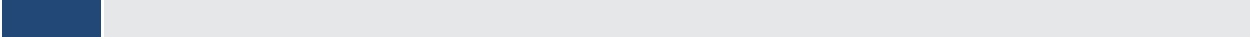


Lüftung und Wärmedämmung geschlossener Ställe

Bemessung nach DIN 18910:2017-08

Sonderveröffentlichung





© KTBL 2018

Herausgeber und Vertrieb

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt
Telefon +49 6151 7001-0 | Fax +49 6151 7001-123 | E-Mail ktbl@ktbl.de |
vertrieb@ktbl.de | Telefon Vertrieb +49 6151 7001-189
www.ktbl.de

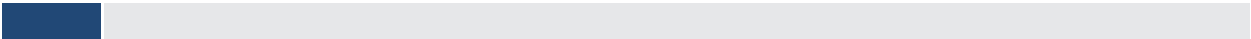
Herausgegeben mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Titelfoto

www.agrarfoto.com

Druck und Bindung

Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG
Sontraer Straße 6 | 60386 Frankfurt am Main



Inhalt

1	Einleitung	5
2	Stallklimafaktoren und Wärmebilanz	6
3	Anforderungen an das Stallklima, die Stalllüftung und den Bautenschutz	7
3.1	Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit der Stallluft	7
3.2	Kohlenstoffdioxidgehalt der Stallluft	8
3.3	Stalllüftung	8
3.4	Schutz der Bauteile gegen Feuchtigkeit	9
3.5	Vermeidung von Oberflächenkondensat	9
4	Berechnungsgrundlagen	10
4.1	Stallbesatz	10
4.2	Wasserdampf- und Kohlenstoffdioxidmassenstrom sowie Wärmestrom	10
4.3	Temperatur der Stallluft und der Außenluft in der Sommersituation	16
4.4	Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit der Stallluft und der Außenluft in der Wintersituation	16
4.5	Temperatur der Luft der an den Stall grenzenden Räume	17
4.6	Kohlenstoffdioxidgehalt der Stallluft und der Außenluft	17
4.7	Luftdruck	17
5	Berechnung der Luftmassenströme	18
5.1	Luftmassenstrom in der Sommersituation	18
5.2	Luftmassenstrom in der Wintersituation	19
5.3	Umrechnung von Luftmassenstrom in Luftvolumenstrom	22
6	Berechnung Lüftungswärmestrom in der Wintersituation	22
7	Bemessung der Wärmedämmung	23
8	Berechnung des Transmissionswärmestroms von Ställen	23
8.1	Berechnung des Transmissionswärmestroms von Bauteilen	24
8.2	Transmissionswärmestrom der Bodenplatte an das Erdreich	27
9	Ausgleich der Wärmebilanz in der Wintersituation	28
	Literatur	29
	Anhang 1	30
	Anhang 2	37
	Abkürzungen, Einheiten und Formelzeichen	43
	Indizes	43
	Glossar	44
	Autoren	45

1 Einleitung

Eine Grundvoraussetzung für gesunde und leistungsfähige Tiere ist ein den Anforderungen der Tiere entsprechendes Stallklima. Gleichzeitig ist das Stallklima auch für die im Stall arbeitenden Menschen sowie den Schutz der Bausubstanz wesentlich. Grundlage der Planung geschlossener, üblicherweise mit Ventilatoren gelüfteter Nutztierställe ist die DIN 18910:2017-08 „Wärmeschutz geschlossener Ställe – Wärmedämmung und Lüftung – Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe“. Die DIN wurde 2017 neu herausgegeben.

