© www.ktbl.de - Werner Achilles

2022 | KTBL, 2. aktualisierte Auflage

# Förderfähige Techniken zur Emissionsminderung in Stallbauten

# Inhalt


1 Einleitung ... 3
2 Abluftreinigungsanlagen (Schweine- und Hühnerhaltung) ... 4
2.1 Biofilter ... 6
2.2 Rieselbettreaktor ... 7
2.3 Chemowäscher ... 8
2.4 Zwei- oder dreistufige Anlage ... 9
3 Unterflurschieber mit Kot-Harn-Trennung (Schweinehaltung) ... 11
4 Güllekanalverkleinerung durch geneigte Seitenwände (Schweinehaltung) ... 12
5 Stallböden zur Emissionsminderung (Rinderhaltung) ... 15
5.1 Perforierter Boden mit Profil, reduzierter Schlitzanteil und Dichtungsklappen ... 16
5.2 Perforierter Boden mit Profil und Dichtungsklappen ... 18
5.3 Gummiauflage mit reduziertem Schlitzanteil für perforierten Boden ... 19
5.4 Gummiauflage mit konvexer Wölbung für perforierten Boden ... 21
5.5 Planbefestigter Boden mit Gefälle und Harnsammelrinne ... 22
5.6 Planbefestigter Boden mit Profil ... 23
6 Fütterungssysteme für nährstoffreduzierte Phasenfütterung (Schweinehaltung) ... 25
7 Güllekühlung (Schweinehaltung) ... 28
Literatur ... 31
Autoren ... 32

# 1 Einleitung

Das Agrarinvestitionsförderungsprogramm (AFP) bezuschusst u. a. Maßnahmen zur Verbesserung der spezifischen Umwelt- und Klimaschutzleistungen landwirtschaftlicher Unternehmen, insbesondere zur Emissionsminderung – sogenannte SIUK-Maßnahmen. SIUK steht für „Spezifische Investitionen in Umwelt- und Klimaschutz".

Förderfähig sind langlebige Wirtschaftsgüter wie Gebäude sowie bauliche und technische Anlagen. In Anlage 3 – Förderung von spezifischen Investitionen zum Umwelt- und Klimaschutz; Teil B) Bauliche und sonstige Anlagen, S. 13 – sind sechs Minderungsmaßnahmen gelistet:

- Abluftreinigungsanlagen
- Kot-Harn-Trennung
- verkleinerte Güllekanäle
- emissionsarme Stallböden
- Fütterungssysteme für nährstoffreduzierte Phasenfütterung
- Güllekühlung

Durch die Maßnahmen werden die Emissionen aus der Stallabluft gefiltert bzw. wird verhindert, dass in Ställen überhaupt Emissionen entstehen. Im Fokus der Emissionsminderung steht Ammoniak, das in Bezug auf den möglichen Beitrag der Stallhaltung zum Umwelt- und Klimaschutz die größte Bedeutung hat.

In Tabelle 1 sind die in diesem Beitrag beschriebenen Maßnahmen zur Emissionsminderung in einer Übersicht hinsichtlich ihrer Einsatzbereiche und Wirksamkeit zusammengefasst.

Tab. 1: Übersicht zu förderfähigen Maßnahmen zur Emissionsminderung in Stallbauten

| Maßnahme | Tierart | | | Emissionsminderung Ammoniak | Anmerkung |
|---|---|---|---|---|---|
| | Rind | Schwein | Huhn | | |
| Abluftreinigung | - | X[1)] | X[2)] | > 70 %[3)] | Einsatz nur bei geschlossenen, zwangsgelüfteten Ställen<br>Nachrüstung möglich |
| Kot-Harn-Trennung | - | X | - | 40 bis 50 % | Einsatz bei voll- oder teilperforierten Buchten sowie in Außenklimaställen und Ausläufen möglich<br>Nachrüstung möglich |
| Verkleinerte Güllekanäle | - | X | - | bis zu 50 % | Einsatz bevorzugt in teilperforierten Buchten<br>Nachrüstung möglich |
| Emissionsarme Stallböden | X | - | - | 20 bis 50 %<br>je nach Art des Bodens | Einsatz bei Flüssigmistverfahren<br>Nachrüstung möglich<br>Vorteile hinsichtlich Tierwohl |
| Fütterungssysteme für nährstoff-reduzierte Phasen-fütterung | - | X | - | 20 bis 40 %<br>je nach Art und Umfang | Nachrüstung möglich |
| Güllekühlung | - | X | - | 30 bis 60 %<br>je nach Verfahren und Kühlleistung | Einsatz nur bei Flüssigmistverfahren<br>Nachrüstung möglich<br>Nutzung der anfallenden Wärme sollte möglich sein |

[1)] Einstreulose Schweinehaltung, alle Produktionsrichtungen.
[2)] Lege- und Junghennenhaltung, Masthühnerhaltung.
[3)] Zusätzliche Staubabscheidung > 70 % und effektive Geruchsminderung (außer bei reinen Chemowäschern, siehe Tab. 2).

Beim überwiegenden Teil der förderfähigen Maßnahmen (Abluftreinigungsanlagen, verkleinerte Güllekanäle, nährstoffreduzierte Phasenfütterung und Güllekühlung) handelt es sich um „Minderungstechniken im Stall zur Reduzierung von Ammoniakemissionen", die entsprechend Nr. 5.4.7.1 bzw. Anhang 11 der TA Luft (2021) Stand der Technik bei immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Schweine- und Geflügelhaltungen sind. Wenn Ställe neu gebaut werden, sind entsprechende Techniken einzusetzen. Bestehende Ställe sind innerhalb bestimmter Fristen (2026 bzw. 2029) nachzurüsten, wenn dies technisch möglich und verhältnismäßig ist. Zudem gelten die Maßnahmen unter Einbeziehung der Kot-Harn-Trennung europarechtlich als „beste verfügbare Technik" (BVT) (EU 2017, Santonja et al. 2017).

Für die Rinderhaltung gibt es bisher noch keine Vorgaben zum verpflichtenden Einbau oder der Nachrüstung von Emissionsminderungsmaßnahmen. Dennoch sind emissionsarme Stallböden, insbesondere beim Einsatz in der Milchkuhhaltung, förderfähig. Dies ist vor allem für jene Betriebe interessant, die ihre Laufgänge sanieren müssen oder die einen neuen Stall oder eine Betriebserweiterung planen. In diesen Fällen können aufgrund der Emissionsminderung von Ammoniak mögliche Konflikte mit dem Naturschutz bei einem zu geringen Abstand zu Wald, empfindlichen Biotopen oder Schutzgebieten (vornehmlich FFH-Gebiete) entschärft und das Genehmigungsverfahren vereinfacht werden.

Im Grundsatz sind alle förderfähigen Maßnahmen mit Ausnahme der Abluftreinigung auch positiv für das Tierwohl zu bewerten, da sie durch die Emissionsminderung im Stall helfen, die Luftqualität und somit das Stallklima zu verbessern. Zudem erhöhen emissionsarme Stallböden durch ihre Oberflächengestaltung die Trittsicherheit und durch trockene Laufgänge die Euter- und Klauengesundheit der Rinder.

Im Folgenden beschreiben die Autorinnen und Autoren die Funktionsprinzipien der eingesetzten Techniken und was beim Bau und Betrieb der Ställe beachtet werden muss, denn neben der Technik hängt der Minderungserfolg maßgeblich vom Management ab.

Dieser Beitrag richtet sich vor allem an Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Genehmigungsbehörden sowie an investitionswillige Landwirtinnen und Landwirte. Die Maßnahmen sind nach AFP (Anlage 3, Teil B) Bauliche und sonstige Anlagen, S. 13) gereiht.

## 2 Abluftreinigungsanlagen (Schweine- und Hühnerhaltung)

Abluftreinigungsanlagen mindern in der Schweine- und Hühnerhaltung die Emissionen an Ammoniak, Gerüchen und Staub. Sie setzen eine geschlossene Gebäudehülle mit Zwangslüftung voraus, da die Abluft der Ställe in Kanälen gesammelt und mithilfe von Ventilatoren durch die Reinigungsanlage geleitet werden muss.

Es stehen verschiedene Techniken zur Verfügung (Tab. 2). Es dürfen sowohl fördertechnisch also auch bezogen auf den Immissionsschutz nur solche Techniken eingesetzt werden, die im Sinne der TA Luft (2021), Anhang 12, qualitätsgesichert sind und dauerhaft eine hohe Reinigungsleistung gewährleisten.

Tab. 2: Techniken und Mindestreinigungsleistungen eignungsgeprüfter und qualitätsgesicherter Abluftreinigungsanlagen (TA Luft 2021)

| Parameter | Art der Abluftreinigungsanlage | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Biofilter | Rieselbettreaktor | Chemowäscher | Zwei- oder mehrstufige Anlage |
| | Emissionsminderungsgrad | | | |
| Geruch im Reingas | | | | |
| Konzentration | < 300 $GE_E/m^3$ | | [1] | < 300 $GE_E/m^3$ |
| Geruchsart | kein Rohgasgeruch im Reingas | | [1] | kein Rohgasgeruch im Reingas |
| Abscheidegrad | | | | |
| Ammoniak/N-Entfrachtung | > 70 %[2] | > 70 % | > 70 % | > 70 % |
| Gesamtstaub/$PM_{10}$-Staub | > 70 % | > 70 % | > 70 % | > 70 % |

$GE_E$ = europäische Geruchseinheit

[1] Einstufige Chemowäscher sind nicht geeignet, die Kriterien des Geruchsabbaus zu erzielen.
[2] Wirkung nur bei entsprechender Auslegung und Betrieb mit Ansäuerung und geregelter Abschlämmung.

Voraussetzungen für die Anerkennung und den ordnungsgemäßen Betrieb sind:

- Nachweis der Reinigungsleistung des Anlagentyps im Rahmen eines unabhängigen Prüfverfahrens entsprechend den Mindestanforderungen der TA Luft (2021), Anhang 12 (Kriterien für die vorgezogene Qualitätsprüfung von Abluftreinigungen in der Tierhaltung zu Nummer 5.4.7.1 der TA Luft, insbesondere DLG-Prüfung „Abluftreinigungssysteme", https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/tests/suche-nach-pruefberichten/, und VERA-Verifizierungsurkunden (Verification of Environmental Technologies for Agricultural Production), https://www.vera-verification.eu/de/vera-urkunden/).
- Dimensionierung, Bau und Betrieb entsprechend den in den Prüfberichten ausgewiesenen relevanten verfahrensspezifischen Kenndaten (z. B. Filterflächenbelastung, pH-Wert und Leitfähigkeit im Waschwasser, Nutzungsdauer von Filtermaterialien) und Einhaltung der Anforderungen an die Arbeits- und Gerätesicherheit.
- Tägliche Überwachung und Kontrolle der Anlagen sowie Aufzeichnung der betriebsrelevanten Parameter in einem elektronischen Betriebstagebuch (z. B. Abluftvolumenstrom, Druckverlust, Strom- und Wasserverbrauch, Säureverbrauch, pH-Wert, Leitfähigkeitswert, Abschlämmung, Anlagenstatus in Betrieb/außer Betrieb) zum Nachweis des ordnungsgemäßen Betriebes.
- Regelmäßige Reinigung und Wartung der Anlagen im Rahmen eines Wartungsvertrages entsprechend Vorgaben der Hersteller bzw. Angaben in den Prüfberichten.

Beim Einsatz anorganischer Säuren, wie z. B. Schwefelsäure, zur pH-Wert-Regelung sind die in den Prüfberichten ausgewiesenen Sicherheitsbestimmungen der Arbeits- und Chemikaliensicherheit (Unfallverhütungsvorschriften, Gefahrstoffverordnung) zu beachten. Zudem sind die baulichen Anforderungen an die Lagerung und den Umgang mit Säuren entsprechend der Verordnung über Anforderungen an Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV 2020) zu berücksichtigen. Das angesäuerte Waschwasser ist separat zu lagern.

## 2.1 Biofilter

### Funktionsprinzip

Bei Biofiltern wird die Abluft über eine Druckkammer durch ein Filterbett mit organischem Material – z. B. Wurzelholz oder Holzhackschnitzel – geleitet. Umlaufende Gummilippen verhindern bei Materialschrumpfung einen Rohgasdurchtritt an den Rändern. Das Filtermaterial wird durch eine Intervallberieselung der Oberfläche stets feucht gehalten. Staubpartikel und luftgetragene Geruchsstoffe werden von dem Feuchtigkeitsfilm aufgenommen und oxidiert oder durch die auf der befeuchteten Einstreu lebenden Mikroorganismen zersetzt.

