

Geruchsstoff-, Staub- und Lärmbelastung in Anlagen der Tierproduktion, gemessen im Verlauf eines Jahres – Zweiter Bericht

Von Wilhelm Batel, Braunschweig-Völkenrode*)

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

DK 614.71:631.5:331.82

Bei der Tierproduktion können im Hinblick auf den Umwelt- und Arbeitsschutz Probleme durch Geruchsstoffe entstehen. Demgegenüber sind die Staub- und Lärmbelastungen von geringerer Auswirkung. — Die in vorgegebenen Anlagen mit den variablen Haltungsbedingungen oft stark wechselnden Belastungen am Arbeitsplatz lassen keine jahreszeitliche Abhängigkeit erkennen. Zum Geruchsbekämpfen bieten sich an ein Ausweiten der meist arbeitsaufwendigen Stallpflege, bauliche Maßnahmen und eine Luftbehandlung. — Die Geruchsstoffbelastung wird durch die relative Geruchsstoffkonzentration beschrieben.

1. Einleitung und Aufgabenstellung

Der erste Bericht [1] hatte zum Ziel, Hinweise über die Größenordnung der Geruchsstoff-, Staub- und Lärmbelastung insbesondere an Arbeitsplätzen in der landwirtschaftlichen Produktion zu geben. Die dort mitgeteilten Werte für die Tierproduktion gelten für willkürlich ausgewählte Tage, so daß zu fragen ist, ob sich die Belastungswerte mit der Zeit ändern, beispielsweise im Ablauf eines Jahres. Über solche ergänzenden Untersuchungen wird im folgenden berichtet. Diese Messungen haben wie auch die früheren nicht zum Ziel, die Abhängigkeit der Belastungen am Arbeitsplatz von verschiedenen Einflußgrößen zu ermitteln, sondern sie sollen aufzeigen, welche Verhältnisse in landwirtschaftlichen Betrieben vorliegen.

2. Beschreiben der Geruchsstoffbelastung

Mit dem Begriff "Geruchsstoffbelastung" wird nicht ein Vorgang der Geruchswahrnehmung, sondern die Menge an Geruchsstoffen in einem bestimmten Luftvolumen erfaßt. Bezeichnet man die

Konzentration eines Geruchsstoffes in Luft mit c und die an der Wahrnehmungsschwelle mit c_0 , dann ist die relative Geruchsstoffkonzentration

$$c_{\text{rel}} = \frac{c}{c_0} \quad (1)$$

Da für die Konzentrationsmessung von Geruchsstoffen chemische oder physikalische Methoden derzeit nur eingeschränkt zur Verfügung stehen, bietet sich das Verdünnungsverfahren in Verbindung mit dem menschlichen Riechorgan als Sensor an [2]. Für eine Mischung aus Reinquft (Normvolumen V_{Lr}) und geruchsstoffbeladener Luft (Normvolumen V_{Lg}) im Olfaktometer gilt bei Erreichen der Wahrnehmungsschwelle WS:

$$c_{\text{rel}} \triangleq \left(\frac{V_{\text{Lr}} + V_{\text{Lg}}}{V_{\text{Lg}}} \right) \text{WS} \quad (2)$$

oder in Worten ausgedrückt:

Das Volumenverhältnis von verdünnter zu unverdünnter geruchsstoffbeladener Luft an der Wahrnehmungsschwelle hat den gleichen Zahlenwert wie die relative Geruchsstoffkonzentration.

Mit dem Olfaktometer ermittelt man das Mischungsverhältnis M_0 (***) an der Wahrnehmungsschwelle,

$$M_0 = \left(\frac{V_{\text{Lr}}}{V_{\text{Lg}}} \right) \text{WS} \quad (3)$$

Es bestehen somit folgende Verknüpfungen:

$$c_{\text{rel}} = \frac{c}{c_0} = \left(\frac{V_{\text{Lr}} + V_{\text{Lg}}}{V_{\text{Lg}}} \right) \text{WS} = M_0 + 1 \quad (4)$$

Analog zur Schallintensität läßt sich ein Geruchspegel G als Maß für die Geruchsintensität definieren

$$G = a \log \frac{c}{c_0} = a \log c_{\text{rel}} = a \log (M_0 + 1) \quad (5)$$

Im folgenden wird die Geruchsstoffbelastung der Luft am Arbeitsplatz durch die relative Geruchsstoffkonzentration c_{rel} beschrieben.