Bei dieser Baunorm handelt es sich um eine Planungs- und Berechnungsgrundlage für die Dimensionierung der Lüftung unter Einbeziehung der Wärmedämmung des Stallgebäudes, nicht, wie häufig missverstanden, um eine Norm für das Stallklima oder die Ausführung von Lüftungsanlagen. Zusätzlich enthält sie auch Hinweise zur Vermeidung von Oberflächenkondensat an den raumumschließenden Bauteilen. In der DIN 18910:2017-08 wird aufgeführt, welche Mengen an Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid und Wärme je nach Tierart, Haltungsabschnitt und Masse der Tiere abgegeben werden. Sie beschreibt, welche Anforderungen die Tiere im Stall an die Temperatur und Luftfeuchtigkeit stellen. Daraus lassen sich letztlich die erforderlichen Luftvolumenströme für die Sommer- und Wintersituation berechnen, unter Berücksichtigung der Wärmeabgabe des Gebäudes und der Kühlwirkungen von baulichen und technischen Einrichtungen. Außerdem lässt sich der Bedarf an Heizleistung bezogen auf die Gebäudeabmessungen und Wärmedämmung ermitteln.

Für Ställe, deren konstruktiver Wärmeschutz gering ist oder bei denen nur wenig Einfluss auf die Lufrate genommen werden kann, können aus der DIN 18910:2017-08 keine Aussagen zur Dimensionierung der Lüftungstechnik abgeleitet werden. Dazu zählen Außenklimaställe ohne oder mit geringer Wärmedämmung und mit großen Außenwandöffnungen zur Nutzung der Windbewegungen und der Thermik für den Luftwechsel.

In Anlehnung an die DIN 18910:2017-08 liefert diese Veröffentlichung Berechnungs- und Planungsgrundlagen und unterstützt Planer von Ställen und Lüftungsanlagen, die Norm in die Praxis umzusetzen. Die aufgeführten Daten sind für typische Stallanlagen und Haltungsbedingungen berechnet. Berechnungen auf der Grundlage der Tabellenwerte – insbesondere der Anhaltswerte für die Luftvolumenströme – ersetzen jedoch nicht die konkrete Einzelplanung für die Errichtung eines Stalles.

Das in Anhang 1 aufgeführte Rechenschema mit einem Beispiel für die Wärmebilanz eines Stalles kann als Leerformular kostenfrei unter www.ktbl.de abgerufen werden.

Der Anhang 2 umfasst Tabellen mit beispielhaften Planungswerten für die Luftvolumenströme in Rinder-, Schweine-, Geflügel- und Pferdeställen und die für die Wintersituation zugrunde liegende Wintertemperaturkarte.

2 Stallklimafaktoren und Wärmebilanz

Das Stallklima wird in der Hauptsache durch die folgenden Faktoren bestimmt:

- Lufttemperatur
- Oberflächentemperatur der Bauteile (Stallinnenseite)
- Luftfeuchtigkeit
- Kohlenstoffdioxidkonzentration (CO_2)
- Ammoniakkonzentration (NH_3)
- Schwefelwasserstoffkonzentration (H_2S)
- Luftgeschwindigkeit

Darüber hinaus zählen zum Stallklima Faktoren wie Licht sowie Staub- und Keimgehalt der Luft.

Die Tiere beeinflussen die Stallluftqualität vor allem durch die Abgabe von Wärme, Wasserdampf und Kohlenstoffdioxid. Die Höhe der Abgaben ist in erster Linie von der Tierart, der Masse und der Leistung der Tiere abhängig, weiter von der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit der Stallluft. Die Höhe der genannten Abgaben wird auch durch das Fütterungs- und Haltungsverfahren beeinflusst.

Auch fallen Ammoniak und Schwefelwasserstoff an. Diese Gase entstehen vor allem bei der Zersetzung der Exkremente. Hier hängt die Gasbelastung stark von der Temperatur, der Aufstallungsform und dem Entmistungsverfahren ab.

Die Temperatur im Stall ergibt sich aus der Wärmebilanz des Stalles. Den Wärmeeinträgen durch die Tiere und sonstigen Wärmeeinträgen stehen die Wärmeabgaben über die raumschließenden Bauteile des Stalles (Transmission) und durch die Lüftung gegenüber (Abb. 1).

