

Die Thematik wurde eingeschränkt auf eine Analyse der bauklimatischen Verhaltensweise von Leichtbauten, soweit sie sich vom Verhalten herkömmlicher schwerer Bauweisen unterscheidet und sich auf die Raumlufttemperatur auswirkt. Es wurde nur der Sommerfall betrachtet, weil die Bauweise im Sommer stärker Einfluß auf das Raumklima nimmt als im Winter. Strömungsprobleme, die einen durchaus nennenswerten Einfluß auf den Raumluftzustand ausüben können, wurden nicht berücksichtigt.

## Die klimawirksamen Komponenten der Wärmelast

Die Raumlufttemperatur, die sich im Sommer in einem Stallbau einstellt, ist ein Ergebnis der Wechselwirkung zwischen der meteorologischen Umwelt, der Wärmeabgabe von Tier und Technologie, dem thermischen Verhalten des Bauwerkes und der Lüftungsanlage.

Der Tagesgang der Raumlufttemperatur wird wegen des großen Förderstroms der Lüftungsanlage in einem Stallbau von der Außenlufttemperatur geprägt. Die Raumlufttemperatur schwankt im Verlaufe eines Tages im gleichen Sinne wie die Außenlufttemperatur.

Die Wärmeabgabe der Tiere, die in der Rangordnung der klimawirksamen Komponenten hinter der Außenlufttemperatur den zweiten Platz einnimmt, wird durch diesen Temperaturgang nicht unwesentlich beeinflusst. Die trockene (fühlbare) Wärmeabgabe der Tiere (die latente Wärme kann in diesem Falle unberücksichtigt bleiben!) sinkt mit steigender Raumlufttemperatur. Infolgedessen ist die Wärmeabgabe der Tiere am Nachmittag geringer als nachts (Bild 1). Sie wirkt gewissermaßen dämpfend auf das Raumklima ein. Erst an dritter Stelle kann der vom Bauwerk beeinflusste Wärmestrom, die Transmissionswärme und die Strahlungslast, genannt werden. Bei fensterlosen Stallbauten ist die Transmissionswärme klein gegenüber der Wärmeabgabe der Tiere (bei Schweinemastanlagen etwa 4 bis 7 Prozent); die Wärmelast des Stallbaus wird dann von der Wärmeabgabe der Tiere bestimmt (Bild 1). In Gebäuden mit Fenstern dagegen kann zusätzlich eine recht hohe Strahlungslast (Wärmelast durch Sonneneinstrahlung) auftreten. Diese fällt am Nachmittag das „Tagestal“ der tierischen Wärmeabgabe auf. Da zu dieser Zeit die Außenlufttemperaturen schon hoch liegen, stellen sich bedeutend höhere Raumlufttemperaturen ein als in Bauten ohne Fenster.

Ein Vergleich der Wärmelast leichter und schwerer Bauten zeigt:

1. Die Transmissionswärme im Sommer ist gleich, wenn die Amplitudendämpfung nach TGL 10686 gleich ist. Der niedrige Wärmespeicherkennwert  $S_{24}$  leichter Konstruktionen muß durch einen höheren Wärmedämmwert ausgeglichen werden.
2. Bei gleichem Fensterflächenanteil ist in erster Näherung eine gleiche Strahlungslast zu erwarten.

Bei Einhaltung dieser Bedingungen ist die Wärmelast der Leichtbauten nicht größer als die Wärmelast schwerer Bauwerke.

\* Technische Universität Dresden, Sektion Architektur/Gebiet Bauklimatik

<sup>1</sup> Kurzfassung eines Vortrages auf der 2. Wissenschaftlichen Tagung Landwirtschaftlicher Anlagenbau am 23. und 24. Juni 1970 an der TU Dresden. Die ausführliche Darstellung wurde veröffentlicht in: PETZOLD, K. / H. SCHWENKE: Der Einfluß der Innenspeicherung auf die Wärmelast und die maximale Raumlufttemperatur in Stallbauten. Luft- u. Kältetechnik 5 (1969) II, 6, S. 283 bis 291

PETZOLD, K.: Der Tagesgang der Raumlufttemperatur in Produktionsbauten. Luft- und Kältetechnik 6 (1970) H. 5.

