

Wärmeschutz geschlossener Ställe

Wärmedämmung und Lüftung

Planungs- und Berechnungsgrundlagen

DIN
18 910

Thermal insulation for closed livestock buildings;
Thermal insulation and ventilation; Principles for planning and design
Protection thermique pour étables fermées;
Isolation thermique et ventilation; Principes de planification et de calcul

Ersatz für Ausgabe 10.74

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	1	5 Berechnungsgrundlagen	4
2 Begriffe	1	5.1 Stallbesatz	4
2.1 Abluft	1	5.2 Wasserdampf- und Kohlenstoffdioxid-	
2.2 Fortluft	1	massenstrom sowie Wärmestrom	4
2.3 Kernkondensat	2	5.3 Temperatur und relative Luftfeuchte der	
2.4 Kohlenstoffdioxidbilanz	2	Außenluft im Winter	4
2.5 Luftmassenstrom im Stall	2	5.4 Temperatur und relative Luftfeuchte der	
2.6 Lüftungswärmestrom	2	Außenluft im Sommer	4
2.7 Luftwechselzahl	2	5.5 Temperatur der Luft der an den Stall	
2.8 Taupunkttemperatur der Luft	2	grenzenden Räume	4
2.9 Transmissionswärmestrom	2	5.6 Kohlenstoffdioxidgehalt der Außenluft	4
2.10 Wärmestrombilanz	2	5.7 Luftdruck	4
2.11 Wasserdampfbilanz	2	5.8 Oberflächenkondensat	4
2.12 Zuluft	2	5.9 Wärmetechnische Kennwerte	5
		6 Bemessung der Lüftung und der	
		Wärmedämmung, Berechnungsverfahren	5

Anwenderinformation

Die Originalfassung der Norm enthält **Elemente, z. B. farbige Abbildungen oder Tabellen**, die in dieser gescannten Form der Norm nicht originalgetreu darstellbar sind. Dies muß bei der Anwendung berücksichtigt werden. Maßgebend für das Anwenden jeder DIN-Norm ist deren Originalfassung mit dem neuesten Ausgabedatum. Vergewissern Sie sich bitte in den DIN-Mitteilungen, im aktuellen DIN-Katalog mit dem neuesten Ergänzungsheft oder in der aktuellen Ausgabe der PERINORM.

er Wär-
antliche
werden

ufttech-
Gegen-

. Sie ist

2 bis 17

Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Documents

Wärmeschutz geschlossener Ställe

Wärmedämmung und Lüftung

Planungs- und Berechnungsgrundlagen

DIN
18 910

Thermal insulation for closed livestock buildings;
Thermal insulation and ventilation; Principles for planning and design
Protection thermique pour étables fermées;
Isolation thermique et ventilation; Principes de planification et de calcul

Ersatz für Ausgabe 10.74

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	1	5 Berechnungsgrundlagen	4
2 Begriffe	1	5.1 Stallbesatz	4
2.1 Abluft	1	5.2 Wasserdampf- und Kohlenstoffdioxid- massenstrom sowie Wärmestrom	4
2.2 Fortluft	1	5.3 Temperatur und relative Luftfeuchte der Außenluft im Winter	4
2.3 Kernkondensat	2	5.4 Temperatur und relative Luftfeuchte der Außenluft im Sommer	4
2.4 Kohlenstoffdioxidbilanz	2	5.5 Temperatur der Luft der an den Stall grenzenden Räume	4
2.5 Luftmassenstrom im Stall	2	5.6 Kohlenstoffdioxidgehalt der Außenluft	4
2.6 Lüftungswärmestrom	2	5.7 Luftdruck	4
2.7 Luftwechselzahl	2	5.8 Oberflächenkondensat	4
2.8 Taupunkttemperatur der Luft	2	5.9 Wärmetechnische Kennwerte	5
2.9 Transmissionswärmestrom	2	6 Bemessung der Lüftung und der Wärmedämmung, Berechnungsverfahren	5
2.10 Wärmestrombilanz	2	6.1 Allgemeines	5
2.11 Wasserdampfbilanz	2	6.2 Bemessung der Lüftung und der Wärmedämmung	5
2.12 Zuluft	2	6.3 Berechnungsverfahren	5
3 Formelzeichen	2	6.4 Wärmedämmung zum Schutz gegen Oberflächenkondensat	7
4 Anforderungen	3	6.5 Luftmassenstrom im Sommer	7
4.1 Temperatur und relative Luftfeuchte der Stallluft ...	3	6.6 Umrechnung von Luftmassenstrom auf Luftvolumenstrom	7
4.2 Kohlenstoffdioxidgehalt der Stallluft	3		
4.3 Stalllüftung	3		
4.4 Schutz der Bauteile gegen Feuchte	3		