Eine wirksame Ammoniakabscheidung setzt voraus, dass das Filtermaterial mit angesäuertem Wasser berieselt wird. In der Praxis wird dazu das Umlaufwasser genutzt, das unter der Filterschüttung aufgefangen wird. Das Wasser wird mit konzentrierter Schwefelsäure in einem pH-Bereich zwischen 6,0 und 6,5 gehalten. Bei einer Leitfähigkeit von 25 Millisiemens (mS) je cm wird das Wasser abgeschlämmt und durch Frischwasser ersetzt, auch um Verdunstungsverluste auszugleichen.

Auch ohne pH-Wert-Regelung des Waschwassers wird Ammoniak abgeschieden, allerdings bildet sich dabei ein Milieu, das die Bildung und Freisetzung nitroser Gase und Lachgas fördert.

### Bauliche Ausführung

Nachfolgend werden einige typische Auslegungsparameter von Biofiltern (Abb. 1) zusammengefasst, die für den ordnungsgemäßen Betrieb maßgeblich sind; die herstellerspezifischen Werte sind den jeweiligen Prüfberichten zu entnehmen:

- Filterflächenbelastung: 250 bis 500 $m^3/(m^2 \cdot h)$; abhängig vom Filtermaterial
- Schüttungshöhen verschiedener Filtermaterialien (Beispiele): 1 bis 1,4 m grobes Wurzelholz, 0,3 bis 0,5 m Hackschnitzel

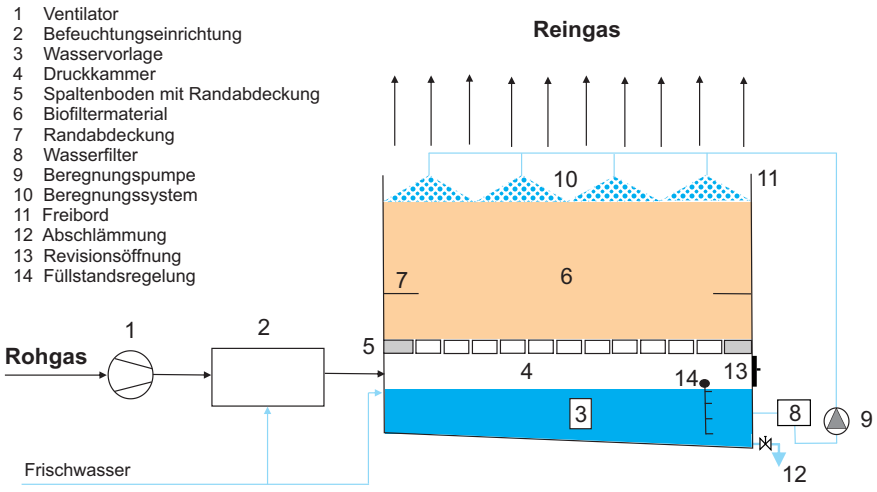



Abb. 1: Grundprinzip eines einstufigen Biofilters (KTBL 2006); hier ohne Ansäuerung

### Managementhinweise

Aufgrund der Kompostierung muss das Füllmaterial mindestens jährlich ausgetauscht werden; bei Biofiltern zur Ammoniakabscheidung beträgt die Standzeit 6 Monate.

Da der Druckverlust über einen Biofilter 120 bis 150 Pa betragen kann, sind ausreichend druckstabile Stalllüfter einzusetzen.

### Einsatz

Biofilter werden in der einstreulosen Schweinehaltung mit Flüssigmistverfahren eingesetzt.

## 2.2 Rieselbettreaktor

### Funktionsprinzip

Bei Rieselbettreaktoren wird die Abluft durch Kunststofffüllkörper geleitet, die im Gegenstrom kontinuierlich mit Wasser besprüht werden. Staub wird niedergeschlagen, Geruchsstoffe und Ammoniak lösen sich im Waschwasser. Mikroorganismen, die auf den Füllkörpern siedeln und einen Biofilm bilden, bauen die Luftschadstoffe ab.

Das Waschwasser wird im Umlauf betrieben. Der pH-Wert muss durch Dosierung von Säure oder Lauge in einem Bereich von 6,5 bis 7,0 gehalten werden. Zunehmend werden anstelle von Laugen auch Nitrifikationshemmer eingesetzt, um die Nitrifikation des abgeschiedenen Ammoniaks und das Absinken des pH-Wertes zu verhindern.

Die aus der Abluft abgeschiedenen Stoffe und Abbauprodukte müssen bei einer Leitfähigkeit von 15 bis 20 mS/cm abgeführt werden. Zum Ausgleich von Verdunstungsverlusten und dem Abschlämmen von Waschwasser muss regelmäßig Frischwasser zugesetzt werden. Um die Emission von Aerosolen zu vermeiden, werden Tropfenabscheider eingesetzt. Zur Aufrechterhaltung der biologischen Aktivität müssen Rieselbettreaktoren kontinuierlich betrieben werden.

### Bauliche Ausführung

Nachfolgend werden einige typische Auslegungsparameter von Rieselbettreaktoren (Abb. 2) zusammengefasst. Sie sind für den ordnungsgemäßen Betrieb maßgeblich; die herstellerspezifischen Werte sind den jeweiligen Prüfberichten zu entnehmen:

- Filterflächenbelastung: 2.000 bis 3.700 $m^3/(m^2 \cdot h)$
- Dicke der Füllkörperpackung: 0,8 bis 2,1 m
- spezifische Füllkörperoberfläche: 100 bis 500 $m^2/m^3$
- Berieselungsdichte: 0,89 bis 0,95 $m^3/(m^2 \cdot h)$
- Tropfenabscheider aus Stahl- oder Kunststoffgestrick erforderlich

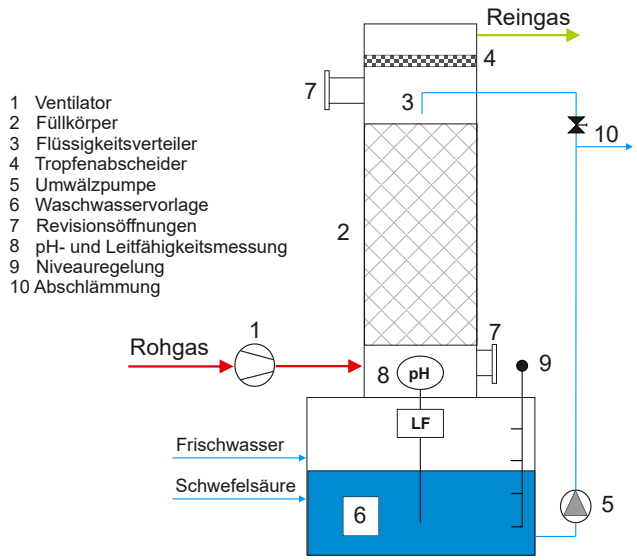



Abb. 2: Grundprinzip eines Rieselbettreaktors (KTBL 2006)

### Managementhinweise

Das Berieselungswasser muss auf einen pH-Wert von 6,5 bis 7,0 gehalten werden.

Die maximale Leitfähigkeit des Umlaufwassers liegt bei 15 bis 20 mS/cm; das Waschwasser muss regelmäßig abgeschlämmt werden.

Da der Druckverlust über einen Rieselbettreaktor 100 Pa betragen kann, sind ausreichend druckstabile Stalllüfter einzusetzen.

### Einsatz

Rieselbettreaktoren werden in einstreulosen Schweinehaltungen mit Flüssigmistverfahren sowie in Lege- und Junghennenställen (Boden- und Volierenhaltung; hier mit Vorwäsche) eingesetzt.

## 2.3 Chemowäscher

### Funktionsprinzip

Chemowäscher sind prinzipiell wie Rieselbettreaktoren aufgebaut (Abb. 2). Das Waschwasser wird z. B. mit Schwefelsäure auf einen pH-Wert zwischen 1,5 und 4,0 eingestellt, sodass Ammoniak sehr effizient als Ammoniumsulfat abgeschieden wird. Die maximale Leitfähigkeit des Umlaufwassers beträgt bis zu 250 mS/cm bis das Waschwasser abgeschlämmt und durch Frischwasser ersetzt wird. Es findet kein mikrobieller Abbau und keine Geruchsminderung statt. Daher werden Chemowäscher in der Regel in zwei- oder dreistufigen Anlagen (siehe Kap. 2.4) als eine Verfahrensstufe zur Verbesserung der Ammoniakabscheidung eingesetzt.

### Bauliche Ausführung

Nachfolgend werden typische Auslegungsparameter von Chemowäschern zusammengefasst; die herstellerspezifischen Werte sind den jeweiligen Prüfberichten zu entnehmen:

- Filterflächenbelastung: Schwein 1.900 bis 5.200 $m^3/(m^2 \cdot h)$; Geflügel 1.900 bis 3.200 $m^3/(m^2 \cdot h)$
- Dicke der Füllkörperpackung: 0,15 bis 1,60 m
- spezifische Füllkörperoberfläche: 100 bis 500 $m^2/m^3$
- Tropfenabscheider aus Stahl- oder Kunststoffgestrick erforderlich

### Managementhinweise

Der pH-Wert der Säurestufe muss zwischen 1,5 und 4 liegen.

Die in den Prüfberichten ausgewiesenen Sicherheitsbestimmungen der Arbeits- und Chemikaliensicherheit sowie die Anforderungen an Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV 2020) sind zu berücksichtigen. Das abgeschlämmte Waschwasser ist separat entsprechend den besonderen wasserrechtlichen Anforderungen zu lagern.

### Einsatz

Chemowäscher werden in der einstreulosen Schweinehaltung mit Flüssigmistverfahren meist als Verfahrensstufe mehrstufiger Anlagen sowie in Masthähnchen- und Legehennenställen eingesetzt.

## 2.4 Zwei- oder dreistufige Anlage

### Funktionsprinzip

In mehrstufigen Abluftreinigungsanlagen werden verschiedene Waschstufen der oben beschriebenen Verfahrensprinzipien in horizontaler Anordnung kombiniert, d. h. die Abluft durchströmt den Filter horizontal.

So können in einem zweistufigen System die Vorteile des Chemowäschers (effiziente Ammoniakabscheidung) mit denen des Biofilters (optimaler Geruchsabbau) oder einer nachgeschalteten Wasserwäsche verbunden werden. In einem dreistufigen System wird üblicherweise ein Wasserwäscher (erste Stufe zur Staubabscheidung) mit einem Chemowäscher (zweite Stufe zur Ammoniakabscheidung) gefolgt von einem Biofilter (dritte Stufe zur Geruchsminderung) kombiniert.

### Bauliche Ausführung

Nachfolgend werden typische Auslegungsparameter von zwei- und dreistufigen Ablufttreinigungsanlagen (Abb. 3 und 4) für die einzelnen Stufen zusammengefasst; die herstellerspezifischen Werte sind den jeweiligen Prüfberichten zu entnehmen:

- Waschstufen
  - Filterflächenbelastung: < 4.500 $m^3/(m^2 \cdot h)$
  - spezifische Füllkörperoberfläche: 240 bis 440 $m^2/m^3$
  - Schichtdicke je Waschwand: 0,15 bis 0,90 m
- Biofilterstufe
  - Filterflächenbelastung: < 3.000 $m^3/(m^2 \cdot h)$
  - Schichtdicke: 0,6 bis 0,9 m
  - Tropfenabscheider außer nach Biofilterstufe

