4,17	82,5	79 - 80	99	96,4	53,5
3	auf Boden		Meyer	Grubberfurche	2500	254	drehend	0 - 1	0,49	82	79 - 80	98,5	96,5	11,0
4	L 70/80	Deutz 9006	+ Fräse	über Fräse	2200	350	0	2 - 4	2,84	83	82 - 83	102	101,2	13,0
5	Festmist	Fendt Farmer 106 S	Welger	Oberfläche	2200	278	280	2 - 4	5,26	86	80 - 82	97	96,2	12,3
6	Boden S 30		LS 280	Oberfläche	2200	98	280	2 - 4	34,81	86	80 - 82	96,5	96,2	12,3

Tafel 2. Ausbringen von Reststoffen der tierischen Produktion.

Aug.-Sept. 1975, Lufttemp. 20 - 24 °C, rel. Luftfeuchte 30 - 60 %, Kabine offen, Meßstelle für Staub neben dem Fahrer, für Geruch in 7,5 m Abstand von der Längsachse.

Tafel 3. Ortsfeste Anlagen – Tierproduktion.

Lfd. Nr.	Datum	Tageszeit	Ort	Produktionsart	Produktionsbedingungen				
					Haltungsbedingungen				
					Art der Aufstallung	Art der Entsorgung	Anzahl d. Tiere	Flächenangebot m ² /Tier	Raumangebot m ³ /Tier
1	26.8.	nachm.	Cremlingen	Eierproduktion	Käfighaltung	Kratzförderer	8000	0,055	0,14
2	10.9.	vorm.	Höfer, FAL	Eierproduktion	Käfighaltung	Kratzförderer	1670	0,46	0,91
3	10.9.	vorm.					1670	0,46	0,91
4	10.9.	vorm.	Höfer, FAL	Eierproduktion	Bodenhaltung, Häcksel, Sägemehl	von Hand	2077	0,61	1,22
5	10.9.	vorm.							
6	12.9.	vorm.	Zweidorf	Eierproduktion	Bodenhaltung, Sägemehl	von Hand	280	0,26	0,74
7	12.9.	vorm.							
8	12.9.	vorm.	Zweidorf	Eierproduktion	Käfighaltung	von Hand	203	0,31	0,72
9	12.9.	vorm.					176	0,2	0,49
10	24.2.	nachm.	FAL	Schweinemast	Dän. Aufstallung, Kotplatte	täglich von Hand	100	5,27	14,2
11	25.2.	nachm.							
12	1.9.	vorm.							
13	1.9.	vorm.							
14	8.9.	vorm.							
15	2.9.	vorm.	Zweidorf	Schweinemast	Buchten m. Einstreu	von Hand	81	1,95	5,07
16	9.9.	vorm.			Buchten m. Einstreu ¹⁾	von Hand	84	1,88	4,89
17	9.9.	vorm.	Wendeburg	Schweinemast	Dän. Aufstallung, Teilspaltenboden	Schwemmist	41	1,59	4,58
18	9.9.	vorm.							
19	12.9.	vorm.	Zweidorf	Schweinemast	wie Nr. 17, 18	Schwemmist	98	1,18	4,0
20	18.9.	vorm.	Boitzenhagen	Schweinemast	wie Nr. 17, 18	Schwemmist	192	1,11	3,11
21	18.9.	vorm.			Bodenfütterung				
22	17.9.	vorm.	Wense	Kälbermast	Anbindestall, Vollspaltenboden	ausspritzen von Hand	54	2,37	6,68
23	17.9.	vorm.							
24	2.9.	vorm.	Zweidorf	Bullenmast	Anbindestall m. Einstreu	von Hand	26	5,76	19,03
25	9.9.	vorm.							
26	8.9.	vorm.	FAL	Bullenmast	Anbindestall, Teilspl.	Klappschieber	63	7,16	23,27
27	18.9.	nachm.	Boitzenhagen	Bullenmast	Boxenstall, Vollspaltenboden	Treibmist	25	5,0	16,2
28	18.9.	nachm.							
29	18.9.	nachm.	Boitzenhagen	Bullenmast	Anbindestall, Teilspaltenboden	Treibmist	20	6,3	20,1
30	18.9.	nachm.							
31	29.8.	vorm.	FAL	Milchproduktion	Anbindestall m. Einstr.	Faltschieber	10	10,5	34,2
32	8.9.	vorm.	FAL	Milchproduktion	Boxenlaufstall, Teilspl.	Treibmist	45	8,2	26,6
33	16.9.	nachm.	Helmstedt	Milchproduktion	Anbindestall m. Einstreu	Faltschieber	74	7,4	23,6
34	16.9.	nachm.							
35	16.9.	nachm.							
36	22.9.	vorm.	Schöningen	Milchproduktion	Anbindestall m. Einstreu	Frontlader	56	8,1	24,3
37	22.9.	vorm.							
38	22.9.	vorm.							
39	23.9.	vorm.	Schwicheldt	Milchproduktion	Anbindestall m. Einstreu	Frontlader	43	8,3	29,2
40	23.9.	vorm.							
41	23.9.	vorm.							

¹⁾ frische Einstreu

lichkeit bei etwa 4 kHz. Bei Herausbildung eines Gehörschadens tritt in diesem Frequenzbereich ein schmalbandiger, aber tiefer Einbruch in der Hörschwelle auf. Dieses Frühsymptom bleibt jedoch meist unbeachtet, da dieser Frequenzbereich das Hörvermögen für die Sprachverständigung nicht merklich beeinträchtigt. Hinsichtlich der Häufigkeit des Auftretens steht der lärmbedingte Gehörschaden bei den Berufskrankheiten an erster Stelle. Nach dem heutigen Stand der medizinischen Wissenschaft stellt die Lärmtaubheit einen unheilbaren Schaden dar, der sich weder durch Lärmruhe noch durch medizinische Behandlung mildern läßt. Wenn die Einwirkungsdauer des Lärmes verkleinert wird, erhöht sich der eine Ohrschädigung bestimmende Grenzpegel. Bei sehr kurzer Einwirkungsdauer können noch maximale Pegel von etwa

130 dB(A) und mehr ohne Schaden für das Gehör ertragen werden.

Bei extrem hohen Pegeln oberhalb etwa 150 dB(A) kommt es jedoch zu unmittelbaren organischen Schäden durch die Lärmeinwirkung. So kann z.B. der bei einer Explosion auftretende Spitzenpegel einen Trommelfellriß zur Folge haben, auch wenn das Ereignis nur ein einziges Mal eintritt. Andere Folgen sind Gewebeschäden, Lähmungen und unter Umständen der Tod. Im Tierversuch gelingt es, bei extrem hohen Schall- und schallnahen Ultraschallintensitäten, Tiere in wenigen Minuten zu töten.

Für die Pegelgrenzwerte werden von den verschiedenen Autoren unterschiedliche Werte angegeben. Ebenso ist die Frage, welcher Lärm zumutbar ist, noch Gegenstand einer permanenten Diskussion.

Produktionsbedingungen					Meßergebnisse						Bemerkungen
Lfd. Nr.	Art der Lüftung	Stallklima			Meßstelle	Staub- gehalt mg/m³	Lärm			Geruchs- pegel	
		Luftwech- selrate 1/h	Luft- temp. °C	Luft- feuchte %			Imp. Hold dB (A)	Slow dB (A)	Dosi- meter dB (A)		
1	Unterdruck	36,4	22	46	Mittelgang	1,41	84		67,2	25,04	
2	Gleichdruck	15,24	20	65	Mittelgang	3,29	85	70 - 76	74,4	12,68	
3	Gleichdruck	15,24	20	62	Abluftaustritt	2,69	64,5	60 - 63	63,8	12,17	
4	Gleichdruck	8,24	20	65	Mittelgang	4,43	93	70 - 78	78,4	12,07	
5		8,24	20	62	Abluftaustritt		63,5	60 - 62	61,0	14,43	
6	Unterdruck	19,5	20	72	Mittelgang	7,37	86	64 - 70	77,5	19,90	
7			14	78	Abluftaustritt	5,74	62,5	60 - 61	60,5	17,53	
8	Unterdruck	5,94	20	65	Mittelgang	4,12	82	70 - 77	74,3	23,42	
9	Unterdruck	18,94	20	65	Mittelgang	4,31	81	71 - 76	73	18,54	
10	Gleichdruck	5,8	18	70	Futtergang	1,73	104	94 - 98		26,43	Füttern
11		5,8	18	70	Futtergang	1,35	80	76 - 78		13,99	Ruhen
12		12,26	23	85	Futtergang	1,73	104	94 - 98	94,7	40,21	Füttern
13		12,26	26,5	71	Abluftaustritt	0,58	77	74 - 74,5	74,8	45,96	Füttern
14		12,26	22	80	Futtergang	0,39	82	73,5- 75	74,8	15,38	Ruhen
15	Schwerkraft		20	78	Futtergang	15,91	103	82 - 87	88,6	86,13	Füttern
16	Schwerkraft		16	60	Futtergang	1,54	72	61 - 66	63,0	13,31	Ruhen
17	Schwerkraft		18	55	Futtergang	25,6	97	58 - 66	88,6	44,92	Füttern
18			18	55	Futtergang	4,97	68	47 - 58	53,8	38,50	Ruhen
19	Unterdruck	11,09	17	72	Futtergang	22,9	105	90 -101	95,2	34,02	Füttern
20	Unterdruck	26,8	26	63	Futtergang	22,31	87,5	71 - 74	74,1	22,75	Füttern
21			26	63	Futtergang	4,61	76	68 - 71	71,4	27,07	Ruhen
22	Unterdruck	13,5	18,5	76	Futtergang	3,18	90	73 - 84	76,1	27,27	Füttern
23			19	80	Futtergang	0,82	81	68 - 72	69,4	19,10	Ruhen
24	Schwerkraft		20,5	86	Kotrinne	7,55	80	62 - 66	62,6	86,44	Füttern
25			16,5	60	Kotrinne	1,35	71	58 - 65	65	77,36	Ruhen
26	Unterdruck	11,4	16,5	62	Kotrinne	0,52	92	68 - 74	76,5	16,79	Ruhen
27	Unterdruck	11,1	25,5	44	Futtergang	0,65	74	67 - 70	73,1	46,91	Ruhen
28			25,5	44	Futtergang	1,69	93	68 - 74	68,8	29,13	Füttern
29	Unterdruck	11,2	25,5	44	Kotrinne	0,65	78	68 - 73	73,1	52,15	Ruhen
30			25,5	44	Kotrinne	1,69	99	70 - 79	71,5	57,11	Füttern
31	Unterdruck	10,82	22	75	Kotrinne	0,6	82	70 - 76	71,1	13,51	Ruhen
32	Unterdruck	15,86	17	65	Mittelgang	0,33	84	81 - 82,5	81,9	24,66	Ruhen
33	Schwerkraft		21	55	Futtergang	0,69	76	52 - 65	60,2	45,13	Ruhen
34			21	55	Futtergang	5,6	89	66 - 80	73,4	34,27	Füttern
35			21	55	Futtergang	0,9	80	60 - 72	63,0	34,49	Melken
36	Unterdruck	5,0	16,5	65	Futtergang	0,93	83,5	72 - 76	73,4	24,82	Melken
37			15,5	65	Futtergang	2,2	88	71 - 74	75,8	36,94	Füttern
38			18	68	Futtergang	0,96	77	69 - 72	72,4	33,73	Ruhen
39	Schwerkraft		15,5	75	Futtergang	0,9	76	66 - 70	70,3	22,30	Melken
40			15,5	75	Futtergang	2,3	96	79 - 87	75,2	19,13	Füttern
41			15,5	75	Futtergang	0,65	82	61 - 66	61,8	18,27	Ruhen