**) Die Messungen und Auswertungen wurden durchgeführt von Herrn R. Bruer, technischer Mitarbeiter des Institutes.

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

***) Die im ersten Bericht [1] in den Tafeln benutzte Benennung "Geruchspegel" ist in Verbindung mit diesem Bericht als Mischungsverhältnis M_0 zu lesen, d.h. $M_0 = G_p$.

Lfd. Nr.	Betrieb	Produktionsart	Haltungsart	Entsorgung	Tierzahl (Jahresmittel)	Stallgröße		Raumangebot	Art der Lüftung	Gebläseleistung bei Dauerbetrieb		Luftwechselrate (max.)	Anzahl der Meßtage
						m ²	m ³			m ³ /Tier	m ³ /h		
1	M ₁	Milchprodukt.	Anbindestall mit Einstreu	Frontlader	59	455	1365	23,1	Unterdr.	—	20900	15,3	9
2	S ₁	Schweinemast	Dän. Aufstallung Teilspaltenboden	Güllekanal	84	156	454	5,4	Unterdr.	—	6900	15,1	16
3	S ₂	Schweinemast	Dän. Aufstallung Teilspaltenboden	Schwemmist	389	546	1638	4,2	Unterdr.	—	22900	14,0	9
4	G ₁	Eierproduktion	Käfighaltung	von Hand	176	33	86	0,49	Unterdr.	—	2350	27,1	17
5	G ₂	Eierproduktion	Bodenhaltung	Frontlader	1382	660	1320	0,96	Unterdr. (Gleichdr.)	15000	15000	11,4	5
6	G ₃	Eierprodukt	Käfig- u. Bodenhaltung	Frontlader	1527	760	1520	1,0	Unterdr.	12500	30000	19,7	4

Tafel 1. Haltungsbedingungen in den untersuchten Betrieben.

3. Art der untersuchten Betriebe und Durchführung der Messungen

Im Rahmen der Tierproduktion interessieren vor allem die Arbeitsplatzbelastungen und Emissionen bei der Rinder-, Schweine- und Geflügelhaltung. Aus einer größeren Zahl von früher untersuchten Betrieben wurden fünf ausgesucht, deren Belastungswerte in Nähe der mittleren Werte liegen. Eine Ausnahme bildet der Geflügelhaltungsbetrieb mit den Ställen G₂ und G₃. Wegen der geringen Belegungsdichte liegt die relative Geruchsstoffkonzentration etwa 10 Zehleinheiten unter dem mittleren Wert. Die Haltungsbedingungen in den ausgewählten Betrieben sind in **Tafel 1** angegeben.

Die Meßgeräte und die Durchführung der Messungen entsprechen im Grundsatz dem früher Berichteten [1]. Auf folgende Erweiterungen sei hingewiesen: Für die olfaktometrischen Geruchsstoffmessungen [2] werden zwei Gruppen gebildet, bestehend aus meist 8 Personen. Das Mischungsverhältnis M₀ wird mit beiden Gruppen unabhängig voneinander an der gleichen Probe ermittelt. Hierdurch läßt sich abschätzen, ob die Streuungen der Meßwerte vom Objekt oder von der Meßmethode herrühren. Erst danach erfolgt die Zusammenfassung beider Werte.

Für die Staubmessung werden zwei Filterprobennehmer (Gravikon mit 50 m³/h, Portikon mit 7 m³/h Luftdurchsatz) und daneben noch der Andersen-Probensammler mit 7 Stufen eingesetzt [3]. Die Luftwechselrate für den Stall errechnet sich aus der Laufdauer der Gebläse in der Meßzeit, dem Luftdurchsatz und dem Stallvolumen. Den zeitlichen Ablauf der Messungen an den jeweiligen Meßtagen zeigt **Tafel 2**.

Hinsichtlich der Bewertung der Belastungswerte ist noch zu berücksichtigen, daß sich diese wie auch im ersten Bericht auf bestimmte Arbeitsabläufe oder Zeitbereiche beziehen. Die Gesamtbelastung für einen Beschäftigten ergibt sich aus der Verteilung der Arbeitszeit und der Belastung in den jeweiligen Arbeitsabläufen. Sinngemäß ist für die Gesamtemission zu verfahren.

