Zeitschrift: Landtechnik Schweiz Herausgeber: Landtechnik Schweiz

Band: 46 (1984)

Heft: 13

Artikel: Die Berechnung des Wärmehaushaltes in Ställen

Autor: Stuber, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1081857

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 23.11.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch



FAT-MITTEILUNGEN

13/84

Landtechnisches Mitteilungsblatt für die Praxis herausgegeben von der Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik CH-8355 Tänikon

Verantwortliche Redaktion: Direktor Dr. W. Meier

15. Jahrgang, Oktober 1984

Nachdruck der unveränderten Beiträge unter Quellenangabe gestattet.

Entwurfsgrundlagen für landwirtschaftliche Betriebsgebäude

Ord. Nr. 1.0.40

Die Berechnung des Wärmehaushaltes in Ställen

A. Stuber

In der Tierhaltung stellt das Stallklima einen bedeutenden Umweltfaktor dar. Es beeinflusst die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der im Stall gehaltenen Tiere sowie der darin arbeitenden Menschen. Zudem bestimmt es den Zustand und die Lebensdauer der Stallgebäude mit. Dieser Beitrag weist auf die Schweizerische Stallklima-Norm hin, die alle Grundlagen, Daten und Berechnungsverfahren sowie Rechenbeispiele enthält.

Das in den Tabellen aufgeführte optimale Stallklima ist trotz der davon abweichenden Sommerund Winterverhältnisse und der Unbill der Witterung während des ganzen Jahres aufrecht zu halten. Bezüglich Lufttemperaturen ist ein Stall dann in Ordnung, wenn dem Wärmeverlust durch raumumschliessende Bauteile (QR) und dem Wärmebedarf für die erforderliche Lüftung (QL) eine gleichwertige Wärmeleistung der Tiere (QTi) gegenübersteht. Genügt letztere nicht, so muss künstlich geheizt werden (Heizleistung = QH), beispielsweise in Ferkelställen (Abb. 1). Schwieriger stellt sich das Problem, wenn die von den Tieren produzierte

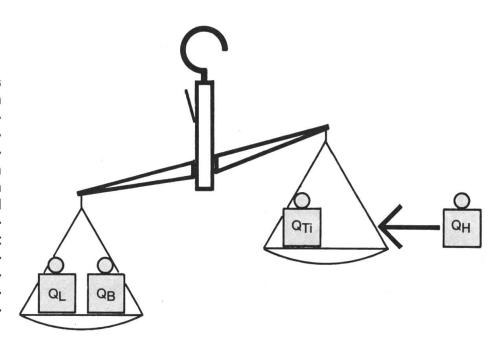


Abb. 1: Schematische Darstellung der Wärmebilanz.

Wärme nicht mehr abfliessen kann und nur durch künstliches Kühlen (Sommerluftrate) optimale Verhältnisse möglich sind. Nebst den Rechenwerten für den Wärmehaushalt sind für ein gutes Stallklima noch folgende Faktoren zu beachten:

- Lage des Gebäudes zur Himmelsrichtung und zu Nachbargebäuden (Wind- und Wetterexposition),
- Material und Gewicht der Gebäudehülle (Wärmespeicherfähigkeit),
- Schichtaufbau der Aussenkonstruktion (Dampfdiffusion),

 Entmistungssystem sowie Art und Weise der Stallreinigung (Schadgase, Staub, zusätzliche Feuchtigkeit).