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die Planung geschlossener, wärmege-
dämmter Rinder-, Schweine-, Geflügel-, Pferde- und
Schafställe, bei denen der Luftaustausch vorzugsweise
durch Ventilatoren (Zwangslüftung) erfolgt. Sie kann auch
für Ställe mit freier Lüftung angewendet werden. Diese
Norm enthält auf der Basis der Wasserdampf-, Kohlen-
stoffdioxid- und Wärmestrombilanz Festlegungen zur
Berechnung des Luftmassenstroms im Winter und Som-
mer und der Wärmedämmung der Bauteile des Stalles.
Sie gibt Anweisungen für die Bemessung des Feuchtig-
keitsschutzes der raumumschließenden Bauteile.

Bei diesen wärmegeprägten Ställen werden der Trans-
missions- und Lüftungswärmestrom im Winter ganz oder
überwiegend durch die Tiere gedeckt. Dabei sollen gün-
stige Umweltbedingungen für die Tiere und günstige
Arbeitsplatzbedingungen für den im Stall tätigen Men-
schen geschaffen sowie Bauschäden vermieden werden.

Diese Norm gilt nicht für Ställe, deren konstruktiver Wär-
meschutz so gering ist, daß damit keine wesentliche
Beeinflussung der Stalllufttemperatur erreicht werden
kann, z. B. nicht wärmegeprägter Stall (Kaltstall).

Ausführungsplanungen und Betrieb von raumluftech-
nischen oder heiztechnischen Anlagen sind nicht Gegen-
stand dieser Norm.

2 Begriffe

2.1 Abluft

Abluft ist die Luft, die aus dem Raum geführt wird. Sie ist
meistens identisch mit Fortluft.

2.2 Fortluft

Fortluft ist die Abluft, die ins Freie abströmt.

Fortsetzung Seite 2 bis 17

Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

2.3 Kernkondensat

Kernkondensat ist die Feuchte, die im Innern der Bauteile ausfällt, wenn diffundierender Wasserdampf kondensiert, entweder infolge Abkühlung bis zum Taupunkt oder wenn der Dampfteildruck im Bauteil den Sättigungsdruck erreicht hat.

2.4 Kohlenstoffdioxidbilanz

Kohlenstoffdioxidbilanz ist die Bilanz aus dem den Stall zugeführten, im Stall anfallenden und aus dem Stall fortgeführten Massenströmen des Kohlenstoffdioxids.

2.5 Luftmassenstrom im Stall

Luftmassenstrom $\dot{m}_L$ ist die Luftmasse, die in einer Stunde zwischen dem Stall und seiner Umgebung ausgetauscht wird; siehe Zuluft, Abluft, Fortluft.

2.6 Lüftungswärmestrom

Lüftungswärmestrom $\dot{Q}_L$ ist der Wärmebedarf, der zum Ausgleich von Lüftungswärmeverlusten benötigt wird.

2.7 Luftwechselzahl

Luftwechselzahl ist der Quotient aus Zuluftvolumenstrom und Raumvolumen.

2.8 Taupunkttemperatur der Luft

Taupunkttemperatur der Luft ist die Temperatur, bei der der vorhandene Wasserdampfgehalt der Luft durch Abkühlen den Sättigungszustand erreicht (relative Luftfeuchte = 100 %). Wird Luft unter ihre Taupunkttemperatur abgekühlt, so kondensiert der überschüssige Wasserdampf.

2.9 Transmissionswärmestrom

Transmissionswärmestrom $\dot{Q}_T$ ist der Wärmestrom durch die raumumschließenden Bauteile.

2.10 Wärmestrombilanz

Wärmestrombilanz ist die Bilanz aus den dem Stall zugeführten, im Stall anfallenden und aus dem Stall fortgeführten Strömen sensibler Wärme.

2.11 Wasserdampfbilanz

Wasserdampfbilanz ist die Bilanz aus den dem Stall zugeführten, im Stall anfallenden und aus dem Stall fortgeführten Massenströmen des Wasserdampfes.