Zur Ermittlung der Geruchsstoffkonzentration werden am Versuchstag gegen 13 Uhr während der Ruhephase der Tiere Proben entnommen und nach etwa einer Stunde unter stets gleichen Klimabedingungen olfaktometrisch untersucht. Anschließend werden die beiden Gruppen mit einem Gemisch aus 120 ppm NH₃ in Luft getestet. Die bei diesem Test auftretenden Abweichungen der gemittelten Zentralwerte vom zeitlichen Mittelwert können als Maß für die Meßgenauigkeit dienen.

Meßgröße	Zeit	Tätigkeit	Ort
relative Geruchsstoffkonzentration	13.00	Probenahme Stallluft Olfaktometermessung 10–16 Testpersonen Probenahme NH ₃ -Luft-Gemisch Olfaktometermessung 10–16 Testpersonen	Futtergang
	14.00–14.30		Klimaraum
	14.30 14.45–15.15		
Staubgehalt	8.45–12.45 9.00–10.00	Probenahme mit Andersengerät 1. Probenahme Portikon und Gravikon 2. Probenahme Portikon und Gravikon	Futtergang
	10.15–11.15		
Luftschalldruck	10.45–13.00	Schallpegelmessung mit Anzeige Impuls und Slow Dosimetermessung	
	12.45–13.15		
Lufttemperatur	8.45	Lufttemperatur und -feuchte Stallluft	
Luftfeuchte	13.15	wie 8.45 Uhr	
Luftwechselrate	9.00–13.00	Registrieren der Gebläselaufzeiten	

Tafel 2. Zeitlicher Ablauf der Messungen während eines Meßtages. Fütterung in den Betrieben M₁, S₁ und S₂ vor 8.00 Uhr und nach 13.15 Uhr, in G₁, G₂ und G₃ ständig.

4. Meßergebnisse und daraus abzuleitende Hinweise zum Senken von Arbeitsplatzbelastungen und Emissionen

4.1 Geruchsstoffbelastung

Die im Ablauf eines Jahres für den Betrieb M₁ der Milchtierhaltung gemessenen relativen Geruchsstoffkonzentrationen zeigt **Bild 1**. Ferner sind die Konzentrationswerte c_{rel} für das Gemisch aus 120 ppm NH₃ in reiner Luft, die Luftfeuchte φ, die Lufttemperatur θ und die Luftwechselrate während der Meßdauer an dem jeweiligen Tag angegeben.

Eine signifikante Änderung der relativen Geruchsstoffkonzentration im Zeitraum eines Jahres ist nicht festzustellen, obwohl ein solcher zu erwarten ist. Die Menge der durch mikrobiellen Abbau entstehenden Geruchsstoffe ist temperaturabhängig, so daß mit einem Anstieg in den Sommermonaten zu rechnen ist. Andererseits erhöht sich mit der Außentemperatur die Luftwechselrate, so daß sich hinsichtlich der Geruchsstoffkonzentration zwei gegenläufige Einflüsse auswirken.

Auffallend sind die großen Schwankungen in der Geruchsstoffkonzentration. Sie sind auf kurzfristig wechselnde Bedingungen in der Haltung zurückzuführen. Hierzu gehören beispielsweise der Zustand des Einstreugutes, die Intensität der Reinigung, der Ablauf der periodischen Entsorgung und die Art des Futters.

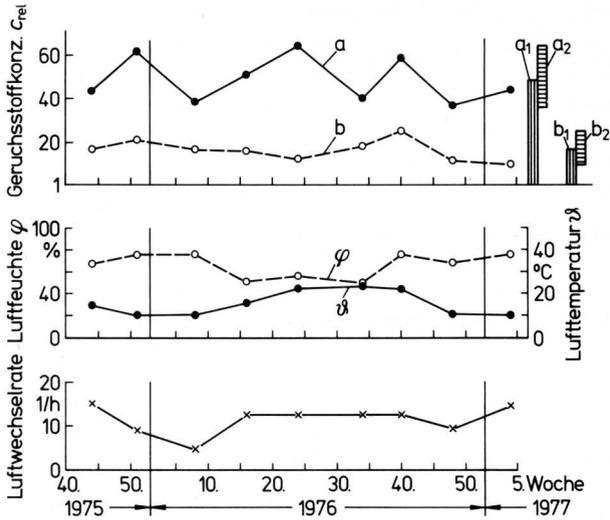


Bild 1. Relative Geruchsstoffkonzentration c_{rel} bei der Milchtierhaltung (Betrieb M_1 , Tafel 1) im Zeitabschnitt eines Jahres.