Wärmeverlust durch Bauteile

Vorerst gilt es, den Wärmeverlust durch die raumumschliessenden Bauteile (QB) zu bestimmen, indem man die Flächen der Wände, Decken, Türen und Fenster ermittelt und mit den entsprechenden Wärme-

Formel 1

$$Q_B = (F_1 \cdot k_1 + F_2 \cdot k_2 + \dots F_n \cdot k_n) \cdot \Delta t$$

QB = Wärmeverlust durch raumumschliessende Bauteile in W

F = Fläche der Bauteile in m²

k = Wärmedurchgangszahl in W/m²K

∆ t = Temperaturdifferenz t_i - t_a in Kelvin (K) wieviel Wärme in Watt bei einem Grad Temperaturunterschied (1 Kelvin) zwischen der inneren und äusseren Oberfläche durch einen Quadratmeter eines Bauteils abfliesst. Beachte: je kleiner der k-Wert, umso weniger Wärme fliesst ab und umso besser die Wärmedämmung.

durchgangszahlen k multipliziert und die erhaltenen Produkte addiert. Das Resultat entspricht dem Wärmeverlust bei einem Grad Temperaturdifferenz (oder einem Kelvin) zwischen Raumluft (t_i) und Aussenluft (t_a). Um den tatsächlichen Verhältnissen gerecht zu werden, ist die erwähnte Summe noch mit der effektiven Temperaturdifferenz zwischen t_i und t_a (\triangle t) zu multiplizieren (siehe Formel 1).

Beispiel

Es sei der Wärmeverlust durch eine Längswand eines Milchviehstalles von 24 m Länge und 2,7 m Höhe, mit 10 Fenstern zu je 0.8×1.25 m (1.0 m^2) und einer Flügeltüre von 0.95×2.10 m (2.0 m^2) zu berechnen.

F der Wand = $24.0 \cdot 2.7 = 64.8$ m², abzüglich Fenster und Türen 64.8-12.0=52.8 m²

k-Wert der Wand 0,55 W/m²K k-Wert der Fenster (einfach verglast) 5,0 W/m²K

k-Wert der Türe (wärmegedämmt) 1.0 W/m²K

t_i = 10° C

 $t_a = -10 \, C$

 $\triangle t = 21 K$

nach Formel 1

 $Q_B = (52.8 \cdot 0.55 + 10.0 \cdot 5.0 +$

 $2.0 \cdot 1.0) \cdot 21 = 1701 \text{ W}$

Der grösste Anteil des Wärmeverlustes dieser Wand dringt durch die nur einfach verglasten Fenster.

Als **Wärmedurchgangszahl k** bezeichnet man den Dämmwert einer Konstruktion. Er gibt an,

Tabelle 1: Empfohlene Wärmedurchgangszahlen für Wände und Decken

Bauteile		k-Wert Talgebiet W/m²K	k-Wert Berggebiet W/m²K
Wände	Wohnhaus	0,6	0,5
	Rindviehstall	0,6	0,5
	Kälberstall	0,5	0,4
	Schweinestall	0,5	0,4
Decken/	Wohnhaus	0,5	0,4
Dachdecken	Rindviehstall	0,6	0,5
	Kälberstall	0,5	0,4
	Schweinestall	0,5	0,4

Tabelle 2: Wärmedurchgangszahlen für Fenster und Türen

Bauteile	k-Wert W/m² K	
Aussentüren, nicht wärmegedämmt	4,0	
Aussentüren, wärmegedämmt	1,0	
Fenster, einfach verglast	3,0	
Fenster, doppelt verglast	2,5	

Bedingt durch die unterschiedlichen Höhenlagen vom Flachland bis zum Berggebiet sind die Verhältnisse in der Schweiz ausserordentlich verschieden. Die Aussenlufttemperaturen für den Winter und Sommer sind in Klimakarten im Massstab 1: 300'000 dargestellt. Bei einem Temperaturunterschied von 1 Kelvin von Klimazone zu Klimazone ergeben sich 21 Klimazonen mit den Kältekennwerten von -6° C bis -26° C. Wo aus Gründen mangelnder Übersicht diese starke Differenzierung nicht darzustellen war, wurden

jeweils Unterschiede von 3 Kelvin zu einer Klimazone zusammengefasst. In solchen Fällen genügt der Mittelwert als einzusetzender Rechenwert.

Aus der Klimakarte «Sommer» sind jene Werte zu entnehmen, aus denen die Luftmengen berechnet werden können, die erforderlich sind, um die Stallufttemperaturen nicht mehr als 2, 3 oder 4 Kelvin über die Aussenlufttemperatur ansteigen zu lassen. Für eine überschlagsmässige Rechnung genügen die Angaben über Sommerluftraten in den Tabellen 4 bis 6.