In den "Richtlinien zur Lärminderung am Arbeitsplatz in der Land- und Forstwirtschaft" der Berufsgenossenschaft der Landwirtschaft wird als Grenzwert für den Beurteilungspegel 90 dB(A) angegeben [47].

Wie die Meßwerte nach Tafel 1 zeigen, liegt die Lärmbelastung auf motorgetriebenen fahrenden Arbeitsmaschinen in Nähe, meist oberhalb dieses Wertes. Wenn man berücksichtigt, daß es aufwendiger Entwicklungen bedarf, den Schallpegel um etwa 5 dB(A) zu senken, so ist der Schluß zulässig, daß sich der angestrebte Grenzwert im praktischen Betrieb für die genannten Arbeiten in absehbarer Zeit noch nicht unterschreiten läßt.

5.3 Geruchsintensive Stoffe

Geruchsintensive Stoffe werden oft bereits in Konzentrationen wahrgenommen, die mehrere Zehnerpotenzen kleiner sind als die schädlich wirkenden Konzentrationen. Man bewegt sich daher im Bereich der Belästigung (psychische und physiologische Wirkungen).

Die Reaktion auf eine Geruchsbelastung ist individuell sehr verschieden, da sich neben dem objektiv zu erfassenden Reiz auch persönliche und sozialpsychologische Faktoren auswirken. Die subjektive Reaktion äußert sich als Unbehagen, Gereiztheit, Verärgerung, Übelkeit, Brechreiz, Kopfschmerzen, Niedergeschlagenheit und Schlafstörungen [28, 29].

					Wetterbedingungen					Staub	Lärm		
Lfd. Nr.	Zeit	Ort	Produktionsstufe	Maschinentyp	Luft-temp. °C	Luft-feuchte %	Wind-richtung o	Wind-geschw. m/s	Lage der Meßstelle	Staub-gehalt mg/m³	Imp. Hold dB(A)	Slow dB(A)	Dosi-meter dB(A)
1	9.6.	FAL	Grünfutter trocknen	Fahrbarer Trockner	17	55	90	2	2 m neben Trockner	2,3	93	90 - 92	95 - 100
2	9.6.	FAL		Trockner	17	55	90	2	2 m neben Pelletabgabe	133,2	101	98 - 99	95 - 100
3	27.6.	FAL		Claas-Apollo	16	53	315	1 - 3	1 m neben Schornstein	3,1	102	98 - 100	100
4	21.8.	Wende-burg	Getreide sortieren	Zuther SAS	25	58	—	—	1 m neben Maschine	2,7	—	—	91
5	21.8.				26	57	—	—		1,8	—	92	
6	27.8.	FAL	Silo mit Luzerne füllen	Abladegebläse	22	40	100	2 - 3	1 m neben Gebläse	2 200	97	90 - 93	95
7	27.8.			Gehl-Hithrow	22	40	100	2 - 3	2 m neben Gebläse	125	93	89 - 91	94
8	27.8.				22	40	100	2 - 3	3 m neben Gebläse	213	86	82 - 85	93
9	27.8.				22	40	100	2 - 3	4 m neben Gebläse	40	85	82 - 84	93
10	2.9.	Wende-burg	Getreide beizen	Röber-Petkus	25	70	—	—	1 m neben Maschine	6,7	84	81 - 82	82
11	2.9.				25	70	—	—		9,2	86	82 - 83	81
12	25.9.	DLG Prüf-stelle	Körner-mais trocknen	Trockner	23	48	—	—	2 m neben Brenner	5,0	94	91 - 93	97
13	25.9.			Westfalia	23	48	—	—	2 m neben Trockner	26,4	89	86 - 88	—
14	25.9.			Tu-GE	23	48	—	—	Oberkante Trockner	52,0	—	—	—

Tafel 4. Staub- und Lärmbelastung an ortsfesten Maschinen, Messungen Jun./Sept. 1975.

Bisher fehlen experimentelle Untersuchungen, um die Auswirkungen objektiv beurteilen zu können. Die Übergänge zwischen Belästigung, Gesundheitsgefährdung und Gesundheitsschädigung sind fließend, was die Ermittlung von Grenzwerten erschwert. Grenzwerte für Konzentrationen, bei denen keine Geruchsbelästigung auftritt, gibt es bisher nicht [24, 28, 48]. Huey u.a. [49] geben an, daß Beschwerden vorgebracht werden, wenn für die Verdünnung einer geruchsstoffhaltigen Luft bis zur Geruchsschwelle mehr als sieben gleiche Volumina geruchsfreier Luft erforderlich sind, also ein Geruchspegel $G_p > 7$ vorliegt. Diese Aussage läßt sich mit Sicherheit nicht für alle Geruchsstoffe verallgemeinern, da sie schon hinsichtlich ihrer Lästigkeit ganz verschiedene Eigenschaften haben. Es werden Überlegungen angestellt, wie die Lästigkeit einer geruchsintensiven Emission festgelegt und für die Bewertung mit dem Geruchspegel verknüpft werden kann, wobei unangenehm riechende Stoffe schärfer limitiert werden als angenehm riechende [50]. Richtlinien für die Ermittlung von Immissionsgrenzwerten zur Verhinderung von Geruchsbelästigungen liegen noch nicht vor [48].

Unbeschadet dieses Tatbestandes muß das Bestreben dahin gehen, die Geruchsbelastung zu senken. Die Ergebnisse in Tafel 3 zeigen die Bereiche, wo die Bemühungen besonders anzusetzen sind.

6. Einige Hinweise zur Verminderung der Belastungen durch die Umwelt an landwirtschaftlichen Arbeitsplätzen

Aus der Analyse der in Rede stehenden Belastungen durch die Umwelt an Arbeitsplätzen in der landwirtschaftlichen Produktion ergeben sich Hinweise zur Bekämpfung der Belastungen.

6.1 Arbeitsplätze auf fahrenden Arbeitsmaschinen

6.1.1 Staubbekämpfung

Für eine Staubbekämpfung gibt es neben der Aufhebung von Arbeitsplätzen durch Automatisierung folgende grundsätzliche Wege:

- Verringern der Stärke der Staubquellen
- Erfassen und Abscheiden des Staubes
- Ableiten der Staubströme
- Kapseln des Arbeitsplatzes (z.B. Fahrerkabine).

Prüft man diese Möglichkeiten für die untersuchten Produktionsabläufe, so ergibt sich folgendes:

Zu a:

Möglichkeiten zur Verringerung der Stärke der Staubquellen ergeben sich bei der Bodenbearbeitung durch die Wahl von Terminen für diese Arbeiten, an denen eine ausreichende Bodenfeuchtigkeit vorhanden ist. Ökonomische und durch den Vegetationsablauf vorgegebene Bedingungen schränken jedoch diese Alternative trotz der bestehenden hohen Schlagkraft ein. Beim Mähdrusch ist der sinnigste Weg noch weniger möglich, weil das Erntegut Feuchtigkeitsswerte von weniger als 16 % aufweisen soll.