- a) relative Geruchsstoffkonzentration c_{rel} für die Stallluft, Probenentnahme: 13.00 Uhr
 a_1 Jahresmittelwert $c_{rel} = 48,5$
 a_2 Schwankungsbreite $R = 27,4$
 b) relative Geruchsstoffkonzentration c_{rel} für ein 120 ppm NH_3 -Luft-Gemisch
 b_1 Jahresmittelwert $c_{rel} = 16,8$
 b_2 Schwankungsbreite $R = 14,8$

Die Geruchsstoffkonzentration c_{rel} bei der Schweinehaltung in den Betrieben S_1 und S_2 zeigen **Bild 2** und **Bild 3**. Eine signifikante Abhängigkeit vom Jahresverlauf ist auch hier nicht zu erkennen. Die relative Konzentration c_{rel} schwankt zwischen etwa 20 bis 70 und 30 bis 80, ein sehr beachtliches Spektrum.

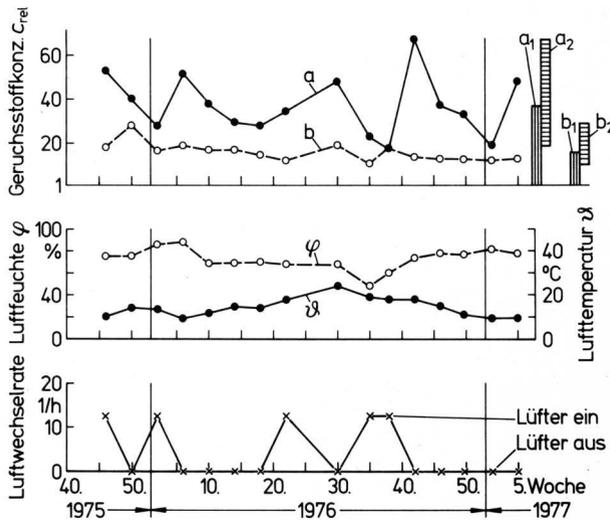


Bild 2. Relative Geruchsstoffkonzentration c_{rel} in der Stallluft bei der Schweinehaltung (Betrieb S_1).

Legende siehe Bild 1

- a_1 $c_{rel} = 37$
 a_2 $R = 50$
 b_1 $c_{rel} = 16$
 b_2 $R = 18,2$

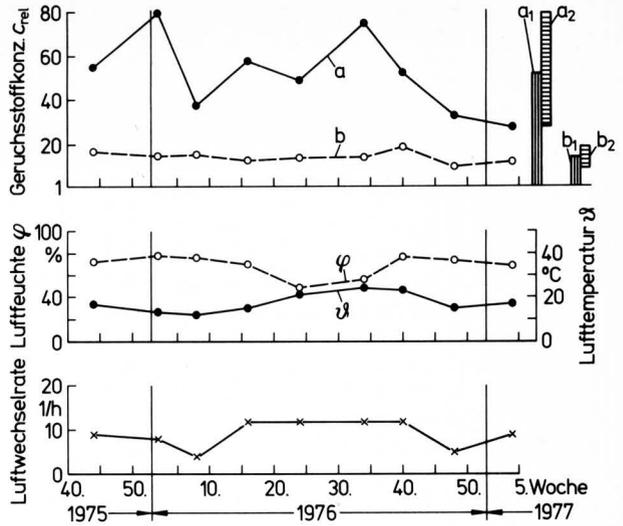


Bild 3. Relative Geruchsstoffkonzentration c_{rel} in der Stallluft bei der Schweinehaltung (Betrieb S_2).