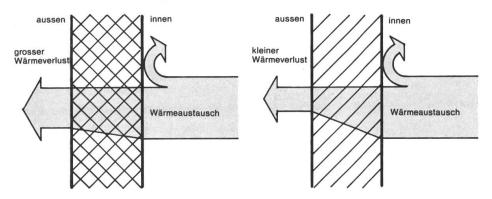


Abb. 2: Wärmeaustausch bei fehlender (links) und vorhandener Wärmedämmung (rechts).

Tabelle 3: Wasserdampfgehalt x und Wärmeinhalt i der Luft bei 100 % relativer Feuchtigkeit (nach Dr. Schreiber, Stuttgart-Hohenheim)

ta	×a	ia	t _a	xa	i _a
°C	g/m³	Wh/m³	oC '	g/m³	Wh/m³
- 6	2,87	- 0,03	- 16	1,22	- 4,95
- 7	2,64	- 0,56	- 17	1,12	- 5,42
- 8	2,43	- 1,08	- 18	1,02	- 5,88
- 9	2,24	- 1,58	- 19	0,93	- 6,37
- 10	2,05	- 2,08	- 20	0,85	- 6,81
- 11 - 12 - 13 - 14 - 15	1,89 1,73 1,59 1,46 1,33	- 2,58 - 3,06 - 3,54 - 4,03 - 4,49	- 21 - 22 - 23 - 24 - 25 - 26	0,77 0,70 0,63 0,57 0,52 0,47	- 7,24 - 7,68 - 8,12 - 8,56 - 9,01

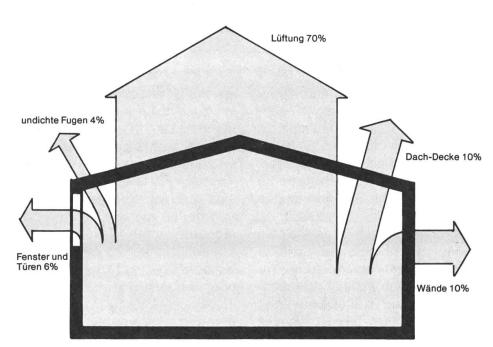


Abb. 3: Wärmeverlust aus einem Schweinemaststall für 200 Tiere bei einer Aussenlufttemperatur von ca. – 10° C.

Lüftungsrate nach Wasserdampfmassstab

Neben dem Wärmeverlust durch Bauteile bildet der zur Abführung des anfallenden Wasserdampfes notwendige Wärmebedarf für die Lüftung meist die wichtigere Komponente (Abb. 3). Die erforderliche Zuluftmenge (Luftrate) errechnet sich nach der Formel 2.

Formel 2

$$V_X = \frac{x_{Ti}}{x_i - x_a}$$

 V_X = Luftrate in m³/h

X_{Ti} = Wasserdampfproduktion der Tiere in g/h

x_i = Wasserdampfgehalt der Raumluft in g/m³

x_a = Wasserdampfgehalt der Aussenluft in g/m³

Beispiel

Berechnung der erforderlichen Luftrate zur Abführung des Wasserdampfes von 38 Kühen zu je 600 kg LG und 12 Zuchtkälbern zu je 100 kg LG, bei einer Stalllufttemperatur von 10° C und einer Aussenlufttemperatur von -11° C.

