



Flüssigmistsysteme: Funktion und Schadgasentwicklung

Dusan Nosal, Thomas Steiner

In neuerer Zeit sind bei Um- und Neubauten von Milchvieh-, Rindviehmast- und Schweinemastställen vorwiegend Flüssigmistsysteme eingesetzt worden. In der Praxis treten bei diesen Systemen aber häufig Funktionsstörungen auf, die entweder auf bauliche Fehler oder auf falsche Handhabung zurückzuführen sind. Zudem kommt es in solchen Ställen immer wieder zu Schadgasunfällen, teilweise sogar mit tödlichem Ausgang.

Für Landwirte, Berater und Architekten sind deshalb folgende Fragen wichtig:

- Wie hoch sind die Schadgaskonzentrationen, die bei den verschiedenen Flüssigmistsystemen auftreten können?
- Unter welchen Voraussetzungen ist die Funktionssicherheit in den verschiedenen Flüssigmistsystemen gewährleistet?
- Welche Flüssigmistsysteme eignen sich am besten für die verschiedenen Tierarten?

In 96 verschiedenen Betrieben wurden die sieben meist verbreiteten bzw. von der Funktion her interessantesten **Flüssigmistsysteme** auf Funktionstüchtigkeit und Schadgasbildung untersucht:

- Treibentmistung
- Umspülmistung
- Stau-Spülmistung
- Schwemmentmistung
- Güllekeller
- Zirkulationssystem
- Roxidationsstall

Schadgase

Beim Flüssigmist kommt es während der Lagerung zu biologischen Abbauvorgängen der organischen Substanz. Dieser Abbau erfolgt überwiegend unter anaeroben Bedingungen. Die Ausbreitung der dabei entstehenden Gase wird durch die vorhandene Schwimmschicht verhindert. Erst durch die Bewegung des Flüssigmistes (zum

Beispiel beim Rühren, Umspülen usw.) werden unter anderem Kohlendioxid (CO_2), Ammoniak (NH_3) und Schwefelwasserstoff (H_2S) freigesetzt.

Die Schadgasmessungen haben folgende Resultate ergeben:

- Die Kohlendioxid- und die Ammoniakkonzentration der Stallluft erhöht sich während des Bewegens der Gülle kaum.
- Die Kohlendioxid- und die Ammoniakkonzentration der Stallluft steigt nie in lebensgefährliche Bereiche an.
- Bei ruhender Gülle mit einer unzerstörten Schwimmdecke konnte in der Stallluft nie Schwefelwasserstoff nachgewiesen werden.
- Hingegen kann sich die Schwefelwasserstoffkonzentration der Stallluft während des Aufrührens der Gülle sehr stark erhöhen.

Die Wirkung von Schwefelwasserstoff auf Menschen und Tiere ist aus der Tab. 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Wirkung von Schwefelwasserstoff in verschiedenen Konzentrationen.
(Diekmann, 1983)

ppm-Gehalt	Symptome der Schadgaseinwirkung
50-100	Starke Reizung der Augen und Atemwege nach einer Stunde
200	Geruchssinn gelähmt, H ₂ S nicht wahrnehmbar
500-700	Schwindelgefühl, Übelkeit, Bewusstlosigkeit nach zirka 30 Minuten
um 700	Bewusstlosigkeit
über 700	Unmittelbare Lebensgefahr

Wie die Abb. 1 und 2 zum Ausdruck bringen, sind in einigen Betrieben sehr kritische Werte von Schwefelwasserstoff gemessen worden.

Die Messergebnisse wurden aufgeteilt in solche, die auf fal-

sche Handhabung oder bauliche Fehler zurückzuführen sind (Säulen mit Punktraster), also nicht systembedingte Werte, und in solche, die dem System zuzuschreiben sind – systembedingte Werte (schraffierte Säulen).

Es wurden zwei Grenzlinien gezogen; die erste beim Wert von 150 ppm H₂S. Kurzfristig auftretende Schwefelwasserstoffkonzentrationen, die unter 150 ppm liegen, können als zumutbar bezeichnet werden. Die zweite Linie ist bei 500 ppm. Über diesem Wert liegende Konzentrationen sind hingegen lebensgefährlich.

Die hohen, nicht systembedingten Schwefelwasserstoffkonzentrationen sind durch folgende Bedienungs- oder Konstruktionsfehler verursacht worden:

- Ungenügende Syphonierung zwischen Güllegrube und Stall.
- Über der gestauten Gülle liegender Gülleeinlauf.
- Güllegrube ohne Entlüftungslinien).