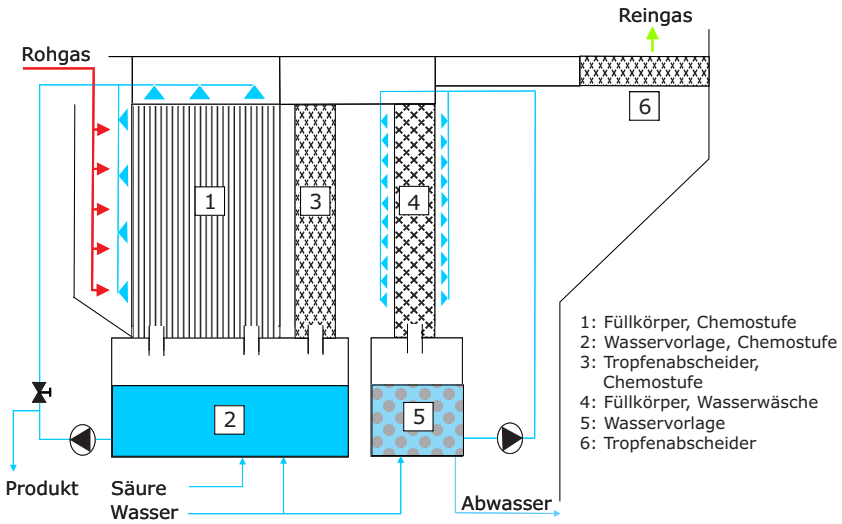
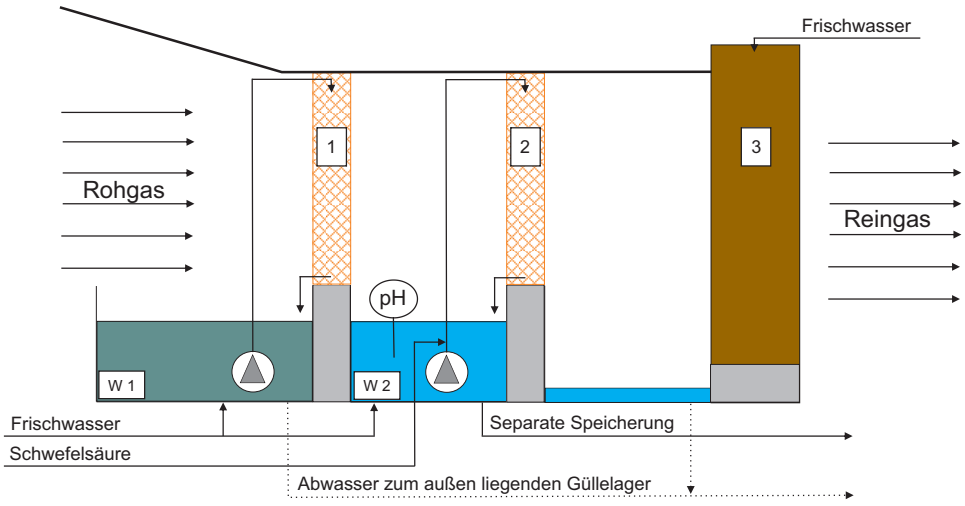



Abb. 3: Prinzip einer zweistufigen Abluftreinigungsanlage (Chemowäsche + Wasserwäsche) (KTBL 2006)




W = Waschwasservorlage

Abb. 4: Prinzip einer dreistufigen Abluftreinigungsanlage (1 - Wasserwäsche, 2 - Chemowäsche und 3 - Biofilter) (KTBL 2006)

## Managementhinweise

Der pH-Wert der Säurestufen sollte unter 4 liegen. Bei biologischen Wäscherstufen sollte der pH-Wert zwischen 6,5 und 7,0 eingestellt sein, das Leitfähigkeitsniveau des Waschwassers sollte maximal 16 mS/cm betragen.

Die in den Prüfberichten ausgewiesenen Sicherheitsbestimmungen der Arbeits- und Chemikaliensicherheit sowie die Anforderungen an Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV 2020) sind zu berücksichtigen. Das abgeschlämmte Waschwasser aus Säurestufen ist separat zu lagern.

## Einsatz

Zwei- und dreistufige Abluftreinigungsanlagen werden in der einstreulosen Schweinehaltung und in Masthähnchenställen eingesetzt.

# 3 Unterflurschieber mit Kot-Harn-Trennung (Schweinehaltung)

Im ausgeschiedenen Harn der Schweine führt die Hydrolyse von Harnstoff unter Beteiligung des Enzyms Urease, das im Kot enthalten ist, zur Bildung von Ammoniak. Die Harnstoffhydrolyse beginnt etwa eine halbe Stunde nachdem der Harn abgesetzt wurde und ist nach wenigen Stunden abgeschlossen. Der frisch abgesetzte Harn sollte deshalb schnellstmöglich vom Kot getrennt werden. Bei der Kot-Harn-Trennung mit einem Unterflurschieber ist der Mistkanal unter dem perforierten Boden bzw. Kotbereich V-förmig ausgebildet (Abb. 5).

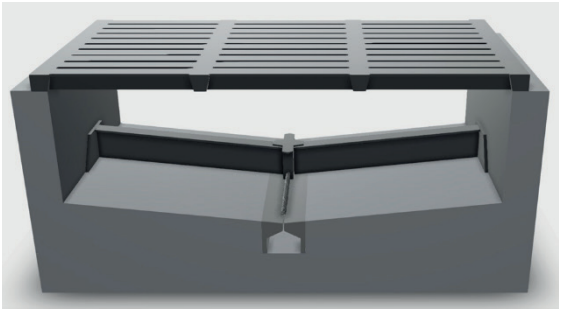


Abb. 5: Unterflurschieber mit Kot-Harn-Trennung in der Mastschweinehaltung (© KTBL)

Die Kanalsohle weist beidseitig ein Gefälle zur mittig verlaufenden Harnrinne auf. Der Entmistungsschieber ist dem Kanalprofil angepasst und hält die Harnrinne mit einem Schieberaufsatz frei von Verstopfungen. Der Unterflurschieber mit Kot-Harn-Trennung mindert Ammoniakemissionen in der Schweinehaltung um 40 bis 50 % (Landrain et al. 2009, Loussouarn et al. 2014) und entspricht der besten verfügbaren Technik (BVT) gemäß BVT-Schlussfolgerungen (EU 2017).

## Funktionsprinzip

Durch das Gefälle und die im Kanal integrierte Harnrinne fließt der Harn schnell ab und wird so vom Kot getrennt. Der Unterflurschieber schiebt den Kot mehrmals täglich zu einem Abwurfschacht hin, reinigt die Fläche des Kanals und hält die Harnrinne frei. Der Antrieb erfolgt über Seilzugtechnik mit automatischer Steuerung.

Durch die zügige Trennung von Kot und Harn wird die im Kot der Tiere enthaltene Urease nicht im vollen Umfang bei der Harnstoffhydrolyse wirksam, sodass weniger Ammoniak gebildet und freigesetzt wird.

## Bauliche Ausführung

Folgende Punkte sind baulich zu berücksichtigen:

- Quergefälle der Kanalsohle zur Harnrinne 5 bis 10 %
- Längsgefälle der Kanalsohle bzw. Harnrinne 1 %
- Durchmesser kreisrunder Harnrinnen 15 cm; andere Formen der Harnrinne sind möglich
- Schlitzbreite Harnrinne 0,5 cm
- Schieber ist dem Querschnitt der Kanalsohle angepasst und hat einen Aufsatz zur Räumung der Harnrinne
- Abwurfschacht ist abgedeckt

Bei entsprechender Buchtengestaltung bzw. Größe des Kotbereichs können auch mehrere Kanäle mit Unterflurschieber ausgestattet werden, beispielsweise jeweils ein Kanal am vorderen und hinteren Ende der Bucht.

### Managementhinweise

Der Harn wird nur bei entsprechender baulicher Ausführung vom Kot getrennt.

Mit zunehmenden Kot- und Harnmengen steigt mit der Lebendmasse der Schweine die Entmistungshäufigkeit von mehrmals täglich auf bis zu 12 Entmistungsvorgänge je Tag an.

Der Schieber muss vollautomatisch gesteuert werden, damit die Reinigung auch ohne Tierbetreuer erfolgen kann. Zur Dokumentation muss der Schieberbetrieb automatisch erfasst und aufgezeichnet werden.

### Einsatz

Die Maßnahme kann in allen Haltungsabschnitten der Schweinehaltung eingesetzt werden. Die Technik ist sowohl für voll- als auch für teilperforierte Buchtenböden geeignet, unabhängig davon, ob die Gebäudehülle geschlossen oder offen ist oder sie in Ausläufen betrieben wird. Die Nachrüstung von Ställen ist möglich. Das Prinzip funktioniert auch, wenn geringe Mengen Stroh oder Heu in den Kanal gelangen.

## 4 Güllekanalverkleinerung durch geneigte Seitenwände (Schweinehaltung)

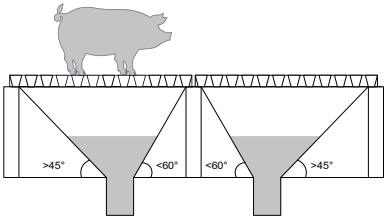
Verkleinerte Güllekanäle werden in der Schweinehaltung sowohl in teil- als auch in vollperforierten Buchten zur Reduzierung von Ammoniakemissionen eingesetzt. Schräge Kanalwände reduzieren die emittierende Oberfläche der Gülle und sorgen dafür, dass sich die Oberfläche nur mit zunehmender Güllemenge vergrößert.

In der Schweinehaltung können so die Ammoniakemissionen um bis zu 50 % reduziert werden (lenW 2016a, b, c). Die Güllekanalverkleinerung zählt zu den emissionsmindernden Maßnahmen in der Schweinehaltung und entspricht der besten verfügbaren Technik (BVT) gemäß BVT-Schlussfolgerungen (EU 2017) und dem Stand der Technik nach TA Luft (2021).

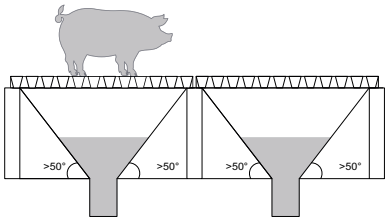
### Funktionsprinzip

Durch die geneigten Kanalwände verjüngt sich der Kanal zur Güllekanalsohle (Abb. 6). Im Vergleich zu rechteckigen Güllekanälen ist die emittierende Oberfläche der Gülle vor allem bei geringen Füllmengen deutlich verringert. Durch die reduzierte Oberfläche kann weniger Ammoniak entweichen, da der Einfluss der Luftbewegung auf die Emission gemindert wird.

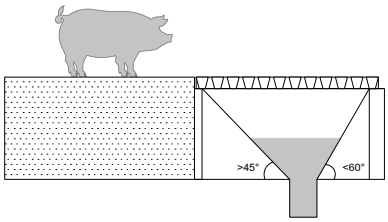
Das Prinzip setzt voraus, dass Kot und Harn nicht auf den geneigten Kanalwänden liegen bleiben. Neben der Neigung entscheidet auch das Material der Wände darüber, wie hoch der „Selbstreinigungsgrad" der Wände ist; diese sollten daher aus einem glatten Material beschaffen sein.



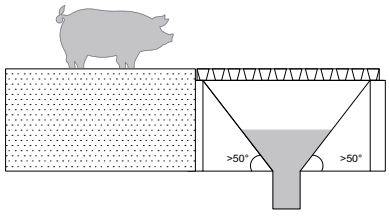

Vollspalten mit asymmetrischen Wannen




Vollspalten mit symmetrischen Wannen




Teilspalten mit asymmetrischen Wannen




Teilspalten mit symmetrischen Wannen

Abb. 6: V-förmige Güllekanäle bei voll- und teilperforierten Böden (© KTBL)

## Bauliche Ausführungen

Folgende Punkte sind baulich bei der Ausführung der Kanalwände zu beachten (lenW 2016a, b, c):

- Der Neigungswinkel symmetrischer Güllekanäle liegt zwischen 45 und 60°.
- Die Neigungswinkel bei asymmetrischen Güllekanälen sind: eine Seite > 45° und die andere Seite > 60°; Kanäle mit einer Schrägwand sind möglich.
- Bei teilperforierten Böden mit asymmetrischen Kanälen sollte die weniger geneigte Kanalwand der plan-befestigten Fläche zugewandt sein.

- Die erforderliche Selbstreinigung weisen beispielsweise einsetzbare Wannen aus Polyester, Glasfaser verstärktem Polyester, Polyethylen oder rostfreiem Stahl auf. Es können auch einzelne Schrägwände aus Polypropylen oder Polyethylen an der Betonsohle und der Wand des Güllekanals montiert werden.
- Bei Verwendung von Schrägwänden ist ein Überlauf erforderlich, dieser darf jedoch nicht zur dauerhaften Entmistung verwendet werden.
- In Buchten sollte der Anteil der planbefestigen Fläche mindestens 30 % bemessen.
- Bei zwei Kanälen sollte die perforierte Fläche des Fressbereichs kleiner sein als die perforierte Fläche des Kotbereichs, da im Fressbereich vor allem Wasser und Futterreste anfallen.
- Die Emissionsfläche des Güllekanals in Buchten mit teilperforierten Böden sollte je Tierplatz maximal wie folgt groß sein: Aufzuchtferkel 0,13 $m^2$, Mastschwein 0,27 $m^2$, Sau 1,1 $m^2$ (Abferkelbereich) und 0,55 $m^2$ (Deck- und Wartebereich).
- Das Ablassen der Gülle erfolgt über ein Kunststoffrohr am Boden des Kanals (Rohrentmistung).