Soweit die Staubströme vorwiegend stoff- und systembedingt sind, wie bei der Bodenbearbeitung, bieten konstruktive Maßnahmen an den Maschinen wenig Aussicht auf eine durchgreifende Senkung der Staubentstehung. Anders liegen die Verhältnisse bei Erntemaschinen und Fördereinrichtungen, wo Staub durch Zerkleinern (auch Abrieb) und Trennen zusätzlich erzeugt wird.

Zu b:

Das Erfassen und Abscheiden des Staubes (s. 6.2.1) scheitert bei der Bodenbearbeitung daran, daß die abzusaugenden Flächen zu groß und zu vielfältig sind. Ein weiterer ungünstiger Einfluß sind die Luftbewegungen bei Wind. Beim Mähdrusch liegen die Verhältnisse günstiger, so daß dieser Weg als eine grundsätzliche, aber noch zu überprüfende Alternative anzusehen ist. Zu erfassen wären die Staubströme im Bereich des Mähwerkes, der Sichtung und des Häckslers. Für eine Abscheidung bieten sich wegen der großen anfallenden Staubmengen und der Arbeitsweise der Entstauber nur Zyklone an. Teilchen unter etwa 5 µm (Anteil etwa 3 ÷ 8 %) lassen sich mit diesem Gerät nicht abscheiden. Die versuchstechnischen Vorbereitungen zur Überprüfung dieser Alternative stehen vor dem Abschluß, die Experimente werden in der nächsten Ernteperiode durchgeführt.

Zu c:

Der Weg, die Staubströme so abzulenken, daß der Arbeitsplatz von Staub frei gehalten wird, besteht darin, Luft an einem staubfreien Ort zu entnehmen und mit ihr den Arbeitsplatz zu beaufschlagen. Solche Luftduschen, von Smigerski 1969 angesprochen [51], werden vom Handel z.B. für Mähdrusch angeboten. Die Lösung ist technisch einfach, das Problem besteht darin, zugängliche und zeitlich gesicherte Entnahmeorte für staubfreie Luft zu finden. Auch das Ausnutzen der Windverhältnisse in Bezug auf die Fahrtrichtung entspricht diesem Weg.

		Bodenbearbeitung			Mähdrusch		Geflügelhaltung		Milchviehhaltung		Schweinehaltung	
		Boden S 30		Boden L 70/80					Anbindestall		Dänische Aufst.	
		Ohne Kabine	Mit Kabine	Ohne Kabine	Roggen	Weizen	Bodenh.	Käfigh.	Ruhen	Füttern	Ruhen	Füttern
Staubgehalt (Bereich)	mg/m ³	1 - 500	1 - 500	1 - 500	1 - 300	1 - 300	1 - 5	1 - 5	0,3 - 2	1 - 10	1 - 5	1 - 15
Grobstaubanteil	%	95,7	91,5	93	97	96,7	87	86	93	97	90	95
Feinstaubanteil	%	4,3	8,5	7	3	3,3	13	14	7	3	10	5
Gehalt an org. Subst.	%	10		13	90		80		90		90	
Quarzgehalt	%	66		62	5		9		5		6	

Tafel 5. Aufbau von Staub aus einigen der untersuchten Produktionsstufen, Probenahme im Atembereich.

Zu d:
Der sicherste Weg zur Senkung der Staubbelastung ist die geschlossene und genügend dichte Fahrerkabine. Hiermit verbunden sind Maßnahmen zur Begrenzung der Wärmebelastung, (6.1.4).

6.1.2 Lärmbekämpfung [52]

Zur Lärmbekämpfung bieten sich aktive und passive Maßnahmen an [53]. Die aktiven Maßnahmen beinhalten ein Vermindern der Lärmquellen. Dies ist auf längere Sicht der richtige Weg auch aus Gründen der Nachbarschaftsbelästigung. Über die grundsätzlichen Möglichkeiten der aktiven Maßnahmen existiert ein umfangreiches Schrifttum, auf das zu verweisen ist.
Kurzfristig ist auch an passive Mittel zu denken, wie die Fahrerkabine, die sich auch im Sommerhalbjahr geschlossen halten läßt (s. 6.1.4).

6.1.3 Geruchsbekämpfung

Geruchsbelastungen durch Abgase der Antriebsmaschinen lassen sich durch eine entsprechende Anordnung des Auspuffaustrittes weitestgehend verhindern. Die Verringerung der Geruchsbelastung z.B. beim Ausbringen von Flüssig- oder Festmist, läßt sich wie die Tafel 2 zeigt, durch eine entsprechende Ausbringungstechnik erreichen.

6.1.4 Die Fahrerkabine

Nach vorstehenden Ausführungen nimmt die Fahrerkabine als Mittel der Entlastung für Arbeiten insbesondere im Bereich der Pflanzenproduktion einen zentralen Platz ein. Staub und Lärm lassen sich aufgrund von Versuchen, Auszüge daraus zeigt **Tafel 6**, auf 8 mg bzw. 90 dB(A) senken, unter der Voraussetzung, daß sich die genügend dichte Kabine geschlossen halten läßt. Wie aber **Tafel 1** zeigt, werden im Sommerhalbjahr fast alle Arbeiten bei offener

Kabine durchgeführt, weil die Belastung durch Wärme unangenehmer empfunden wird als die durch Staub und Lärm. (Diese beiden Belastungen werden durch eine offene Kabine im Vergleich zu keiner Kabine bei Lärm meist geringfügig, bei Staub oft auch stärker erhöht). Damit stellt sich die Frage, ob sich durch technische Maßnahmen an den Kabinen die Belastung durch Wärme um das notwendige Maß senken läßt. Um grundsätzliche Wege aufzeigen zu können, ist es zunächst erforderlich, einen Eindruck von der Wärmebelastung zu vermitteln.

6.1.4.1 Vergleichsversuche zur Wärmebelastung

Wegen der Vielfalt der gegebenen Einflüsse durch das Klima und die Bauarten, beschränken sich die nachfolgenden Versuche auf grundsätzliche Ergebnisse für als repräsentativ anzusehende Beispiele. Es wurden drei Kabinen neuerer Bauart ausgewählt. Die Kabinen A und B sind Ausführungen in Rahmenbauweise, rundum mit großen Fensterflächen und mit geschlossenem Boden [54, 55]. Die beiden Kabinen unterscheiden sich nur geringfügig in der Größe der Fensterflächen und dadurch, daß bei Kabine B die Kotflügel integriert sind. Bei der Kabine C handelt es sich um eine Kabine, die im Aufbau einer LKW-Fahrerkabine ähnlich ist, also mit großer Windschutzscheibe, kleinen Seitenfenstern und einer Rückwand mit einer nur kleinen Fensterfläche ausgestattet ist. Die Versuche mit diesen Kabinen sind in den **Bildern 8 u. 10 bis 13** dargestellt.

Die Wärmebelastung in einer Kabine ergibt sich aus dem Wärmestrom durch die Sonneneinstrahlung und dem von der Wärmequelle Schlepper. Den Temperaturgang in diesen Kabinen in Kopfhöhe als Folge der Sonneneinstrahlung zeigt **Bild 8**. Selbst Ende August, also bei schon wesentlich verringerter Sonnenstrahlung im Vergleich zum höchsten Sonnenstand des Jahres, **Bild 9**, werden in der geschlossenen Kabine nur durch Strahlung Temperaturen von über 40 °C erreicht. Der Temperaturgang hängt wesentlich auch von der Konstruktion ab. Versuchstechnisch interessant ist der geringe Unterschied des Temperaturverlaufs bei sehr ähnlichen Bauarten. Diese Tatsache ermöglicht es, Auswirkungen von Maßnahmen zur Verminderung der Wärmebelastung dadurch zu untersuchen, daß man eine Kabine als Vergleichskabine benutzt und an anderen entsprechende Veränderungen vornimmt. Die Vergleichskabine gilt dann als Bezugssystem. In den durchgeführten Versuchen wurde die Kabine A als Vergleichskabine benutzt.

Um den Wärmestrom durch Strahlung zu verringern, wurde die Kabine B in Dachhöhe rundum mit Außenblenden von etwa 330 mm Breite und einem Anstellwinkel von 15 ° zur Waagerechten ausgerüstet. Die entsprechende Temperaturabsenkung in der Kabine an dem betreffenden Tag bleibt unterhalb von etwa 3 °C und

dies nur bei hohem Sonnenstand, **Bild 10**. Hieraus folgt, daß sich der Wärmestrom durch Strahlung mit Außenblenden ohne Sichtbehinderung nur begrenzt verringern läßt.

				Lärm			
				7,5 m Abstand		am Ohr	
Arbeit	Wind	Kabine	Staubgehalt mg/m ³	Imp. Hold dB(A)	Slow dB(A)	Imp. Hold dB(A)	Dosimeter dB(A)
Grubbern	querab, 1 - 3 m/s	geschlossen	2,8	82	81	86,5	85,7
		Türen offen	14	82	81	91	89,2
		Frontscheibe offen	9	82	81	93	92,5
		Seiten- u. Rück-scheibe offen	10	81	80	88	87,6
		keine	20	81	81	91	90,5
Fräsen	von hinten 1 - 2 m/s	geschlossen	350	82/84	85	92	91
		keine	500	84/85	88	94,5	94,4

Tafel 6. Einfluß einer Kabine auf die Staub- und Lärmbelastung. Schlepper 100 kW, 1600 Umdr./min., Kabine in Rahmenbauweise und mit geschlossenem Boden. (Ferner **Tafel 1**, Nr. 137 ff).

