

Die raumumschließenden Bauteile und damit auch die Außenwände von Warmställen müssen bereits bei der Planung so bemessen werden, dass die Raumklimafaktoren für die verschiedenen Tier- und Nutzungsarten durch Lüftung und evtl. Heizung in optimale Bereiche gesteuert werden können. Dafür ist ein ausreichender Wärme- und Feuchteschutz der Außenwände erforderlich. Darüber hinaus spielen Eigenschaften wie Wärmespeicherfähigkeit, Schalldämmung und Brandverhalten eine Rolle. Erst die wirtschaftliche Erfüllung der Summe dieser Anforderungen ist ausschlaggebend für die Wahl der Konstruktion der Bauteile beziehungsweise der Außenwände.

■ 1 Wärmedämmung

Die Energieeinsparverordnung [1] gilt nicht für Ställe, da entweder auf eine Wärmedämmung und Beheizung verzichtet wird (Kaltställe) oder der Energiebedarf in wärmedämmten Ställen (Warmställe) ganz oder überwiegend durch die Wärmeabgabe der Tiere selbst gedeckt wird. Die Anforderungen an Ställe werden in DIN 18910-1 [2] geregelt. Der Wärmeeinfall im Stall muss ausreichen, um die gewünschte Stalllufttemperatur zu erreichen und zu halten – und dies auch bei extrem niedrigen Außentemperaturen.

Um die relative Luftfeuchte aus hygienischen und bautechnischen Gründen nicht über 80 % (unbeheizte Ställe) bzw. 70 % (beheizte Ställe) steigen zu lassen, muss der im Stall darüber hinaus anfallende Wasserdampf über ein leistungsfähiges und regelbares Lüftungssystem abgeführt werden. Gleichzeitig sichert die Lüftung eine tiergerechte CO₂-Konzentration. Die Wärmestrombilanz eines Stalles ist im Winter ausgeglichen, wenn die Summe aus den Lüftungswärmeverlusten ϕ_L und den Transmissionswärmeverlusten durch die raumumschließenden Bauteile (Decke, Wände, Boden) $\phi_{T, ges}$ den Wärmeeinfall im Stall durch Tiere $\Sigma\phi_{ST, W}$ und eine evtl. installierte Heizung ϕ_H nicht übersteigt. Es gilt:

Wärmeeinfall = Wärmeverluste

$$r \cdot \Sigma\phi_{ST, W} + \phi_H = \phi_L + \phi_{T, ges} [W]$$

Wärmestrombilanzen von Schweineställen zeigen, dass die Lüftungswärmeverluste bis zu 80 % des Wärmeeinfalls durch die Tiere im Stall erreichen können. Die restlichen 20 % des Wärmeeinfalls müssen dann ausreichen, um die Transmissionswärmeverluste durch die Bauteile zu decken. Ansonsten ist eine Heizung oder eine Wärmerückgewinnungsanlage erforderlich.



Bild 1: Schweinestall im Bau mit Außenwänden aus Leichtbetonsteinen

Werkbild Liapor

Tafel 1: Formelzeichen

Zeichen	Bedeutung	Einheit
A	Fläche	m ²
\dot{m}	Massenstrom (zwischen Stall und Umgebung)	kg/h
r	Korrekturfaktor zur Berücksichtigung von Verdunstungsverlusten der vom Tier produzierten Wärme auf Stallebene	-
R	Wärmedurchlasswiderstand	m ² ·K·W ⁻¹
R _s	Wärmeübergangswiderstand	m ² ·K·W ⁻¹
U	Wärmedurchgangskoeffizient	W·m ⁻² ·K ⁻¹
Θ	Temperatur	°C
ΔΘ	Temperaturdifferenz	K
λ	Wärmeleitfähigkeit	W·m ⁻¹ ·K ⁻¹
φ	Wärmestrom	W
φ _H	Heizleistung zum Ausgleich der Wärmebilanz	W
φ _L	Lüftungswärmeverluste	W
φ _{ST,W}	Wärmeanfall durch Tiere im Winter auf Stallebene	W
φ _T	Transmissionswärmeverluste durch raumabschließende Bauteile	W