 $X_{Ti} = 38 \cdot 323 + 12 \cdot 83 =$ 12'274 + 996 = 13'270 g/h(Tabelle 4) x_i bei 10° C und 80% rF = $7,17 \text{ g/m}^3$ (Tabelle 4) x_a bei -11° C und 100% rF = $1,89 \text{ g/m}^3$ (Tabelle 3)
nach Formel 2:

$$V_X = \frac{13'270}{7,17 - 1,89} = 2'515 \,\text{m}^3/\text{h}$$

Tabelle 4: Rechenwerte für Wiederverkäufer und Pferde

	1.0	Rechenwerte			Anfall pro Tier			mind.	Sommerluftrate $\triangle t = 3K \triangle t = 4K$		
Tierkategorie	LG kg	t _i °C	rF %	Xi g/m³	i _i Wh/m³	QTi W	XTi g/h	CO₂ Ti Liter/h	Luftrate m³/h	m³/h	
Aufzuchtkälber	50 100 150	10	80	7,17	8,61	143 238 314	50 83 109	24 39 51	7,5 12,2 16,0	60 95 130	50 70 100
	50 100	18	70	10,26	13,37	143 272	78 137	24 44	7,5 13,8	60 95	50 70
Mastkälber	50 100 150 200	15	70	8,56	11,17	143 272 372 480	78 137 176 206	24 44 61 78	7,5 13,8 19,1 24,4	60 95 130 165	50 70 100 125
Jungvieh Aufzucht	200 300 400 500	10	80	7,17	8,61	431 543 636 709	153 193 226 252	70 87 104 116	21,9 27,2 32,5 36,3	165 225 275 320	125 170 205 240
Jungvieh Mast	200 300 400 500	15	80	9,79	12,09	480 640 752 830	206 274 323 356	78 105 124 136	24,4 32,8 38,8 42,5	165 225 275 320	125 170 205 240
Milchkühe (10 kg Milch/Tag)	500 600 700	10	80	7,17	8,61	821 908 991	292 323 352	135 149 163	42,2 46,6 50,9	320 350 380	240 260 280
Zuchtstiere	1000	10	80	7,17	8,61	991	352	163	50,9	420	320
Mastlämmer	20 40	16	80	10,40	12,89	77 113	37 46	12 18	3,8 5,6	28 44	21 33
Wastallille	20 40	12	80	8,13	9,96	77 113	37 46	12 18	3,8 5,6	28 44	21 33
Zucht- und Milchschafe	60	12 10 8	80	8,13 7,17 6,31	9,96 8,61 7,28	120	42	20	6,3	52	39
Pferde	500	15 10 8	70	8,56 6,27 5,52	11,17 7,95 6,70	590	280	98	30,6	225	170
	600	12 10 8	80	8,13 7,17 6,31	9,96 8,61 7,28	678	236	110	34,4	225	170

FAT-Mitteilungen

Tabelle 5: Rechenwerte für Schweine

Tierkategorie	LG kg	t _i °C	Reche rF %	enwerte Xi g/m³	i _i Wh/m³	Q _{Ti} W	Anfall pro Tie XTi g/h	er CO₂ Ti Liter/h	mind. Luftrate m³/h		merluftrate K ∆t=3K m³/h
	2	31 28	70	21,39 18,17	25,58 22,40	12	2.2	2	0,62		
Ferkel	5	28 24 22	70	18,17 14,53 12,96	22,40 18,34 16,58	23	4.1	4	1,25		
	10	22 18	80	14,82 11,72	18,00 14,49	40	17	6	1,88	25	17
	20	22 18	80	14,82 11,72	18,00 14,49	66	28	11	3,44	35	24
Zuchtsauen und Eber	150 200 250 300	10	80	7,17	8,61	216 258 305 349	93 111 131 150	35 42 50 57	10,94 13,12 15,62 17,81	145 185 225 260	97 123 150 175
säugende	150 200 250 300	18	80	11,72	14,49	309 359 405 450	133 154 172 193	51 59 65 74	15,94 18,44 20,31 23,12	220 280 330 380	145 185 220 255
Sauen (ohne Ferkel)	150 200 250 300	14	80	9,21	11,38	309 359 405 450	133 154 172 193	51 59 65 74	15,94 18,44 20,31 23,12	220 280 330 380	145 185 220 250
	20 40 60 80 100	18	80	11,72	14,49	66 112 151 186 222	28 48 65 81 95	11 18 25 31 36	3,44 5,62 7,81 9,69 11,25	36 55 75 91 106	24 36 50 61 71
Mastschweine	20 40 60 80 100	16	80	10,40	12,89	66 112 151 186 222	28 48 65 81 95	11 18 25 31 36	3,44 5,62 7,81 9,69 11,25	36 55 75 91 106	24 36 50 61 71

Wärmeverlust durch Lüftung

Um den Wärmeverlust durch Lüftung (Q_L) zu erhalten, ist die errechnete Luftrate (V_X) mit der

Differenz der Wärmeinhalte zwischen Raum- und Aussenluft zu multiplizieren (Formel 3).