Den Einfluß des Belüftungssystems bei Betrieb mit Frischluft zeigt Bild 11. Es ergibt sich, daß man dadurch bei den gegebenen Bedingungen (100 Watt-Gebläsemotor) nur eine Temperatursenkung von maximal 3 °C erreicht, wie sich auch aus theoretischen Überlegungen ableiten läßt. Durch Belüftungsanlagen kann man die Temperatur nur begrenzt herabsetzen, selbst wenn Luftwechselzahlen von 100 und mehr pro Stunde erreicht werden. Aber auch hier gibt es Grenzen, weil man die Luftgeschwindigkeiten in der Kabine unter 0,2 m/s halten muß, damit keine Beeinträchtigung des Wohlbefindens durch Zugluft erfolgt.

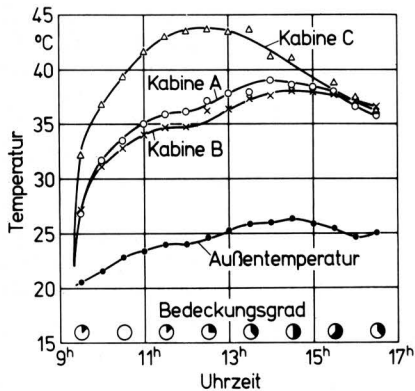


Bild 8. Temperaturverlauf in Kopfhöhe des Fahrers in geschlossenen Kabinen verschiedener Bauart, Stillstand der Schlepper und Sonneneinstrahlung, Datum: 30. Aug. 1975.

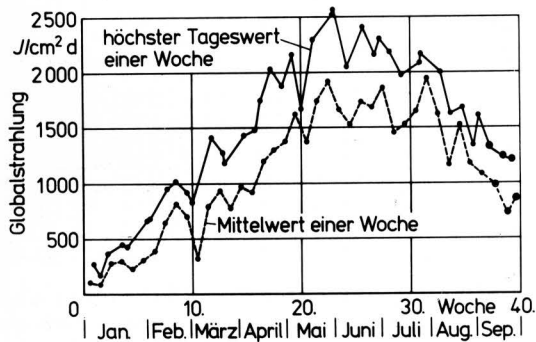


Bild 9. Globalstrahlung [$\text{J}/\text{cm}^2 \text{ d}$] in Braunschweig-Völkenrode, gemessen von der Agrarmeteorologischen Forschungsstelle des Deutschen Wetterdienstes.

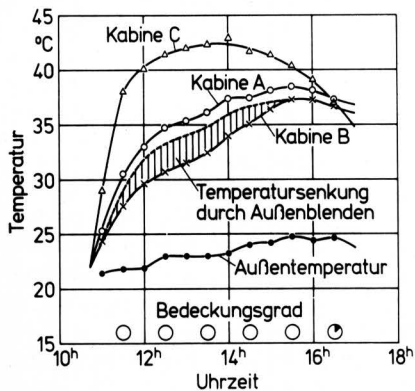


Bild 10. Temperaturverlauf in der Kabine B mit Außenblenden, Temperaturverlauf in der Vergleichskabine und davon abgeleitet Temperaturverlauf in der Kabine B ohne Außenblenden, Datum: 28. Aug. 1975.

Über die Größe des Wärmestromes von der Wärmequelle Motor und in Verbindung mit der Strahlung gibt Bild 12 Hinweise. Die Versuche wurden an stehenden Schleppern derart durchgeführt, daß die Kabine B bis 14 Uhr nur dem Wärmestrom durch Sonneneinstrahlung ausgesetzt war. Danach wurde der Motor angelassen und über die Zapfwelle mit 30 kW belastet. Ab 16.45 Uhr lag der Versuchsplatz im Schatten. — Man erhält so den Temperaturgang durch reine Sonneneinstrahlung, durch den Wärmestrom vom Motor und aus der Überlagerung beider Ströme.

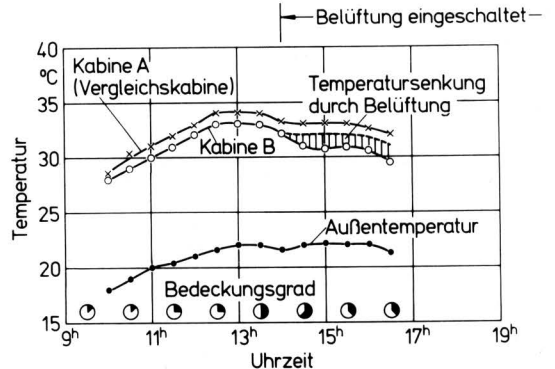


Bild 11. Temperaturverlauf bei Belüften der Kabine B mit Frischluft ab 14.00 Uhr, Schlepper im Stillstand, Gebläsemotor 100 W, Datum: 26. Aug. 1975.

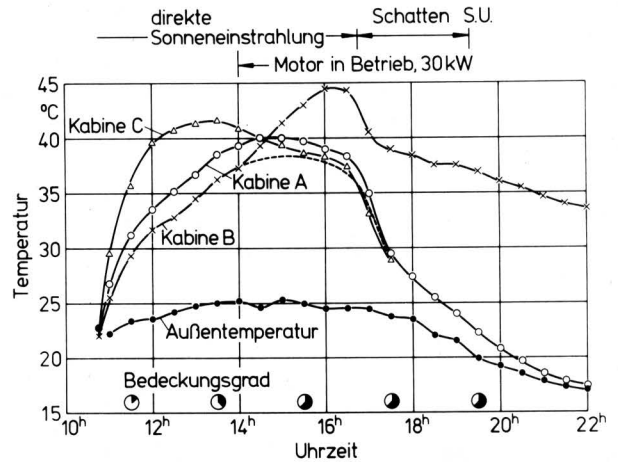


Bild 12. Temperaturverlauf in Kabinen ohne Fahrt der Schlepper. Kabine B: bis 14.00 Uhr nur Sonneneinstrahlung, von 14.00 bis 16.45 Uhr Sonneneinstrahlung und Motorbelastung 30 kW, ab 16.45 Uhr Aufheizung nur durch Motorbetrieb. Bezugssystem Vergleichskabine A, Datum: 29. Aug. 1975.

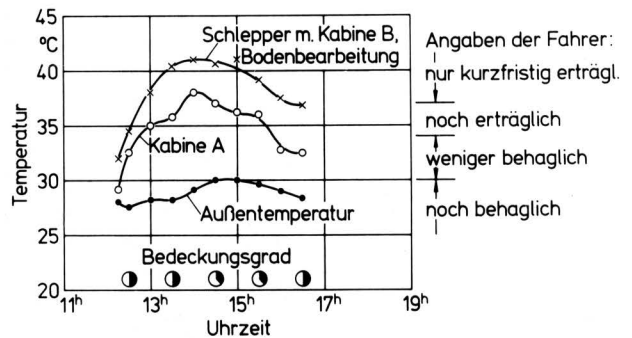


Bild 13. Temperaturverlauf in Kabine B bei Schlepper in Betrieb, Bodenbearbeitung, im Vergleich zu der in Kabine A, Angaben der Fahrer über die Bewertung der Belastung, Datum: 21. Aug. 1975.

Eine weitere Information gibt Bild 13. Es ist der Temperaturverlauf in der Kabine B im praktischen Einsatz des Schleppers dargestellt im Vergleich zu dem in der Vergleichskabine, die nur der Strahlung ausgesetzt war. Gleichzeitig sind die Angaben der Fahrer für die Behaglichkeit aufgeführt. Die Wärmebelastung war so hoch, daß die Fahrer nach etwa 30 bis 45 Minuten ausgewechselt werden mußten. Über die Größe der Strahlung an den Versuchstagen gibt Bild 14 Auskunft.

Uhrzeit Datum	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
21.8.	141	176	132	167	213	211	190	123	91	38	13
26.8.	133	179	214	227	217	173	151	131	90	40	7
27.8.	133	170	161	198	184	170	160	113	90	41	8
28.8.	136	172	201	214	127	196	171	133	88	41	6
29.8.	130	164	194	215	216	189	166	135	96	42	5
30.8.	118	157	147	204	200	147	127	106	74	32	6

Bild 14. Strahlungsintensität der Sonne an den Versuchstagen in Braunschweig-Völkenrode, Solarimeterwerte [$J/cm^2 h$], Meßwerte der Agrarmeteorologischen Forschungsstelle des Deutschen Wetterdienstes.

Aus diesen Hinweisen über die Wärmebelastung in geschlossenen Fahrerinnenkabinen, die nur das Grundsätzliche und die Größenordnung aufzeigen können, ergibt sich, daß noch erhebliche konstruktive Maßnahmen notwendig sind, um die Wärmebelastung um das notwendige Maß zu senken. Erforderlich sind auf jeden Fall ausreichende Belüftungseinrichtungen und andere unterstützende Maßnahmen oder eine Kühlanlage. Welche dieser Lösungen, auch in Verbindung mit wärmedämmendem Glas, einer einstrahlungsmindernden Formgebung und einer noch besseren Isolation der Fahrerkabine gegen Konvektion, sich schließlich durchsetzen wird, hängt von den Kosten ab. Es ist aber zu vermuten, daß auf längere Sicht die Kühlanlage die größeren Aussichten hat, zumindestens bei Schleppern hoher Leistung und in Klimazonen mit starker Sonneneinstrahlung.