Die Transmissionswärmeverluste durch die Stallaußenwände φ_{AW} sind abhängig von ihrer Fläche A_{AW}, ihren Wärmedurchgangskoeffizienten U_{AW} und der Temperaturdifferenz zwischen Stall- und Außenluft ΔΘ. Es gilt:

$$\phi_{AW} = A_{AW} \cdot U_{AW} \cdot \Delta\Theta \text{ [W]}$$

Das heißt, die Transmissionswärmeverluste durch die Stallaußenwände sind um so geringer, je kleiner ihre Fläche A_{AW}, je niedriger ihr Wärmedurchgangskoeffizient U_{AW} und je geringer der Temperaturunterschied zwischen Stall- und Außenluft ΔΘ ist. Dieser Zusammenhang gilt auch für die übrigen wärmetauschenden Bauteile, wie die Decke, die Innenwände zu Räumen mit niedrigen Temperaturen, die Außen- und Innenfenster, die Außen- und Innentore und den Fußboden. Wegen Geringfügig-

Tafel 2: Steine, Blöcke und Platten für einschalige Wände aus Leicht- und Porenbeton

Bezeichnung	Kurzzeichen	Formate ¹⁾ , Bemerkung
Hohlblöcke aus Leichtbeton	Hbl	Steine mit Hohlkammern, evtl. mit Dämmstoff gefüllt, 8 DF bis 16 DF
Vollblöcke aus Leichtbeton	Vbl	Steine mit dünnen Luftschlitzen, evtl. mit Dämmstoff gefüllt, 8 DF bis 24 DF
Vollsteine aus Leichtbeton	V	NF, 1 DF bis 10 DF
Großblöcke aus Leichtbeton		z.B. 1 m lang, 0,5 bis 0,9 m hoch, Versetzgerät erforderlich
Wandelemente aus Leichtbeton		bis 11 m lang, bis 3 m hoch
Plansteine aus Porenbeton	PP	bis 0,624 m lang, bis 0,249 m hoch
Planelemente aus Porenbeton	PPE	bis 1,499 m lang, bis 0,624 m hoch
Wandplatten aus Porenbeton		bis 7,5 m lang, bis 3,5 m hoch

¹⁾ DF = Dünnformat 240 mm x 115 mm x 52 mm
 NF = Normalformat 240 mm x 115 mm x 71 mm

keit werden Transmissionswärmeverluste bei wärmedämmten oder eingestreuten Fußböden sowie bei Stalltemperaturen ≤ 14 °C vernachlässigt. Die Transmissionswärmeverluste des gesamten Stalls φ_{T,ges} sind die Summe der Transmissionswärmeverluste durch die einzelnen Bauteile, also

$$\phi_{T,ges} = \phi_{\text{Fenster}} + \phi_{\text{Türen}} + \phi_{\text{Außenwände}} + \phi_{\text{Decke}} + \phi_{\text{Boden}} + \phi_{\text{Innenfenster}} + \phi_{\text{Innentüren}} + \phi_{\text{Innenwände}}$$

Niedrigere U-Werte der Decke können bis zu einem gewissen Grad in der Wärmestrombilanz relativ hohe U-Werte der Wände oder Fenster ausgleichen und umgekehrt. Durch diese Austauschbarkeit kann im Einzelfall die jeweils wirtschaftliche Bauweise gewählt werden. Es ist zum Beispiel verhältnismäßig preiswert und bautechnisch einfach, statt 10 cm Wärmedämmschicht in die Decke 15 cm oder 20 cm einzubauen. Wesentlich teurer und komplizierter ist es dagegen, bei den Wänden zum Beispiel von einschichtigem Mauerwerk zu mehrschichtigen Konstruktionen überzugehen. Begrenzender Faktor für diese Austauschbarkeit ist die Vermeidung von Oberflächenkondensat auf der Raumseite (siehe Abschnitt 2 Feuchteschutz und Tafel 2).

