

**DIN 18910**

ICS 65.040.10

Ersatz für  
DIN 18910-1:2004-11**Wärmeschutz geschlossener Ställe –  
Wärmedämmung und Lüftung –  
Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete  
Ställe**

Thermal insulation for closed livestock buildings –  
Thermal insulation and ventilation –  
Principles for planning and design for closed ventilated livestock buildings

Protection thermique pour étables fermées –  
Isolation thermique et ventilation –  
Principes de planification et de calcul pour étables fermées aérées

Gesamtumfang 42 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

# Inhalt

|                                                                                                       | Seite |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Vorwort .....                                                                                         | 4     |
| Einleitung .....                                                                                      | 5     |
| 1 Anwendungsbereich.....                                                                              | 6     |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                                        | 6     |
| 3 Begriffe .....                                                                                      | 6     |
| 4 Symbole, Abkürzungen, Formelzeichen und Indizes .....                                               | 8     |
| 5 Anforderungen .....                                                                                 | 9     |
| 5.1 Temperatur und relative Luftfeuchte der Stallluft .....                                           | 9     |
| 5.2 Kohlenstoffdioxidgehalt der Stallluft.....                                                        | 10    |
| 5.3 Stalllüftung.....                                                                                 | 10    |
| 5.4 Schutz der Bauteile gegen Feuchte.....                                                            | 10    |
| 6 Berechnungsgrundlagen.....                                                                          | 10    |
| 6.1 Stallbesatz .....                                                                                 | 10    |
| 6.2 Wasserdampf- und Kohlenstoffdioxidmassenstrom sowie Wärmestrom .....                              | 11    |
| 6.3 Temperatur und relative Luftfeuchte der Außenluft im Winter.....                                  | 11    |
| 6.4 Temperatur der Luft der an den Stall grenzenden Räume.....                                        | 11    |
| 6.5 Kohlenstoffdioxidgehalt der Außenluft .....                                                       | 11    |
| 6.6 Luftdruck .....                                                                                   | 11    |
| 6.7 Oberflächenkondensat .....                                                                        | 12    |
| 6.8 Wärmetechnische Bemessungswerte .....                                                             | 12    |
| 7 Berechnungsverfahren zur Bemessung der Lüftungsanlage und der Wärmedämmung.....                     | 12    |
| 7.1 Allgemeines .....                                                                                 | 12    |
| 7.1.1 Lüftung im Winter .....                                                                         | 12    |
| 7.1.2 Lüftung im Sommer.....                                                                          | 12    |
| 7.1.3 Wärmedämmung.....                                                                               | 13    |
| 7.2 Bemessung des Luftmassenstroms .....                                                              | 13    |
| 7.2.1 Luftmassenstrom im Winter.....                                                                  | 13    |
| 7.2.2 Luftmassenstrom im Sommer.....                                                                  | 14    |
| 7.2.3 Umrechnung von Luftmassenstrom auf Luftvolumenstrom.....                                        | 15    |
| 7.3 Bemessung der Wärmedämmung .....                                                                  | 15    |
| 7.4 Berechnung der Wärmeströme.....                                                                   | 16    |
| 7.4.1 Lüftungswärmestrom im Winter .....                                                              | 16    |
| 7.4.2 Transmissionswärmestrom .....                                                                   | 16    |
| 7.5 Bilanzierung der Wärmeströme .....                                                                | 19    |
| 7.5.1 Aufstellung der Wärmestrombilanz .....                                                          | 19    |
| 7.5.2 Zulässiger Transmissionswärmestrom in Ställen ohne Heizung .....                                | 19    |
| Anhang A (informativ) Beispielhafte Berechnung der tierphysiologischen Daten.....                     | 31    |
| A.1 Berechnungsmethode der tierphysiologischen Daten .....                                            | 31    |
| A.1.1 Allgemeines .....                                                                               | 31    |
| A.1.2 Schritt 1: Berechnung der Gesamtwärmeproduktion.....                                            | 31    |
| A.1.3 Schritt 2: Korrektur der Gesamtwärmeproduktion auf Umgebungstemperatur .....                    | 32    |
| A.1.4 Schritt 3: Berechnung der sensiblen Wärmeproduktion.....                                        | 32    |
| A.1.5 Schritt 4: Berechnung der latenten Wärmeproduktion zur Bestimmung der<br>Wasserdampfabgabe..... | 32    |
| A.1.6 Schritt 5: Berechnung der Kohlenstoffdioxidproduktion.....                                      | 33    |
| Literaturhinweise.....                                                                                | 42    |