Legende siehe Bild 1

- a_1 $c_{rel} = 52$
 a_2 $R = 51$
 b_1 $c_{rel} = 14,5$
 b_2 $R = 10$

Hinweise für die relative Geruchsstoffkonzentration in der Geflügelhaltung geben **Bild 4** und **Bild 5**. Bemerkenswert ist die vergleichsweise geringe absolute Schwankung. Dies ist darauf zurückzuführen, daß sich die Bedingungen in den Ställen wegen der Art der Fütterung und Entsorgung weniger als bei den bisher behandelten Halteverfahren ändern. Je nach Art des Lüftungssystems ist eine gewisse Abnahme bzw. Zunahme der Belastung in den Sommermonaten zu beobachten.

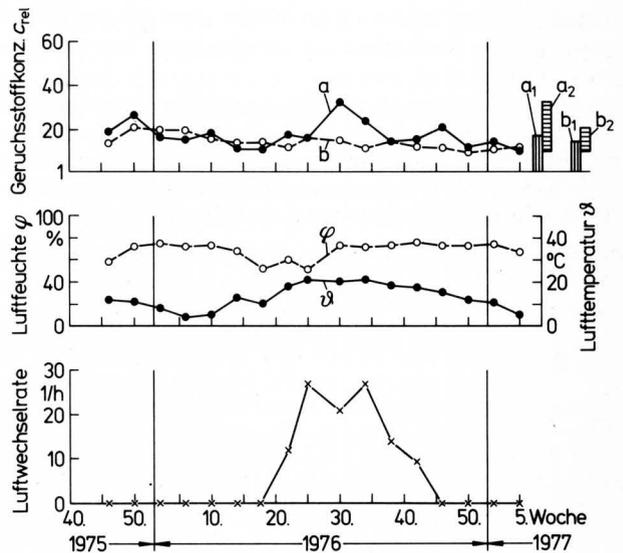


Bild 4. Relative Geruchsstoffkonzentration c_{rel} in der Stallluft bei der Geflügelhaltung (Betrieb G_1).

Legende siehe Bild 1

- a_1 $c_{rel} = 17,5$
 a_2 $R = 23$
 b_1 $c_{rel} = 14,5$
 b_2 $R = 11$

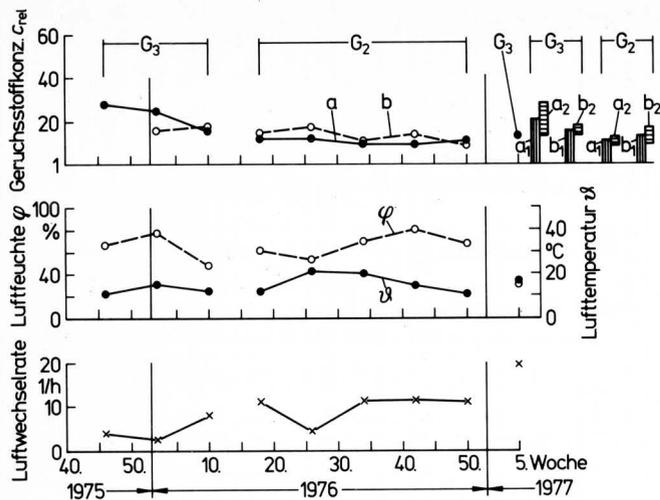


Bild 5. Relative Geruchsstoffkonzentration c_{rel} in der Stallluft bei der Geflügelhaltung (Betrieb G_2 und G_3).
Legende siehe Bild 1

G_3 :	a_1	$c_{rel} = 20,5$	b_1	$c_{rel} = 15,5$
	a_2	$R = 14,5$	b_2	$R = 3,7$
G_2 :	a_1	$c_{rel} = 11,2$	b_1	$c_{rel} = 13,5$
	a_2	$R = 3,6$	b_2	$R = 8,2$

4.2 Folgerungen aus den Meßwerten für die Geruchsstoffbekämpfung

4.2.1 Senken der Geruchsstoffkonzentration in der Stallluft

In vielen Fällen läßt sich die Geruchsstoffkonzentration am Arbeitsplatz in der Tierproduktion über die bei vorgegebenen technischen Betriebsmitteln variablen Haltungsbedingungen wie z.B. den Pflegezustand des Stalles merklich senken. Der mögliche Erfolg entspricht im äußersten Fall den jeweils angegebenen Schwankungsbreiten a_2 .