1.1 Einschalige Wände aus Leicht- oder Porenbeton

Die einschalige, beidseitig verputzte Außenwand aus Mauerwerk bietet bewährte Problemlösungen und besitzt eine Jahrhunderte alte Tradition, vor allem in Süddeutschland, im Rheinland und in Mitteldeutschland. Sie ist dort auch heute noch die am weitesten verbreitete Wandbauart im Stallbau. Neben kleinformatigen

Tafel 3: Wärmedurchgangskoeffizienten U für Wände aus Leicht- oder Porenbeton einschließlich beidseitigem Putz [3, 4]

Wärmeleitfähigkeit λ _R [W/(m·K)]	Wanddicke [cm]	U-Wert [W/(m ² ·K)]
0,11	36,5	0,28
	30,0	0,33
	24,0	0,41
0,12	36,5	0,30
	30,0	0,36
	24,0	0,44
0,13	36,5	0,33
	30,0	0,39
	24,0	0,47
0,14	36,5	0,35
	30,0	0,42
	24,0	0,51
0,15	36,5	0,37
	30,0	0,44
	24,0	0,54
0,16	36,5	0,39
	30,0	0,47
	24,0	0,57
0,18	36,5	0,44
	30,0	0,52
	24,0	0,63
0,21	36,5	0,50
	30,0	0,59
	24,0	0,71
0,23	36,5	0,54
	30,0	0,64
	24,0	0,77

Steinen stehen großformatige Blöcke (teilweise zum Vermauern mit Versetzgeräten) sowie geschosshohe Fertigteile in verschiedenen Festigkeiten und Wärmeleitfähigkeiten λ_r zur Verfügung. Tafel 3 gibt einen Überblick. Die zugehörigen Rohdichteklassen liegen zwischen 0,3 und 0,8 kg/dm³.

Entsprechende Berechnungen von Wärmestrombilanzen mit den Berechnungsgrundlagen von DIN 18910 [2] ergeben bei Warmställen Wärmedurchgangskoeffizienten U für die Wände, die zwischen 0,3 und 1,0 W/(m²·K) liegen.

Einschaliges Mauerwerk aus Leichtbetonsteinen niedriger Rohdichte, in Leichtmauermörtel versetzt, erreicht ebenso wie geschosshohe Fertigteile die Untergrenze der errechneten Werte für die Außenwände, wie die Beispiele in Tafel 3 zeigen.

Da die Aufzählung aller genormten und bauaufsichtlich zugelassenen Wandbauarten aus Leicht- und Porenbeton zuviel Raum in diesem Merkblatt in Anspruch nehmen würde, enthält die Tafel 3 keine Steinbezeichnungen. Sie ist geordnet nach dem Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit und berücksichtigt die Steindicken 24, 30 und 36,5 cm. Die Tafel enthält nur wärmedämmendes Mauerwerk mit U-Werten $\leq 0,80$ W/(m²·K). Eine vollständige Übersicht über die bauphysikalischen Kennwerte von Wänden aus Leicht- und Porenbeton enthalten [3] und [4].

Für derartiges Mauerwerk wird in der Regel Leichtmauermörtel bzw. Dünnbettmörtel bei Porenbeton verwendet.

Rechenwerte der Wärmeleitfähigkeit λ_r für genormte Mauersteine aus Leichtbeton und Porenbeton finden sich in DIN V 4108, Teil 4 [5]. Steine, Blöcke und Elemente mit bauaufsichtlichen Zulassungen, Bescheiden bzw. Übereinstimmungszertifikaten haben im Allgemeinen deutlich günstigere, geringere Wärmeleitfähigkeiten λ_r . Damit ergeben sich kleinere U-Werte für die Wandsysteme als nach DIN V 4108-4 [5].

Tafel 4: Rechenwerte der bewerteten Schalldämm-Maße $R'_{w,R}$ von einschaligen biegesteifen Wänden in Abhängigkeit des Flächen-gewichts nach [6]

flächenbezogenes Gewicht [kg/m ²]	bewertetes Schalldämmmaß ¹⁾ $R'_{w,R}$ [dB]
150	41
160	42
175	43
190	44
210	45
230	46
250	47
270	48
295	49
320	50
350	51
380	52
410	53
450	54
490	55
530	56
580	57

¹⁾ Gültig für flankierende Bauteile mit einem mittleren flächenbezogenen Gewicht von = 300 kg/m².

Da Außenwände von Ställen auch Schallschutzaufgaben haben können, sind in Tafel 4 Kennwerte zum Schallschutz, wie Flächengewichte in kg/m² und bewertete Schalldämmmaße $R'_{w,R}$ in dB, enthalten. Bei einschaligen Wänden hängt die Schalldämmung direkt vom Flächengewicht ab.