**Tabellen**

|                                                                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabelle 1</b> — Übersicht verwendeter Zeichen, Bedeutung der Einheiten im Sinne dieser Norm .....                                                                                         | 8  |
| <b>Tabelle 2</b> — Rinderställe; Temperatur $\theta_i$ der Stallluft.....                                                                                                                    | 20 |
| <b>Tabelle 3</b> — Schweineställe; Temperatur $\theta_i$ der Stallluft.....                                                                                                                  | 20 |
| <b>Tabelle 4</b> — Geflügelställe; Temperatur $\theta_i$ der Stallluft.....                                                                                                                  | 21 |
| <b>Tabelle 5</b> — Pferdeställe; Temperatur $\theta_i$ der Stallluft .....                                                                                                                   | 21 |
| <b>Tabelle 6</b> — Rinderställe - Wasserdampf- und Kohlenstoffdioxidmassenstrom sowie Wärmeströme .....                                                                                      | 22 |
| <b>Tabelle 7</b> — Schweineställe - Wasserdampf- und Kohlenstoffdioxidmassenstrom sowie Wärmeströme .....                                                                                    | 23 |
| <b>Tabelle 8</b> — Geflügelställe - Wasserdampf- und Kohlenstoffdioxidmassenstrom sowie Wärmeströme .....                                                                                    | 24 |
| <b>Tabelle 9</b> — Pferdeställe - Wasserdampf- und Kohlenstoffdioxidmassenstrom sowie Wärmeströme .....                                                                                      | 25 |
| <b>Tabelle 10</b> — Temperaturen $\theta_R$ der an den Stall grenzenden Räume .....                                                                                                          | 25 |
| <b>Tabelle 11</b> — Kategorien und Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit des Erdreiches $\lambda_E$ nach DIN EN ISO 13370 .....                                                                 | 25 |
| <b>Tabelle 12</b> — Wärmedurchgangskoeffizient der Bodenplatte $U_0$ .....                                                                                                                   | 26 |
| <b>Tabelle 13</b> — Wasserdampfgehalt und Dichte der Luft im Sättigungszustand bei 1 000 hPa .....                                                                                           | 28 |
| <b>Tabelle 14</b> — Taupunkttemperatur $\theta_s$ in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte .....                                                                                        | 29 |
| <b>Tabelle 15</b> — Temperaturdifferenz $\Delta\theta_{zul}$ zwischen Stall- und Außenluft im Sommer .....                                                                                   | 29 |
| <b>Tabelle 16</b> — Wasserdampf- und Kohlenstoffdioxidmassenstrom für verschiedene Brennstoffe .....                                                                                         | 29 |
| <b>Tabelle A.1</b> — Kalkulationsvorgaben für die Ableitung der tierphysiologischen Daten .....                                                                                              | 34 |
| <b>Tabelle A.2</b> — Fütterungsfaktor F zur Berücksichtigung der Fütterung bei der Formel A.2 Gesamtwärmeproduktion für Mastschweine (Mittelwert für den jeweiligen Gewichtsabschnitt) ..... | 37 |
| <b>Tabelle A.3</b> — Tierartspezifische Gradienten in der Formel A.3 zur Korrektur der Gesamtwärmeproduktion für alle Tierarten.....                                                         | 37 |
| <b>Tabelle A.4</b> — Beispielhafte Planungswerte für Luftvolumenströme in Rinderställen.....                                                                                                 | 38 |
| <b>Tabelle A.5</b> — Beispielhafte Planungswerte für Luftvolumenströme in Schweineställen.....                                                                                               | 39 |
| <b>Tabelle A.6</b> — Beispielhafte Planungswerte für Luftvolumenströme in Geflügelställen .....                                                                                              | 40 |
| <b>Tabelle A.7</b> — Beispielhafte Planungswerte für Luftvolumenströme in Pferdeställen .....                                                                                                | 41 |

**Bilder**

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| <b>Bild 1</b> — Wintertemperaturkarte..... | 30 |
|--------------------------------------------|----|

## **Vorwort**

Diese Norm wurde vom Arbeitsausschuss NA 005-01-32 AA „Stallklima“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) erarbeitet.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

## **Änderungen**

Gegenüber DIN 18910-1:2004-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Angabe der Teilnummer entfällt;
- b) Modifizierung der Luftratenberechnung (Entfall der differenzierten Sommertemperaturzonen, Berücksichtigung von Kühlung);
- c) Modifizierung der tierphysiologischen Daten (entsprechend den CIGR-Veröffentlichungen aus den Jahren 2002 [1] und 2008 [2]).