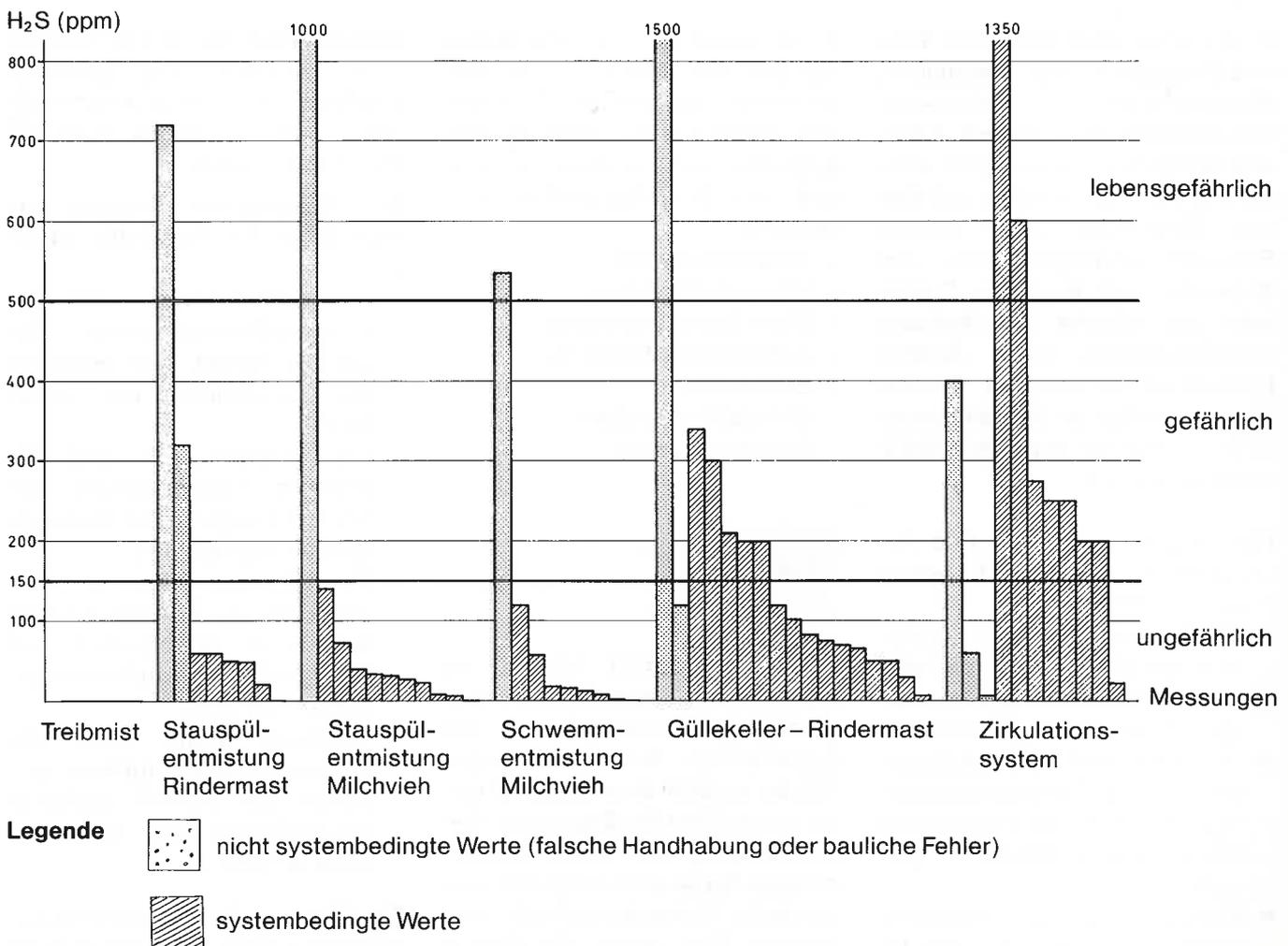


Abb. 1: Maximale Schwefelwasserstoff-Werte jeder Messung bei Rindviehmast- und Milchviehbetrieben.