Zum Brandschutz werden keine Angaben gemacht, da alle in Tafel 3 aufgeführten Wände die höchste Feuerwiderstandsklasse F 180-A erreichen. Ein hervorragender Brandschutz wird hier also kostenlos mitgeliefert.

1.2 Wände mit Wärmedämmschichten

Natürlich lassen sich solche Werte auch mit Mauerwerk höherer Rohdichte und mit Wänden aus Normalbeton jeweils mit zusätzlichen Wärmedämmschichten erreichen.

Einige Beispiele für solche Wandkonstruktion enthält Bild 2. Die Wärmedämmung wird hier überwiegend durch die Dicke der Wärmedämmschicht bestimmt. Üblich sind Dämmstoffdicken zwischen 6 und 15 cm. Andere Funktionen, wie Tragfähigkeit, Witterungs-, Schall- und Brandschutz, übernehmen die massiven Bauteilschichten bzw. der Putz oder die Verkleidung.

■ 2 Feuchteschutz

Tauwasserniederschlag (Kondensat) an den Oberflächen oder im Inneren von Bauteilen ist dann zu vermeiden, wenn dadurch die Wärmedämmung der Bauteile wesentlich vermindert und/oder die Dauerhaftigkeit und statische Funktion der Bauteile gefährdet werden. Zeitweilig anfallendes Kondensat muss während jeder jahreszeitlichen Verdunstungsperiode vollständig ausdiffundieren können.

2.1 Oberflächenkondensat

Die Vermeidung von Kondensat auf der raumseitigen Oberfläche von Bauteilen hängt ausschließlich ab von ihrer Wärmedämmung. Diese muss sicherstellen, dass die raumseitige Oberflächentemperatur auch bei extrem niedrigen Außenlufttemperaturen nicht unter die Taupunkttemperatur der Raumluft fallen kann.

Zur Ermittlung des maximal zulässigen U-Wertes U_{max} gilt die Beziehung:

$$U_{max} < \frac{1}{R_{si}} \cdot \frac{\Theta_i - \Theta_s}{\Theta_i - \Theta_a} \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

Beispiel Mastschweinestall:

R_{si} = raumseitiger Wärmeübergangswiderstand
0,17 m²·K·W⁻¹

Θ_i = Stalllufttemperatur 16 °C

Θ_s = Taupunkttemperatur bei 80 % relativer Luftfeuchte
12,6 °C

Θ_a = Außenlufttemperatur -12 °C für schwere Bauteile
(> 150 kg/m²)

$$U_{max} < \frac{1 \text{ W}}{0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K}} \cdot \frac{16 \text{ °C} - 12,6 \text{ °C}}{16 \text{ °C} + 12 \text{ °C}} = 0,71 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Tafel 5: Maximale U-Werte in $W/(m^2 \cdot K)$, bei deren Unterschreitung kein Kondensat an den raumseitigen Oberflächen anfällt (Randbedingungen nach [2])

Stallluft		U_{max} [$W/(m^2 \cdot K)$] für eine Außenlufttemperatur von		
Temperatur θ_i [$^{\circ}C$]	relative Luftfeuchte φ_i [%]	-8 $^{\circ}C$	-12 $^{\circ}C$	-16 $^{\circ}C$
10	80	1,18	0,88	0,75
12	80	0,97	0,81	0,70
14	80	0,91	0,77	0,67
16	80	0,83	0,71	0,62
18	80	0,79	0,68	0,60
20	75	0,97	0,84	0,75
22	75	0,90	0,79	0,71
24	75	0,86	0,76	0,69

Tafel 6: Rechenwerte für die Außenlufttemperatur zur Begrenzung von Oberflächenkondensat an Bauteilen (Berechnung der Mindestwärmespeicherung) [2]

Spalte	1	2	3
Zeile	Bauteile	Rechenwerte für Temperatur θ_a bei Wintertemperaturzone	
		I und II (≥ -12 $^{\circ}C$) [$^{\circ}C$]	III und VI (< -12 $^{\circ}C$) [$^{\circ}C$]
1	Schwere Bauteile > 150 kg/m^2 und Wärmebrücken in leichten Bauteilen	-8	-12
2	Leichte Bauteile ≤ 150 kg/m^2	-12	-12