Für die weitere Senkung der Geruchsstoffkonzentration am Arbeitsplatz verbleiben im wesentlichen noch zwei Wege, nämlich Bekämpfen der Entstehung und Ausbreitung von Geruchsstoffen durch bauliche Gestaltung und Behandeln der Stallluft wie z.B. Verdünnen und mit Einschränkung das Abscheiden der Geruchsstoffe [5].

Über die Luftwechselrate läßt sich die Geruchsstoffkonzentration dann nicht mehr senken, wenn diese Rate wegen der einzuhaltenen Behaglichkeit schon in Nähe der zulässigen Grenze liegt und auf eine Heizung aus Energie- und Kostengründen verzichtet werden muß.

Für die Geruchsstoffabscheidung sind die Wascher an sich gut geeignet, nur wird dadurch die ohnehin schon hoch liegende Luftfeuchte noch weiter erhöht. Die trocken arbeitenden Verfahren benötigen zusätzlich einen Entstauber, wodurch die Wirtschaftlichkeit derzeit nicht mehr gegeben ist.

4.2.2 Senken der Immission außerhalb der Ställe

Anders zu bewerten sind die Möglichkeiten hinsichtlich der Emission. Die Emissionsströme lassen sich aus der Luftwechselrate, dem Stallvolumen und der Geruchsstoffkonzentration ermitteln (Luftstrom V [m^3/h] mit der relativen Konzentration c_{rel}). Obwohl man die zeitlich abgegebene absolute Menge an Geruchsstoffen über die Lüftung nicht senken kann, so erlaubt sie aber, die Verdünnung bereits an der Austrittsstelle zu vergrößern, beispielsweise durch Bypass-Verfahren.

Die Verdünnung ist derzeit als die übliche Maßnahme zur Senkung der Geruchsstoffimmission anzusehen. Das Verdünnungsverhältnis gibt direkt an, um wieviel Zählheiten die relative Konzentration c_{rel} gesenkt wird. Erreicht die Verdünnung den Wert $V_{Lr}/V_{Lg} > M_0$, verschwindet die Geruchsbelastung (50 %-Wert).

Eine echte Möglichkeit der Emissionssenkung bietet die Abscheidung der Geruchsstoffe beispielsweise durch Wascher [5].

Wie groß das Verdünnungsverhältnis oder der Abscheidegrad sein muß, läßt sich aus den Meßergebnissen abschätzen, aber nicht abschließend festlegen. Die Messungen liefern nur die relative Konzentration, also die Konzentration der Geruchsstoffe als das Vielfache der Konzentration, die gerade noch wahrgenommen wird. Wie lästig aber ein Geruch einzustufen ist oder welche relative Konzentration noch als zulässig anzusehen ist, ist eine Folge subjektiver Bewertung, d.h. der Wert c_{rel} an der Lästigkeitsgrenze muß für jede geruchsspezifische Belastung bekannt sein. Solche Zuordnungen oder Bewertungen liegen aber noch nicht vor. Sie sind auch für die nahe Zukunft nicht zu erwarten.

4.3 Die Staubbelastung

Die in den untersuchten Produktionsstätten während der Ruhephase gemessenen Staubgehalte sind in **Bild 6**, die lungengängigen Anteile in **Tafel 3** dargestellt. Ein jahreszeitlicher Einfluß ist nicht zu erkennen.

Als wichtigstes Ergebnis ist festzuhalten, daß die Staubbelastung den Grenzwert (MAK-Wert) von 8 mg/m^3 als zulässige Dauerbelastung bei inertem Staub nicht überschreitet. Maßnahmen zur Staubbekämpfung sind daher für diese Bedingungen nicht erforderlich. In der Fütterungsphase liegen die Staubgehalte teilweise erheblich höher [1]. Sollte dadurch der zulässige MAK-Wert überschritten werden, empfehlen sich Staubschutzmasken.