Formel 3

$$Q_L = V_X \cdot (i_j - i_a)$$

Q_L = Wärmeverlust durch Lüftung in W

 ii = Wärmeinhalt der Raumluft in Wh/m³

i_a = Wärmeinhalt der Aussenluft in Wh/m³

Tabelle 6: Rechenwerte für Nutzgeflügel

			Rech	enwerte		Anfall pro Tier			mind.	Sommerluftrate	
Tierkategorie	LG kg	t _i °C	rF %	x _i g/m³	i _i Wh/m³	QTi W	XTi g/h	CO₂ Ti Liter/h	Luftrate m³/h	△ t = 11 m³/h	
	0,05	34 30	60	21,50 17,37	26,54 22,31	0,7	0,3	0,11	0,034	0,8	0,4
Kücken	0,3	26 22	60	13,94 11,11	18,59 15,18	2,8	1,4	0,46	0,144	3,4	1,7
	0,5	21 18	70	12,24 10,26	15,81 13,37	4,1	2,0	0,66	0,206	5,0	2,5
Junghennen Mastgeflügel	1,0	20 18	70	11,54 10,26	14,94 13,37	6,7	3,3	1,10	0,344	8,0	4,0
	1,5	18 17	70	10,26 9,66	13,37 12,59	9,2	4,5	1,50	0,469	10,0	5,0
Legehennen	1,5	22 20 18	80	14,82 13,19 11,72	18,00 16,02 14,49	9,2	4,5	1,50	0,469	10,0	5,0
	2,0	20 18 15	80	13,19 11,72 9,79	16,02 14,49 12,09	11,4	5,6	1,86	0,581	12,0	6,0
Elterations	2,5	18 15	80	11,72 9,79	14,49 12,09	13,6	6,7	2,20	0,688	13,0	6,5
Elterntiere	4,0	18 15	80	11,72 9,79	14,49 12,09	20,6	10,1	3,40	1,062	15,0	7,5

Beispiel

Bestimmung des Wärmeverlustes (Q_I) der im vorangehenden Beispiel errechneten Luftrate (V_X) von 2515 m³/h i; bei 10° C und 80% rF = 8,61 Wh/m3 (Tabelle 4) ia bei -11° C und 100% rF = -2,58 Wh/m3 (Tabelle 3) nach Formel 3: $2515 \cdot (8,61 - (-2,58) =$ 2515 · 11,19 = 28'145 W Die Wärmeleistung der Tiere beträgt gemäss Tabelle 4 total 37'360 W (38 Kühe zu je 908 W = 34'404 W und 12 Kälber zu je 238 W = 2856 W). Mit 28'145 W für die Wasserdampfabführung (Q_I) werden 75% der gesamten Wärmeproduktion der Tiere benötigt. Der Wärmeverlust durch Bauteile (QB) darf deshalb höchstens 25% betragen, sofern man ohne Heizung auskommen will.

Lüftungsrate nach Kohlendioxydmassstab

Das durch die Atmung der Tiere anfallende Kohlendioxyd CO2 soll keine Konzentrationen erreichen, welche die Gesundheit Leistungsfähigkeit und Mensch und Tier beeinträch-Als maximale Konzentration in Ställen wurden 3,5 Liter pro m3 Stalluft (0,35 Vol.% oder 3500 ppm) festgelegt. Nachdem in der Frischluft bereits 0,03 Vol.% CO2 enthalten sind, errechnet sich die betreffende Luftrate nach Formel 4.