Es sei noch erwähnt, daß die für die untersuchten Kabinen erhaltenen Werte durchaus nicht extrem hoch liegen. Bei Kabinen ohne geschlossenen Boden, für Tage mit größerer Sonneneinstrahlung und bei großer Motorleistung ergeben sich teilweise noch bedeutend höhere Werte. Über weitere Untersuchungen des Institutes zur Frage der wärmetechnischen Gestaltung von Fahrerinnenkabinen, die fortgeführt werden, berichtet *Janssen* [56].

Gelingt es, die Wärmebelastung in einer geschlossenen Kabine durch wärmetechnische Maßnahmen hinreichend zu senken, so bietet die Kabine die Möglichkeit, die Richtwerte für die zulässige Staub- und Lärmbelastung des Fahrers zu unterschreiten.

6.1.4.2 Entstaubungstechnische Gesichtspunkte

Hinsichtlich der Staubprobleme ist zu fordern, daß die Kabine möglichst dicht ist und belüftungstechnisch unter geringem Überdruck gehalten wird. Die Frischluft sollte möglichst in Nähe des Kabinendaches oder besser noch darüber entnommen und anschließend entstaubt werden. Für diesen Zweck empfehlen sich Filtrationsentstauber ohne Abreinigung des Filtermediums [57]. Die Auslegung von Lüftung und Entstaubung wird in hohem Maße davon bestimmt, ob eine Kühlanlage mit geringer Frischluft rate oder eine Belüftung mit hoher Luft rate gewählt wird. Mit steigender Luft rate muß nämlich der Gütegrad der Entstaubung zunehmen, dies bedingt meist einen ansteigenden Druckverlust. In Verbindung mit diesen Werten sind die Filterfläche und die Standzeit zu sehen. Entstaubungstechnisch gesehen ist daher eine geringe Frischluft rate anzustreben, ein Moment, das ebenfalls für eine Kühlanlage spricht. Ebenso ist daran zu denken, daß mit dem Belüftungsgebläse eine Lärmquelle vorhanden ist.

Für die Entstaubung werden in Belüftungsanlagen vorwiegend Filter in Form von Matten eingesetzt. Einige Beispiele dazu zeigt Bild 15. Die Entstaubung bei dieser Filtration erfolgt im wesentlichen durch Trägheitswirkungen, d.h. die Anströmgeschwindigkeit auf die Filterfläche bezogen sollte im Bereich $v_L = 1 \div 2 \text{ m/s}$ liegen. Man wählt in diesen Fällen Faserschichten, die eine Belastung bis $6000 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$ zulassen, bei einem Druckverlust zwischen 30 und 300 N/m^2 . Es werden Entstaubungsgrade von 90 bis 95 % erreicht, Teilchen kleiner als $0,5 \mu\text{m}$ werden meist nicht abgetrennt.

Die durchgeführten Versuche zeigen, daß die Kabinen in Rahmenbauweise und mit Boden, also die Kabinen mit dem höchsten Entwicklungsstand, abhängig von der Bauart, dem Ort der Staubquelle, den Teilchengrößen, den Windbedingungen und der Fahrgeschwindigkeit, sowohl zu einer Steigerung als auch zu einer Minderung der Staubbelastung in geschlossenem Zustand führen können. Sie sind oft noch nicht geeignet, den angestrebten Grenzwert von 8 mg/m^3 sicher zu gewährleisten. Dieses ist auf die zu geringe Dichtheit der Kabinen, die nicht ausreichende Gebläseleistung (nicht hinreichender Überdruck) und die mangelhafte Entstaubung der Frischluft zurückzuführen.

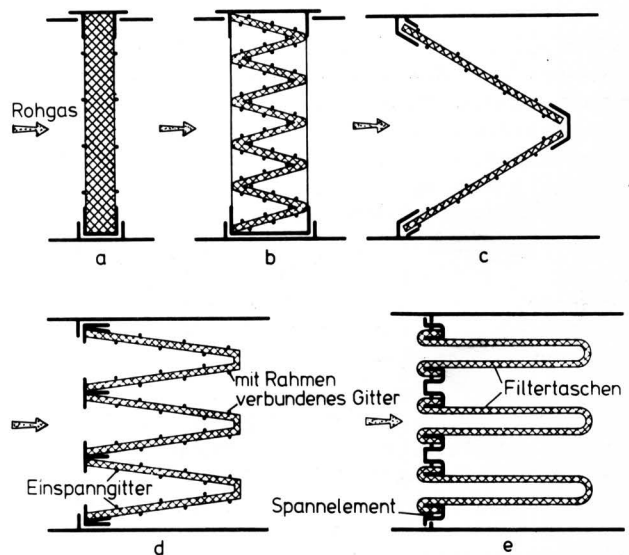


Bild 15. Filtrationsentstauber für Belüftungsanlagen.

6.1.4.3 Schalltechnische Gesichtspunkte

Aus vielen Prüfstandversuchen ist bekannt, daß sich die Lärmbelastung des Fahrers durch Kabinen sowohl erhöhen als auch senken läßt. Nun soll als Übergangslösung ab 1.7.1976 in der Bundesrepublik für Schlepper die Bestimmung gelten, daß in einem Gang der bei Nenndrehzahl der Geschwindigkeit von $7,25 \text{ km/h}$ am nächsten kommt, bei 75 % dieser Nenndrehzahl und ohne Last der Wert von 90 dB(A) am Fahrerohr nicht überschritten wird. In Erwartung dieser Bestimmung hat man sich darum bemüht, die Kabine nach schalltechnischen Gesichtspunkten auszugestalten, wie auch die Namensgebung vieler Kabinen zeigt. Es wird bei einigen Kabinen eine Schallsenkung bis 7 dB(A) und mehr erreicht, Tafel 6. Aus den dort wiedergegebenen Versuchen zeigt sich weiterhin, daß bei der Schallfortpflanzung eine Art Schattenwirkung festzustellen ist, d.h. besonders die Vorderfront und der Boden der Kabine sollten möglichst geschlossen und luftschalldämmend ausgeführt sein. Für die Gestaltung ist aber zu bedenken, daß auch Arbeitsgeräte eine bedeutende Lärmquelle sein können. Bei Arbeiten mit dem Grubber z.B. wird in der Kabine eine Belastung von 86, bei Arbeiten mit einer Fräse jedoch eine von 92 dB(A) erreicht.

6.1.4.4 Bewertung der Kabinenentwicklung aufgrund der durchgeführten Belastungsmessungen

Man gewinnt den Eindruck, daß die oben genannte, angekündigte Verordnung zum Lärmschutz zu einer falschen Priorität in der Kabinenentwicklung geführt hat. Während der Sommermonate ist die Wärmebelastung die weitaus bedeutendere Belastung, so daß klimatische Gesichtspunkte höhere Priorität genießen. Nur bei Lösung dieses Problems ist es möglich, die Kabinen geschlossen zu halten. Dann sind sie geeignet, die Lärm- oder Staubbelastung mit den angestrebten Grenzwerten zu sichern.

6.2 Arbeitsplätze in ortsfesten Anlagen

6.2.1 Staubbekämpfung

Für die Staubbekämpfung an ortsfesten Anlagen gelten uneingeschränkt die in Kapitel 6.1.1 genannten vier grundsätzlichen Möglichkeiten. Bei fahrbaren Arbeitsmaschinen sind wie dargelegt die unter c. und vor allem d. genannten Maßnahmen aussichtsreich. Im Gegensatz hierzu bieten sich im Bereich der ortsfesten Anlagen die unter a. und b. genannten Möglichkeiten an. Im Mittelpunkt steht hier ein Verringern der Stärke der Staubquelle. Dies kann sowohl durch betriebstechnische als auch bauliche Maßnahmen oder beides geschehen. Auf die entsprechenden Lösungen kann wegen der Vielfalt nur punktuell hingewiesen werden.

Ein großer Anteil des Staubes bei der Tierproduktion rührt von Futtermitteln her, so daß eine Staubbekämpfung über die Verbesserung der Fütterungstechnik möglich ist.

Auch bei ortsfesten Einrichtungen zur Behandlung von Pflanzen und Pflanzenteilen ist der anfallende Staub vielfach funktionsbedingt, wie die Ergebnisse nach Tafel 4 zeigen. So ist beispielsweise die Staubemission bei Trocknern von der Güte des Zyklons abhängig oder beim Beizen davon, ob dieser Vorgang in einem geschlossenen oder offenen System erfolgt.

Die andere, wenn auch auf wenige Fälle beschränkte Lösung ist die Erfassung und Abscheidung des Staubes. Das bietet sich an für Staubquellen, die örtlich eng begrenzt sind, etwa für die Entstaubung der Abluft aus Ställen, beispielsweise auch für Zwecke der Wärmerückgewinnung.

