

Separatdruck aus FAT-Mitteilungen Nr. 12/1978
in Schweizer Landtechnik Nr. 12/1978
Herausgegeben von der Eidg. Forschungsanstalt für
Betriebswirtschaft und Landtechnik CH 8355 Tänikon

Schadgase in der Stallluft

A. Stuber

1. Einleitung

Für die Erhaltung von Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Tiere sind optimale Umweltbedingungen eine unabdingbare Voraussetzung. Nebst der Fütterung ist das Stallklima der wichtigste Umweltfaktor für die Nutztiere. Der betreffende Einfluss auf das Gesamt-Produktionsergebnis kann 15% und mehr betragen. Im geschlossenen Stall, der in sämtlichen Bereichen tierischer Veredlung überwiegt, sind bezüglich Behaglichkeit der Tiere fünf Elemente zu beachten: Raumlufttemperatur, innere Oberflächentemperatur von Wänden und Decke, relative Luftfeuchtigkeit, Luftbewegung (Strömungsverhältnisse) und die Zusammensetzung der Stallluft.

In geschlossenen Ställen wird die zugeführte Frischluft durch den Aufenthalt der Tiere (Atmung, Misten und Harnen) sowie durch Futtermittel und Einstreu in starkem Masse belastet.

2. Wasserdampf

Die Produktion an Wasserdampf erreicht je nach Stalllufttemperatur und Fütterungsart pro kg Lebendgewicht der Tiere 0,5 bis 1,5 g/h. Daraus resultiert die zum Teil recht hohe Luftfeuchtigkeit, welche die Tiere und das Gebäude schädigt. Zu hohe Luftfeuchtigkeit verstärkt bei niederen Lufttemperaturen den sogenannten Kälteeffekt, begünstigt das Auftreten unerwünschter Mikroorganismen und vermindert den Wärmedämmwert von Bauteilen. Andererseits führt eine zu trockene Luft in Verbindung mit Staub und Ammoniakgasen zur Reizung der Atemschleimhäute und damit zu einer Anfälligkeit für Infektionen. Die Regulierung des Wasserdampfgehaltes der Stallluft erfolgt bei ausgeglichenem Wärmehaushalt mittels Stalllüftungsanlagen.

3. Schadgase

Es steht ausser Zweifel, dass ein dauernder Aufenthalt in schlechter Stallluft zu gesundheitlichen Schädigungen führt.

Tab. 1: Uebersicht über die in Ställen vorkommenden Schadgase

Schadgase	Dichte	Geruchsschwelle		rasch tödliche Wirkung		M A K		M T K	
	kg/m ³	g/m ³	ppm	g/m ³	ppm	g/m ³	ppm	g/m ³	ppm
Schwefelwasserstoff H ₂ S	1,4	0,001	0,7	1,2–2,0	800 bis 1500	0,03	20	0,01	7
Kohlenmonoxyd CO	1,2	geruchlos		4–6	3000 bis 5000	0,055	50	noch keine Angaben	
Ammoniak NH ₃	0,7	0,035	50	3,5–7,0	5000 bis 10 000	0,035	50	0,02	30
Kohlendioxyd CO ₂	1,8	geruchlos		360–550	200 000 bis 300 000	9,0	5000	6,0	3500

den und zur Leistungsminderung führen muss. Zu den Schadgasen zählen wir in der Reihenfolge ihre Giftigkeit Schwefelwasserstoff (H_2S), Kohlenmonoxyd (CO), Ammoniak (NH_3) und Kohlendioxyd (CO_2). Mit Ausnahme von Schwefelwasserstoff werden von diesen Schadgasen äusserst selten toxische Konzentrationen erreicht. Die insbesondere in der Uebersicht in Tabelle 1 aufgeführten Konzentrationen werden in ppm (part per million) oder ein Millionstel sowie bei grösseren Anteilen in Volumenprozent (10 000 ppm) angegeben.

In der Humanhygiene spricht man von der sogenannten MAK, der Maximalen Arbeitskonzentration eines Gases, und versteht darunter jene Schadgaskonzentration, die ein Mensch auf einem Arbeitsplatz ohne Schaden zu nehmen tolerieren kann. In der Tierhygiene nennt man das die MTK und meint damit die maximale Tierplatzkonzentration. Man darf jedoch die MTK-Werte nicht, wie dies verschiedentlich gemacht wird, den MAK-Werten gleichsetzen. Das Stalltier ist nicht 8 Stunden wie der Mensch, sondern 24 Stunden an seinen Arbeitsplatz gebunden. Auch ist es nicht nur dem Einfluss eines einzigen Schadgases, sondern der sich potenzierenden Wirkung verschiedener Gase und Klimafaktoren gleichzeitig ausge-

setzt. Hinsichtlich der Förderung der tierischen Leistung scheint es daher notwendig zu sein, die angegebenen Werte entsprechend zu reduzieren.