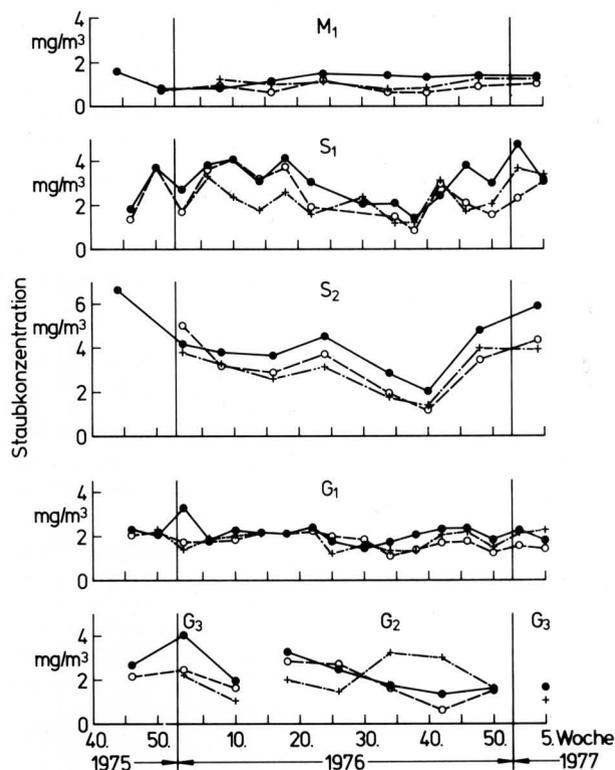


Bild 6. Staubgehalt in Anlagen der Tierproduktion.
Erklärung der Zeichen für die Parameter siehe Tafel 1.

- Gravikon
- Portikon + Andersen-Probensammler

Lfd. Nr.	Betrieb	Feinstaubanteil		Anzahl der Proben
		Bereich %	Mittelwert %	
1	M ₁	13,1–30,7	19,9	8
2	S ₁	6,5–35,3	17,0	15
3	S ₂	6,3–24,9	15,2	8
4	G ₁	2,1–17,3	7,9	14
5	G ₂	5,1–18,8	10,6	5
6	G ₃	3,3–21,6	9,6	4

Tafel 3. Lungengängiger Anteil (Feinstaub) der Stäube.

Eine Quelle für Staub ist das Futter. Des weiteren werden Teilchen von den Tieren, den raumbegrenzenden Wandungen und der Einstreu abgelöst. Der Staub einschließlich der Mikroorganismen besteht somit vorwiegend aus organischen Stoffen. Ob wegen dieser Quellen und dabei insbesondere wegen der tierspezifischen pathogenen Keime eine Staubbekämpfung erforderlich ist, hängt von Untersuchungen ab, die an anderer Stelle angelaufen sind. Diese Frage muß daher vorerst unbeantwortet bleiben.

4.4 Die Lärmbelastung

Die Lärmbelastung ist in Bild 7 dargestellt. Es zeigt sich, daß die Dauerbelastung (Dosimeter) stets unter 90 dB(A) liegt, so daß besondere schalltechnische Maßnahmen nicht erforderlich sind. Die in einigen Fällen während der Fütterungsphase auftretenden Spitzenbelastungen sind kurzfristiger Art. Sie lassen sich am einfachsten durch einen persönlichen Gehörschutz mindern.

5. Zusammenfassung

Im Rahmen der Tierproduktion sind hinsichtlich der Belastung am Arbeitsplatz und der Emission vor allem die gasförmigen Geruchsstoffe zu beachten. Diese zu bekämpfen ist eine aktuelle Aufgabe. Die entsprechenden Möglichkeiten sind in einigen Fällen für die Stall- und die Abluft im Grundsatz nicht aber im Ergebnis gleich.

Ein Mindern der Geruchsstoffentstehung senkt sowohl die Belastung der Stallluft als auch den Emissionsstrom. — Die Verdünnung verändert bei sonst gleichen Bedingungen nicht die Geruchsstoffmengen, sondern nur die Geruchsstoffkonzentration. Wegen der einzuhaltenden Behaglichkeit ist die Verdünnung der Stallluft nur in Grenzen möglich. Für die Abluft gilt eine solche Beschränkung nicht. — Eine Geruchsstoffabscheidung durch Wascher ist wegen der Luftbefeuchtung meist nur für die Abluft möglich.

Durch die Staubbelastung tritt eine gesundheitliche Gefährdung nach dem derzeitigen Stand des Wissens nicht auf. Die Lärmbelastung läßt sich, soweit dies erforderlich ist, durch persönlichen Gehörschutz herabsetzen.