2.12 Zuluft

Zuluft ist die gesamte dem Raum zuströmende Luft (vom Raum aus betrachtet).

3 Formelzeichen

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

Spalte	1	2	3
Zeile	Zeichen	Bedeutung	Einheit
1	A	Fläche	m ²
2	c	spezifische Wärmekapazität von Luft	Wh/(kg K) ¹⁾
3	k	Wärmedurchgangskoeffizient	W/(m ² K)
4	K	Kohlenstoffdioxidgehalt	g/kg ¹⁾
5	$\dot{K}$	Kohlenstoffdioxid-massenstrom	g/h
6	$\dot{m}$	Massenstrom	kg/h
7	n	Anzahl der Tiere	–
8	$\dot{Q}$	Strom sensibler Wärme	W
9	V	Volumenstrom	m ³ /h
10	x	Wasserdampfgehalt (Feuchtegrad)	g/kg ¹⁾
11	$\dot{X}$	Wasserdampfmassenstrom	g/h
12	α	Wärmeübergangskoeffizient	W/(m ² K)
13	$1/\alpha$	Wärmeübergangswiderstand	m ² K/W
14	θ	Temperatur	°C
15	$\Delta\theta$	Temperaturdifferenz aus 2 Temperaturwerten	K
16	λ	Wärmedurchlaßkoeffizient	W/(m ² K)
17	$1/\lambda$	Wärmedurchlaßwiderstand	m ² K/W
18	ρ	Dichte der Luft	kg/m ³
19	Σ	summiert für den gesamten Stall	–
20	Φ	relative Luftfeuchte	%

¹⁾ Bezogen auf trockene Luft.

Tabelle. (Fortsetzung)

Spalte	1	2	3
Zeile	Zeichen	Bedeutung	Einheit
Als Indizes werden benutzt:			
21	a	der Außenluft (außen)	-
22	AF	Außenfenster	-
23	AT	Außentür	-
24	AW	Außenwand	-
25	DE	Decke	-
26	EW	an das Erdreich grenzende Außenwand	-
27	FB	Fußboden	-
28	H	der Heizung	-
29	i	der Stallluft (innen)	-
30	IF	Innenfenster	-
31	IT	Innentür	-
32	IW	Innenwand	-
33	K	nach der Kohlenstoffdioxidbilanz bzw. des Kohlenstoffdioxids	-
34	L	der Luft	-
35	p	bei konstantem Druck	-
36	Q	nach der Wärmestrombilanz	-
37	R	der an den Stall grenzenden Räume	-
38	s	im Sättigungszustand	-
39	S	im Sommer	-
40	ST	im Stall je Tier	-
41	T	der Transmission durch die Bauteile	-
42	W	im Winter	-
43	X	nach der Wasserdampfbilanz bzw. des Wasserdampfes	-
44	zul	zulässig nach Richtwert	-

4 Anforderungen

4.1 Temperatur und relative Luftfeuchte der Stallluft

Für die Temperatur der Stallluft θ_i im Bereich der Tiere werden je nach Tierart und -alter differenzierte, leistungsorientierte Optimalbereiche angegeben (siehe Tabellen 2 bis 6). Für die relative Luftfeuchte ϕ_i wird 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 im Regelfall die Rechenwerte der Tabellen 2 bis 6 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.

4.2 Kohlenstoffdioxidgehalt der Stallluft

Der Kohlenstoffdioxidgehalt (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, 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_i von $5,5 \text{ g/kg}^1$ ($\approx 3300 \text{ cm}^3/\text{m}^3$) zu unterstellen. Beim Betrieb einer Heizung ohne Rauchgasabführung (Gasstrahler) ist ihr Kohlenstoffdioxidmassenstrom K_H nach Tabelle 7 zu berücksichtigen.

4.3 Stalllüftung

Die Lüftungsanlage ist so auszulegen, daß der für den Sommer berechnete Luftmassenstrom mit Sicherheit gefördert werden kann, wobei sämtliche Strömungswiderstände zu berücksichtigen sind. Die Steuerung der Lüftungsanlage muß so ausgelegt werden, daß der für den Winter berechnete Luftmassenstrom bei nahezu kontinuierlichem Betrieb der Lüftungsanlage erreicht werden kann.