3.1 Schwefelwasserstoff H_2S

Die meisten Ursachen tödlich verlaufener Gasvergiftungen in Tierbeständen konnten wir auf das Auftreten von Schwefelwasserstoff zurückführen. Schwefelwasserstoff entsteht beim Zersetzen von Kot und Harn in geschlossenen Güllegruben und entweicht beim Umrühren des Grubeninhaltes. Fehlen in der geschlossenen Grube ausreichend Entlüftungsöffnungen, so sammelt sich der Schwefelwasserstoff gemäss Abb. 1 im Grubenraum und den Mistkanälen. Werden kurze Zeit nach der Gülleentnahme die Schwemmkanäle entleert, so drückt die einflussende Gülle das Gas in den Stallraum. Schwefelwasserstoff ist physikalisch schwerer als Stallluft und breitet sich mehr oder weniger als kompakte Gaswolke im Bodenbereich des Stalles aus (Abb. 2). Deshalb wurden beim Auftreten solcher Gasvergiftungen nur Tiere, die in den Bereich der Gaswolke kamen, tödlich getroffen.

Mit baulichen Massnahmen allein, beispielsweise durch Anbringen von ausreichend Entlüftungsöffnun-

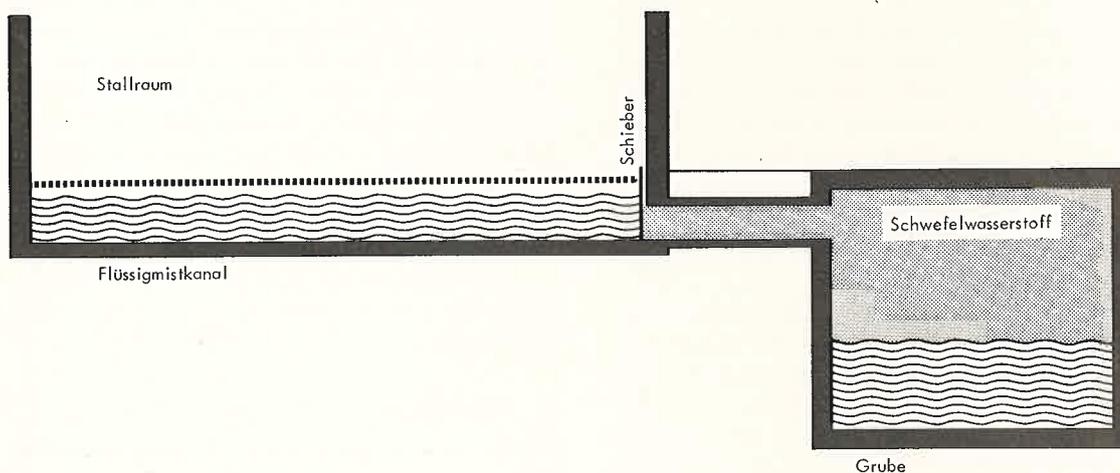


Abb. 1: Freigesetzter Schwefelwasserstoff (H_2S) nach Umrühren und Entnahme des Grubeninhaltes.

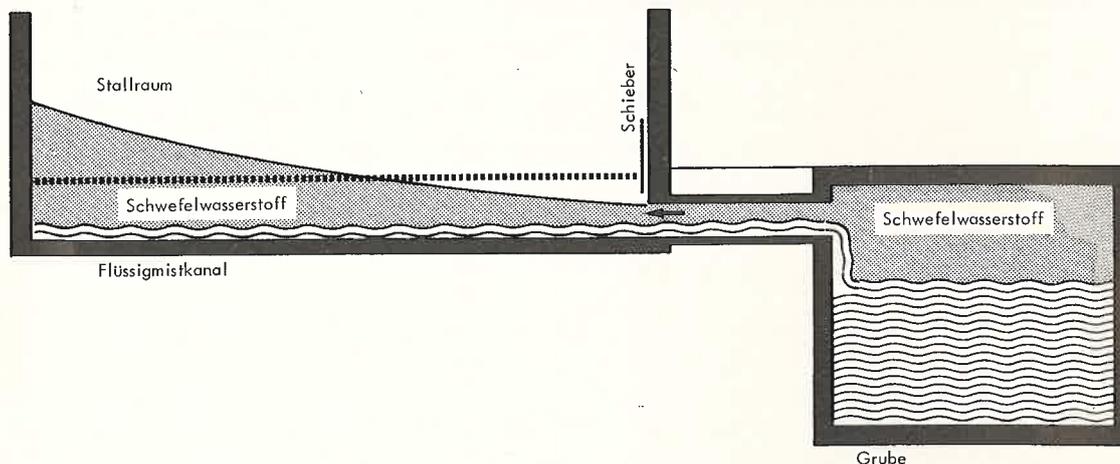


Abb. 2: Ausweichen der Gaswolke in den Stallraum nach dem Entleeren der Schwemmkanäle.