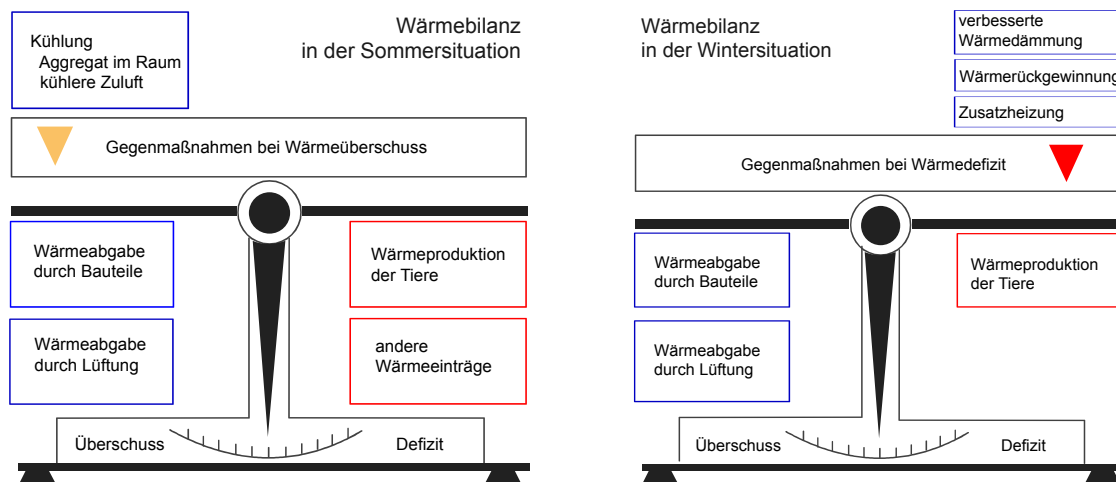


Abb. 1: Bausteine der Wärmebilanz eines Stalles (© Büscher)

Tab. 9: Wasserdampf- und Kohlenstoffdioxidmassenstrom sowie Wärmeströme in Pferdeställen (DIN 18910:2017-08, verändert)

Masse des Einzel- tieres m kg	Leis- tungs- faktor	Wintersituation					Sommersituation $\vartheta_i = 30\text{ °C}$
		Raum- temperatur (Rechenwert)	relative Luft- feuchtigkeit (Rechenwert)	Wasser- dampf- massenstrom	Kohlenstoff- dioxid- massenstrom	Strom sensibler Wärme	Strom sensibler Wärme
		ϑ_i	φ_i	$\dot{x}_{ST}$	$\dot{K}_{ST}$	$\Phi_{ST,W}$	$\Phi_{ST,S}$
		°C	%	g/h	g/h	W	W
Pferde (geringe Beanspruchung durch Training oder Arbeit)							
100	0	14	80	110,9	68,6	131,4	105,1
200	0	14	80	186,5	115,4	221,0	176,8
300	0	14	80	252,7	156,4	299,5	239,6
400	0	14	80	313,6	215,7	371,6	297,3
500	0	12	80	357,2	262,5	464,0	365,1
Pferde (moderate Beanspruchung durch Training oder Arbeit)							
400	0,25	14	80	392,0	269,6	464,5	371,6
500	0,25	12	80	446,5	328,1	580,0	456,4
600	0,25	12	80	511,9	376,2	665,0	523,2
700	0,25	12	80	574,7	422,3	746,5	587,4
800	0,25	12	80	635,2	466,8	825,1	649,2
Pferde (schwere Beanspruchung durch Training oder Arbeit)							
400	0,50	14	80	470,4	323,5	557,5	445,9
500	0,50	12	80	535,8	393,7	696,0	547,6
600	0,50	12	80	614,3	451,4	798,0	627,9
700	0,50	12	80	689,6	506,7	895,8	704,9
800	0,50	12	80	762,3	560,1	990,2	779,1

Die Gesamtwärmeabgabe der Tiere nimmt bei hohen Temperaturen leicht ab. Sie besteht aus einem fühlbaren Anteil (sensible Wärme; mit dem Thermometer messbar) und einem wasserdampfgebundenen Anteil (latente Wärme; z. B. in der Atemluft). Die sensible Wärme umfasst die Wärmeabgabe der Tiere durch Wärmeleitung, -konvektion und -strahlung. Der Anteil der sensiblen Wärme an der Gesamtwärmeabgabe der Tiere nimmt mit zunehmender Umgebungstemperatur stark ab, der Anteil der latenten Wärme entsprechend zu (Abb. 2). Daran wird auch deutlich sichtbar, dass