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

In der Stallluft dürfen durch Ammoniak (NH_3), Hydrogensulfid (H_2S) und andere Gase keine gesundheitsschädlichen Konzentrationen auftreten. Der Anfall von Hydrogensulfid und Ammoniak in Ställen läßt sich nicht allgemeingültig angeben. Lebensgefährliche Gaskonzentrationen 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 gegeben ist, sind Einrichtungen erforderlich, die selbsttätig eine Notlüftung oder eine netzunabhängige Meldung der Störung bewirken.

4.4 Schutz der Bauteile gegen Feuchte

Oberflächen- und Kernkondensate sind unzulässig, wenn durch sie die Wärmedämmung der Bauteile nennenswert beeinträchtigt und/oder die Dauerhaftigkeit und statische Funktion der Baustoffe und Bauteile gefährdet werden. Zeitweilig anfallendes Kondensat muß während der jahreszeitlichen Verdunstungsperiode wieder vollständig ausdiffundieren können. Eine ausreichende Wärmedämmung, eine sachgemäße Schichtenfolge bei mehrschich-

¹⁾ Bezogen auf trockene Luft.

tigen Konstruktionen sowie raumlufttechnische 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 Teil 3 und Teil 5).

5 Berechnungsgrundlagen

5.1 Stallbesatz

Für die Planung ist nach Tierart und Nutzung der vorgegebene minimale, durchschnittliche und maximale Stallbesatz nach der Anzahl der Tiere und Tiermasse festzulegen. Im üblichen Stallbetrieb zeitweise nicht belegte Buchten bzw. Tierplätze sind dabei zu berücksichtigen.

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

Für die Berechnung der Wärmestrombilanz ist mit dem üblichen Stallbesatz zu rechnen.

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

5.2 Wasserdampf- und Kohlenstoffdioxid-massenstrom 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 8 bis 12 angegebenen Werte basieren in Anlehnung an die Angaben CIGR 1984 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 und sind Durchschnittswerte eines Tages (24 h).

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.

Im Stall sind außer Anfall an Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid und Wärme durch Tiere auch andere Quellen zu nennen. Im besonderen sind dies die Fäkalien, die Einstreu, das Futter, die Tränken und das Reinigungswasser. Bei üblicher Haltung bleibt der Umfang für Kohlenstoffdioxid und Wärme unter 5 % und bei Wasserdampf unter 10 % der durch die Tiere anfallenden Massen. Da zur Zeit für diese Massen keine genauere Quantifizierung befriedigend möglich ist, wird dieser Anfall bei den folgenden Berechnungen für die Planung von Wärmedämmung und Luftmassenstrom zunächst vernachlässigt.

Der Wärmestrom einer Heizung ist bei der Wärmestrombilanz zu berücksichtigen; bei Heizungen ohne Rauchgasabführung (Gasstrahler) sind zusätzlich die im Stall freigesetzten Wasserdampf- und Kohlenstoffdioxidmassenströme in die Berechnungen einzubeziehen (siehe Tabelle 7).

5.3 Temperatur und relative Luftfeuchte der Außenluft im Winter

Für die Berechnung des Lüftungs- und Transmissionswärmestroms der Ställe sind die in der Wintertemperaturkarte (siehe 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 Zuordnung der Temperaturwerte erfolgte durch Analogsetzung.

Die in der Wintertemperaturkarte dargestellten 4 Temperaturzonen umfassen jeweils 2 Temperaturwerte, wobei der tiefere Wert die betreffende Temperaturzone kennzeichnet. Dieser Temperaturzonenwert gilt als Rechenwert für die Außenlufttemperatur Θ_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 nächst tiefere Temperaturzone als Rechenwert benutzt werden. Als Rechenwert für die relative Luftfeuchte der Außenluft Φ_a im Winter werden 100 % angesetzt.

5.4 Temperatur und relative Luftfeuchte der Außenluft im Sommer

Im Sommer gelten zur Bemessung des Luftmassenstromes die 2 Sommertemperaturzonen der Sommertemperaturkarte (siehe Bild 2). Die hier genannten Temperaturen sind das arithmetische Mittel aus der mittleren Jahreshöchsttemperatur $\Theta_{\max}$ und der langjährigen Mitteltemperatur des Juli, aufgerundet auf ganze Grad Celsius.

$$\Theta_{a,S} = \frac{\Theta_{\max} + \Theta_{\text{Juli Durchschnitt}}}{2} \text{ in } ^\circ\text{C} \quad (1)$$

Bei Außenlufttemperaturen von 25 °C bis 29,9 °C ist die relative Luftfeuchte der Außen- und Stallluft mit 60 %, bei 30 °C bis 34 °C mit 50 % anzusetzen. Temperatur und relative Luftfeuchte der Außenluft unterliegen im Sommer sehr viel stärkeren tageszeitlichen Schwankungen als im Winter, so daß die bei der Berechnung unterstellten Annahmen nur selten eintreten.