Weitere maximal zulässige U-Werte, die nach dieser Formel errechnet wurden, enthält Tafel 5. Dabei wurden die Randbedingungen nach DIN 18910-1 [2] zugrunde gelegt. Die errechneten Werte sind gleichzeitig die maximalen U-Werte für den Mindestwärmeschutz der Außenbauteile von Ställen. Für die Berechnung dürfen nach DIN 18910-1 [2] bei schweren Bauteilen mit Flächengewichten über 150 kg/m^2 höhere Außen-

temperaturen angenommen werden als bei leichten Bauteilen mit Flächentemperaturen unter 150 kg/m^2 (Tafel 6). Mit dieser Festlegung wird die günstige Wirkung der Wärmespeicherung massiver Bauteile berücksichtigt.

Der niedrigste U-Wert für schwere Außenbauteile ergibt sich mit $0,68$ $W/(m^2 \cdot K)$ bei 18 $^{\circ}C$ Stalllufttemperatur und 80 % relativer

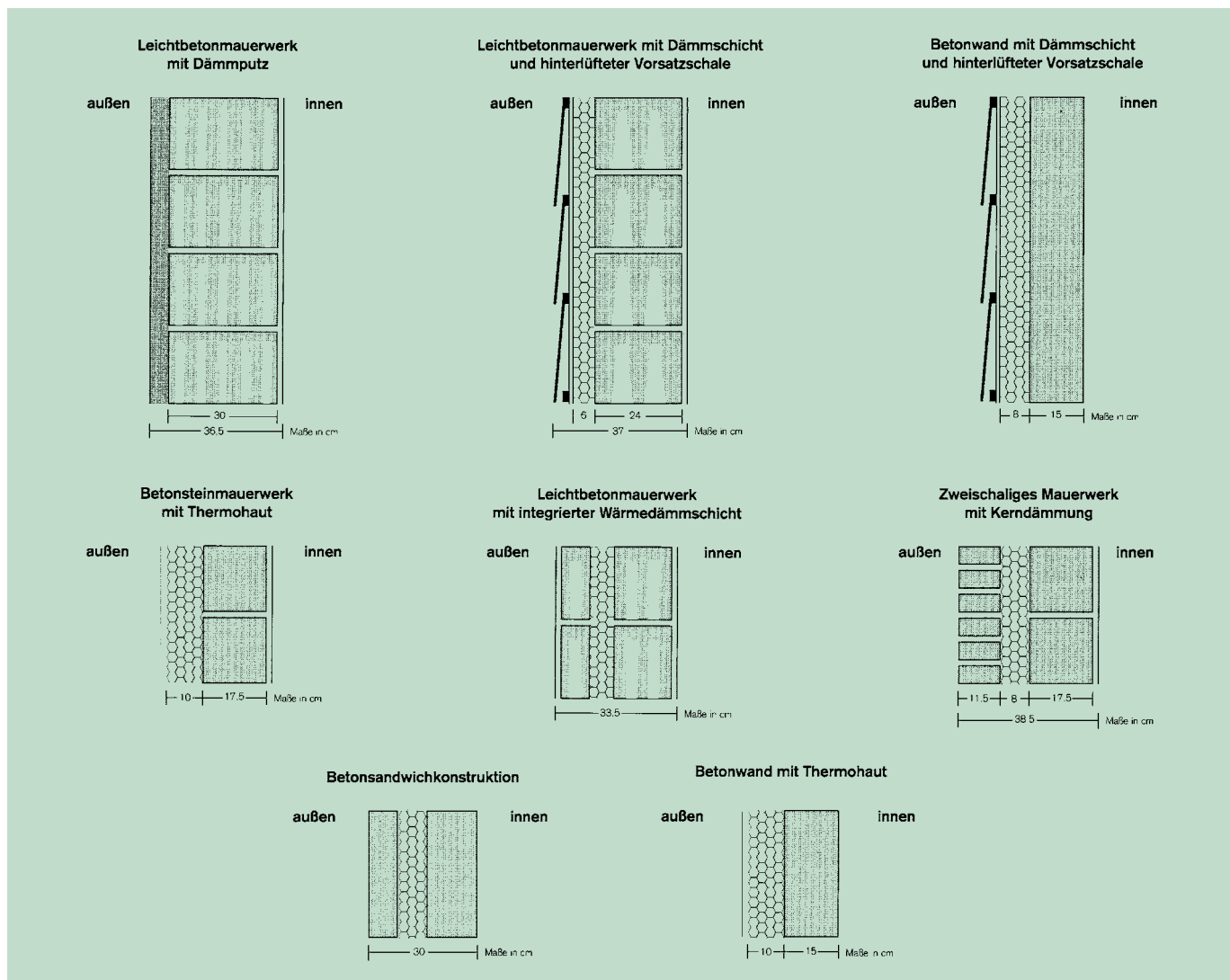


Bild 2: Mehrschichtige Außenwände (Beispiele); je nach Dicke der Wärmedämmschicht weisen diese Konstruktionen U-Werte zwischen $0,25$ $W/(m^2 \cdot K)$ und $0,5$ $W/(m^2 \cdot K)$ auf

Luftfeuchte sowie einer Außenlufttemperatur von $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$; das entspricht nach Tafel 4 den Wintertemperaturzonen III und IV.

Für leichte Außenbauteile errechnet sich für die gleichen Winter-temperaturzonen der niedrigste U-Wert mit $0,60\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ (Tafel 3).

Alle in Tafel 3 und Bild 2 zusammengestellten Konstruktionen haben Flächengewichte über $150\text{ kg}/\text{m}^2$, sie sind also als schwere Bauteile einzustufen. Ihre U-Werte liegen deutlich unter den maximal zulässigen U-Werten in Tafel 5. Ein Tauwasserniederschlag auf den raumseitigen Oberflächen ist also nicht zu erwarten.