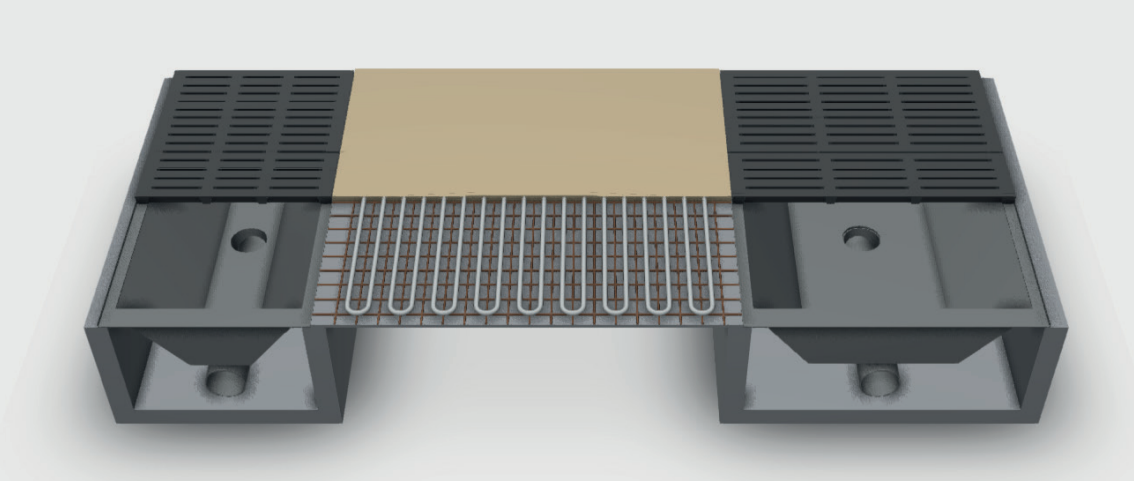


Abb. 7: Güllekanalverkleinerung im teilperforierten System mit mittiger, heiz- oder kühlbarer planbefestigter Liegefläche und symmetrischen Güllewannen. Der Kanal unter dem Fressbereich (links) ist kleiner als der Kanal unter dem Kotbereich (rechts). (© KTBL)

## Managementhinweise

Die Gülle wird spätestens bei maximal zulässiger Emissionsfläche bzw. Stauhöhe abgelassen. In der Mast, der Ferkelaufzucht oder in Rein-Raus-Systemen sollten die Wände der entleerten Kanäle aus hygienischen Gründen spätestens am Durchgangsende gereinigt werden. Für eine optimale Emissionsminderungsleistung wird empfohlen, die Gülle alle zwei Tage oder zweimal in der Woche in ein externes Güllelager abzuführen, beispielsweise durch eine Rohrentmistung oder ein Spülsystem.

Vor der Neubelegung einer Bucht sollten die Kanälen 10 cm hoch mit Wasser gefüllt werden, damit die zuerst anfallenden Exkremente nicht am Boden anhaften (lenW 2016a, b, c).

Zur Dokumentation der Betriebsweise muss das Ablassen der Gülle aus den Kanälen aufgezeichnet werden.

## Einsatz

Verkleinerte Güllekanäle sind für alle Abschnitte der Schweinehaltung geeignet. Ställe können nachgerüstet werden.

# 5 Stallböden zur Emissionsminderung (Rinderhaltung)

Im ausgeschiedenen Harn der Rinder führt die Hydrolyse von Harnstoff unter Beteiligung des Enzyms Urease, das im Kot enthalten ist, zur Bildung von Ammoniak. Die Harnstoffhydrolyse beginnt etwa eine halbe Stunde nachdem der Harn abgesetzt wurde und ist nach wenigen Stunden abgeschlossen. Der frisch abgesetzte Harn sollte deshalb schnellstmöglich vom Kot getrennt werden. In der Rinderhaltung werden – vor allem in Belgien und den Niederlanden, zunehmend aber auch in Deutschland – zu diesem Zweck emissionsmindernde Stallböden in verschiedenen Ausführungen eingesetzt.

Um bei planbefestigten Stallböden eine Minderung der Ammoniakemission zu erzielen, ist ein rasches Abfließen des Harns von der Lauffläche und deren regelmäßige Reinigung notwendig. Zu diesem Zweck verfügen die Böden über Rinnen oder Gefälle zur Harnableitung – eine Kombination ist möglich. Die Mistschieber weisen Aufsätze zum Räumen der Harnrinnen auf.

In Laufställen mit perforierten Flächen emittiert Ammoniak aus den Exkrementen auf den Laufflächen und aus dem darunterliegenden Flüssigmistkanal. Es findet ein Luftaustausch zwischen dem Stallraum und dem Luftraum im Flüssigmistkanal statt. Ein reduzierter Schlitzanteil und/oder Dichtungsklappen in den Schlitzen können den Gasaustausch reduzieren.

Emissionsarme Böden werden bisher nur für einstreulose bzw. einstreuarme Haltungsverfahren in der Milchkuhhaltung auf dem Markt angeboten. Das Funktionsprinzip lässt sich grundsätzlich auch auf andere Produktionsrichtungen übertragen, vorausgesetzt die Anforderungen der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (2021) an die Böden sind erfüllt und es handelt sich um einstreuarme bzw. einstreulose Haltungsverfahren mit Flüssigmist. Je mehr Einstreu eingesetzt wird und je länger die Einstreu ist, desto größer ist die Gefahr, dass sich die Spalten zusetzen und die Böden dadurch ihre emissionsmindernde Wirkung verlieren.

Die maximale Minderungswirkung emissionsarmer Stallböden wird nur mit einer auf den Boden angepassten Reinigungsvorrichtung in Kombination mit Befeuchtung erzielt. Die Reinigungstechnik muss in der Lage sein, alle zu reinigende Flächen mindestens alle zwei Stunden zu säubern. Es ist zu beachten, dass notwendige Reinigungstechniken nicht uneingeschränkt in allen Produktionsrichtungen eingesetzt werden können: Milchkühe kommen sowohl mit mobilen als auch mit stationären Reinigungsgeräten zurecht, wohingegen jüngere Tiere u. U. von der Reinigungstechnik verletzt werden können. In der Bullenmast können größere Bullen die mobile Technik behindern oder sogar beschädigen; stationäre Entmistungsanlagen funktionieren auch bei Bullen hingegen problemlos. Für die Mast von Jungbullen in Einraumlaufställen mit vollperforierten Böden werden allerdings keine Reinigungsvorrichtungen eingesetzt, da den Tieren die notwendigen Ausweichmöglichkeiten fehlen. Damit ist der Einsatz emissionsarmer Böden bei diesem Haltungsverfahren nicht möglich.

Nachfolgend werden die derzeit wichtigsten auf dem Markt verfügbaren Bodentypen beschrieben.

## 5.1 Perforierter Boden mit Profil, reduzierter Schlitzanteil und Dichtungsklappen

### Funktionsprinzip

Die profilierte Oberfläche der Betonbodenelemente leitet den Harn zügig in den darunterliegenden Flüssigmistkanal ab, sodass Kot und Harn auf der Bodenoberfläche kurzzeitig getrennt werden. Der Spaltenanteil ist gegenüber anderen Spaltenbodenelementen deutlich reduziert. Zudem sind in den Spalten Dichtungsklappen aus Kunststoff befestigt (Abb. 8–11), die sich beim Kotdurchtritt öffnen und danach wieder schließen. Hierdurch wird der Gasaustausch mit dem Flüssigmistkanal reduziert. Der auf der Bodenoberfläche verbleibende Kot wird regelmäßig mit einem stationären, dem Bodenprofil angepassten Schieber oder einem Entmistungsroboter gereinigt. Um die Funktionalität der Klappen zu gewährleisten und ein gutes Reinigungsergebnis zu erzielen, wird der Boden mit einer Wassersprühvorrichtung befeuchtet.

Die Minderung der Ammoniakemissionen von Milchkühen beträgt etwa 46 % (IenW 2021d) gegenüber einem herkömmlichen perforierten Boden in der Milchkuhhaltung. Zudem ist eine Reduktion der Geruchs- und Methanemissionen zu erwarten.

Durch die profilierte Oberfläche zeigen die Rinder eine erhöhte Trittsicherheit.

### Bauliche Ausführung

Die einzelnen Betonelemente des Bodens sind auf ein Auflager zu legen. Ein darunter befindlicher Flüssigmistkanal wird vorausgesetzt. Die Betonelemente des Bodens sind in regelmäßigen Abständen mit einem Kotabwurf (Schlitz) in den Flüssigmistkanal versehen (Abb. 8–11). In diesen Abständen bzw. Schlitzen befinden sich Dichtungsklappen aus Kunststoff.

### Managementhinweise

Die Bodenelemente sollten mindestens alle zwei Stunden abgeschoben werden. Vor der Entmistung muss die Oberfläche befeuchtet werden, damit der Kot nicht antrocknet und sich die Spalten nicht zusetzen.

Die Dichtungsklappen müssen regelmäßig geprüft und gegebenenfalls ausgetauscht werden.

### Einsatz

Der Boden ist für Ställe mit Flüssigmistkanal geeignet und kann auch nachgerüstet werden. Bei Haltungsverfahren mit Einstreu und perforierten Laufflächen besteht die Gefahr, dass sich die Spalten zusetzen. Das Risiko steigt mit der Menge und Länge der Einstreu. Deshalb eignet sich dieser Boden nur für einstreulose bzw. einstreuarme Haltungsverfahren. Langstroh ist nicht geeignet. Dieser Bodentyp wird von den Herstellern bisher nur für die Milchkuhhaltung angeboten. Prinzipiell ist er für jede Produktionsrichtung im Rinderbereich einsetzbar. Bei der Haltung von Kälbern ist die Spaltenweite anzupassen (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung 2021). Das Minderungspotenzial wird nur in Kombination mit einer regelmäßigen Reinigung erreicht, weshalb der Boden für Mast- und Jungrinder nur eingeschränkt eingesetzt werden kann, z. B. in Haltungsverfahren mit separaten Laufgängen und perforierten Böden.

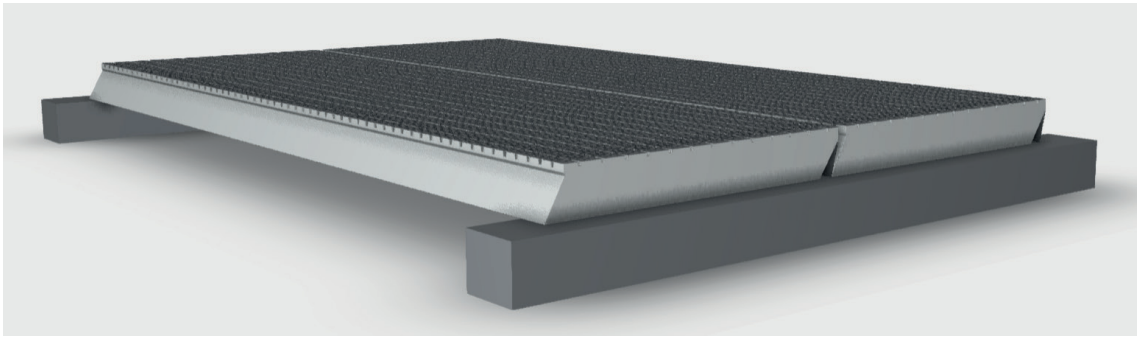


Abb. 8: Perforierter Boden mit Profil und Schlitzen in größeren, regelmäßigen Abständen sowie Dichtungsklappen in den Schlitzen; seitliche Ansicht (© KTBL)

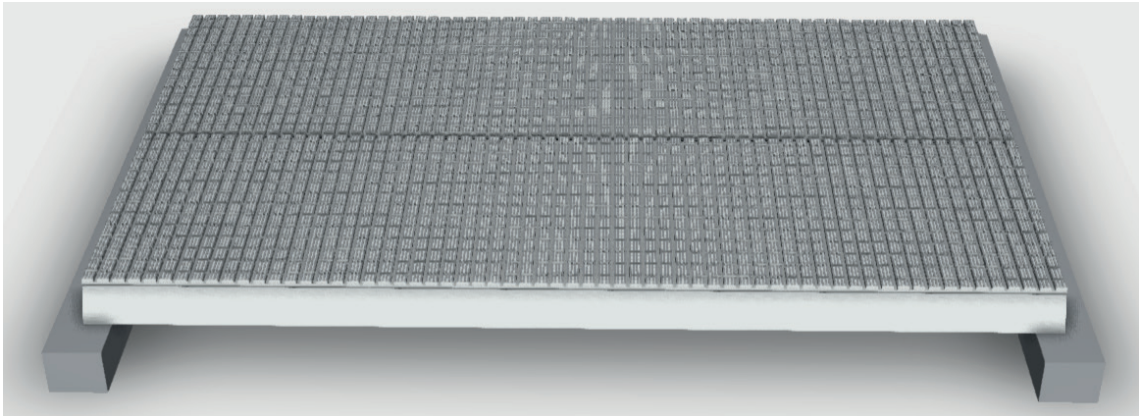


Abb. 9: Perforierter Boden mit Profil und Schlitzen in größeren, regelmäßigen Abständen sowie Dichtungsklappen in den Schlitzen; Aufsicht (© KTBL)