## **Frühere Ausgaben**

DIN 18910: 1974-10, 1992-05  
DIN 18910-1: 2004-11

## Einleitung

Die vorliegende Norm dient in erster Linie dem vorbeugenden Gebäudeschutz von Tierställen. Die Planungsschritte sollen sicherstellen, dass der Wasserdampf im Winter aus dem Stall abgeführt wird. Gleichzeitig soll den im Stall befindlichen Tieren und Menschen ganzjährig eine zufriedenstellende Luftqualität bereitgestellt werden.

Für die Aufstellung der dazu erforderlichen Wärmebilanzen sind Berechnungen

- zum Tierbesatz;
- zum Lüftungswärmestrom;
- zum Transmissionswärmestrom

unter Winter- und Sommerbedingungen erforderlich.

Planung und Dimensionierung im Sinne dieser Norm (und der zugrundeliegenden Rechengänge) orientieren sich an extremen Einsatzbedingungen, zum Beispiel am minimalen Tierbesatz im „Winter“ und dem maximalen Tierbesatz im „Sommer“. Alle Zwischenzustände sollen durch die Einstellungsmöglichkeiten der Lüftungsanlage - entsprechend des momentanen Bedarfes - vorgenommen werden können.

Der Rechengang der DIN 18910 soll es ermöglichen, die große Individualität der verschiedenen Stallanlagen bei der Planung zu berücksichtigen. In der Konsequenz sind die in den Tabellen A.4 bis A.7 aufgeführten Luftraten lediglich „Fallbeispiele“, deren Übertragbarkeit auf den konkreten Stall im Einzelfall zu prüfen ist.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die Planung geschlossener, wärmegeprägter Rinder-, Schweine-, Geflügel- und Pferdeställe, bei denen der Luftaustausch vorzugsweise durch Ventilatoren (Zwangslüftung) erfolgt. Die Norm enthält auf der Basis der Wasserdampf-, Kohlenstoffdioxid- und Wärmestrombilanz Festlegungen zur Berechnung des Luftmassenstroms im Winter und Sommer und der Wärmedämmung der Bauteile des Stalles. Sie gibt Anweisungen für die Bemessung des Feuchtigkeitsschutzes der raumumschließenden Bauteile.

Diese Norm gilt nicht für Ställe, deren konstruktiver Wärmeschutz so gering ist, dass damit keine wesentliche Beeinflussung der Stalllufttemperatur erreicht werden kann.

Die konkrete Ausführung sowie die Einstellung und Handhabung von raumluftechnischen oder heiztechnischen Anlagen sind nicht Gegenstand dieser Norm.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 4108-2, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz*

DIN 4108-4, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 4: Wärme- und feuchte-schutztechnische Bemessungswerte*

DIN EN 12831, *Heizungsanlagen in Gebäuden — Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast*

DIN EN ISO 13370:2008-04, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden — Wärmeübertragung über das Erdreich — Berechnungsverfahren (ISO 13370:2007); Deutsche Fassung EN ISO 13370:2007*

## 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

### 3.1

#### **Abluft**

Luft, die aus dem Raum geführt wird

### 3.2

#### **Fortluft**

Abluft, die ins Freie abströmt

### 3.3

#### **Kernkondensat**

Feuchte, die im Innern der Bauteile anfällt, wenn diffundierender Wasserdampf kondensiert, entweder infolge Abkühlung unterhalb des Taupunkts oder wenn der Dampfteildruck im Bauteil den Sättigungsdruck erreicht hat

### 3.4

#### **Kohlenstoffdioxidbilanz**

<Wärmeschutz geschlossener Ställe> Bilanz aus den dem Stall zugeführten, im Stall anfallenden und aus dem Stall fortgeführten Massenströmen des Kohlenstoffdioxids

**3.5****Luftmassenstrom im Stall** $\dot{m}_L$ 

Luftmasse, die in einer Stunde zwischen dem Stall und seiner Umgebung ausgetauscht wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Zuluft, Abluft, Fortluft.

**3.6****Lüftungswärmestrom** $\phi_L$ 

thermische Leistung, die erforderlich ist, um den Luftmassenstrom im Winter von Außenlufttemperatur auf Stalllufttemperatur zu erwärmen

**3.7****Luftwechselzahl**

Quotient aus Zuluftvolumenstrom und Raumvolumen

**3.8****Taupunkttemperatur der Luft** $\theta_S$ 

Temperatur, bei der der vorhandene Wasserdampfgehalt der Luft durch Abkühlen den Sättigungszustand erreicht (relative Luftfeuchte = 100 %)

Anmerkung 1 zum Begriff: Wird Luft unter ihre Taupunkttemperatur abgekühlt, so kondensiert der überschüssige Wasserdampf.