Formel 4

$$V_{CO_2} = \frac{CO_2 T_i}{3.5 - 0.3} = \frac{CO_2 T_i}{3.2}$$

V_{CO2} = Luftrate nach Kohlendioxydmassstab

in m³/h

CO₂Ti = Kohlendioxyd-Produktion der Tiere in Liter/h

Beispiel

Berechnung der Luftrate nach Kohlendioxydmassstab für 38 Kühe zu je 600 kg LG und für 12 Kälber zu je 100 kg LG. $CO_2T_1=38 \cdot 149+12 \cdot 39=5662+468=6130$ Liter/h (Tabelle 4) nach Formel 4:

$$V_{CO_2} = \frac{6'130}{3,2} = 1915 \text{ m}^3/\text{h}$$

Die Mindestluftrate

Die Mindestluftrate V_{mind.} ist gleich der grösseren der beiden Luftraten. Im vorangehenden Beispiel gilt deshalb die Luftrate nach dem Wasserdampfmassstab V_x mit 2515 m³/h.

Damit der anfallende Wasserdampf vollends auf dem Luftweg abgeführt wird, sind erhebliche Wärmemengen nötig. Letztere stehen jedoch nicht unbeschränkt zur Verfügung. Mit der vorliegenden Berechnung, die unseres Erachtens bei jedem Bauvorhaben erfolgen soll, lässt sich die vorhandene Energie haushälterisch einsetzen.

Literatur

Schweiz. Stallklima-Kommission: Schweizerische Stallklima-Norm 1983.
Institut für Tierproduktion ETH-Z
Gruppe Physiologie und Hygiene, 8092 Zürich.

Dr. B. Primault: Klimakarten im Massstab 1:300'000. Anhang zur Schweiz. Stallklima-Norm. Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Land-

technik, 8355 Tänikon.

Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein: SIA-Norm Nr. 180. Empfehlung für den Wärmeschutz im Hochbau. SIA-Norm Nr. 381/1. Baustoff-Kennwerte.

Allfällige Anfragen über das behandelte Thema, sowie auch über andere landtechnische Probleme, sind an die unten aufgeführten kantonalen Maschinenberater zu richten. Weitere Publikationen und Prüfberichte können direkt bei der FAT (8355 Tänikon) angefordert werden (Tel. 052 - 47 20 25 Bibliothek).

Tel. 052 - 25 31 21 Tel. 033 - 54 11 67 Tel. 032 - 83 32 32 Tel. 063 - 22 30 33 Tel. 035 - 2 42 66 Tel. 031 - 57 31 41 Tel. 033 - 57 11 16
Tel. 041 - 76 15 91 Tel. 045 - 81 33 18 Tel. 045 - 54 14 03 Tel. 041 - 88 20 22
Tel. 044 - 21536
Tel. 055 - 48 33 45
Tel. 041 - 68 16 16
Tel. 041 - 63 11 22
Tel. 042 - 36 46 46
Tel. 037 - 82 11 61
Tel. 065 - 22 93 42
Tel. 061 - 83 28 88
Tel. 061 - 99 05 10
Tel. 053 - 233 21
Tel. 071 - 89 14 52
Tel. 071 - 33 26 33
Tel. 085 - 7 58 88
Tel. 071 - 83 16 70
Tel. 071 - 83 16 70
Tel. 081 - 81 17 39
Tel. 064 - 31 52 52
Tel. 072 - 64 22 44 Tel. 092 - 24 35 53
Tel. 052 - 33 19 21

FAT-Mitteilungen können als Separatdrucke in deutscher Sprache unter dem Titel «Blätter für Landtechnik» und in französischer Sprache unter dem Titel «Documentation de technique agricole» im Abonnement bei der FAT bestellt werden. Jahresabonnement Fr. 30.— Einzahlungen an die Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, 8355 Tänikon, Postcheck 30 - 520. In beschränkter Anzahl können auch Vervielfältigungen in italienischer Sprache abgegeben werden.