2.2 Kernkondensat

Zur Verhinderung von schädlichem Kernkondensat kommt es insbesondere bei mehrschichtigen Bauteilen nicht nur auf die Wärmedämmung, sondern auch auf die Schichtfolge an. Der Wasserdampfdurchlasswiderstand der einzelnen Bauteilschichten sollte in Richtung des Dampfdruckgefälles, also von innen nach außen, abnehmen.

Einschichtige Außenwände aus Mauerwerk sind in der Regel nicht durch schädliches Kernkondensat gefährdet. Aber auch hier ist darauf zu achten, dass der Außenputz Wasser abweisend (Regenschutz) aber dampfdurchlässig ist. Wasserdampfundurchlässige Anstriche oder Metallfolien haben auf der Außenseite wärmetauschender, raumumschließender Bauteile von Ställen nichts zu suchen.

Bei den in Bild 2 dargestellten Beispielen für mehrschichtige Außenwände sind die Baustoffe der einzelnen Bauteilschichten so auszuwählen, dass der oben angeführte Grundsatz des abnehmenden Wasserdampfdurchlasswiderstandes eingehalten wird. In Zweifelsfällen ist ein entsprechender Nachweis nach DIN 4108, Teil 5 [7], zu führen.

3 Wärmespeicherfähigkeit

Raumseitig nutzbare Wärmespeicherfähigkeit ist vor allem im Sommer von Bedeutung. An heißen Sommertagen nehmen Bauteile mit raumseitig wirksamen Speichermassen Wärme aus der Raumluft auf, um diese abends an die kühlere Nachtluft wieder abzugeben.

Tafel 7 zeigt Beispiele für die Wärmespeicherfähigkeit einiger Baustoffe aus Beton sowie Vergleichswerte für Dämmstoffe, Luft und Wasser.