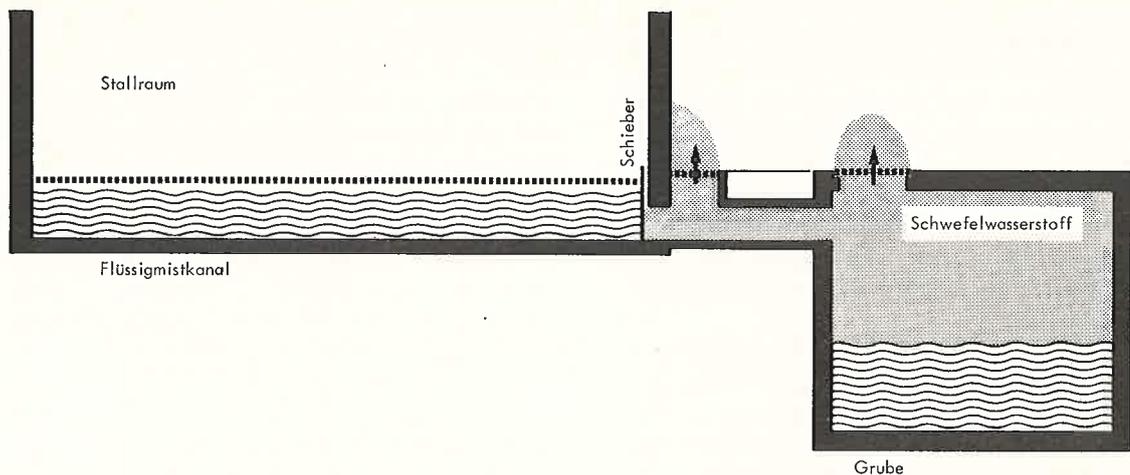


Abb. 3: Entlüftungsöffnungen in Grube und Zuleitung verhindern Schadgasstau in den Flüssigmistkanälen.

gen oder durch Siphonierung der Gülleeinläufe (Abb. 3), lässt sich die Gefahr einer Schwefelwasserstoffvergiftung nicht vollständig ausschalten. Nach jedem Umrühren ist bis zur Entleerung der Schwemmkanäle eine Wartezeit von 24 Stunden einzuhalten.

3.2 Ammoniak NH_3

Über das Auftreten von Kohlenmonoxyd (CO) in Stallräumen liegen bis jetzt keine eindeutigen Resultate vor. Hingegen stellt man bei intensiver Tierhaltung mit Flüssigmistverfahren sehr häufig das Auftreten von Ammoniak (NH_3) fest. Ammoniak entstammt wie Schwefelwasserstoff der bakteriellen Umsetzung in der Gülle, die mit steigenden Stalltemperaturen intensiviert wird. Eine toxische Konzentration wird unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht erreicht. Ammoniak wirkt auf die Atemschleimhäute und die Lidbindehäute reizend. Weil das Gas gut wasserlöslich ist, wird bei der Einatmung der grösste Teil Schleim der Atemwege gelöst. In die Lunge selbst

gelangen höchstens kleinste Mengen. Durch hohen Staubgehalt der Stallluft wird die Ammoniakwirkung verstärkt, da offenbar die Staubteilchen Ammoniak absorbieren und in die Bronchien transportieren. Obwohl Ammoniak physikalisch leichter als Luft ist, trifft man dieses Gas über dem Flüssigmist in höchster Konzentration an. Wie Abb. 4 zeigt, sind die Gasprofile horizontal geschichtet. Die hohe Konzentration von 4 ppm neben dem Schwemmkanal stammte, wie wir bei einer Nachmessung feststellen mussten, aus einem undichten Ablauf in die Güllegrube.