**3.9****Transmissionswärmestrom** $\phi_T$ 

Wärmestrom durch die raumumschließenden Bauteile

**3.10****Wärmestrombilanz**

Bilanz aus den dem Stall zugeführten, im Stall anfallenden und aus dem Stall fortgeführten Strömen sensibler Wärme

**3.11****Wasserdampfbilanz**

Bilanz aus den dem Stall zugeführten, im Stall anfallenden und aus dem Stall fortgeführten Massenströmen des Wasserdampfes

**3.12****Zuluft**

gesamte dem Raum zuströmende Luft (vom Raum aus betrachtet)

#### 4 Symbole, Abkürzungen, Formelzeichen und Indizes

**Tabelle 1 — Übersicht verwendeter Zeichen, Bedeutung der Einheiten im Sinne dieser Norm**

| Spalte | 1              | 2                                                                                                                   | 3                                         |
|--------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Zeile  | Zeichen        | Bedeutung                                                                                                           | Einheit                                   |
| 1      | $A$            | Fläche                                                                                                              | $\text{m}^2$                              |
| 2      | $B'$           | charakteristisches Bodenplattenmaß                                                                                  | m                                         |
| 3      | $c_{p,L}$      | spezifische Wärmekapazität von Luft <sup>a</sup>                                                                    | $\text{Wh kg}^{-1} \text{K}^{-1}$         |
| 4      | $d$            | wirksame Dicke                                                                                                      | m                                         |
| 5      | $f$            | Verhältnis von täglich zugeführter metabolischer Futterenergie zum Erhaltungsbedarf (bei Ferkeln und Mastschweinen) | –                                         |
| 6      | $F$            | Fütterungsfaktor (bei Ferkeln und Mastschweinen)                                                                    | –                                         |
| 7      | $G$            | tierartspezifischer Gradient nach Tabelle A.3                                                                       | $\text{K}^{-1}$                           |
| 8      | $K$            | Kohlenstoffdioxidgehalt <sup>a</sup>                                                                                | $\text{g kg}^{-1}$                        |
| 9      | $\dot{K}$      | Kohlenstoffdioxidmassenstrom                                                                                        | $\text{g h}^{-1}$                         |
| 10     | $m$            | Lebendmasse Tier                                                                                                    | kg                                        |
| 11     | $\dot{m}$      | Massenstrom                                                                                                         | $\text{kg h}^{-1}$                        |
| 12     | $M$            | metabolischer Energieinhalt des Futters                                                                             | $\text{MJ kg}^{-1}$                       |
| 13     | $n$            | Anzahl der Tiere                                                                                                    | –                                         |
| 14     | $p$            | Trächtigkeitsdauer                                                                                                  | Tage                                      |
| 15     | $P$            | Äußerer Umfang der Bodenplatte                                                                                      | m                                         |
| 16     | $R$            | Wärmedurchlasswiderstand                                                                                            | $\text{m}^2 \text{K W}^{-1}$              |
| 17     | $R_s$          | Wärmeübergangswiderstand                                                                                            | $\text{m}^2 \text{K W}^{-1}$              |
| 18     | $U$            | Wärmedurchgangskoeffizient                                                                                          | $\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$           |
| 19     | $\dot{V}$      | Volumenstrom                                                                                                        | $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$                |
| 20     | $w$            | Dicke der Umfassungswand                                                                                            | m                                         |
| 21     | $x$            | Wasserdampfgehalt (Feuchtegrad) <sup>a</sup>                                                                        | $\text{g kg}^{-1}$                        |
| 22     | $\dot{X}$      | Wasserdampfmassenstrom                                                                                              | $\text{g h}^{-1}$                         |
| 23     | $Y$            | Leistung des Tieres                                                                                                 | $\text{kg d}^{-1}$ bzw. $\text{l d}^{-1}$ |
| 24     | $\theta$       | Temperatur (klein Theta)                                                                                            | $^{\circ}\text{C}$                        |
| 25     | $\Delta\theta$ | Differenz aus 2 Temperaturwerten (groß Delta, klein Theta)                                                          | K                                         |
| 26     | $\rho$         | Dichte der Luft (klein Rho)                                                                                         | $\text{kg m}^{-3}$                        |
| 27     | $\lambda$      | Wärmeleitfähigkeit (klein Lambda)                                                                                   | $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$           |
| 28     | $\Sigma$       | summiert für den gesamten Stall (groß Sigma)                                                                        | –                                         |
| 29     | $\phi$         | Wärmestrom (groß Phi)                                                                                               | W                                         |
| 30     | $\varphi$      | relative Luftfeuchte (klein Phi)                                                                                    | %                                         |