5.5 Temperatur der Luft der an den Stall grenzenden Räume

Die Rechenwerte für die Temperatur Θ_R der an den Stall grenzenden Räume sind in Tabelle 13 aufgeführt.

5.6 Kohlenstoffdioxidgehalt der Außenluft

Der Kohlenstoffdioxidgehalt der Außenluft ist mit 0,55 g/kg¹⁾ anzusetzen.

5.7 Luftdruck

Für die Berechnung der Luftmassenströme kann auf eine Berücksichtigung des Luftdrucks verzichtet werden. Die angegebenen Werte für den Wasserdampfgehalt der Luft x_i und x_a und die Temperatur im Sättigungszustand Θ_s beziehen sich auf einen Luftdruck von 1000 hPa (siehe Tabellen 14 und 15).

5.8 Oberflächenkondensat

Für die Berechnungen zum Schutz gegen Oberflächenkondensat sind die Temperatur der Außenluft nach Tabelle 16 und ein raumseitiger Wärmeübergangswiderstand $1/\alpha_i$ von 0,17 m² K/W zugrunde zu legen. Unter besonders erschwerten Bedingungen, z.B. bei stark behindertem Wärmeübergang durch Einbauten oder bei schlecht belüfteten Raumecken, ist mit einem Wärmeübergangswiderstand $1/\alpha_i$ von 0,22 m² K/W zu rechnen. Bei Temperaturen der Stallluft bis 18 °C ist mit 18 °C und 80 % relativer Luftfeuchte zu rechnen, bei höheren Temperaturen der Stallluft ist eine relative Luftfeuchte von 75 % anzunehmen (siehe Abschnitt 6.4).

¹⁾ Siehe Seite 3

5.9 Wärmetechnische Kennwerte

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

6 Bemessung der Lüftung und der Wärmedämmung, Berechnungsverfahren

6.1 Allgemeines

Die Gliederung dieses Abschnitts entspricht der üblichen Reihenfolge durchzuführender Berechnungsverfahren zur Bemessung der Lüftung und der Wärmedämmung.

6.2 Bemessung der Lüftung und der Wärmedämmung

6.2.1 Lüftung im Winter

Die Wasserdampfbilanz nach Abschnitt 2.11 dient der Bestimmung des Luftmassenstromes $\dot{m}_L$ im Winter. Die Wasserdampfbilanz des Stalles muß bei vorgesehenem Stallbesatz, der angesetzten Temperatur und relativen Luftfeuchte der Außenluft und den geforderten Werten für Temperatur und Luftfeuchte der Stallluft ausgeglichen sein. Der so errechnete Luftmassenstrom ist vielfach kleiner als der aus strömungstechnischen Gründen empfehlenswerte Luftmassenstrom, der etwa der Luftwechselzahl drei entspricht.

Die Kohlenstoffdioxidbilanz dient ergänzend zu der Wasserdampfbilanz der Bestimmung des Luftmassenstromes $\dot{m}_L$ im Winter. Er soll so bemessen werden, daß im Stall die Kohlenstoffdioxidkonzentration von 5,5 g/kg¹⁾ nicht überschritten wird.

6.2.2 Wärmedämmung

Die Bemessung der Wärmedämmung erfolgt mit Hilfe der Wärmestrombilanz. Die Wärmedämmung der raumumschließenden Bauteile muß so bemessen werden, daß ein ausreichender Schutz gegen Oberflächenkondensat (Tauwasser) sichergestellt ist.

Die Wärmedämmung der raumumschließenden Bauteile soll bei dem vorgesehenen Tierbesatz sowie bei der nach Abschnitt 4.1 geforderten Temperatur der Stallluft und der nach Abschnitt 5.3 zu unterstellenden Temperatur der Außenluft so bemessen werden, daß die Wärmeabgabe der Tiere den Transmissions- und Lüftungswärmestrom des Stalles deckt. Die dazu notwendigen Investitionen müssen jedoch wirtschaftlich vertretbar sein, andernfalls sind geeignete Maßnahmen zum Ausgleich der Wärmebilanz zu ergreifen.