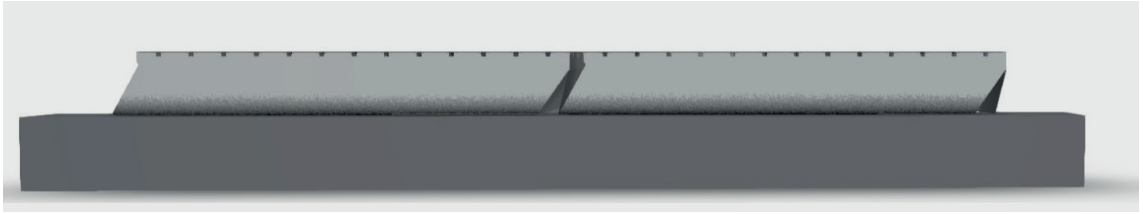


Abb. 10: Perforierter Boden mit Profil und Schlitzen in größeren, regelmäßigen Abständen sowie Dichtungsklappen in den Schlitzen; Seitenansicht (© KTBL)

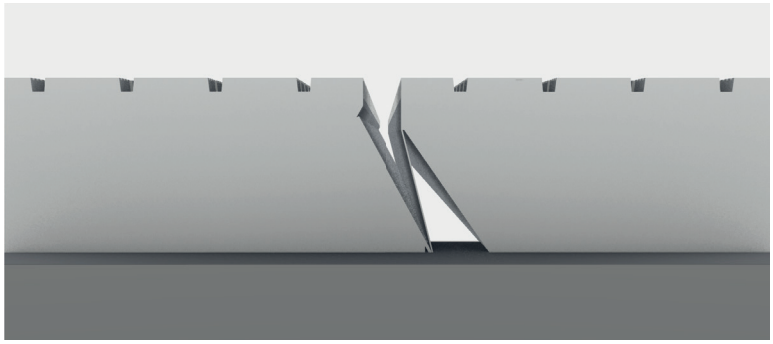


Abb. 11: Bodenelement mit Dichtungsklappe, die den Gasaustausch mit dem Flüssigmistkanal reduziert; seitliche Ansicht im Detail (© KTBL)

## 5.2 Perforierter Boden mit Profil und Dichtungsklappen

### Funktionsprinzip

Profilierte Gummieinsätze (Abb. 12) in den Betonbodenelementen leiten den Harn zügig in den darunterliegenden Flüssigmistkanal ab, sodass Kot und Harn kurzzeitig getrennt werden. Dichtungsklappen aus Kunststoff, die in den Spalten befestigt sind (Abb. 13), öffnen sich beim Kotdurchtritt und schließen sich danach wieder, wodurch der Gasaustausch mit dem Flüssigmistkanal reduziert wird. Der auf der Bodenoberfläche verbleibende Kot wird regelmäßig mit einem stationären Schieber oder einem Entmistungsroboter entfernt. Um die Funktionalität der Klappen zu gewährleisten und ein gutes Reinigungsergebnis zu erzielen, ist die Reinigung mit einer Wassersprühvorrichtung zu kombinieren.

Im Vergleich zu herkömmlichen Vollspaltenboden beträgt die Minderung der Ammoniakemissionen 45 bis 53 % (IenW 2021c, VERA 2021). Zudem ist eine Reduktion der Geruchs- und Methanemissionen zu erwarten.

Durch die profilierte Oberfläche und die Gummieinsätze zeigen die Rinder eine erhöhte Trittsicherheit.

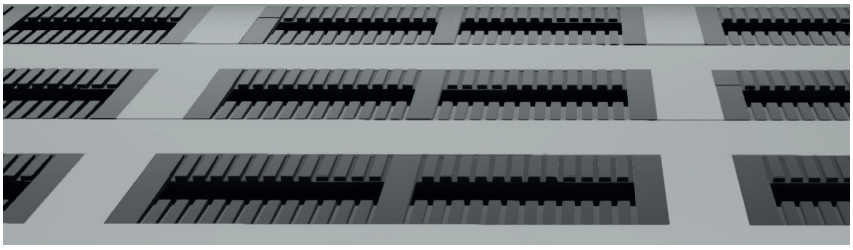


Abb. 12: Gummieinsätze mit Profil in den Spaltenbodenelementen (© KTBL)

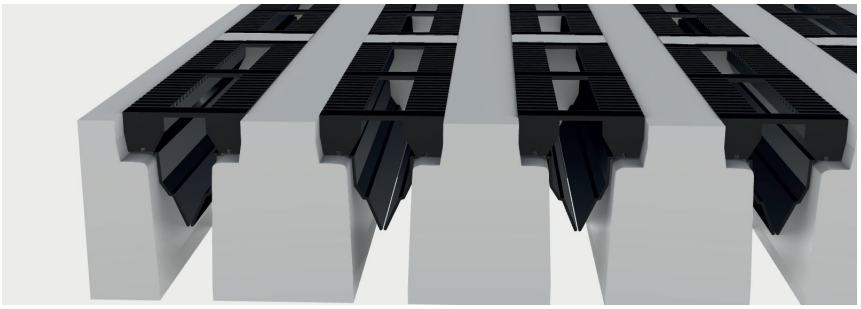


Abb. 13: Dichtungsklappen im Detail (© KTBL)

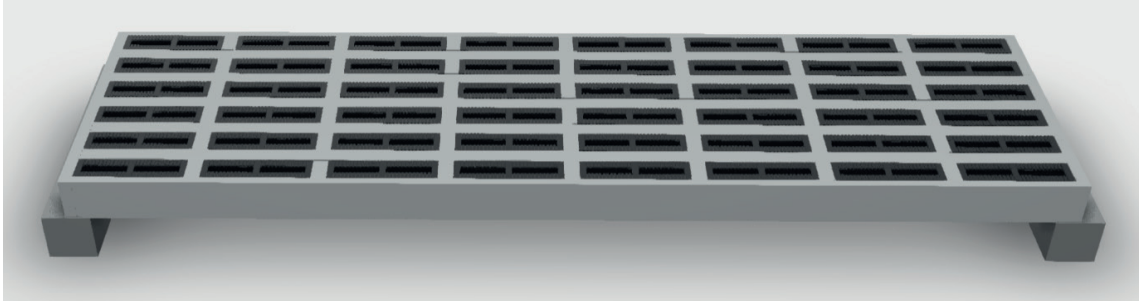


Abb. 14: Perforierter Boden mit Profil und Dichtungsklappen (© KTBL)

### Bauliche Ausführung

Die Fertigbodenelemente (Abb. 14) werden über konventionellen Güllekanälen verlegt. Der perforierte Betonboden ist mit Gummieinsätzen versehen. Betonboden sowie Gummieinsätze sind mit Rillen profiliert. Zudem ist der Gummieinsatz mit einem Gefälle zum Schlitz versehen. Unterhalb der Gummieinsätze befinden sich in den Schlitzen Dichtungsklappen (Abb. 13) aus Kunststoff.

### Managementempfehlungen

Die Bodenelemente sollten mindestens alle zwei Stunden abgeschoben werden. Vor der Entmistung muss die Oberfläche befeuchtet werden, damit der Kot nicht antrocknet und sich die Spalten nicht zusetzen.
Die Dichtungsklappen müssen regelmäßig geprüft und gegebenenfalls ausgetauscht werden.

### Einsatz

Der Boden ist für Ställe mit Flüssigmistkanal geeignet und kann auch nachgerüstet werden. Bei Haltungsverfahren mit Einstreu und perforierten Laufflächen besteht die Gefahr, dass sich die Spalten zusetzen. Das Risiko steigt mit der Menge und Länge der Einstreu. Deshalb eignet sich dieser Boden nur für einstreulose bzw. einstreuarme Haltungsverfahren. Langstroh ist nicht geeignet. Dieser Boden wird von den Herstellern bisher nur für die Milchkuhhaltung angeboten. Prinzipiell ist er für jede Produktionsrichtung im Rinderbereich einsetzbar. Lediglich bei der Haltung von Kälbern ist die Spaltenweite anzupassen (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung 2021). Das Minderungspotenzial wird nur in Kombination mit einer regelmäßigen Reinigung erreicht, weshalb dieser Boden für Mastrinder und Jungrinder nicht in Einraumlaufställen, sondern nur in Haltungsverfahren mit separaten Laufgängen und perforierten Böden einsetzbar ist.

## 5.3 Gummiauflage mit reduziertem Schlitzanteil für perforierten Boden

### Funktionsprinzip

Der Schlitzanteil der Gummiauflage ist im Vergleich zu einem herkömmlichen, perforierten Boden um 75 % reduziert. Dies verringert den Gasaustausch mit dem Flüssigmistkanal.

Ein in die Auflagen eingearbeitetes Längs- und Quergefälle leitet den Harn in Kombination mit einem leichten Profil zügig zu den Schlitzen und in den darunterliegenden Flüssigmistkanal ab (Abb. 15).

Messungen unter Laborbedingungen ergaben eine Minderung der Ammoniakemissionen von 40 bis 50 % (Herstellerangabe 2019). Als Referenzsystem wurde ein Vollspaltenboden herangezogen. Es ist auch eine Reduktion der Geruchs- und Methanemissionen zu erwarten.

Für eine ausreichende Trittsicherheit sorgen das leichte Profil und das Mineral Korund, welches in das Gummi eingearbeitet ist.

Der auf der Bodenoberfläche verbleibende Kot wird mit mobilen oder stationären Schiebern regelmäßig abgeschoben.

### Bauliche Ausführung

Die Gummimatten werden auf handelsüblichen Spaltenbodenelementen festgedübelt (Abb. 16). Die profilierten Gummimatten haben ein Längs- und Quergefälle von ca. 3 % zu den Schlitzen.

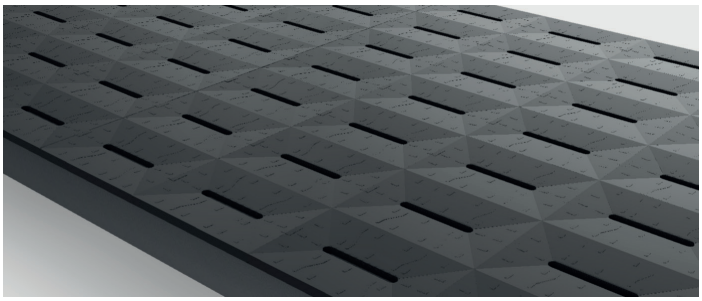


Abb. 15: Leicht profilierte Gummiauflage mit reduziertem Schlitzanteil (© KTBL)

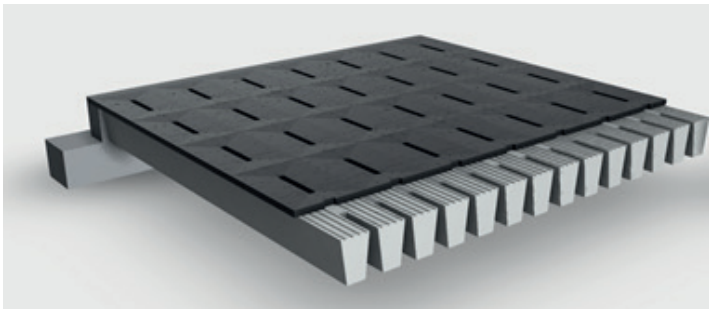


Abb. 16: Auf Spaltenbodenelementen verlegte Gummimatte mit reduziertem Schlitzanteil (© KTBL)

## Managementhinweise

Die Bodenelemente sollten mindestens alle zwei Stunden abgeschoben werden. Vor der Entmistung muss die Oberfläche befeuchtet werden, um ein besseres Reinigungsergebnis zu erzielen.

## Einsatz

Die Gummimatte ist für alle Ställe mit perforierten Laufgängen geeignet und kann auch nachgerüstet werden. Ein bestehender perforierter Boden mit Flüssigmistkanal ist Voraussetzung. Die Matten können in Eigenleistung auf vorhandenen, gereinigten Bodenelementen verlegt werden.