| Spalte                                  | 1       | 2                                                            | 3       |
|-----------------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------|---------|
| Zeile                                   | Zeichen | Bedeutung                                                    | Einheit |
| <b>Indizes</b>                          |         |                                                              |         |
| <b>31</b>                               | 0       | der Bodenplatte                                              | –       |
| <b>32</b>                               | a       | außen bzw. der Außenluft                                     | –       |
| <b>33</b>                               | E       | Erdreich                                                     | –       |
| <b>34</b>                               | ges.    | gesamt/Summe aller                                           | –       |
| <b>35</b>                               | C       | der Kühlung                                                  | –       |
| <b>36</b>                               | H       | der Heizung                                                  | –       |
| <b>37</b>                               | i       | innen bzw. der Stallluft                                     | –       |
| <b>38</b>                               | K       | nach der Kohlenstoffdioxidbilanz bzw. des Kohlenstoffdioxids | –       |
| <b>39</b>                               | L       | der Luft                                                     | –       |
| <b>40</b>                               | max.    | maximal                                                      | –       |
| <b>41</b>                               | p       | bei konstantem Luftdruck                                     | –       |
| <b>42</b>                               | R       | der an den Stall grenzenden Räume                            | –       |
| <b>43</b>                               | s       | im Sättigungszustand                                         | –       |
| <b>44</b>                               | S       | im Sommer                                                    | –       |
| <b>45</b>                               | t       | temporär wirksames Maß der Umfassungswand                    | –       |
| <b>46</b>                               | ST      | im Stall je Tier                                             | –       |
| <b>47</b>                               | T       | der Transmission durch die Bauteile                          | –       |
| <b>48</b>                               | W       | im Winter                                                    | –       |
| <b>49</b>                               | X       | nach der Wasserdampfbilanz bzw. des Wasserdampfs             | –       |
| <b>50</b>                               | zul     | zulässig nach Richtwert                                      | –       |
| <b>51</b>                               | ges,kor | gesamt, korrigiert                                           | –       |
| <sup>a</sup> Bezogen auf trockene Luft. |         |                                                              |         |

## 5 Anforderungen

### 5.1 Temperatur und relative Luftfeuchte der Stallluft

Für die Temperatur der Stallluft  $\theta_i$  im Bereich der Tiere werden je nach Tierart und -alter differenzierte, leistungsorientierte Optimalbereiche angegeben (siehe Tabellen 2 bis 5). Für die relative Luftfeuchte  $\varphi_i$  wird im Winter in Ställen ohne Heizung ein Wert zwischen 60 % und 80 %, in Ställen mit Heizung ein Wert zwischen 40 % und 70 % angestrebt.

Im Winter sind den Berechnungen die Rechenwerte der Tabellen 6 bis 9 zugrunde zu legen. Abweichungen hiervon sind ausdrücklich zu vereinbaren.

Im Sommer soll die Temperatur der Stallluft nur so wenig wie möglich über die Außenlufttemperatur ansteigen.

## 5.2 Kohlenstoffdioxidgehalt der Stallluft

Der Kohlenstoffdioxidgehalt ( $\text{CO}_2$ -Gehalt) der Stallluft wird als Indikator für die Qualität der Stallluft angesehen; je höher der Kohlenstoffdioxidgehalt der Stallluft, desto höher ist im Allgemeinen die Anreicherung mit unerwünschten Gasen und hoher Luftfeuchtigkeit, die sowohl von Tieren stammen als auch bei Umsetzungsvorgängen aus den tierischen Exkrementen und gelegentlich aus dem Futter entstehen. Bei der Berechnung des Luftmassenstromes im Winter nach der Kohlenstoffdioxidbilanz ist ein Richtwert  $K_1$  von  $4,6 \text{ g kg}^{-1}$  (entspricht volumenbezogen  $3\,000 \text{ ppm}$ ) zu unterstellen. Beim Betrieb einer Heizung ohne Rauchgasabführung (z. B. Gasstrahler) ist ihr Kohlenstoffdioxidmassenstrom  $\dot{K}_H$  nach Tabelle 16 zu berücksichtigen.

## 5.3 Stalllüftung

Die Lüftungsanlage ist so auszulegen, dass der für den Sommer berechnete Luftvolumenstrom mit Sicherheit gefördert werden kann, wobei alle Strömungswiderstände zu berücksichtigen sind.

Die Steuerung der Lüftungsanlage muss in der Lage sein, den für den Winter berechneten Luftvolumenstrom bei kontinuierlichem Betrieb der Lüftungsanlage zu fördern.

Für die in den Tabellen 2 bis 5 angegebenen Temperaturen für die Stallluft soll im Tierbereich die mittlere Luftgeschwindigkeit  $0,2 \text{ m s}^{-1}$  nicht überschreiten. Übersteigen im Sommer die Temperaturen der Stallluft die in den Tabellen 2 bis 5 angegebenen Höchstwerte des optimalen Bereichs, so ist für ausgewachsene Tiere eine Erhöhung der Luftgeschwindigkeit im Tierbereich bis  $0,6 \text{ m s}^{-1}$  zweckmäßig.