Zur Reduzierung des Transmissionswärmestromes sind die Größe der Außentüren des Stalles auf das betriebsnotwendige Mindestmaß zu begrenzen. Die Fensterflächen (Rohbaurichtmaß) sollen, bezogen auf die Stallgrundfläche, folgende Werte nicht überschreiten:

- Ställe für Masttiere und Legehennen 5 %,
- andere Ställe 7 %.

6.2.3 Lüftung im Sommer

Zur Bemessung des Luftmassenstroms im Sommer wird die Wärmestrombilanz benutzt. Der Luftmassenstrom im Sommer hat sicherzustellen, daß auch bei hoher Temperatur der Außenluft eine ausreichende Abfuhr der von den Tieren gebildeten Wärme erfolgen kann, ohne daß die Temperatur der Stallluft tagsüber wesentlich über die Temperatur der Außenluft ansteigt.

Die Sonneneinstrahlung und das wärmetechnische Verhalten der Bauteile werden nicht berücksichtigt, da sich, mit Ausnahme bei längeren Hitzeperioden, Ein- und Ausstrahlung im Tagesgang im allgemeinen ausgleichen. Bauteile mit Hinterlüftung und raumseitig nutzbarer Wärmespeicherung vermindern die Wärmebelastung. Zur Verminderung der Strahlungsabsorption der Bauteile im Sommer sollten Ställe möglichst so gebaut werden, daß die Strahlungswärme der Sonne reflektiert wird, z. B. helle Farbe oder Wände nach Südost, Süd, Südwest und West beschattet werden.

6.3 Berechnungsverfahren

6.3.1 Luftmassenstrom im Winter

Im Winter ist zur Aufstellung der Wärmestrombilanz zunächst der Luftmassenstrom $\dot{m}_{L,W}$ zu berechnen. Diesen Berechnungen sind der minimale Stallbesatz (siehe Abschnitt 5.1) sowie die Rechenwerte nach den Abschnitten 5.2 und 5.3 sowie 5.5 bis 5.7 zugrunde zu legen. Der Luftmassenstrom ist mit Hilfe der Wasserdampf- und der Kohlenstoffdioxidbilanz zu berechnen. Der größere der beiden nach den Abschnitten 6.3.1.1 und 6.3.1.2 ermittelten Luftmassenströme ist als Rechenwert für die Wärmestrombilanz zu berücksichtigen.

6.3.1.1 Luftmassenstrom aus der Wasserdampfbilanz

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

$$\dot{m}_{L,W,X} = \frac{\sum \dot{X}_{ST}}{x_i - x_a} \text{ in kg/h} \quad (2)$$

Hierin bedeuten:

$\dot{m}_{L,W,X}$ Massenstrom der Luft im Winter nach der Wasserdampfbilanz in kg/h

$\sum \dot{X}_{ST}$ Wasserdampfmassenstrom, summiert für den gesamten Stall in g/h

x_i Wasserdampfgehalt der Stallluft in g/kg

x_a Wasserdampfgehalt der Außenluft in g/kg

$$x_i \text{ bzw. } x_a = \frac{x_s \cdot \Phi}{100} \text{ in g/kg}$$

Hierin bedeutet:

x_s Wasserdampfgehalt der Luft im Sättigungszustand in g/kg nach Tabelle 14, relative Luftfeuchte in %.

6.3.1.2 Luftmassenstrom aus der Kohlenstoffdioxidbilanz

Der zur Abführung von Kohlenstoffdioxid erforderliche Luftmassenstrom $\dot{m}_{L,W,K}$ wird berechnet:

$$\dot{m}_{L,W,K} = \frac{\sum \dot{K}_{ST}}{K_{i,zul} - K_a} \text{ in kg/h} \quad (3)$$

Hierin bedeuten:

$\dot{m}_{L,W,K}$ Massenstrom der Luft im Winter nach der Kohlenstoffdioxidbilanz in kg/h

$\sum \dot{K}_{ST}$ Kohlenstoffdioxidmassenstrom, summiert für den gesamten Stall in g/h

$K_{i,zul}$ zulässiger Kohlenstoffdioxidgehalt der Stallluft ($K_{i,zul} = 5,5 \text{ g/kg}$)

K_a Kohlenstoffdioxidgehalt der Außenluft ($K_a = 0,55 \text{ g/kg}$)

6.3.2 Wärmeströme im Winter

6.3.2.1 Lüftungswärmestrom

Der Lüftungswärmestrom entspricht dem Wärmestrom, der erforderlich ist, um den Luftmassenstrom von Außenlufttemperatur auf Stalllufttemperatur zu erwärmen.