Das grundsätzliche Schema einer solchen Anlage zeigt Bild 16. Sie besteht aus den Erfassungselementen, dem Staubabscheider, den Rohrleitungen und dem Gebläse. Für die Berechnung der Erfassungselemente gibt es Näherungsformeln [58 bis 62]. Für die Entstaubung kommen Fliehkraft- und Filtrationsentstauber, auch in Kombination, in Frage. Diese empfiehlt sich bei sehr staubhaltiger Luft. Die Berechnung der Fliehkraftentstauber ist mit guter Genauigkeit möglich [5, 63]. Das entscheidende Bauelement der Filtrationsentstauber ist das Filtermedium. Die Auslegung dieser Entstauber geht aus von der Flächenbelastung und dem Abscheidegrad

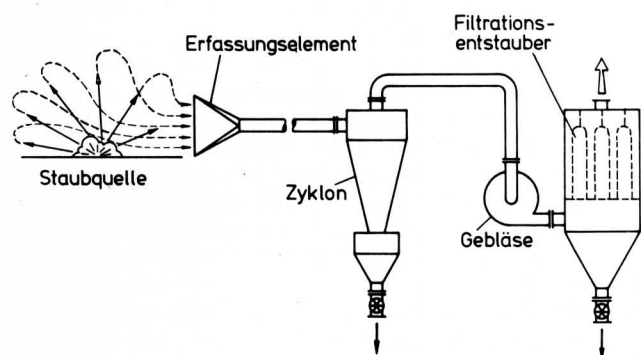


Bild 16. Schema zum Absaugen und Abscheiden von Staub. Bei geschlossenen Systemen entfällt das Erfassungselement, bei grobem Staub der Filtrationsentstauber.

dieser Medien [57]. Unter Umständen lassen sich auch Waschentstauber gemäß Bild 17 einsetzen [64]. Sie sind sehr robust und erreichen Trennkorngrößen von $0,5 \mu\text{m}$ bei Druckverlusten von $1000 \div 3000 \text{ N/m}^2$. Unter Umständen übernehmen sie eine weitere Aufgabe, nämlich eine Geruchsbeseitigung. Nachteilig ist die weitere Anfeuchtung der Luft bei Umluftbetrieb.

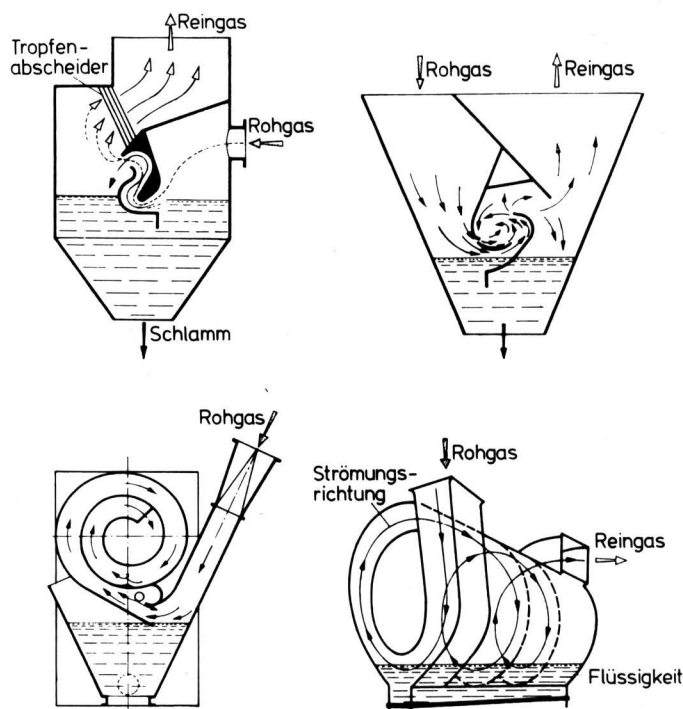


Bild 17. Einige Waschentstauber mit geringem Druckverlust. Geeignet für die Entstaubung der Abluft in der Tierproduktion.

6.2.2 Lärmbekämpfung

Die Lärmbekämpfung an ortsfesten Anlagen ist, soweit notwendig, sowohl durch aktiven wie auch durch passiven Schallschutz möglich. Eine Lärmquelle sind häufig Ventilatoren und Gebläse. Bei ihnen lassen sich durch gute aerodynamische Ausbildung der Leit- und Schaufelräder wesentliche Geräuschminderungen erreichen. Es ist daher zu empfehlen, vor Ankauf solcher Gebläse entsprechende Kennwerte für die Lärmentwicklung zu erfragen. In manchen Fällen bietet sich auch eine Verringerung der Drehzahl an, wie bei Vakuumpumpen.

Die tierischen Laute sind im allgemeinen auf bestimmte Zeitbereiche, z.B. Fütterung und Störung, begrenzt. In diesem Fall ist ggfs. ein passiver Schallschutz möglich, also eine Schalldämmung und -dämpfung über bauliche Maßnahmen.

6.2.3 Geruchsbekämpfung

Eine der aktuellsten Aufgaben ist die Senkung der Geruchsbelastung. Es gibt zwei Wege: die Verminderung der Geruchsemission und die Bekämpfung einer vorhandenen Emission.

Da der Geruch durch biologischen Abbau organischer Stoffe entsteht, lassen sich die Emissionen dadurch senken, daß der Abbau in gasdichten Behältern erfolgt und ein Abbau außerhalb auf ein Mindestmaß begrenzt wird. Hierzu bieten sich eine Einengung der Menge und die aerobe Zersetzung an, beispielsweise durch Belüften. Sind solche aktiven Lösungen nicht möglich oder ausreichend, ist auch an passive Maßnahmen zu denken, die in Bild 18 zusammengestellt sind [65]. Von diesen grundsätzlichen Möglichkeiten wird derzeit fast ausschließlich die Verdünnung benutzt. Es wird die Luftfrate [66] so gewählt, daß die Geruchsimmission, z.B. unter einen Geruchspegel von sieben, gedrückt wird. Dieser Weg ist nur gangbar, wenn die damit verbundene Emission zulässig ist.

Kriterium	Grundlage d. Verfahrens	Hilfsmittel
Konzentrations- änderung	Verdünnen physikalisch	Freistrahlbläse, Kamin, Beipaß
	Zudosieren physikalisch	Maskieren m. wohl- riechenden Stoffen
Chemische Umwandlung	chemisch	Neutralisieren m. Chemikalien
	Oxidieren chemisch	Fackel, Verbren- nungsanlage, UV- Strahler, Ozoni- sierung
Abscheidung	Absorbieren physikalisch	Wäscher (Biowä- scher) Sprühturm, Kolonne
	chemisch	Wäscher, Sprüh- turm, Reaktor
	Adsorbieren physikalisch	offenporige Stoffe, z.B. Aktivkohle- filter, Biofilter
	chemisch	offenporige Stoffe, z.B. Aktivkohle- filter (imprägniert)
	Kondensieren physikalisch	Kühler, Sprühturm

Bild 18. Zusammenstellung der grundsätzlichen Möglichkeiten zur Bekämpfung von Geruchsstoffen in der Luft nach *Wächter* [65].

Bei Vergleichsversuchen in einem Schweinemastbetrieb hat *Hammer* [67] gefunden, daß eine erhebliche Verminderung der Geruchsemission durch UV-Bestrahlung, durch Auswaschen und durch Adsorption möglich ist. Da die Betriebssicherheit der Adsorption und der UV-Anlage wegen der Staubprobleme nicht sehr hoch ist, stellt derzeit nur der Wascher eine brauchbare Lösung dar. Dabei werden von dem Autor maximale Kosten in Höhe von DM 17,— pro Tier genannt.

7. Zusammenfassung

Die durchgeführten Messungen zeigen die Größenordnung der Arbeitsplatzbelastung durch die Umwelt in der landwirtschaftlichen Produktion (ohne Schwingungen) und ihre Quellen. Besonders zu beachten sind im Bereich der Pflanzenproduktion mit motorgetriebenen Produktionsmitteln die Staub-, Lärm- und Wärmebelastung, im Rahmen der Tierproduktion die Geruchs- und Staubbeltastung. Diese Belastungen führen zu einer Beanspruchung des Beschäftigten und zu einer Beeinträchtigung der Arbeitsqualität und Arbeitsleistung. Risikofaktoren für Erkrankungen bedeuten der Quarzgehalt im lungengängigen Anteil bei entsprechend hohen Staubgehalten und langen Expositionszeiten und Keime sehr unterschiedlicher Art im organischen Staub. — Der Richtwert für Lärm von 90 dB(A) läßt sich im praktischen Betrieb für Schlepper und selbstfahrende Arbeitsmaschinen in absehbarer Zeit nicht unterschreiten.

Sinnvolle Maßnahmen zum Senken der Belastung lassen sich nur ergreifen, wenn man die gleichzeitig auftretenden Einwirkungen durch Staub, Lärm, Geruch und Wärme (Kälte) insgesamt berücksichtigt.

Verbesserungen der Arbeitsbedingungen beinhalten im Bereich der mobilen Arbeitsplätze die Weiterentwicklung von Fahrerinnen, insbesondere unter wärmetechnischen Gesichtspunkten. Die Kabine kann nur dann einen echten Staub- und Lärmschutz bieten, wenn sie im geschlossenen Zustand die Bedingungen der Behaglichkeit erfüllt. Dies ist in den meisten Fällen nur mit einer Kühlanlage möglich. Bei Erntemaschinen, Maschinen zum Pflanzenschutz und zum Ausbringen von Mineräldünger und insbesondere bei ortsfesten Maschinen können auch entstaubungstechnische Maßnahmen zu einer Entlastung führen. Die schalltechnischen Verbesserungen sollten vor allem aktive Maßnahmen umfassen.

Im Bereich der tierischen Produktion ist eine verstärkte Geruchs- und Staubbekämpfung erforderlich, in erster Linie durch betriebstechnische und bauliche Lösungen. Auch entstaubungstechnische Maßnahmen bieten sich an.