In der Stallluft dürfen durch Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), Schwefelwasserstoff ( $\text{H}_2\text{S}$ ) und andere Gase keine gesundheitsschädlichen Konzentrationen auftreten. Der Anfall von Schwefelwasserstoff und Ammoniak in Ställen lässt sich nicht allgemein gültig angeben. Lebensgefährliche Gaskonzentrationen für Tier und Mensch können entstehen, wenn Flüssigmist in Gruben im Stall oder solchen Gruben, die mit dem Luftraum des Stalles in Verbindung stehen, aufgerührt oder umgepumpt wird.

Für den Fall, dass bei Ausfall der Zwangslüftung keine lebenserhaltende Luftversorgung für die Tiere gegeben ist, sind Einrichtungen erforderlich, die selbsttätig eine Notlüftung und eine vom Stromnetz unabhängige Meldung der Störung bewirken.

## 5.4 Schutz der Bauteile gegen Feuchte

Wärmedämmung und Bauteile dürfen nicht durch Oberflächen- oder Kernkondensat in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt werden. Zeitweilig anfallendes Kondensat muss während der jahreszeitlichen Verdunstungsperiode wieder vollständig ausdiffundieren können. Eine ausreichende Wärmedämmung, eine sachgemäße Schichtenfolge bei mehrschichtigen Konstruktionen sowie raumluftechnische Maßnahmen können die Bildung von Tauwasser an und in den Bauteilen einschränken oder verhindern. Deshalb sollten die Schichten von innen nach außen so angeordnet werden, dass in Richtung des Dampfdruck- und Temperaturgefälles ihr Wärmedurchlasswiderstand zunimmt und ihr Wasserdampfdurchlasswiderstand abnimmt (siehe DIN 4108-3 und DIN EN ISO 13788).

# 6 Berechnungsgrundlagen

## 6.1 Stallbesatz

Für die Berechnung sind nach Tierart und Nutzung der geplante minimale und der geplante maximale Stallbesatz nach der Anzahl der Tiere und deren Masse festzulegen.

Für die Berechnung des Luftmassenstromes im Winter muss vom geplanten minimalen Stallbesatz ausgegangen werden.

Für die Berechnung des Luftmassenstromes im Sommer ist der geplante maximale Stallbesatz zu unterstellen.

## 6.2 Wasserdampf- und Kohlenstoffdioxidmassenstrom sowie Wärmestrom

Der Anfall von Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid und Wärme im Stall hat generell, besonders durch den Tagesgang (Tagesamplitude), aber auch durch den Jahresgang eine große Schwankungsbreite. Die in den Tabellen 6 bis 9 angegebenen Werte basieren - in Anlehnung an die Angaben im CIGR-Report 2002 [1] und den Ergänzungen aus dem Jahre 2008 [2] - auf der physiologischen Stoffwechselleistung der Tiere bei der jeweils genannten Temperatur der Stallluft. Diese tabellarischen Werte beziehen sich auf durchschnittliche Tierleistungen bei üblicher Fütterung und Haltung. Die Berechnungsmethoden werden in Anhang A beispielhaft beschrieben.

Der Strom sensibler Wärme berücksichtigt die Wärmeabgabe der Tiere durch Leitung, Konvektion und Strahlung. Der Wasserdampfmassenstrom und der Strom sensibler Wärme sind in besonders hohem Maße temperaturabhängig. Bei steigender Temperatur nimmt der Wasserdampfmassenstrom zu und der Strom sensibler Wärme ab.

Der Wärmestrom einer Heizung ist bei der Wärmestrombilanz zu berücksichtigen; bei Heizungen ohne Rauchgasabführung (z. B. Gasstrahler) sind zusätzlich die im Stall freigesetzten Wasserdampf- und Kohlenstoffdioxidmassenströme in die Berechnungen einzubeziehen (Tabelle 16).

## 6.3 Temperatur und relative Luftfeuchte der Außenluft im Winter

Für die Berechnung des Lüftungs- und Transmissionswärmestromes eines Stalles sind die in der Wintertemperaturkarte (Bild 1) dargestellten Außenlufttemperaturen zugrunde zu legen. Die Angaben beruhen auf der mittleren Anzahl der winterlichen Eistage, die sehr eng mit der Häufigkeit und Dauer von Kaltluftperioden korreliert.