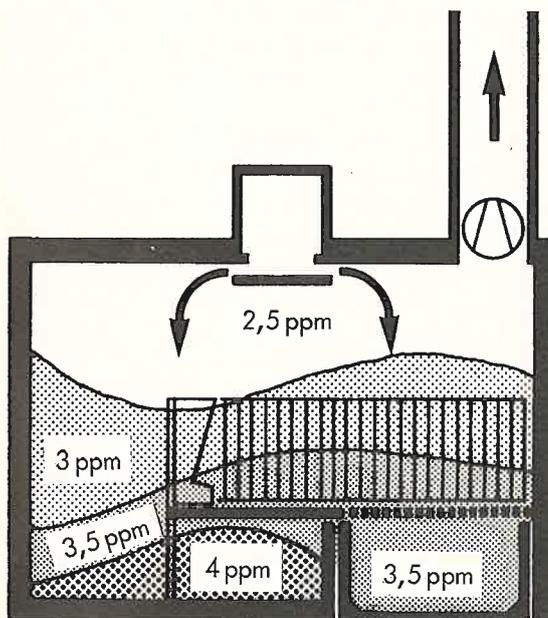


Abb. 4: Gasprofile für Ammoniak (NH_3) in einem Ferrelstall mit Flatdecks, Stalllufttemperatur 20°C .

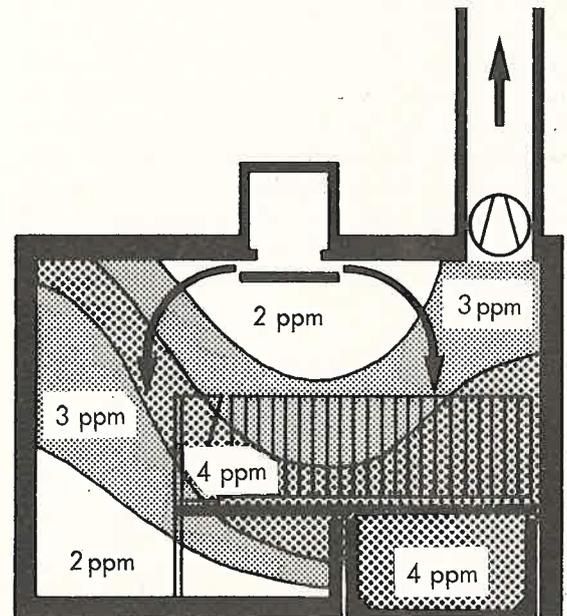


Abb. 5: Verlagerung der Ammoniakgehalte infolge grösserer Lüftrate, d. h. durch Erhöhung der Zuluftgeschwindigkeit.

Immer wieder wird versucht, die Schadgase, vor allem Ammoniak, durch entsprechende Anordnung der Abluftanlage der Stalllüftung, unmittelbar über oder unter dem Stallboden abzusaugen. Dieses an sich einleuchtende System funktioniert in den seltensten Fällen. Einerseits ist der Wirkungsgrad auf der Saugseite eines Lüfters sehr klein und nach wenigen

Dezimetern bereits erschöpft. Andererseits verunmöglichlicht diese Abluftanlage die vollständige Abfuhr des Wasserdampfes, weil gegen die physikalischen Gesetzmässigkeiten des Lüftungssystems verstossen wird. Eine erfolgreiche Möglichkeit zur Verringerung der Gaskonzentration liegt in der Erhöhung der Zuflutgeschwindigkeit und damit Verlängerung des Zuflutstromes. Die damit zusätzlich eingebrachte Energie verlagert jedoch nur die ursprüngliche Schichtung der Profile, ohne die Konzentration wesentlich zu verringern (Abb. 5).

Sowohl Schwefelwasserstoff als auch Ammoniak fallen unter den sogenannten Begriff «Gülle-gase». Um schädliche Konzentrationen vermeiden zu können, ist das Uebel an der Wurzel zu fassen und das Entmistungssystem zu korrigieren. Insbesondere sollen Kot und Harn so rasch als möglich aus dem Stall gebracht oder zumindest deren bakterielle Umsetzungsprozess (Gärung) verhindert werden. Eine Verringerung der Schadgaskonzentrationen mittels Umstellung der Stalllüftung herbeiführen zu wollen, betrachten wir als untaugliches Mittel einer Symptombekämpfung.