Eine signifikante Änderung der genannten Belastungen am Arbeitsplatz im Ablauf eines Jahres ist in den untersuchten Betrieben nicht oder nur im Ansatz zu erkennen. Eine Abschätzung der Geruchsstoffemission dagegen zeigt, daß diese z.B. in den Sommermonaten bedeutend höher liegt als im Winter.

Hinsichtlich der Größe der Produktionsstätten ist anzunehmen, daß damit nicht zwangsläufig die Belastungen am Arbeitsplatz ansteigen. Anders liegen die Verhältnisse bei der Geruchsstoffemission, so daß sich die weiteren Messungen vor allem mit diesem Problem befassen.

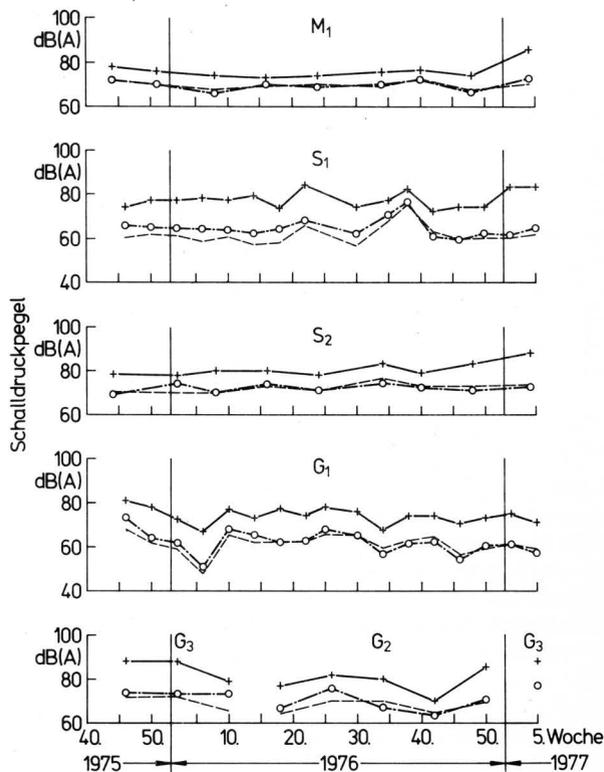


Bild 7. Lärmbelastung bei der Tierhaltung, Erklärung der Parameter siehe Tafel 1.

+—+ Anzeigedynamik Impuls hold
 ○—○ Anzeigedynamik slow
 --- Lärmdosimeter

Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] Batel, W.: Messungen zur Staub-, Lärm- und Geruchsbelastung an Arbeitsplätzen in der landwirtschaftlichen Produktion und Wege zur Entlastung — Erster Bericht. Grundl. Landtechnik Bd. 25 (1975) Nr. 5, S. 135/57.
- [2] Schoedder, F.: Messen von Geruchsstoffkonzentrationen, Erfassen von Geruch. Grundl. Landtechnik Bd. 27 (1977) Nr. 3, S. 73/82.
- [3] Batel, W.: Methoden und Geräte zum Bestimmen des Staubgehalts. Grundl. Landtechnik Bd. 26 (1976) Nr. 5, S. 178/87.
- [4] Sammelbericht "Umweltschutz in Land- und Forstwirtschaft" 3. Teil-Tierische Produktion. Berichte über Landwirtschaft Bd. 50 (1972) H. 3, Hamburg und Berlin: Verlag P. Parey 1972.
- [5] Wächter, G. u. J. Janssen: Behandeln von Abluft aus Tierhaltungsbetrieben zur Senkung von Geruchsstoffemissionen. Grundl. Landtechnik Bd. 27 (1977) Nr. 3, S. 88/97.
- [6] Geruchsprobleme bei Tierhaltung und Tierkörperbeseitigung. Vorträge des VDI/KTBL-Gesprächs vom 3./4. Sept. 1974. VDI-Bericht 226, Düsseldorf: VDI-Verlag 1975.
- [7] ●Cheremisinoff, P.N. u. R.A. Young: Industrial odor technology assessment. Ann Arbor: Ann Arbor Science Publ. Inc. 1975.

Weiteres Schrifttum zum Thema Messen und Bekämpfen von Geruchsstoffen ist bei den unter [2] und [5] zitierten Beiträgen dieses Heftes zu finden.