Die Wintertemperaturkarte stellt vier Temperaturzonen dar. Der Temperaturzonenwert gilt als Rechenwert für die Außenlufttemperatur  $\theta_a$  bei der Bemessung des Luftmassenstromes und des baulichen Wärmeschutzes im Winter.

Bei freistehenden Gebäuden oder besonders exponierten Lagen, zum Beispiel bei häufig starkem Wind, Lage in Senken mit verstärkter Kaltluftbildung, sollte die nächsttiefere Temperaturzone als Rechenwert benutzt werden.

Als Rechenwert für die relative Luftfeuchte der Außenluft  $\varphi_a$  im Winter werden 100 % angesetzt.

## 6.4 Temperatur der Luft der an den Stall grenzenden Räume

Die Rechenwerte für die Temperatur  $\theta_R$  der an den Stall grenzenden Räume sind in Tabelle 10 aufgeführt.

## 6.5 Kohlenstoffdioxidgehalt der Außenluft

Der Kohlenstoffdioxidgehalt der Außenluft ist mit  $0,6 \text{ g kg}^{-1}$  anzusetzen.

## 6.6 Luftdruck

Die angegebenen Werte für den Wasserdampfgehalt der Luft  $x_i$  und  $x_a$  und die Temperatur im Sättigungszustand  $\theta_s$  beziehen sich auf einen Luftdruck von 1 000 hPa, entsprechend 100 m über Meereshöhe (siehe Tabellen 14 und 15). Im Rahmen dieser Norm wird der Höheneinfluss auf die Berechnung der Luftvolumenströme nicht berücksichtigt.

## 6.7 Oberflächenkondensat

Für die Berechnungen zum Schutz gegen Oberflächenkondensat (siehe 7.3) sind die Temperatur der Außenluft nach Wintertemperaturkarte (Bild 1) und ein raumseitiger Wärmeübergangswiderstand  $R_{si}$  von  $0,17 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$  zugrunde zu legen. Unter besonders erschwerten Bedingungen, z. B. bei stark behindertem Wärmeübergang durch Einbauten oder bei schlecht belüfteten Raumecken, kann mit einem Wärmeübergangswiderstand  $R_{si}$  von  $0,22 \text{ m}^2 \text{ K W}^{-1}$  gerechnet werden. Bei Temperaturen der Stallluft bis  $18^\circ \text{C}$  ist mit  $18^\circ \text{C}$  und 80 % relativer Luftfeuchte zu rechnen, bei höheren Temperaturen der Stallluft ist eine relative Luftfeuchte von 70 % anzunehmen.

## 6.8 Wärmetechnische Bemessungswerte

Die für den rechnerischen Nachweis des Wärmeschutzes von Gebäuden und Bauteilen anzuwendenden wärmetechnischen Bemessungswerte sind DIN 4108-4 zu entnehmen.

# 7 Berechnungsverfahren zur Bemessung der Lüftungsanlage und der Wärmedämmung

## 7.1 Allgemeines

### 7.1.1 Lüftung im Winter

Der Winterluftmassenstrom ergibt sich aus der Wasserdampf- oder Kohlenstoffdioxidbilanz bei dem geplanten minimalen Stallbesatz. Der höhere der beiden Luftmassenströme ist bei der Wärmebilanz zu berücksichtigen.

Die Wasserdampfbilanz des Stalles muss bei der angesetzten Temperatur und der relativen Luftfeuchte der Außenluft sowie bei den geforderten Werten für Temperatur und Luftfeuchte der Stallluft ausgeglichen sein.

Der Winterluftmassenstrom nach der Kohlenstoffdioxidbilanz ist so zu bemessen, dass im Stall der Kohlenstoffdioxidgehalt von  $4,6 \text{ g kg}^{-1}$  (entspricht volumenbezogen 3 000 ppm) nicht überschritten wird.

### 7.1.2 Lüftung im Sommer

Zur Bemessung des Luftmassenstroms im Sommer wird die Wärmestrombilanz benutzt.

Unter Sommerbedingungen soll die Raumlufttemperatur in Schweine- und Geflügelställen möglichst nicht mehr als 3 K, in allen anderen Ställen nicht mehr als 4 K über der Außentemperatur liegen.

Der Transmissionswärmestrom durch die Bodenplatte des Stalles ins Erdreich wird ebenfalls berücksichtigt.

In Ställen, die über eine Kühlungsmöglichkeit verfügen, kann bei der Planung der Sommerluftvolumenstrom entsprechend vermindert werden. Der Nachweis der anrechenbaren Kühlleistung muss durch den Hersteller erbracht oder durch objektive Prüfberichte der Kühltechnik belegt werden. Eine Reduzierung des Sommerluftmassenstroms durch Kühltechniken ist nur bis zu 50 % des Planungswertes „ohne Kühlung“ möglich. Adiabatische Kühltechniken (z. B. Befeuchtungskühlungen) sind nicht anrechenbar, weil durch die Steigerung der relativen Luftfeuchte im Raum Situationen eintreten können, in denen die Wasserdampfabgabe (Kühlungswirkung durch Verdunstung) für die Tiere stark eingeschränkt ist.