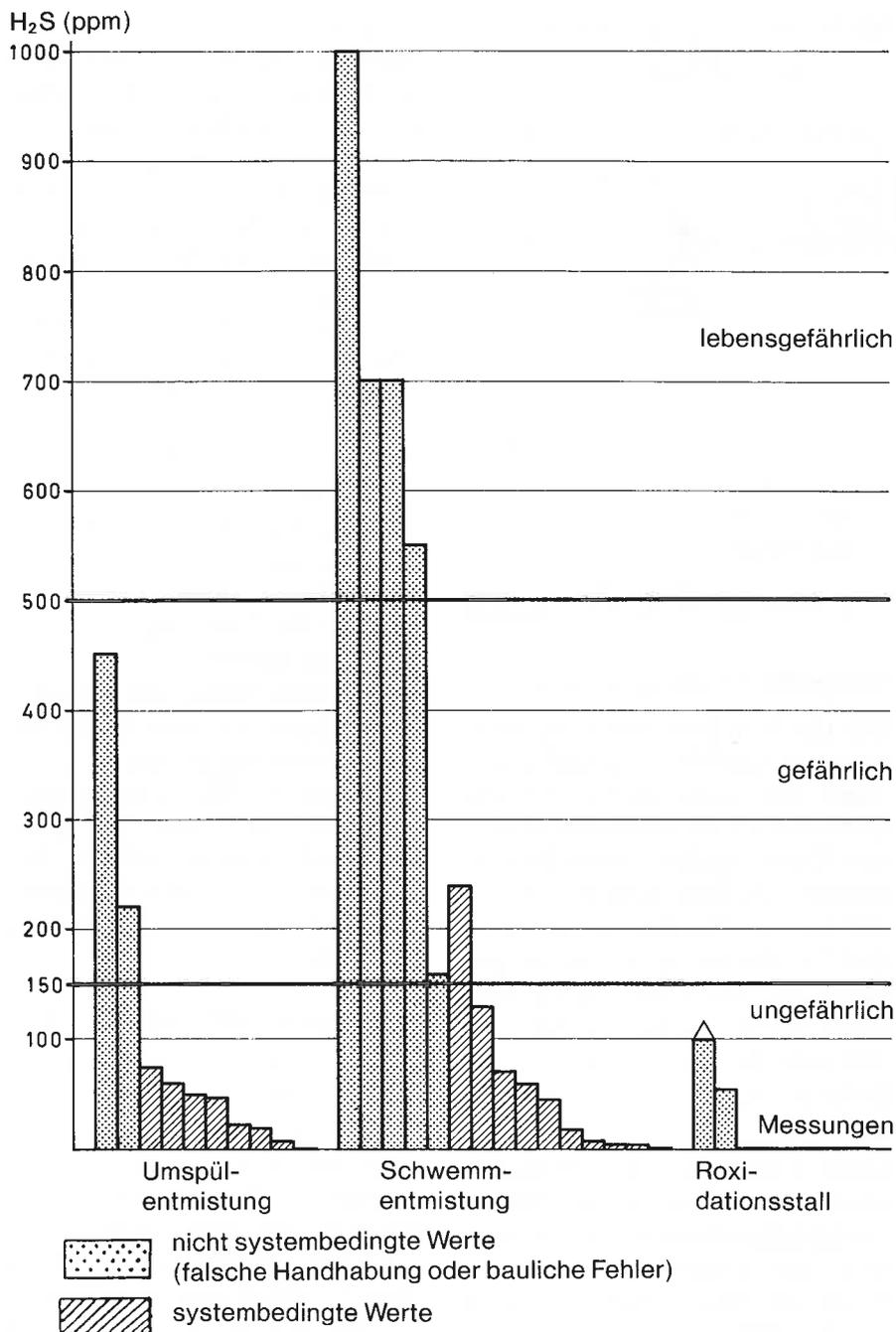


Abb. 2: Maximale Schwefelwasserstoff-Werte jeder Messung bei Schweinemastbetrieben.

öffnungen, um Schadgase entweichen zu lassen.

- Rühren in der Güllegrube vor der Kanalentleerung bzw. dem Umspülen.
- Lufteintrag in die Gülle beim Rühren mit Vakuumfass.
- Falsche Anwendung der Güllebelüftung.
- Falsche Bedienung bzw. Installation von Lüftungsventilatoren.

Flüssigmistsysteme

Treibentmischung (Abb. 3)

Im Treibkanal fließt der anfallende Flüssigmist kontinuierlich in den tiefer liegenden Querkanal in die Vorgrube oder direkt in die Güllegrube. Durch die Stauanase am Kanalende wird das

Abfließen der wässrigen Gülleanteile verhindert und auf der Kanalsohle eine Flüssigkeitsschicht gebildet. Auf dieser können die festen Güllebestandteile in den Querkanal gleiten.

Die Staunase kann entweder ein keilförmiges oder ein rechteckiges Profil haben. Die Böschungsteigung ist definiert als durchschnittliche Steigung von der Staunasspitze bis zum Kanalbeginn.

Treibmistsysteme eignen sich sehr gut für die Entmischung sowohl von Milchviehlauf- als auch Milchviehanbindeställen. In Rindviehmast- und Jungviehställen hingegen können wegen der höheren Güllekonsistenz Funktionsprobleme auftreten. Ställe mit Strohliegebett oder Langstroh in Boxen weisen oft Funktionsstörungen auf.