3.3 Kohlendioxyd CO₂

Ganz anders verhält es sich mit dem Kohlendioxyd. Der Kohlendioxydgehalt bedeutet ein guter Massstab für die Qualität der Stallluft. Bei den Klimauntersuchungen in Ställen konzentrierten wir deshalb unsere Messungen auf den Kohlendioxydgehalt und fanden dabei die Aussagen anderer Wissenschaftler bestätigt, wonach bei hoher Lufttemperatur und hohem Staubgehalt auch die Kohlendioxydkonzentration hoch lag. Zwischen Ammoniak- und Kohlendioxydgehalt der Stallluft dagegen zeigte sich keine Abhängigkeit. Ebenso bestätigen unsere Messungen die Tatsache, dass in Praxisbetrieben das an sich schwerere Kohlendioxyd an der Decke in höchster Konzentration anzutreffen ist (Abb. 6). Dazu zwei Gründe:

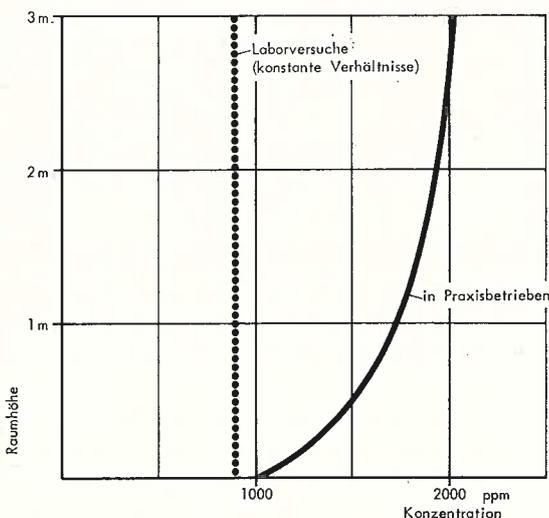


Abb. 6: CO₂-Gehalt der Stallluft in verschiedenen Raumhöhen (schwedische Untersuchungen aus dem Jahre 1967).

Als ausgesprochenes Atmungsgas gelangt Kohlendioxyd mit wesentlich höherer Temperatur und stossweise in die Stallluft. Zudem kommen die erwähnten Schadgase in reiner Form in der Praxis selten vor. Man darf demgemäss dem spezifischen Gewicht oder der Dichte der Gase gegenüber der Luft keinerlei Bedeutung beimessen, weil für deren Verteilung im Stallraum noch andere Faktoren verantwortlich sind. Im Gegensatz zu den anderen Schadgasen obliegt die Regulierung des Kohlendioxydgehaltes der Stallluft wie beim Wasserdampf der Lüftungsanlage. So wie allgemein der Wasserdampfmasstab zur Bestimmung der erforderlichen Luftrate dient, hat im Winter eine ausreichende Luftzufuhr für einen Kohlendioxydgehalt der Stallluft von maximal 0,35 Volumenprozent (3500 ppm) zu sorgen.

4. Staubgehalt der Stallluft

Die Betrachtung über Schadgase wäre unvollständig, wenn ein weiterer, unerwünschter Faktor des Stallklimas, der Staub, unberücksichtigt bliebe. Staubablagerung wirkt störend auf technische Einrichtungen des Stalles (Lüftung, Heizung, automatische Fütterung, Beleuchtung) und beeinträchtigt die Gesundheit der Tiere durch Reizung der Atemschleimhäute. Besonders die kleinen Staubpartikel (unter 0,005 mm Durchmesser) gelangen bis in die Lungenbläschen. Staub beeinflusst im Zusammenwirken mit Ammoniak das Auftreten und den Verlauf von Lungenentzündungen (enzootische Pneumonie).

Staub wirkt nicht nur reizend auf die Schleimhäute der Atmungsorgane, sondern übt auch ein Trägerfunktion für Gerüche sowie Mikroorganismen und damit auch für Krankheitserreger aus. Bei höherem Staubgehalt der Luft steigt auch der Keimgehalt, was zusammen mit organischen Staubpartikel bei Mensch und Tier Allergien verursachen kann. Die Staubbildung erfolgt durch Einstreu, durch das Futter, besonders bei Futtermehl, und schliesslich durch die Tiere selbst. Ueber die Tierplatzkonzentration bestehen bezüglich Staub noch keine eindeutigen Normen. Zudem dürfte ein geeignetes Verfahren bei der Kraftfutterabgabe und ein sorgfältiges Einstreuen mehr zur Verhütung schädlicher Staubentwicklung beitragen, als der Einbau technischer Feinheiten, die in der Regel einer zeitraubenden Wartung bedürfen.

Nachdruck der ungekürzten Beiträge unter Quellenangabe gestattet.

Die «Blätter für Landtechnik» erscheinen monatlich und können auch in französischer Sprache unter dem Titel «Documentation de technique agricole» im Abonnement bei der FAT bestellt werden. Jahresabonnement Fr. 27.—, Einzahlung an die Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, 8355 Tänikon, Postcheckkonto 30-520. In beschränkter Anzahl können ferner Vervielfältigungen in italienischer Sprache abgegeben werden.