Um quantitative Aussagen über die Auswirkungen der Belastungen auf die Arbeitsqualität und Arbeitsleistung machen zu können, sind entsprechende Untersuchungen für gleichzeitig wirkende Belastungen erforderlich. Hierfür befindet sich ein Belastungssimulator in der Entwicklung, bei dem sich die in Bild 1 aufgeführten Belastungen insgesamt und unabhängig voneinander aufbringen und verändern lassen. Die Versuche mit diesem Simulator werden federführend von der Arbeitsgruppe Ergonomie des Institutes für Betriebstechnik der FAL (Prof. Dr. S. *Rosegger*) durchgeführt.

Die vorliegende Veröffentlichung ist ein erster Bericht, d.h., die Untersuchungen werden in der angesprochenen Breite weitergeführt, wobei die weitergehende Analyse der Belastungsquellen und ihre Verminderung und Bekämpfung im Mittelpunkt stehen.

Abschließend möchte ich allen Beteiligten des Institutes für die Mitwirkung an dieser Arbeit bestens danken. Ein besonderer Dank gilt Herrn Dipl.-Ing. G. *Wächter* für die Organisation und Leitung — und den Herren U. *Burow* und R. *Bruer* für die Durchführung der Messungen. Ein weiterer Dank gilt dem Meßteam, das die damit verbundene Arbeit zusätzlich übernommen hat. Zu erwähnen ist ferner die besondere Bereitschaft und Unterstützung der Betriebe, in denen die Messungen durchgeführt wurden.

Schrifttum

Bücher sind durch • gekennzeichnet

- [1] • *Pechert, H.*: Untersuchungen über den Staubgehalt in verschiedenen Rinder- und Schweinemastställen. Dissertation, Jena 1957.
- [2] *Freidank, K.-A.*: Ergebnisse von Geräuschmessungen an landwirtschaftlichen Maschinen. Kampf dem Lärm Bd. 9 (1962) Nr. 4, S. 105/08.
- [3] *Weichenrieder, A.*: Untersuchung zur Belastung des Schlepperfahrers durch Lärm. Grundle. Landtechnik Bd. 23 (1973) Nr. 5, S. 121/28.
- [4] *Lindvall, Th., O. Noren u. L. Thyselius*: On the abatement of animal manure odours. Proceedings of the third international clean air congress, Düsseldorf 1973, E 120/E 123, 10 Schriftt. Angaben. Düsseldorf: VDI-Verlag 1973.
- [5] • *Batel, W.*: Entstaubungstechnik. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag 1972.
- [6] *Coenen, W.*: Tragbare Geräte zur Staubbeltastung in Industriebetrieben. Staub-Reinh. Luft 26 (1966) Nr. 10, S. 415/19.
- [7] *Winkel, A. u. W. Coenen*: Ein neues, tragbares Staubmeßgerät mit großer Luftleistung. Staub-Reinh. Luft 26 (1966) Nr. 1, S. 9/11.
- [8] *Winkel, A.*: Messung und Beurteilung von Staubkonzentrationen am Arbeitsplatz mit besonderer Berücksichtigung der Verwendung verschiedener Staubmeßgeräte. Staub-Reinh. Luft 28 (1968) Nr. 1, S. 1/7.

- [9] *Schmidt, K.G.*: Filtermethoden bei der Messung von Schwebstaub. Einsatz und Aufarbeitung des Mikrosorbanfilters. Staub-Reinh. Luft 21 (1961) Nr. 7, S. 339/42.
- [10] *Schütz, A.*: Beurteilung der Gesundheitsgefahren durch mineralische Stäube am Arbeitsplatz — Grenzwerte für Quarz und Asbest, Meßmethoden. Staub-Reinh. Luft 35 (1975) Nr. 7, S. 263/66.
- [11] —: DIN 45636: Außengeräuschemessungen an Kraftfahrzeugen. Ausgabe Juni 1967.
- [12] *Käß, M.*: Grundlagen der Luftschallmeßtechnik. Ölhydraulik und Pneumatik 17 (1973) Nr. 5, S. 150/54.
- [13] *Kraak, W. u. H. Weißling*: Schallpegelmeßtechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1970.
- [14] *Lübcke, E.*: Stand und Problematik der Geräuschemessung. VDI-Berichte Nr. 88, S. 93/99. Düsseldorf: VDI-Verlag 1965.
- [15] *Matthews, J.*: Measurements of environmental noise in agriculture. J. agric. Engng. Res. 13 (1968) Nr. 2, S. 157/67.
- [16] *Meurers, H.*: Meßtechnik und Berichterstattung auf dem Gebiet der allgemeinen Lärmbekämpfung. Techn. Überwach. 4 (1963) Nr. 9, S. 333/37.
- [17] *Rehmann, G.*: Lärm gemessen und bewertet, Verfahren und Geräte zur Schallpegelmessung. Elektrotechnik 54 (1972) Nr. 22, S. 16/27.
- [18] *Reinicke, W.*: Messung und Bewertung von Schallereignissen. Der Fernmelde-Ingenieur 18 (1964) Nr. 1, S. 1/31.
- [19] —: VDI-Richtlinie 2058, Beurteilung von Arbeitslärm am Arbeitsplatz hinsichtlich Gehörschäden. Ausgabe Okt. 1970.
- [20] *Westhäußer, R.*: Messung und Bewertung von Arbeitslärm. Techn. Überwach. 1 (1960) Nr. 11, S. 416/22.
- [21] *Willms, W.*: Theorie und Praxis der Beurteilung von Lärmimmissionen. Lärmbekämpfung 13 (1969) Nr. 5, S. 131/34.
- [22] *Wolff, G.*: Ausgewählte Fragen der Geräuschemessung. Kampf dem Lärm 15 (1968) Nr. 6, S. 153/57.
- [23] *Grefen, K.*: Gerüche kaum objektiv meßbar. VDI-Nachrichten 28 (1974) Nr. 41, S. 8.
- [24] *Kettner, H.*: Dynamisches Olfaktometer zur Messung relativer Geruchsintensitäten. wasser, luft und betrieb 18 (1974) Nr. 3, S. 165/66.
- [25] *Freytag, A. u. H.W. Thoenes*: Meßverfahren zur Bestimmung von geruchsintensiven Stoffen. VDI-Berichte Nr. 124, S. 27/32. Düsseldorf: VDI-Verlag 1968.
- [26] *Winneke, G.*: Methodisches Vorgehen bei der Erfassung von Geruchswahrnehmungen und Geruchsbelästigungen. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Heft 35, Stuttgart: Gustav Fischer-Verlag 1971.
- [27] *Mannebeck, H.*: Ein tragbares Geruchsmeßgerät zur Direktmessung. Landtechnik 28 (1973) Nr. 9/10, S. 287/89.
- [28] *Fodor, G.G. und G. Winneke*: Belästigung durch geruchsintensive Stoffe. Zbl. Bakt. Hyg. I. Abt. Orig. B 155 (1971) S. 282/95.
- [29] —: Methods for measuring and evaluating odorous air pollutants at the source and in the ambient air. Report of an International Symposium Stockholm 1970, Nord.hyg. Tidskrift, Bd. 51 (1970) Nr. 2.
- [30] *Summer, W.*: Geruchlosmachung von Luft und Abwasser. München/Wien: Oldenbourg-Verlag 1970.
- [31] *Schoedder, F. u. G. Wächter*: Erfassen und Bewerten der bei biologischen Produktionsprozessen emittierten geruchsintensiven Stoffe. Jahrestagung Landtechnik des VDI Okt. 1975, Braunschweig (Erscheint in Grundl. Landtechnik).
- [32] *May, J.*: Geruchsschwellen von Lösemitteln zur Bewertung von Lösemittelgerüchen in der Luft. Staub-Reinh. Luft 26 (1966) Nr. 9, S. 385/88.
- [33] *Ekman, G., B. Berglund, U. Berglund u. T. Lindvall*: Perceived intensity of odour as a function of time and adaptation. Scand. J. Psychol. Vol. 8 (1967) S. 177/86.
- [34] —: Empfehlungen zur Messung und Beurteilung von gesundheitsgefährlichen Stäuben. Staub-Reinh. Luft 33 (1973) Nr. 1, S. 1/3.
- [35] —: MAK-Werte-Liste. Deutsche Forschungsgemeinschaft, 53 Bonn-Bad Godesberg 1, Kennedyallee 40.
- [36] —: Handbuch "Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe: Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründungen von MAK-Werten". Weinheim/Bergstraße: Verlag Chemie 1972/73.
- [37] *Antweiler, H.*: Erkrankungen nach Inhalation organischer Stäube. Zbl. Arbeitsmed. Arbeitsschutz 16 (1966) H. 11, S. 321/25.
- [38] *Morgan, D.C., u.a.*: Chest symptoms and farmer's lung: a community survey. Brit. J. ind. Med. 30 (1973) Nr. 3, S. 259/65.
- [39] *Maier, A., A. Batzenschlager, C. Roos u. B. Orion*: Le poumon de fermier. Arch. Maladies profess. Méd. Travail Sécurité Soc. 28 (1967) 12, S. 833/49.
- [40] *Kötzing, K.*: Ärztliches Kolloquium der Berufsgenossenschaft der Keramischen- und Glas-Industrie, Bad Reichenhall 1969. Staub-Reinh. Luft 30 (1970) Nr. 3, S. 126/27.
- [41] *Gofferje, H.*: Quantitative und qualitative Lungenstaubuntersuchungen bei verstorbenen Personen aus der Landwirtschaft. Ein Beitrag zur Farmerlunge und Getreidestaubpneumokoniose. Diss. Med. Falk. R.W.T.H. Aachen 1972, 80 Seiten, 160 Schriftt. Angaben.
- [42] *Tat, M. u. C. Simionescu*: Modifications fonctionnelles respiratoires sous l'influence de concentrations variées de poussières. Arch. Maladies profess. Méd. Travail Sécurité soc. 33 (1972) Nr. 10-11, S. 553/58.
- [43] *Biller, R.*: Die physiologische Wirkung der Abgase von Schlepper-Dieselmotoren auf den Fahrer. Landtechnik Bd. 28 (1973) H. 17, S. 457/61.
- [44] *Gruber, J.*: Lärm: Wirkungen und Bewertung. Fortschritt-Berichte VDI-Z, Reihe 11, Nr. 19 (1974) Referat in VDI-Z 117 (1975) Nr. 3, S. 135.
- [45] *Huang, B.K. u. C.W. Suggs*: Tractor noise and operator performance. Trans. ASAE 11 (1968) Nr. 1, S. 1/5.
- [46] *Rentzsch, M.*: Einfluß von Lärm auf eine Kombination geistig-körperlicher Tätigkeiten unter Betriebsbedingungen. Wiss. Z. TU Dresden 21 (1972) Nr. 3, S. 567/72.
- [47] Richtlinien zur Lärminderung am Arbeitsplatz in der Land- und Forstwirtschaft. Fassung 30. 5. 1974. Bundesverband der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften.
- [48] *Winkler, K.*: Zur Diskussion gestellt: Immissionsgrenzwerte zur Verhinderung von Geruchsbelästigungen. wasser, luft und betrieb 19 (1975) Nr. 7, S. 411.
- [49] *Huey, N.A., L.C. Broering, G.A. Jutze u. Ch.W. Gruber*: Objective odor pollution control investigations. J. Air Poll. Contr. Assoc. 10 (1960) Nr. 6, S. 441/46.
- [50] *First, M.W.*: A model odor control ordinance. Second International Clean Air Congress vom 6.-11.12.1970 in Washington. AD 36 B, S. 1255/59.
- [51] *Smigerski, H.J.*: Der Einsatz von Entstaubern in der Landtechnik. Physikalische Grundlagen der Staubabscheidung. Grundl. Landtechnik Bd. 19 (1969) Nr. 6, S. 189/96.
- [52] *Witte, E.*: Hinweise für die Konstruktion von Fahrer-kabinen — Schalltechnische Maßnahmen. Vortrag VDI-Jahrestagung Landtechnik 1975, Braunschweig (erscheint demnächst in Grundl. Landtechnik).
- [53] *Batel, W.*: Technische Möglichkeiten zur Erleichterung der Arbeit der Fahrer von Schleppern, Mähdreschern und anderen selbstfahrenden Arbeitsmaschinen. Grundl. Landtechnik Bd. 24 (1974) Nr. 1, S. 21/30.
- [54] *Logos, I.N.*: Ackerschlepper und Anhänger. Grundl. Landtechnik Bd. 24 (1974) Nr. 6, S. 173/76.
- [55] *Graef, M. u. G. Vellguth*: Schlepperkabinen — Anforderungen und Stand der Technik auf der DLG 1974. Grundl. Landtechnik Bd. 24 (1974) Nr. 6, S. 201/05.