**ANMERKUNG** Bis zu einer relativen Luftfeuchte der Raumluft von 80 % haben die Tiere im Stall auch unter Sommerbedingungen die Möglichkeit, ihre Körperwärme über Verdunstung abzugeben. Bis zu diesem Wert haben adiabatische Luft-Befeuchtungsanlagen daher eine "Kühlwirkung" im Sinne des Tierschutzgesetzes. Allerdings gibt es auch Frischluft-Zustände, die eine weitere Befeuchtung der Stallluft nicht zulassen, weil ansonsten dieser Wert überschritten wird. Da Stallanlagen - im Sinne dieser Norm - auch unter Extrembedingungen funktionieren sollen, können adiabatische Luft-Befeuchtungsanlagen deshalb planerisch zur Senkung der Sommerlufrate nicht angerechnet werden.

Zur Vereinfachung des Verfahrens werden die Sonneneinstrahlung und das wärmespeichernde Verhalten der Bauteile nicht berücksichtigt. Bauliche Maßnahmen können den Wärmeeintrag durch Strahlung vermindern.

### 7.1.3 Wärmedämmung

Die Bemessung der Wärmedämmung erfolgt auf der Basis einer ausgeglichenen Wärmestrombilanz. Die Wärmedämmung muss mindestens so bemessen werden, dass ein ausreichender Schutz gegen bauschädigendes Oberflächenkondensat (Tauwasser) sichergestellt ist.

Die Wärmedämmung der raumumschließenden Bauteile soll bei dem geplanten minimalen Tierbesatz sowie bei der nach 5.1 geforderten Temperatur der Stallluft und der nach 6.3 zu unterstellenden Temperatur der Außenluft so bemessen werden, dass die Wärmeabgabe der Tiere den Transmissions- und Lüftungswärmestrom des Stalles deckt. Andernfalls sind geeignete Maßnahmen zum Ausgleich der Wärmebilanz zu ergreifen.

## 7.2 Bemessung des Luftmassenstroms

### 7.2.1 Luftmassenstrom im Winter

#### 7.2.1.1 Allgemeines

Im Winter ist zur Aufstellung der Wärmestrombilanz zunächst der Luftmassenstrom  $\dot{m}_{L,W}$  zu berechnen. Diesen Berechnungen sind der geplante minimale Stallbesatz (siehe 6.1) sowie die Rechenwerte nach 6.2 und 6.3 sowie 6.5 bis 6.7 zugrunde zu legen. Der Luftmassenstrom ist mit Hilfe der Wasserdampf- und der Kohlenstoffdioxidbilanz zu berechnen. Der größere der beiden nach 7.2.1.2 und 7.2.1.3 ermittelten Luftmassenströme ist als Planungswert für den Winter zu berücksichtigen.

#### 7.2.1.2 Luftmassenstrom aus der Wasserdampfbilanz

Der zur Abführung des Wasserdampfes erforderliche Luftmassenstrom  $\dot{m}_{L,W,X}$  wird berechnet:

$$\dot{m}_{L,W,X} = \frac{\sum \dot{X}_{ST}}{x_i - x_a} \quad (1)$$

Dabei ist

$\dot{m}_{L,W,X}$  der Massenstrom der Luft im Winter nach der Wasserdampfbilanz, in Kilogramm je Stunde ( $\text{kg h}^{-1}$ );

$\sum \dot{X}_{ST}$  der Wasserdampfmassenstrom, summiert für den gesamten Stall, in Gramm je Stunde ( $\text{g h}^{-1}$ );

$x_i$  der Wasserdampfgehalt der Stallluft nach Tabelle 13, in Gramm je Kilogramm ( $\text{g kg}^{-1}$ );

$x_a$  der Wasserdampfgehalt der Außenluft nach Tabelle 13, in Gramm je Kilogramm ( $\text{g kg}^{-1}$ ).

Berechnung des absoluten Wasserdampfgehaltes der Luft:

$$x_i \text{ bzw. } x_a = \frac{x_s \times \varphi}{100} \quad (2)$$

Dabei ist

$x_s$  der Wasserdampfgehalt der Luft im Sättigungszustand nach Tabelle 14, in Gramm je Kilogramm ( $\text{g kg}^{-1}$ );

$\varphi$  relative Luftfeuchte, in Prozent (%).