Schwefelwasserstoff kann sich im Stall normalerweise nicht freisetzen. Werden beim Bau von Treibmistsystemen folgende Grundsätze beachtet, so können die Freisetzungen von Schwefelwasserstoff im Stall verhindert und die Funktionssicherheit erhöht werden:

- Zwischen den Treibmistkanälen und der Güllegrube muss eine Siphonierung vorhanden sein, damit keine Schadgase von der Güllegrube in den Stall entweichen können.
- Die Kanäle sollen nicht im Kopfbereich der Tiere in die Güllegrube münden.
- Die Kanallänge soll nicht mehr als 25 m betragen. Längere Kanäle sollen durch einen Querkanal halbiert werden.
- Die Kanäle sollen nicht breiter als 1,60 m sein, um ein Absetzen von festen Güllebestandteilen zu verhindern.
- Die Kanalsohle muss horizontal sein.
- Der Kanalquerschnitt muss rechteckig oder trapezförmig sein.

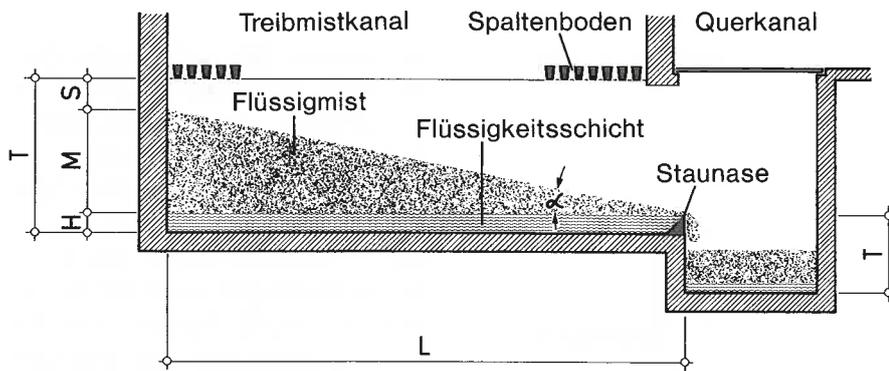


Abb. 3: Treibmistsystem.

- Die Staunashöhe soll 15 cm betragen.
- Balkenartige Staunasen sollen eine Breite von 5 bis 6 cm, keilförmige eine Basisbreite von 15 cm aufweisen.
- Die Kanäle dürfen keine Verengungen haben, um Stauungen zu verhindern.
- Der Treibmistkanal ist als Funktionsraum zu betrachten und soll deshalb nicht als Lagerraum benützt werden.
- Alle Buchten sollen gleichmässig mit Tieren belegt werden, damit der Flüssigmist nicht austrocknet.
- In allen Kanälen ist die Installation von Spülstutzen zu empfehlen.
- Die Kanaltiefe wird wie folgt berechnet:

$$T = L \times \alpha + H + S$$

T... Kanaltiefe (m) (bis UK Spaltenboden)

L... Kanallänge (m)

H... Höhe der Staunase (m)

α ... Böschungssteigung (4-5%)

S... Sicherheitszuschlag (ca. 0,1 m)

Zum Beispiel: L=10 m

$\alpha = 4\%$

$$T = 10 \times 0,04 + 0,15 + 0,10 = 0,65 \text{ m}$$

Umspülmistung (Abb. 4)

Bei der Umspülmistung werden die Güllekanäle nicht gestaut. Die Gülle kann somit ungehindert in die Vorgrube ablaufen. Damit sich auf dem Kanalboden kein Mist ablagern kann, werden die Kanäle täglich einmal bis mehrmals mit Gülle gespült. Da vor allem Schweinegülle starke Sinkschichten bildet, wird dieses System nur zur Entmistung von Schweinegülle gebaut.

Dank regelmässigem Umspülen kann die Ablagerung von festen Güllebestandteilen verhindert und die Lagerungsdauer der Gülle im Stall stark verkürzt werden. Die unsachgemässe Installation der Umspüleleitungen kann aber eine grosse Schad-