- [56] Janssen, J.: Hinweise für die Konstruktion von Fahrer-
kabinen — Klimatechnische Maßnahmen. Vortrag auf der
VDI-Jahrestagung Landtechnik 1975, Braunschweig
(erscheint demnächst in Grundl. Landtechnik).
- [57] Batel, W.: Entwicklungsstand und -tendenzen beim Filtra-
tionsentstauber. Staub-Reinh. Luft 33 (1973) Nr. 9,
S. 359/67.
- [58] •Dalla Valle, J.M.: Exhaust hoods. New York: Industrial
Press 1946.
- [59] •Hemeon, W.G.L.: Plant and Process Ventilation. New York:
Industrial Press 1965.
- [60] •Baturin, W.: Lüftungsanlagen für Industriebauten.
Berlin: VEB-Verlag Technik 1953.
- [61] Strauß, H.J.: Über eine Näherung zur Bestimmung von
Strömungsfeldern von Absaugehauben. Staub-Reinh. Luft 33
(1973) Nr. 3, S. 142/46.
- [62] Engels, L.H. u. G. Willert: Kriterien und Möglichkeiten zur
Erfassung des Staubes in Industriebetrieben.
Staub-Reinh. Luft 33 (1973) Nr. 3, S. 140/41.
- [63] Muschelknautz, E.: vt-Hochschulkurs II: Mechanische
Verfahrenstechnik. Verfahrenstechnik, Beilage Nr. 1/6
(1972/73).
- [64] Batel, W.: Der Waschentstauber — Entwicklungsstand und
-tendenzen. Staub-Reinh. Luft 33 (1973) Nr. 12, S. 491/97
und 34 (1974) Nr. 2, S. 52/55.
- [65] Wächter, G.: Technische Möglichkeiten zur Behandlung
oder Abscheidung gasförmiger luftfremder Stoffe — insbe-
sondere im Hinblick auf die Desodorisierung.
Grundl. Landtechnik Bd. 23 (1973) Nr. 4, S. 92/98.
- [66] Wolfermann, H.F.: Emission von Geruchsstoffen aus der
Landwirtschaft — Vorkommen, Umfang und Grundlagen
zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von Verfahren zum
Umweltschutz. Proceedings of the third international clean
air congress Düsseldorf 1973, E 124/ E 127. Düsseldorf:
VDI-Verlag 1973.
- [67] Hammer, K.: Vergleich verschiedener Methoden zur Auf-
bereitung der Abluft aus Schweineställen unter Praxisbedin-
gungen. Arbeitstagung der Referenten "Landtechnik" und
"Landwirtschaftliches Bauwesen", Würzburg 1975.

Über ein Optimierungsproblem bei der Reparatur von Maschinen

Von J. Gruszczyński, Krakau und A.D. Soloviev,
Moskau*)

DK 62-7:519.2:518.5

Die Arbeit behandelt das Problem der optimalen Auslegung von Reparatur- und Wartungslinien für einen Maschinenpark. An den Maschinen können Fehler der verschiedensten Art auftreten. Bei einem Fehler wird das schadhafte Maschinenteil durch ein Reserveteil ersetzt. Das schadhafte Maschinenteil wandert in die Reparatur. Für jedes Maschinenteil gibt es eine Reparaturgruppe, die aus mehreren Reparatereinheiten (Personen) besteht. Unter beliebigen Annahmen in Bezug auf die mathematischen Verteilungen der für die Auswechslung der Maschinenteile und ihrer Reparatur benötigten Zeiten, sowie unter der Bedingung, daß diese Zeitspannen relativ zu den Intervallen zwischen den Zeitpunkten des Auftretens von Fehlern kurz sind, wird die optimale Anzahl von Reserveteilen und Reparatereinheiten für jedes Maschinenteil gefunden.

Ebenso wie das hier behandelte Beispiel der optimalen Auslegung von Reparaturlinien lassen sich manche andere Probleme der Landtechnik auf Service- oder Warteschlangenprobleme zurückführen. Die mathematische Theorie zur Behandlung von Warteschlangenproblemen ist

ausreichend entwickelt. Auch die Simulation selbst komplexer Modelle mit mehreren Warteschlangen ist mit den modernen Simulationstechniken problemlos. Die vorliegende Arbeit ist ein Beispiel für die Behandlung eines Warteschlangenproblems mit theoretischen Mitteln.

1. Einleitende Systembeschreibung

In einem Maschinenpark arbeitet eine große Zahl von Maschinen des gleichen Typs. Jede Maschine ist aus verschiedenen Teilen zusammengesetzt. Während der Arbeit treten an den Maschinen zufällige Schäden auf. Bei einem Schaden wird das schadhafte Maschinenteil ausgewechselt, d.h. ein intaktes Teil wird dem Vorrat entnommen und in die Maschine eingesetzt. Während der Austauschzeit ist die Maschine nicht zu nutzen, und es treten in dieser Zeit auch keine weiteren Schäden an anderen Teilen dieser Maschine auf.

Das schadhafte Teil wird nach dem Austausch in die Reparaturwerkstatt eingeliefert. Dort wird es repariert, um anschließend dem für den Austausch bereitgehaltenen Vorrat an Maschinenteilen zugewiesen zu werden. Die Reparaturwerkstatt besteht aus spezialisierten Servicelinien, die jeweils nur ein spezielles Maschinenteil reparieren. Die Linien können aus mehreren Arbeitsplätzen zur gleichzeitigen Reparatur mehrerer Maschinenteile bestehen.

Die Schäden an den Maschinen verursachen wirtschaftliche Verluste, die sich aus folgenden Anteilen zusammensetzen:

- Verluste, die durch die Wartezeiten der Maschine während eines Austauschs verursacht werden;
- Verluste, die durch zusätzliche Maschinenwartezeiten verursacht werden, weil momentan der Vorrat an benötigten Maschinenteilen ausgeschöpft ist;

*) bearbeitet von Dr.-Ing. W. Paul Braunschweig

*) Dr.-Ing. Jerzy Gruszczyński ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Landwirtschaftlichen Akademie in Krakau, Polen, und Prof. Dr. Alexander D. Soloviev ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Staatlichen Lomonossow-Universität, Moskau, UdSSR.