Bei Haltungsverfahren mit Einstreu besteht die Gefahr, dass sich die Spalten zusetzen. Das Risiko steigt mit der Menge und Länge der Einstreu. Deshalb eignet sich dieser Boden nur für einstreulose bzw. einstreuarme Haltungsverfahren. Langstroh ist nicht geeignet. Dieser Bodentyp ist für jede Produktionsrichtung im Rinderbereich vorstellbar, wird aber von den Herstellern bisher nur für Milchkühe angeboten. Bei der Haltung von Kälbern ist die Spaltenweite anzupassen (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung 2021). Das Minderungspotenzial wird nur in Kombination mit einer regelmäßigen Reinigung erreicht, weshalb dieser Boden für Mastrinder und Jungrinder nicht in Einraumlaufställen, sondern nur in Haltungsverfahren mit separaten Laufgängen und perforierten Böden einsetzbar ist.

## 5.4 Gummiauflage mit konvexer Wölbung für perforierten Boden

### Funktionsprinzip

Die Gummiauflage weist eine konvexe Wölbung (5 bis 7 % Gefälle) zu den Schlitzen auf (Abb. 17), wodurch der Harn zügig in den darunterliegenden Flüssigmistkanal abgeleitet und so kurzzeitig vom Kot getrennt wird. Der auf der Bodenoberfläche verbleibende Kot wird mit flexiblen Schieberblättern regelmäßig abgeschoben.

Niederländischen Messungen zufolge beträgt die Minderung der Ammoniakemissionen etwa 38 % (IenW 2021a). Zudem ist eine Reduktion der Geruchsemissionen zu erwarten.

Noppen an der Unterseite sorgen dafür, dass sich das Material unter Druck verformt und die Auflagen gut begehbar sind.

Abb. 17: Gummiauflage mit konvexer Wölbung zum Schlitz für perforierte Böden; seitliche Ansicht (© KTBL)

### Bauliche Ausführung

Die Gummimatten werden auf handelsüblichen Spaltenbodenelementen verlegt (Abb. 18), eine Auflage deckt zwei konventionelle Spaltenbodenelemente ab. Die Auflage wird befestigt, indem sie in die Schlitze der Spaltenbodenelemente gesteckt wird, es ist keine zusätzliche Befestigung notwendig.

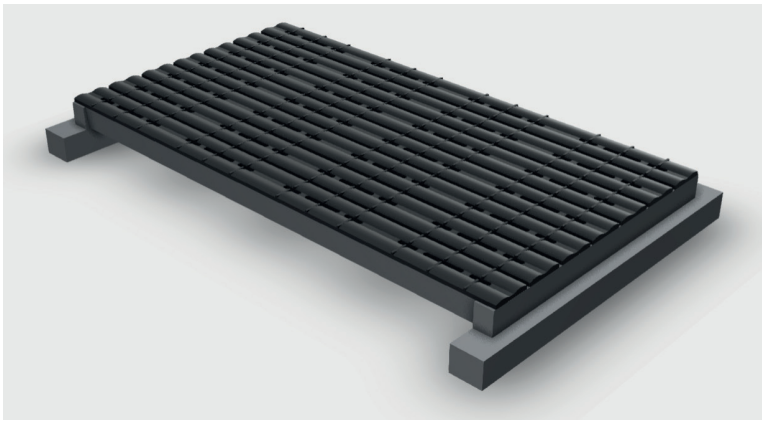


Abb. 18: Gummiauflage mit konvexer Wölbung zum Schlitz; Aufsicht (© KTBL)

### Managementempfehlungen

Die Bodenelemente sollten mindestens alle zwei Stunden gereinigt werden. Hierbei ist ein flexibles Schieberblatt für das Reinigungsgerät erforderlich, um den Wölbungen der Gummiauflage zu folgen und eine bessere Reinigung zu erzielen.

Vor der Entmistung muss die Oberfläche befeuchtet werden, damit der Kot nicht antrocknet und sich die Spalten nicht zusetzen.

### Einsatz

Die Gummiauflage ist für alle Ställe mit perforierten Laufgängen geeignet und kann auch nachgerüstet werden. Die Matten können in Eigenleistung auf vorhandenen perforierten, gereinigten Laufgängen verlegt werden.

Bei Haltungsverfahren mit Einstreu und perforierten Laufflächen besteht die Gefahr, dass sich die Spalten zusetzen. Deshalb eignet sich dieser Boden nur für einstreulose bzw. einstreuarme Haltungsverfahren. Langstroh ist nicht geeignet. Dieser Boden ist prinzipiell für jede Produktionsrichtung im Rinderbereich vorstellbar, bisher von den Herstellern aber nur für Milchkühe angeboten. Bei der Haltung von Kälbern ist die Spaltenweite anzupassen (Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung 2021). Das Minderungspotenzial wird in Kombination mit einer regelmäßigen Reinigung erreicht, weshalb dieser Boden für Mastrinder und Jungrinder nicht in Einraumlaufställen, sondern nur in Haltungsverfahren mit separaten Laufgängen und perforierten Böden einsetzbar ist.

## 5.5 Planbefestigter Boden mit Gefälle und Harnsammelrinne

### Funktionsprinzip

Durch das Quergefälle des Bodens und eine im Boden integrierte Harnrinne fließt der Harn zügig ab und wird kurzzeitig vom Kot getrennt (Abb. 19). Der zurückbleibende Kot wird von einem dem Oberflächenprofil des Bodens angepassten Schieber regelmäßig entfernt und in einem Schacht abgeworfen. Ein Schieberaufsatz hält den Schlitz der Rinne von Verstopfungen frei. Der Antrieb erfolgt über Seil- oder Kettenzugtechnik mit automatischer Steuerung.

Laut Emissionsmessungen und Experteneinschätzungen werden die Ammoniakemissionen um 20 bis 38 % gemindert (VDI 3894 Blatt 1, Zähner et al. 2017, IenW 2021b). Die emissionsmindernde Wirkung wird nur in einstreulosen oder einstreuarmen Haltungsverfahren ohne Langstroh erreicht, weil ansonsten die Harnableitung behindert wird.

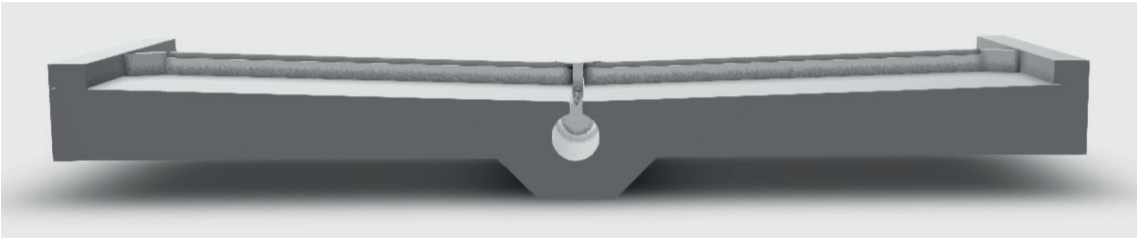


Abb. 19: Planbefestigter Boden mit Quergefälle und Harnsammelrinne (© KTBL)

### Bauliche Ausführung

Der planbefestigte Boden ist je nach Ausführung mit einem Quergefälle von mindestens 2 % und einer im Laufgang mittig befindlichen Harnsammelrinne versehen. Die Laufgangoberfläche besteht entweder aus Beton oder aus einer Gummimatte. Ein Flüssigmistkanal ist nicht erforderlich; je nach Produkt ist jedoch das Verlegen auf einem bereits vorhandenen Flüssigmistkanal möglich. Der Schieber ist dem Querschnitt angepasst und hat einen Aufsatz zur Räumung der Harnrinne (Abb. 20).

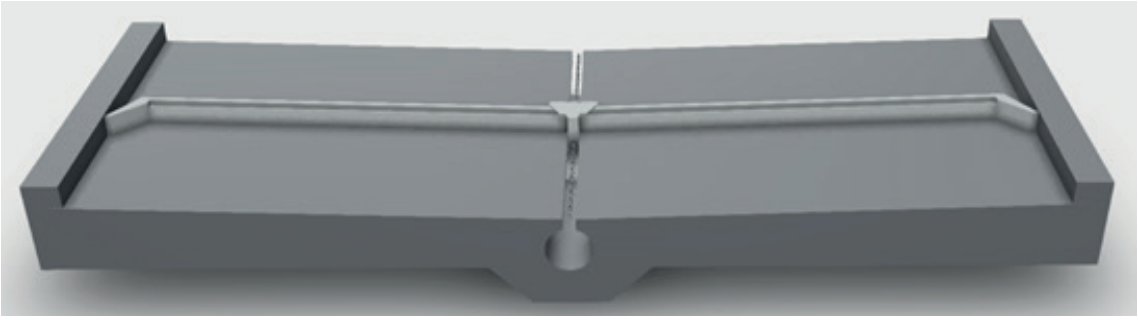


Abb. 20: Planbefestigter Boden mit Quergefälle, Harnrinne und angepasstem Entmistungsschieber (© KTBL)

### Managementhinweise

Die Bodenelemente sollten mindestens alle zwei Stunden abgeschoben werden. Zwingend erforderlich für die Funktionssicherheit ist ein Schieberaufsatz, der die Harnrinne reinigt.

### Einsatz

Der Stallboden ist für Neubauten geeignet. Für Umbauten ist der Einsatz eingeschränkt möglich. Der Einsatz dieses Stallbodens erfolgt bisher nur bei Milchkühen, ist aber für jede Produktionsrichtung im Rinderbereich vorstellbar.

## 5.6 Planbefestigter Boden mit Profil

### Funktionsprinzip

Der planbefestigte Boden verfügt über Stege und Längsrinnen, wobei die Oberfläche der Stege wiederum ein eigenes Profil mit Querrinnen und beidseitigem Gefälle aufweist (Abb. 21). Der Harn sammelt sich in den Längsrillen und wird daraus abgeleitet.

Der Kot wird von einem Schieber entfernt und in einem Schacht abgeworfen. Der Antrieb erfolgt über Seil- oder Kettenzugtechnik mit automatischer Steuerung.

Niederländischen Messungen zufolge wird eine Reduktion der Ammoniakemissionen um 31 bis 35 % erzielt (Winkel et al. 2020). Die emissionsmindernde Wirkung wird nur in einstreulosen oder einstreuarmen Haltungsverfahren ohne Langstroh erreicht, weil ansonsten die Harnableitung behindert wird.

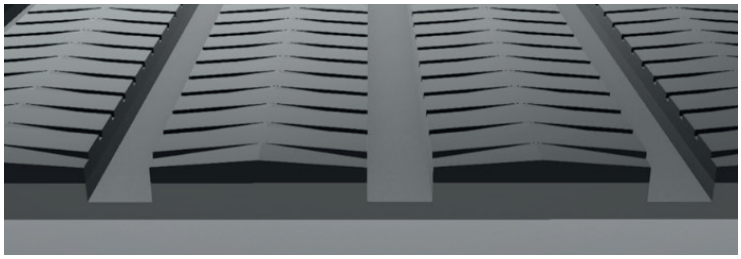


Abb. 21: Planbefestigter Rillenboden mit Profil (© KTBL)

## Bauliche Ausführung

Der planbefestigte Boden (Abb. 22) besteht aus einer profilierten Oberfläche, in die die Rillen eingearbeitet sind. Flüssigkeiten werden durch ein beidseitiges Gefälle des Oberflächenprofils von 3 bis 4 % zu den Rillen hin zügig abgeleitet. Der Boden ist entweder mit Gummimatten oder mit Gummieinlagen im Oberflächenprofil ausgestattet. Die Gummimatten sind auf der Unterseite mit Noppen versehen, wodurch sich das Material bei Belastung verformt und somit gut begehbar ist.

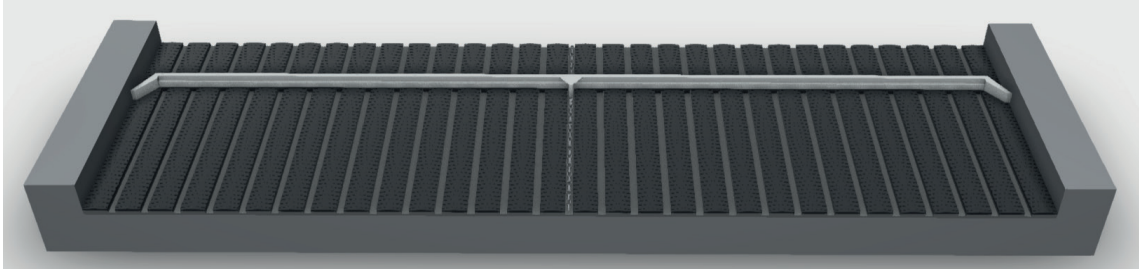


Abb. 22: Planbefestigter Rillenboden mit Profil und Schieber (© KTBL)

## Managementhinweise

Der Boden ist mindestens alle zwei Stunden mit einem stationären Schieber zu reinigen. Der Schieber muss eine an die Rillenform angepasste Schieberlippe aufweisen. Um das Antrocknen des Kots zu verhindern, wird eine Befeuchtung der Lauffläche vorausgesetzt.