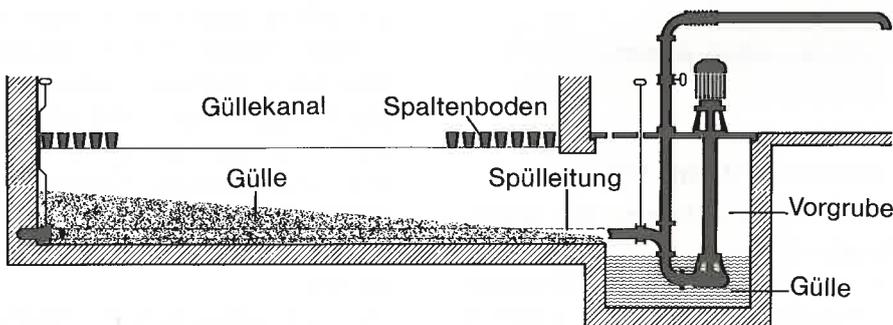


Abb. 4: Umspülmistung.

gasgefahr im Stall hervorrufen. Deshalb müssen beim Einbau der Leitungen folgende Punkte unbedingt beachtet werden:

- Die Umspüleleitung muss direkt über dem Kanal münden, um zu starke Turbulenzen während des Umspürens zu verhindern.
- Die Gülle muss möglichst ruhig in den Kanal einlaufen, das heisst sie darf die im Kanal liegende Gülle nicht wegspritzen, sondern wegschwemmen.
- Die Umspülpumpe darf keine Luft ansaugen.
- Während des Umspürens muss der Stall möglichst gut gelüftet werden.
- Zwischen Kanal und der Güllegrube muss eine Siphonierung vorhanden sein.
- Die Kanäle dürfen nicht breiter als 1,20 m sein und keine Umlenkungen aufweisen, damit auf der ganzen Kanalbreite eine genügende Spülwirkung erreicht wird.

Stau-Spülmistung (Abb. 5)

Unter dem Begriff Stau-Spülmistung sind zwei verschiedene Entmistung- und Lagerungssysteme zusammengefasst. In Rindviehmastbetrieben befindet sich meistens die gesamte Güllelagerung unter dem Spaltenboden. Die Kanäle sind deshalb bis zwei Meter tief und werden mit Staubrettern gestaut. Die Vorgrube dient dabei nur zur Homogenisierung der Gülle. In Milchviehlaufställen hingegen ist neben den Entmistungskanälen meistens noch eine zusätzliche Grube für die Güllelagerung vorhanden. Die nur 60-80 cm tiefen Kanäle werden mit Schiebern gestaut. Die Kanalentleerung erfolgt entweder in einen Querkanal oder direkt in die Güllegrube. Beiden Entmistungssystemen gemeinsam ist aber eine Um-

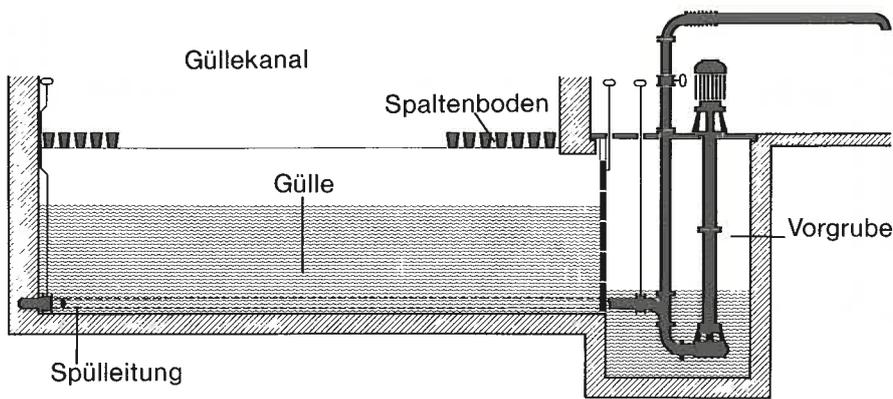


Abb. 5: Stau-Spülentmischung.

spüleleitung. Durch diese kann dünne Gülle aus der Vogrube oder aus der Güllegrube in den Kanal zurückgepumpt werden. Das langsame Auffüllen und schnelle Entleeren der Kanäle haben zum Ziel, die Schwimmdecke in die Vogrube oder Güllegrube zu treiben, um sie dort zu zerstören (Abb. 5).

Die Stau-Spülentmischung ist sowohl ein Entmistungssystem als auch ein Güllelagerungssystem für Milchviehlauf- und Rindviehmastställe. Die Schadgasgefahr ist gering, weil die Gülle ausserhalb des Stalles in der Vogrube oder in der Güllegrube homogenisiert wird. Ein problem- und gefahrloses Entleeren der Kanäle ist möglich, wenn beim Bau und bei der Bedienung folgende Regeln eingehalten werden:

- Systeme ohne zusätzliche Güllegrube und entsprechend tieferen Kanälen sollen mit Brettern gestaut werden.
- Systeme mit zusätzlicher Güllegrube und entsprechend weniger tiefen Kanälen können mit Brettern oder mit Schiebern gestaut werden.
- Die Umspüleleitung muss direkt über dem Kanalboden in den Kanal münden, damit die Gülle möglichst ruhig in den Kanal einlaufen kann.