¹⁾ Siehe Seite 3

Die vereinfachte Berechnung geht vom Rechenwert des Luftmassenstromes im Winter nach dem Abschnitt 6.3.1 aus.

$$\dot{Q}_{L,W} = \dot{m}_L \cdot c_{p,L} \cdot \Delta\theta \text{ in W} \quad (4)$$

Hierin bedeuten:

$\dot{Q}_{L,W}$	Strom sensibler Wärme der Luft im Winter
$\dot{m}_{L,W}$	Massenstrom der Luft im Winter
$c_{p,L}$	spezifische Wärmekapazität der Luft bei konstantem Druck $c_{p,L} = 0,28 \text{ Wh/(kg K)}$
$\Delta\theta$	Temperaturdifferenz zwischen Stall- und Außenluft in K

6.3.2.2 Transmissionswärmestrom

6.3.2.2.1 Transmissionswärmestrom nach DIN 4108 Teil 2 und DIN 4701 Teil 1, Teil 2 und Teil 3.

Der Transmissionswärmestrom $\dot{Q}_T$ eines Stalles kann nach DIN 4108 Teil 2 und DIN 4701 Teil 1, Teil 2 und Teil 3 berechnet werden, wobei alle Zu- oder Abschläge, z.B. für Fugendurchlaßkoeffizienten, Durchlässigkeit, Hauskennzahlen, Raumkennzahlen, Höhenkorrekturen oder gleichzeitig wirksame Lüftungswärmeanteile, entfallen.

Bei den Abmessungen der Bauteile sind als Länge und Breite die lichten Rohbaumaße, als Höhe der Wände bei mehrgeschossigen Stallgebäuden sind die Geschosshöhen oder bei eingeschossigen Ställen die lichten Raumhöhen und als Abmessungen der Fenster und Türen die Maueröffnungsmaße einzusetzen. Die bei Ställen mit Raumtemperaturen $> 14^\circ\text{C}$ in Rechnung zu stellenden Flächenanteile für Fußböden, Wände von Flüssigmistkanälen und Streifenfundamente sind Bild 3 zu entnehmen.

Der Transmissionswärmestrom des Stalles setzt sich zusammen aus den Transmissionswärmeströmen durch die einzelnen raumumschließenden Bauteile. Der Transmissionswärmestrom des Stalles wird berechnet:

$$\dot{Q}_T = \Sigma (k \cdot A \cdot \Delta\theta) \text{ in W} \quad (5)$$

Hierin bedeuten:

k	Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteiles in $\text{W/(m}^2\text{ K)}$
A	Fläche eines Bauteiles in m^2
$\Delta\theta$	Temperaturdifferenz zwischen Stallluft und Außenluft, Erdreich oder Raumluft in angrenzenden Nachbarräumen in K

Daraus ergibt sich im einzelnen:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_T = & k_{AF} \cdot A_{AF} \cdot \Delta\theta + k_{AT} \cdot A_{AT} \cdot \Delta\theta + k_{AW} \cdot A_{AW} \cdot \Delta\theta + k_{DE} \cdot A_{DE} \cdot \Delta\theta + k_{FB} \cdot A_{FB} \cdot \Delta\theta + k_{IF} \cdot A_{IF} \cdot \Delta\theta + k_{IT} \cdot A_{IT} \cdot \Delta\theta + k_{IW} \cdot A_{IW} \cdot \Delta\theta \end{aligned}$$

Rechenwerte für die Temperaturen θ_R der an den Stall grenzenden Räume siehe Tabelle 13.

Der Wärmestrom durch Fußböden, die über Flüssigmistgruben oder Flüssigmistkanälen liegen, ist nicht gesondert in Rechnung zu stellen. Auch die Mittelwände und Bodensole von Flüssigmistkanälen oder Flüssigmistgruben bleiben unberücksichtigt. Der Wärmestrom durch Fußböden, die unmittelbar an das Erdreich grenzen, kann wegen Geringfügigkeit vernachlässigt werden, wenn die Stalllufttemperatur im Winter mit $\leq 14^\circ\text{C}$ angenommen wird.