## Einsatz

Der Stallboden ist für Neubauten geeignet. Für Umbauten ist der Einsatz eingeschränkt möglich. Der Einsatz dieses Stallbodens erfolgt bisher nur bei Milchkühen.

# 6 Fütterungssysteme für nährstoffreduzierte Phasenfütterung (Schweinehaltung)

Durch den Einsatz einer an den Bedarf der Tiere angepassten und nährstoffreduzierten Fütterung können die Stickstoffausscheidungen der Tiere und die Ammoniakemissionen effektiv gemindert werden. Die Reduktion der Ammoniakemissionen beträgt je nach Umfang der Nährstoffreduzierung 20 bis 40 % (VDI 3894). Die nährstoffreduzierte Fütterung entspricht der besten verfügbaren Technik (BVT) gemäß BVT-Schlussfolgerungen (EU 2017) und dem Stand der Technik nach TA Luft (2021).

Zur Differenzierung der Fütterung nach Lebendmasse und Leistung werden verschiedene Verfahren der Phasenfütterung mit separaten Futtermischungen für einzelne Mastabschnitte (z. B. Vor-, Anfangs-, Haupt- und Endmast) oder die Multiphasenfütterung (laufende Anpassung der Fütterung) eingesetzt.

## Aufbau und Funktionsbeschreibung

### Mehrphasenfütterung

Bei einer Mehrphasenfütterung (zwei bis drei Phasen, i. d. R. Trockenfütterung) wird zwischen zwei Anlagenvarianten unterschieden. Entweder werden in einem einzigen Verteilkreislauf (meist Rohrkettenförderer) nacheinander mehrere verschiedene bereits vorgemischte Futtermischungen ausgetragen (Abb. 23) oder verschiedene Futtermischungen werden über zwei oder drei parallel installierte Futterverteilkreisläufe transportiert (Abb. 24).

Bei beiden Systemen werden beim Verteilvorgang nur die Ausdosierventile über den jeweils vorgesehenen Futterautomaten geöffnet, die übrigen bleiben geschlossen.

Vorteil des Systems mit mehreren Verteilkreisläufen ist die parallele und damit vor allem bei großen Ställen schnellere Futterverteilung. Zudem findet kein Verschleppen verschiedener Futtermischungen in einem Verteilkreislauf statt.

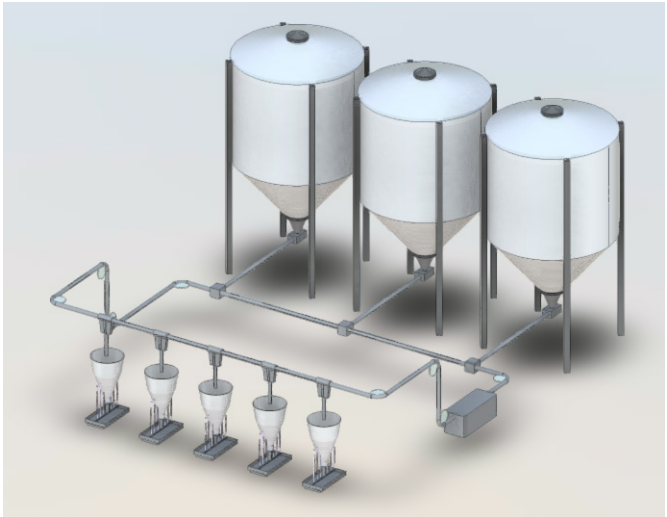


Abb. 23: Grundprinzip einer mehrphasigen Fütterung mit einem Verteilsystem (© KTBL)

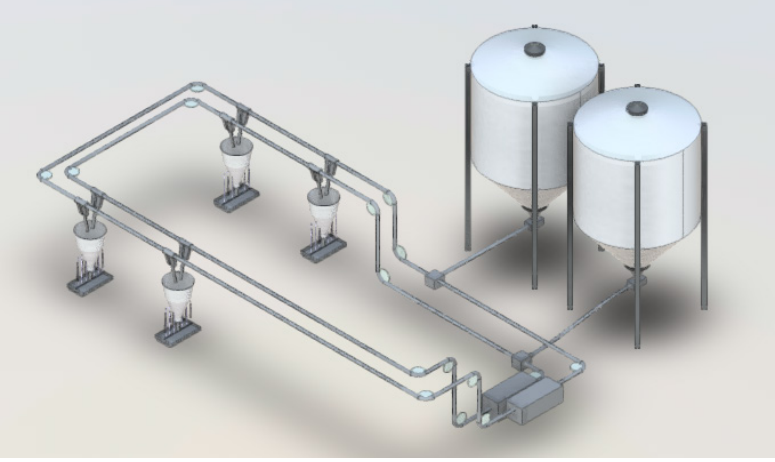


Abb. 24: Grundprinzip einer 2-phasigen Fütterung mit zwei parallel angeordneten Verteilsystemen (© KTBL)

## Multiphasenfütterung

Bei der Multiphasenfütterung – viele Abstufungen bis zu tagesangepasst möglich, Trocken- oder Flüssigfütterung – werden i. d. R. die in mehreren Silos gelagerten Einzelkomponenten oder verschiedenen Futtervormischungen in einen Mischbehälter nach Gewicht eindosiert und jeweils für eine Charge (z. B. für wenige Buchten oder auch nur eine Bucht) angemischt. Für die Verteilung ist ein Verteilkreislauf ausreichend (Abb. 25).

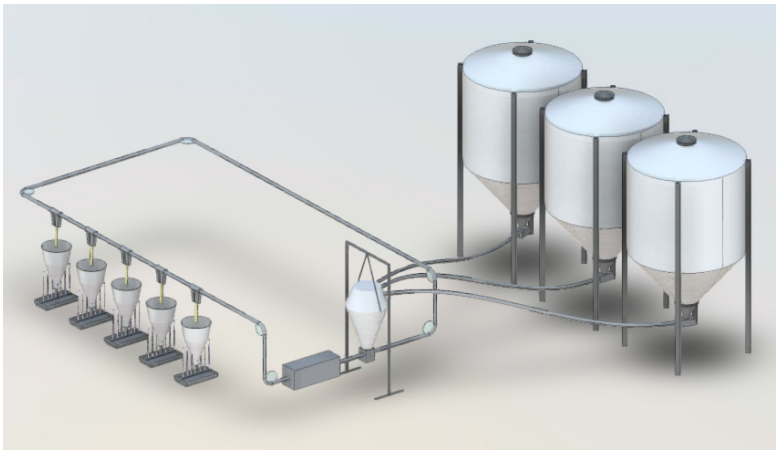


Abb. 25: Grundprinzip einer Multiphasenfütterung mit einem Chargenmischer und Verteilung über ein Verteilsystem (© KTBL)

## Ausführungshinweise / besondere Kennzeichen

Neben den aufgeführten Grundprinzipien beim Verteilsystem gibt es auch Varianten:

- Das Verteilsystem kann aufgeteilt sein in ein zentrales ringförmiges Hauptverteilsystem mit angeschlossenen Unterverteilsystemen, z. B. für Abteile.
- Bei der Flüssigfütterung werden neben Ringleitungen auch Stichleitungen eingesetzt, die z. B. ein Abteil versorgen und in denen das Futter nur nachgedrückt wird. Stichleitungen können sowohl zentral von der Mischanlage ausgeführt werden als auch als Unterverteilsystem an eine Ringleitung angeschlossen sein.

- Für jeden Stall ist in der Regel eine eigene Mehr- oder Multiphasenfütterung vorgesehen. Auch bei großen Ställen ist eine Anlage je Stall meist ausreichend. Hier kann dann mit Unterverteilsystemen die technisch begrenzte Wegelänge der Verteilanlage erweitert werden.
- Bei kleinen Ställen, z. B. bei schrittweise gewachsenen Stallanlagen, kann eine Mehr- oder Multiphasenfütterung auch mehrere Stallgebäude versorgen.
- Auch bei großen Stallanlagen mit mehreren Gebäuden kann ein Verteilsystem bis zur Auslastung der Verteilkapazität mehrere Stallgebäude versorgen.
- Bei Mehrphasenfütterung ist für jede Mischung normalerweise ein Vorratssilo ausreichend. Bei großen Anlagen können es auch zwei oder mehr je Mischung sein, die umschichtig geleert und nachgefüllt werden.
- Multiphasenfütterungsanlagen, die mit vielen Einzelkomponenten arbeiten, können auch 5 und mehr Einzelsilos mit je nach Anteil an der Mischung deutlich unterschiedlicher Größe haben.
- Für Mehrphasen- und Multiphasenfütterung mit Vormischungen ist die Lagerung in Außensilos ausreichend. Multiphasenfütterung mit Komponenten erfordert eine zumindest teilweise Innenlagerung für empfindliche Komponenten.

Für eine Förderung im Agrarinvestitionsförderungsprogramm sind folgende Mindestanforderungen an die Fütterungssysteme zu stellen, um die Futtermittelsicherheit zu gewährleisten und eine kontrollierte genaue Fütterung zu ermöglichen:

1. Die Lagerstätten und Lagersilos, insbesondere bei Außenlagerung, müssen so ausgeführt und dimensioniert sein, dass – zur Vermeidung von Schimmelbildung – Anhaftungen und Kondenswasserbildung vermieden und die Lagerzeit kurz gehalten werden. Die Futterlager müssen für eine Reinigung zugänglich (z. B. Silos mit Einstiegsluke) und gegen Kontakt mit Schadnagern und Vögeln geschützt sein.
2. Fördertechniken und Verteilleitungen, Misch- und Dosieranlagen müssen so ausgeführt sein, dass Anhaftungen durch glatte Ausführung und Ansammlungen von Futterresten in Anlagenteilen vermieden werden. Wichtige Bereiche (z. B. Fördermaschine, Eckumlenkungen, Misch- und Dosieranlagen) müssen zur Reinigung zugänglich sein. Bei Trockenfutterverteilleitungen sind eingebaute Reinigungstechniken (z. B. Reinigungsbürsten) vorzusehen. Bei Trockenfütterung müssen die Fütterungseinrichtungen und Futterausläufe aus den Verteilleitungen von oben zu reinigen sein.
3. Flüssigfütterungsanlagen müssen automatische Reinigungsprogramme für die Mischbehälter und Ringleitungen aufweisen. Die Komponentenzuführungen müssen am Eintritt zum Mischbehälter vor Feuchtigkeit geschützt sein.
4. Die Anlagen der Futterlagerung und -verteilung müssen so konstruiert sein, dass die kritischen Punkte (HACCP – Hazard Analysis Critical Control Points) für die Kontrolle auf Verunreinigung und Probenahmen zugänglich sind.
5. Die Dosier- und Mischeinrichtungen müssen mit Einrichtungen für die Wägung oder mengenmäßige Durchflusserfassung sowie einer elektronischen Datenerfassung ausgestattet sein. Die Daten zu den Mengen und Gehalten der Futterkomponenten und den eingesetzten Mischungsverhältnissen müssen dokumentiert werden.

### Einsatz

In der Schweinehaltung werden Mehrphasen- und Multiphasenfütterungen vor allem bei Mastschweinen eingesetzt. Bei der Ferkelaufzucht ist nur einmal Futterwechsel üblich, bei der Sauenhaltung wird nur zwischen Futter für tragende und säugende Sauen unterschieden.

Eine Nachrüstung ist möglich. Dazu sind für eine Mehrphasenfütterung weitere Zuführungen aus zusätzlichen Futtersilos zu installieren, damit der vorhandene Verteilkreislauf mit mehreren verschiedenen Futtermischungen bzw. Komponenten beschickt werden kann. Es ist auch möglich, zusätzliche parallele Verteilkreisläufe für jeweils eine Futtermischung nachzurüsten.

Die Nachrüstung für eine Multiphasenfütterung ist durch Einbau eines Chargenmischers in das vorhandene Verteilsystem mit Zuführungen aus weiteren Futtersilos möglich. Flüssigfütterungsanlagen haben bereits einen zentralen Anmischbehälter mit Wiege- und Mischfunktion, der entsprechend erweitert genutzt oder nachgerüstet werden kann.

Bei allen Varianten sind dafür Steuerungen der Ausdosierventile an den Fütterungseinrichtungen und weitere Futtersilos nötig.

## 7 Güllekühlung (Schweinehaltung)

Zur Kühlung der Gülle können entweder Kühlleitungen verwendet werden, die in den Boden des Güllekanals einbetoniert werden, oder aber Schwimmkühlkörper, die v. a. die Temperatur an der Gülleoberfläche absenken. Die Güllekühlung zählt zu den emissionsmindernden Maßnahmen in der Schweinehaltung und entspricht der besten verfügbaren Technik (BVT) gemäß BVT-Schlussfolgerungen (EU 2017) und dem Stand der Technik nach TA Luft (2021).