- Der Gülleeinlauf muss mindestens 10 bis 15 cm unter der Gülleoberfläche liegen, um zu starke Turbulenzen während des Umspülens zu verhindern.
- Die Gülle muss möglichst ruhig in den Kanal einlaufen.
- Die Vogrube bzw. die Güllegrube muss während der Kanalentleerung möglichst geöffnet sein.
- Die Umspülpumpe darf keine Luft ansaugen.
- Während des Umspülens muss der Stall möglichst gut gelüftet werden.
- Bei drückender Wetterlage darf nicht gespült werden.
- Die Kanäle sollen nicht breiter als 1,60 m breit sein.
- Verengungen in den Kanälen sollen vermieden werden.
- Die Breite der Stauung soll der Kanalbreite entsprechen.

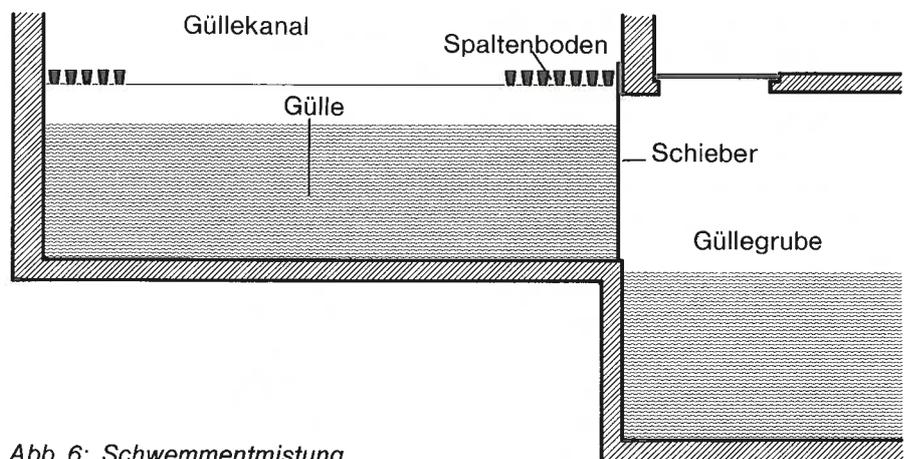


Abb. 6: Schwemmentmischung.

Schwemmentmischung (Abb. 6)

Die Schwemmentmischung ist das meist verbreitete Entmistungssystem in Milchviehbindeställen und in älteren Schweineställen. Die Kanäle liegen unter Gitterrosten oder unter Spaltenböden und werden durch Schieber gestaut. In Milchviehbindeställen bestehen die Kanäle meist aus Fertigelementen von 70 bis 80 cm Breite, 45 bis 75 cm Tiefe und V-, U- oder trapezförmigem Querschnitt. In Schweineställen werden vorwiegend Kanäle mit rechteckigem Querschnitt und je nach Stall unterschiedlichen Abmessungen gebaut. Durch Öffnen des Schiebers sollen die Kanäle sich selbständig entleeren. Eine Umspüleleitung ist normalerweise nicht vorgesehen, so dass bei Bedarf mit einem Wasserschlauch gespült werden muss.

Die Funktionssicherheit in Milchviehställen ist von der Form des Kanalquerschnittes, der Schieberbreite und der Kanallänge abhängig. In Schweineställen hingegen funktioniert diese Entmistungsart allgemein weniger gut, weil Schweinegülle zur Bildung von Sinkschichten neigt. Beim Bau und bei der Bedienung müssen die nachfolgenden Punkte unbedingt eingehalten werden, damit wäh-

rend der Kanalentleerung kein Schwefelwasserstoff freigesetzt werden kann und die Funktionierungssicherheit optimal ist.

- In der Güllegrubendecke sollen mindestens zwei mit Gitterrosten abgedeckte Öffnungen vorhanden sein.
- Der Stauschieber soll sich nicht im Kopfbereich der Tiere befinden.
- Vor und während der Kanalentleerung darf in der Güllegrube nicht gerührt werden.
- Der Stauschieber soll nur möglichst kurze Zeit geöffnet werden.
- Die Kanäle sollen nur mit Wasser nachgespült werden.
- Der Schwemmkanal soll einen rechteckigen oder trapezförmigen Querschnitt haben.
- Der Schwemmkanal darf keine Verengung aufweisen.
- Der Stauschieber soll gleich breit sein wie der Schwemmkanal.
- Die Kanäle sollen keine Umlenkungen aufweisen.