Tafel 7: Wärmespeicherfähigkeit einiger Baustoffe

Stoff	$\text{kJ}/(\text{m}^3\cdot\text{K})$	$\text{Wh}/(\text{m}^3\cdot\text{K})$
Stahlbeton	2300 - 2400	639 - 667
Leichtbeton	1200 - 2000	333 - 556
Mauerwerk	500 - 1600	139 - 444
Holzspanbeton	1150 - 1360	319 - 378
Holzwohle- Leichtbauplatten	750 - 1000	208 - 278
Dämmstoffe	25 - 100	7 - 28
Luft	1,29	0,36
Wasser	4187	1163

Welche Bedeutung die für den Stallraum nutzbare Wärmespeicherfähigkeit für die Raumtemperatur hat, lässt folgendes Beispiel erkennen:

Eine Wand aus 15 cm Normalbeton mit 10 cm Wärmedämmstoff auf der Außenseite besitzt eine wirksame Speichermasse, bezogen auf eine Periode von 24 Stunden , von $345\text{ kJ}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Mit der Wärmemenge, die frei wird, wenn 10 m^2 einer solchen Konstruktion um 1 K abgekühlt oder erwärmt werden, können 2650 m^3 Luft um 1 K oder 265 m^3 Luft um 10 K erwärmt oder abgekühlt werden.

Im Winter stellt sich in der Regel ein Temperaturgefälle von der Stall- zur Außenluft ein. Die Temperaturschwankungen der Stallluft sind relativ gering. Der Einfluss der Wärmespeicherfähigkeit auf die Raumtemperatur ist dann ohne wesentliche Bedeutung. Sie wirkt sich aber dahingehend aus, dass die Stalllufttemperatur nachts, wenn die Tiere weniger Wärme produzieren, nicht zu sehr absinkt.

4 Zusammenfassung

Ein- und mehrschalige Wandkonstruktionen aus zementgebundenen Baustoffen wie Leichtbetonmauerwerk, Porenbetonmauerwerk oder großformatigen Bauteilen eignen sich für den Bau von Warmställen besonders gut. Neben einem ausreichenden Wärme- und Feuchteschutz wird ein optimaler Schall- und Brandschutz quasi kostenlos mitgeliefert. Eine raumseitig nutzbare Wärmespeicherfähigkeit der raumumschließenden Bauteile dämpft die Temperaturschwankungen der Stallluft im Tagesverlauf.

5 Literatur

- [1] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung vom 16.11.2001 – EnEV – in der Fassung vom 25.11.2003)
- [2] DIN 18910-1:2004-11. Wärmeschutz geschlossener Ställe – Wärmedämmung und Lüftung. Teil 1: Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe
- [3] Neunast, A; Lange, F.: Leichtbeton-Handbuch. Düsseldorf: Verlag Bau+Technik, 2001
- [4] Weber, H. u.a.: Porenbetonhandbuch. Wiesbaden: Bauverlag, 2003
- [5] DIN V 4108-4:2004-07. Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden. Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte
- [6] DIN 4109, Beiblatt 1:1989-11 und A1:2003-09. Schallschutz im Hochbau. Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren
- [7] DIN 4108-3:2001-07 und Ber1:2002-04: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz. Planung und Ausführung, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise

Beratung und Information zu allen Fragen der Betonanwendung

Regionale Ansprechpartner

www.beton.org

BetonMarketing Nord GmbH

Hannoversche Straße 21, 31319 Sehnde-Höver, Tel.: 05132 8796-0, Fax: 05132 8796-15, hannover@betonmarketing.de

BetonMarketing Ost GmbH

Teltower Damm 155, 14167 Berlin-Zehlendorf, Tel.: 030 3087778-0, Fax: 030 3087778-8, mailbox@bmo-berlin.de

BetonMarketing Süd GmbH

Gerhard-Koch-Straße 2+4, 73760 Ostfildern, Tel.: 0711 32732-200, Fax: 0711 32732-202, info@betonmarketing.de

Büro München: Rosenheimer Straße 145 g, 81671 München, Tel.: 089 450984-0, Fax: 089 450984-45, muenchen@betonmarketing.de

Büro Wiesbaden: Friedrich-Bergius-Straße 7, 65203 Wiesbaden, Tel.: 0611 261066, Fax: 0611 261068, wiesbaden@betonmarketing.de

BetonMarketing West GmbH

Annastraße 3, 59269 Beckum, Tel.: 02521 8730-0, Fax: 02521 8730-29, bmwest@betonmarketing.de

Herausgeber: Verein Deutscher Zementwerke e.V., Tannenstraße 2, 40476 Düsseldorf

www.vdz-online.de

Verfasser: Dr.-Ing. Thomas Richter, BetonMarketing Ost GmbH