Bei Temperaturen der Stallluft $> 14^\circ\text{C}$ ist dieser Wärmestrom jedoch zu berücksichtigen. Der Wärmedurchgangskoeffizient k von Fußböden, die mit dem Erdreich in Berührung stehen, kann vereinfacht berechnet werden.

$$k_{FB} = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_{FB}} + 1,8} \text{ in W/(m}^2\text{ K)} \quad (6)$$

Hierin bedeuten:

k_{FB}	Wärmedurchgangskoeffizient eines an das Erdreich grenzenden Fußbodens in $\text{W/(m}^2\text{ K)}$
$\frac{1}{\lambda_{FB}}$	Wärmedurchlaßwiderstand eines an das Erdreich grenzenden Fußbodens in $\text{m}^2\text{ K/W}$
1,8	Rechenwert für den mittleren Wärmedurchlaßwiderstand des Erdreichs bis zum Grundwasser einschließlich des Wärmeübergangswiderstandes $1/\alpha_i$ in $\text{m}^2\text{ K/W}$

Bei der Berechnung des Transmissionswärmestromes eines an das Erdreich grenzenden Fußbodens FB ist für θ_a die Grundwassertemperatur θ_{GW} mit $+ 10^\circ\text{C}$ anzunehmen:

$$\dot{Q}_{T,FB} = k_{FB} \cdot A_{FB} (\theta_i - \theta_{GW}) \text{ in W} \quad (7)$$

Unterschiedlich wärmegeädämmte Fußbodenflächen, z.B. Liegeflächen der Tiere und Verkehrsflächen, sind getrennt zu berechnen.

An das Erdreich grenzende Außenwände EW von Flüssigmistkanälen oder Flüssigmistgruben werden, unabhängig von ihrer wahren Höhe, mit einer Höhe von 1,0 m in Rechnung gesetzt. Sofern diese Wandflächen nicht unmittelbar an oder unter Außenwänden der Ställe liegen, werden diese Wände wie Stallfußböden berechnet. Dies gilt auch für Streifenfundamente unter Innenwänden (siehe Bild 3).

Auch an das Erdreich grenzende Außenwände von Flüssigmistkanälen oder Flüssigmistgruben, die unmittelbar an oder unter Stallaußenwänden liegen, sowie Streifenfundamente unter Außenwänden werden, unabhängig von ihrer wahren Höhe, mit einer Höhe von 1,0 m in Rechnung gesetzt (siehe Bild 3). Der Transmissionswärmestrom durch diese Bauteile wird wie bei Stallaußenwänden berechnet, wobei für θ_a^* die mittlere Bodentemperatur über eine längere Kälteperiode einzusetzen ist.

Der Transmissionswärmestrom durch an das Erdreich grenzende Außenwandflächen und Streifenfundamente ist:

$$\dot{Q}_{T,EW} = k_{EW} \cdot A_{EW} (\theta_i - \theta_a^*) \text{ in W} \quad (8)$$

θ_a^* Wert der Wintertemperaturzonenkarte θ_a erhöht um 12°C

6.3.2.2.2 Zulässiger Transmissionswärmestrom in Ställen ohne Heizung

Anhand der Wärmestrombilanz ist der zulässige Transmissionswärmestrom $\dot{Q}_{T,zul}$ zu ermitteln.

$$\dot{Q}_{T,zul} = \Sigma \dot{Q}_{ST} - \dot{Q}_{L,W} \text{ in W} \quad (9)$$

Hierin bedeuten:

$\dot{Q}_{T,zul}$	zulässiger Transmissionsstrom sensibler Wärme in W
$\Sigma \dot{Q}_{ST,W}$	Strom sensibler Wärme, summiert für den gesamten Stall, im Winter in W
$\dot{Q}_{L,W}$	Strom sensibler Wärme im Winter in W

6.3.2.2.3 Leistungsbedarf der Heizung

Ist der nach Abschnitt 6.3.2.2.2 errechnete zulässige Transmissionswärmestrom kleiner als der nach Abschnitt 6.3.2.2.1 ermittelte Transmissionswärmestrom, dann kann eine Heizung vorgesehen werden. Die erforderliche Leistung einer heiztechnischen Anlage Q_H wie folgt berechnet:

$$\dot{Q}_H = \dot{Q}_L + \dot{Q}_T - \Sigma \dot{Q}_{ST,W} \text{ in W} \quad (10)$$