Gülle Keller, Zirkulationssystem

Gülle Keller (Abb. 7)

Bei diesem System befindet sich die gesamte Güllelagerung direkt unter dem Spaltenboden. Der Güllekeller ist ein in seinen Abmessungen nicht genau definiertes System. In den meisten Fällen ist anstelle einer abgetrennten Vorgrube ein Teil des Güllekellers bis vor den Stall verlängert. Von dort aus kann die Gülle mit einem Mixer oder mit einer Rührmixpumpe unter dem Stall homogenisiert werden. In grösseren Güllekellern sind eine Unterteilung durch Zwischenwände sowie der Ein-

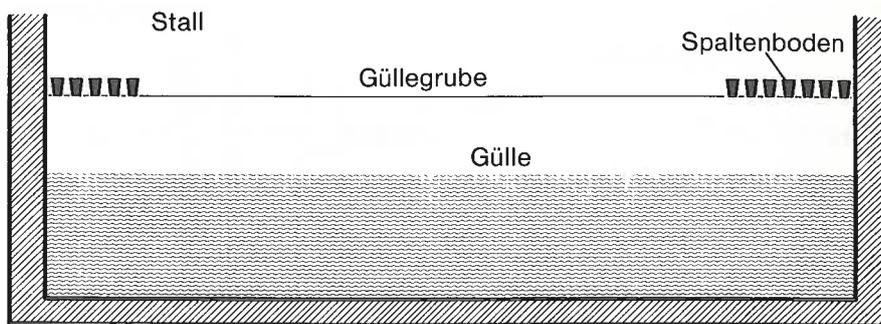


Abb. 7: Güllekeller.

satz einer Umspülleitung möglich. Dieses System ist in Rindviehmastställen vor allem im Berggebiet stark verbreitet.

Zirkulationssystem (Abb. 8)

Auch beim Zirkulationssystem befindet sich die gesamte Güllelagerung direkt unter den Spaltenböden oder den Liegeboxen. Der Lagerraum ist durch eine Längstrennwand in zwei miteinander verbundene Kanäle unterteilt. In einem der Längskanäle ist eine Querwand mit einer Öffnung über der Kanalsohle eingebaut. Beim Rühren kann ausserhalb des Stalles ein traktorgetriebenes Propellerrührwerk durch den Rührschacht in diese Öffnung eingeführt werden. Die gesamte gelagerte Gülle wird dadurch in Zirkulation gebracht und homogenisiert.

Das Zirkulationssystem wird in der Schweiz ausschliesslich in Milchviehlaufställen gebaut. Güllekeller und Zirkulationssysteme sollten wegen Gefahr von Schwefelwasserstoffvergiftungen und immer wieder auftretenden Funktionsproblemen nicht mehr gebaut werden.

In schon bestehenden Ställen mit diesen Güllelagerungssystemen ist während des Güllerührens höchste Vorsicht geboten. Insbesondere muss auf folgende Punkte geachtet werden:

- Die Gülleoberfläche muss möglichst ruhig bleiben.
- Der Güllestand muss mindestens 20 cm über der Rühr-einrichtung liegen.
- Bei Windstille bzw. drückender Wetterlage darf nicht gerührt werden.

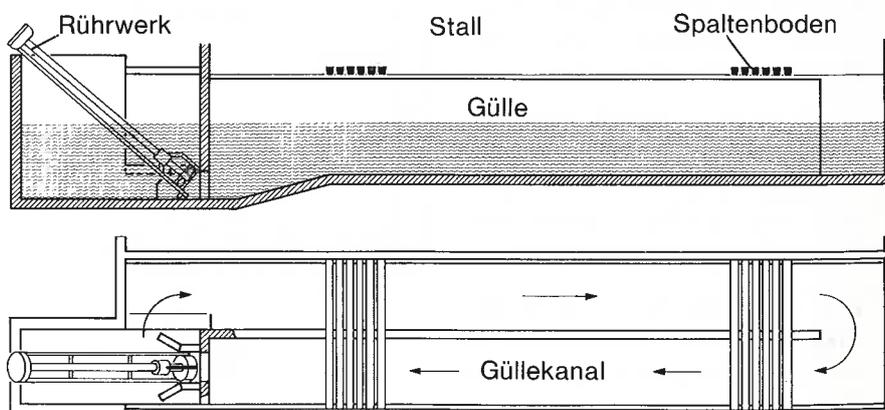


Abb. 8: Zirkulationssystem.

- Sämtliche Lüftungsmöglichkeiten müssen richtig ausgenutzt werden.
- In windstillen Ecken müssen zusätzliche Lüftungsmöglichkeiten eingebaut werden.
- Im Stall dürfen sich keine Menschen aufhalten.
- Alle Tiere müssen stehen oder aus dem Stall gebracht werden.