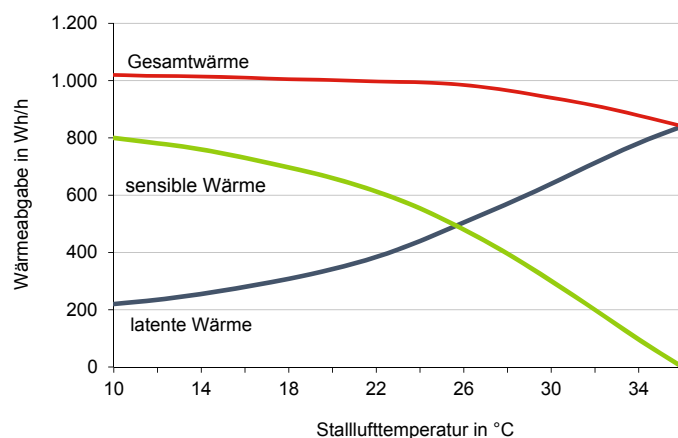


Abb. 2: Wärmeabgabe von landwirtschaftlichen Nutztieren in Abhängigkeit von der Stalllufttemperatur, bezogen auf die Wärmeproduktionseinheit (Strøm und Feenstra 1980, verändert)

die Wasserdampfabgabe, die bei Schweinen und Geflügel weitestgehend über die Atmung stattfindet, für die Wärmeregulierung der Tiere bei hohen Umgebungstemperaturen sehr wichtig ist.

Im Stall gibt es weitere Quellen, die den Anfall an Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid und Wärme beeinflussen: Exkremente, Einstreu, Futter, Tränken, Reinigungswasser und Heizungen. Die Auswirkungen können einen bedeutsamen Umfang erreichen (z.B. Gasheizungen ohne Rauchgasabführung). In den tierartspezifischen Formeln zur Berechnung des Anteils sensibler Wärme an der korrigierten Gesamtwärmeabgabe der Tiere ist der Einfluss einer üblichen Stallumgebung berücksichtigt.

4.3 Temperatur der Stallluft und der Außenluft in der Sommersituation

Stallluft

Die Stalllufttemperatur ϑ_i in der Sommersituation geht mit dem in der DIN 18910:2017-08 festgesetzten Rechenwert von 30 °C in die vereinfachende Berechnung des Luftmassenstroms ein.

In der Sommersituation soll die Stalllufttemperatur so wenig wie möglich über die Außenlufttemperatur ϑ_a ansteigen.

Außenluft

Die in früheren Ausgaben der DIN 18910 vorgenommene regionale Differenzierung in zwei unterschiedliche Zonen der Außenlufttemperatur in der Sommersituation (gemäß der Sommertemperaturkarte) ist in der DIN 18910:2017-08 nicht mehr enthalten. Als Konsequenz daraus gibt es nur noch einen tierartspezifischen Rechenwert für die zulässige Temperaturdifferenz zwischen Stallluft und Außentemperatur:

- für Rinder- und Pferdeställe $\Delta\vartheta_{zul} = 4 \text{ K}$
- für Schweine- und Geflügelställe $\Delta\vartheta_{zul} = 3 \text{ K}$

4.4 Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit der Stallluft und der Außenluft in der Wintersituation

Stallluft

In den Tabellen 1–4 sind Optimalbereiche der Stalllufttemperatur ϑ_i für die jeweiligen Tierarten und Haltungsabschnitte aufgelistet. Abhängig von der Stalllufttemperatur werden in den Berechnungen die in Tabelle 10 aufgeführten Werte für die relative Luftfeuchtigkeit angewandt.

Tab. 10: Werte für die relative Luftfeuchtigkeit in Abhängigkeit von der Stalllufttemperatur

Stalllufttemperatur ϑ_i in °C	Relative Luftfeuchtigkeit φ_i in %
< 18	80
18–26	70
> 26–30	60
> 30	50