### Funktionsprinzip

Durch das Absenken der Gülletemperatur werden die chemischen Prozesse in der Gülle verlangsamt – es emittiert weniger Ammoniak. Außerdem wird die Aktivität der Mikroorganismen und damit der Abbau der organischen Substanz gemindert. Aus diesem Grund sind durch die Güllekühlung auch geringere Geruchsemissionen zu erwarten.

Es stehen zwei verschiedene Verfahren zum Kühlen der Gülle zur Verfügung: Kühlleitungen (Abb. 26), die in die Kanalsohle einbetoniert werden, und Schwimmkühlkörper (Abb. 27), die in der Gülle aufschwimmen. Beide Varianten werden mit einer Wärmepumpe kombiniert, die es ermöglicht, die gewonnene Wärme an anderer Stelle zu nutzen (z. B. zum Heizen der Ställe oder Speicherung in einem Wärmespeicher). Als Kühlmittel dient in der Regel Wasser.

Die Minderung der Ammoniakemissionen beträgt je nach Verfahren und Kühlleistung 30 bis 60 % (ETA-Danmark 2017, Santonja et al. 2017).

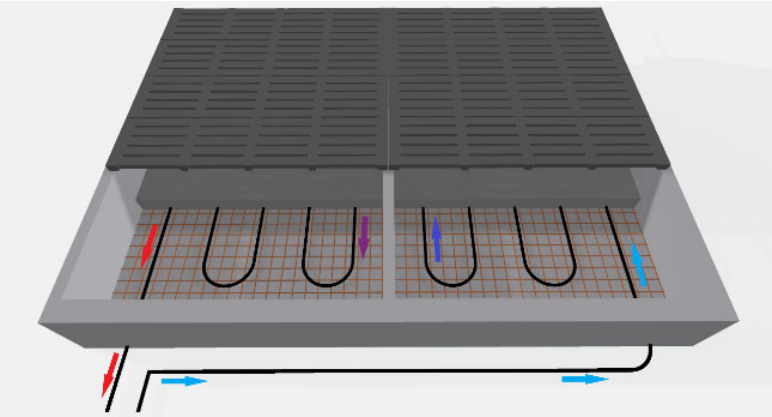


Abb. 26: Güllekühlung mittels im Boden verlegten, auf der Bewehrung aufliegenden Kühlleitungen (© KTBL)

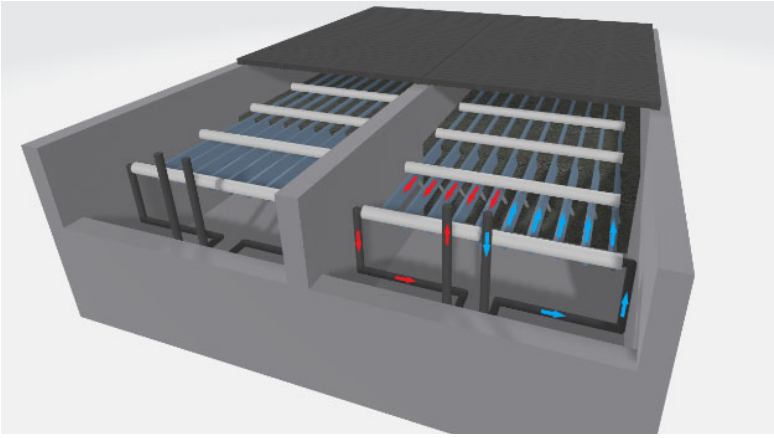


Abb. 27: Güllekühlung mittels Schwimmkühlkörpern (© KTBL)

## Bauliche Ausführung

**Kühlleitungen** werden in die mindestens 18 cm starke Bodenplatte einbetoniert, liegen auf der Bewehrung auf und sind 10 bis 12 cm mit Beton überdeckt. Ihre Verlegung erfolgt in einem Abstand von 35 bis 40 cm. Zum Einsatz kommen PE-Kühlleitungen mit einem Durchmesser von ca. 25 mm. Der Güllekanal sollte eine Tiefe von nicht mehr als 40 cm haben.

**Schwimmkühlkörper** schwimmen knapp unterhalb der Gülleoberfläche und decken diese nahezu vollständig ab. Für eine gleichmäßige Kühlung sind alle Schwimmkörper eines Güllekanals in Serie zu verbinden und eine Parallelverbindung zwischen den Güllekanälen herzustellen. Die Schwimmkörper bestehen aus Kunststoff oder Metall und müssen beständig gegen Korrosion und etwaige Güllezusätze sein. Weiter sollte die Ausrüstung eine Leckageerkennung und ein Ventil umfassen, das im Falle eines Wasserdruckabfalls in den Schwimmkühlkörpern die Wasserzufuhr unterbricht. Zur Dokumentation der Funktion sollte die Anlage Einrichtungen zum Erfassen und Aufzeichnen der Gülletemperatur zumindest in einzelnen Buchten von Abteilen, der Kühlleistung mit einem Energiezähler und der Betriebsstunden an der Wärmepumpe sowie eine Alarmeinrichtung aufweisen.

## Managementhinweise

Zur Minderung der Ammoniakemissionen sollte die Gülleoberfläche auf maximal 15 °C gekühlt werden. Durch eine weitere Temperaturabsenkung können auch Methan- und Geruchsemissionen gemindert werden.

Beim Einsatz von Kühlleitungen im Boden wird das Kühlen der Gülle auf eine Temperatur von 5 °C empfohlen, auch deutlicheres Kühlen auf unter 0 °C ist mit entsprechenden Kühlmitteln möglich, mindert jedoch die Effizienz der Wärmepumpe.

Die Spaltenbodenelemente sollten täglich mit einer Schieberentmistung gereinigt werden. Alternativ sollten die Güllekanäle regelmäßig entleert bzw. gespült werden, da die Kühlleistung der Wärmepumpen in der Regel nicht auf große Güllemengen ausgelegt ist. Bei Schwimmkühlkörpern wird die Kühlung der Gülleoberfläche durch die Güllemenge nicht beeinträchtigt, sodass dieses Verfahren auch bei der Lagerung von Gülle unter den Spalten (kein zusätzliches Außenlager) eingesetzt werden kann. Damit die Kühlkörper schwimmen können und Kontakt zur Gülle haben, dürfen die Güllekanäle nicht vollständig geleert werden.

## Einsatz

Die Güllekühlung kann in allen Abschnitten der Sauenhaltung, in der Ferkelaufzucht und der Schweinemast eingesetzt werden. Sie eignet sich insbesondere für Betriebe, die die gewonnene Wärme beispielsweise zum Heizen nutzen können. In den Niederlanden besteht unter Einhaltung einiger Vorgaben die Möglichkeit, die Güllekühlung mit Grundwasser vorzunehmen und das Wasser anschließend zurück in den Boden zu leiten. Ob und unter welchen Voraussetzungen eine Entnahme und Rückleitung von Grundwasser möglich ist, ist mit den Behörden vor Ort zu klären.

Kühlleitungen sind für die Nachrüstung weniger geeignet. Schwimmkühlkörper sind hingegen nachrüstbar, können jedoch aufgrund der Schwimmschichtbildung nicht in eingestreuten Ställen eingesetzt werden.

## Literatur

AwSV (2020): Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vom 18. April 2017 (BGBl. I S. 905), die durch Artikel 256 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist

ETA-Danmark (2017): Gyllekølings reducerende effekt på ammoniakog lugtemission. MELT indstilling – Optagelse på Miljøstyrelsens Teknologiliste. Nordhavn, ETA-Danmark, https://mst.dk/media/169086/indstilling-af-gyllekoeling-stalde-med-linespil-mediearkiv.pdf, Zugriff am 31.01.2022

EU (2017): Durchführungsbeschluss (EU) 2017/302 der Kommission vom 15. Februar 2017 über Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates in Bezug auf die Intensivhaltung oder -aufzucht von Geflügel oder Schweinen. Amtsblatt der Europäischen Kommission, L 43/231

IenW (2016a): Schuine wand in het mestkanaal voor gespeende biggen. https://www.infomil.nl/publish/pages/130041/bwl2016_01_schuine_wand_gespeende_biggen.pdf, Zugriff am 31.01.2022

IenW (2016b): Schuine wand in het mestkanaal voor kraamzeugen en vleesvarkens. https://www.infomil.nl/publish/pages/130041/bwl2016_02_schuine_wand_kraamzeugen_en_vleesvarkens.pdf, Zugriff am 31.01.2022

IenW (2016c): Schuine wand in het mestkanaal voor guste en dragende zeugen. https://www.infomil.nl/publish/pages/130041/bwl2016_03_schuine_wand_guste_en_dragende_zeugen.pdf, Zugriff am 31.01.2022

IenW (2021a): Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) – BWL 2017.06.V3. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW), Den Haag,https://www.infomil.nl/publish/pages/130041/bwl-2017-06-v3.pdf, Zugriff am 31.01.2022

IenW (2021b): Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) – bwl-2013-07-v4. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW), Den Haag, https://www.infomil.nl/publish/pages/130041/bwl-2013-07-v4.pdf, Zugriff am 31.01.2022

IenW (2021c): Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) – BWL2010.34.V10. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW), Den Haag, https://www.infomil.nl/publish/pages/130041/bwl-2010-34-v10.pdf, Zugriff am 31.01.2022

IenW (2021d): Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) – BWL 2010.35.V8. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW), Den Haag, https://www.infomil.nl/publish/pages/130041/bwl-2010-35-v8.pdf, Zugriff am 31.01.2022

KTBL (2006): Abluftreinigung für Tierhaltungsanlagen: Verfahren – Leistungen – Kosten. KTBL-Schrift 451, Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.

Landrain, B.; Ramonet, Y.; Quillien, J.-P.; Robin, P. (2009): Incidence de la mise en place d'un système de raclage en préfosse dans une porcherie d'engraissement sur caillebotis intégral sur les performances zootechniques et les émissions d'ammoniac et de protoxyde d'azote. http://www.journees-recherche-porcine.com/texte/2009/enviro/env01.pdf, Zugriff am 31.01.2022

Loussouarn, A.; Lagadec, S.; Robin, P.; Hassouna, M. (2014): Raclage en « V » : bilan environnemental et zootechnique lors de sept années de fonctionnement à Guernévez. http://www.journees-recherche-porcine. com/texte/2014/environnement/3E3.pdf, Zugriff am 31.01.2022

Santonja, G. G.; Geiorgitzikis, K.; Scalet, B. M.; Montobbio, P.; Roudier, S.; Sancho, L. D. (2017): Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control). EUR 28674 EN, Luxembourg, European Union

TA Luft (2021): Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft). AVwV vom 18. August 2021. Gemeinsames Ministerialblatt, 72. Jahrgang, Nr. 48-54, 14.09.2021

VDI 3894 Blatt 1 (2011): Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen, Haltungsverfahren und Emissionen Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde. Verein Deutscher Ingenieure e.V., Berlin, Beuth-Verlag

VERA (2021): Vera Verification-Statement – Meadow Floor (Slatted floor). VERA Verification, Verification of environmental technologies for agricultural production (VERA), Copenhagen, https://www.vera-verification.eu/app/uploads/sites/9/2021/05/Verification-Statement_Proflex-Meadow-Floor-final-1.pdf, Zugriff am 31.01.2022

Winkel, A.; Bokma, S.; Hol, J.; Blanken, K. (2020): Ammonia emission of the MeadowFloor CL for dairy barns – A case-control study in the Environmental Research Barn of Dairy Campus. Report, Wageningen Livestock Research, Wageningen

Zähner, M.; Poteko, J.; Zeyer, K.; Schrade, S. (2017): Laufflächengestaltung: Emissionsminderung und verfahrenstechnische Aspekte – erste Ergebnisse aus dem Emissionsversuchsstall Tänikon. Bautagung Raumberg-Gumpenstein, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein (HBLFA)

## Autoren

Franziska Christ, Stephan Fritzsche, Ewald Grimm, Dr. Katrin Wagner, Selina Zang, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt

**Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)**
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt
Telefon: +49 6151 7001-0
E-Mail: ktbl@ktbl.de | www.ktbl.de

Eingetragen im Vereinsregister beim Amtsgericht Darmstadt, Aktenzeichen 8 VR 1351
Vereinspräsident: Prof. Dr. Eberhard Hartung
Geschäftsführer: Dr. Martin Kunisch
Verantwortlich im Sinne des Presserechts: Dr. Martin Kunisch

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Text das generische Maskulinum verwendet.

© KTBL 2022