Roxidationsstall (Abb. 9)

Der Roxidationsstall ist ein Rundstall mit einem darunterliegenden Güllekeller. Die Gülle wird direkt mit einem Oberflächenbenützer regelmässig belüftet. Dieser Stall wird vor allem für Schweinemastbetriebe gebaut. Es handelt sich um ein patentrechtlich geschütztes Stallsystem, das in drei verschiedenen Grössen (Durchmesser: 12 m, 14 m, 16 m) angeboten wird.

Im Roxidationsstall kann bei genügend intensiver Güllebelüftung kein Schwefelwasserstoff gebildet werden. Die Reparaturanfälligkeit des Oberflächenbelüfters und die Stromkosten für die Güllebelüftung verleiten aber immer wieder zur Reduzierung oder gar zum Abschalten der Belüftung. Um Schadgasunfälle zu vermeiden, sind deshalb folgende Bedienungsregeln unbedingt einzuhalten:

- Die Belüftungszeit muss je nach Stalldurchmesser und Tierbesatz zwischen 24 und 33 Minuten pro Stunde liegen.
- Belüftungsunterbrüche müssen möglichst verhindert werden.
- Die Wiederinbetriebnahme der Güllebelüftung nach längeren Unterbrüchen darf nur dann erfolgen, wenn der Güllekeller leer ist oder wenn sich keine Tiere im Stall befinden.

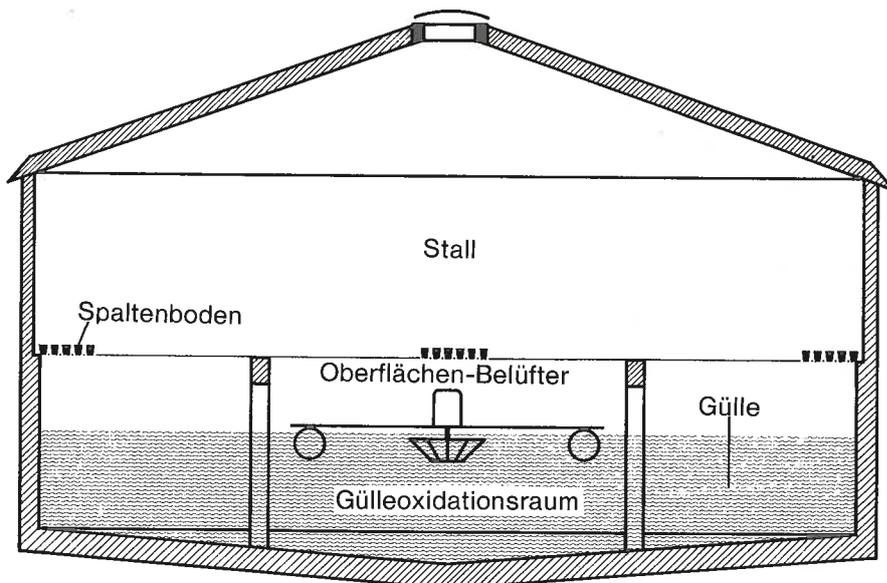


Abb. 9: Roxidationsstall.

Schluss

Während des Rührens oder Umspülens von Gülle können lebensgefährliche Mengen an Schwefelwasserstoff freigesetzt werden. Einerseits ist es das System direkt, andererseits sind es Konstruktions- bzw. Bedienungsfehler, die die hohen Konzentrationen verursachen. Um die Schadgasgefahr möglichst einzuschränken und die Funktionssicherheit zu verbessern,

müssen beim Bau und bei der Bedienung die systemspezifischen Regeln eingehalten werden.

Welche Flüssigmistsysteme für die verschiedenen Tierarten und Stallsysteme zu empfehlen sind, zeigt Tab. 2.

Dieses Projekt wurde ermöglicht durch die finanzielle Unterstützung des Eidg. Meliorationsamtes und der Beratungsstelle für Unfallverhütung in der Landwirtschaft (BUL).

Tabelle 2: Eignung der verschiedenen Flüssigmistsysteme unter Berücksichtigung von Funktion und Schadgasbildung

	Milchvieh		Rindvieh-	Schweine-
	Anbinde-	Laufstall	mast	mast
	stall		Laufstall	
Treibentmistung	++	++	+	
Umspülentmistung				++
Stau-Spülentmistung		++	++	
Schwemmentmistung	+			+
Güllekeller			-	
Zirkulationssystem		-		
Roxidationsstall				++

++ sehr gut, + gut, - ungeeignet