## Der Einfluß der Innenspeicherung auf die Raumlufttemperatur

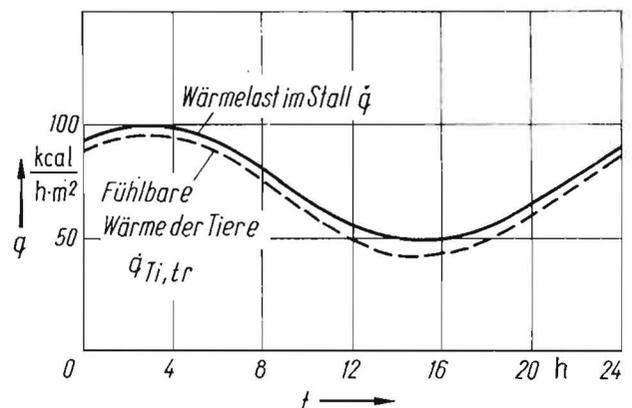
Der Einfluß des Baukörpers konzentriert sich auf die Innenspeicherung. Unter Innenspeicherung ist die Wärmespeicherwirkung der innenliegenden, mit der Raumluft in Berührung stehenden Flächen und Bauteile zu verstehen. Die Temperatur der Raumluft schwankt im Tagesrhythmus. Sie liegt von etwa 8 bis 20 Uhr über der Temperatur der innenliegenden Bauteile. Die während dieser Zeit ausgetauschte Wärme wird in den innenliegenden Bauteilen vorübergehend gespeichert. Sie wird nachts, wenn die Raumlufttemperatur unter der Temperatur der innenliegenden Bauteile liegt, wieder an die Raumluft abgegeben.

Die Speicherwirkung ist um so größer, je schwerer die verwendeten Baustoffe und je größer die an der Speicherung beteiligten Flächen (günstige Wirkung von Innenwänden!) sind. Bei gleicher Temperaturamplitude kann eine Schwerbetonfläche etwa viermal soviel Wärme speichern wie eine gleichgroße Wärmedämmplatte, Fußboden, Innenwände. Tragsystem sowie Maschinen und Apparate sind an der Speicherung beteiligt. Außenwände und Dach sind voll speicherwirksam, falls die Amplitudendämpfung nach TGL 10686 über 20 liegt; sie tragen nichts zur Speicherung bei, wenn ihre Amplitudendämpfung kleiner als etwa 10 ist.

Die Speichereigenschaften eines Bauwerkes werden durch den Wärmestabilitätskennwert  $h$  gekennzeichnet. Er ist bei leichten Stallbauten mit Vollspaltenboden zu etwa  $h = 3 \text{ kcal/h.K.m}^2$  Stallfläche, bei schweren Bauten zu  $h > 10 \text{ kcal/h.K.m}^2$  zu erwarten.

In erster Näherung kann ein linearer Zusammenhang zwischen Raumlufttemperatur und Außenlufttemperatur vorausgesetzt werden (Bild 2). Da die tagsüber gespeicherte Wärmemenge gleich der nachts entladenen ist (quasistationärer Zustand vorausgesetzt), wird der Tagesmittelwert der Raumlufttemperatur von der Wärmespeicherung nicht beeinflusst. In einem Bauwerk ohne jegliche Wärmespeicherung, dessen Wärmelast über den Tag annähernd konstant ist, würde sich die Raumlufttemperatur im Verlaufe eines Tages parallel zur Außenlufttemperatur verändern, lediglich um jeweils  $\Delta\vartheta_m$  höher (Kurve  $h = 0$  in Bild 3). Es besitzt aber ein jedes Bauwerk eine gewisse Speicherfähigkeit. Diese bewirkt, daß die maximalen Tagestemperaturen niedriger, die Nachttemperaturen höher liegen. Demzufolge verlaufen die Raumlufttemperaturkurven in Bild 3 mit um so geringerer Neigung, je größer die Speicherwirkung, gekennzeichnet durch den Wärmestabilitätskennwert  $h$ , ist. In leichten Bauwerken liegen die maximalen Raumluft-

Bild 1. Tagesgang der Wärmelast in einem Mastschweinestall ohne Fenster



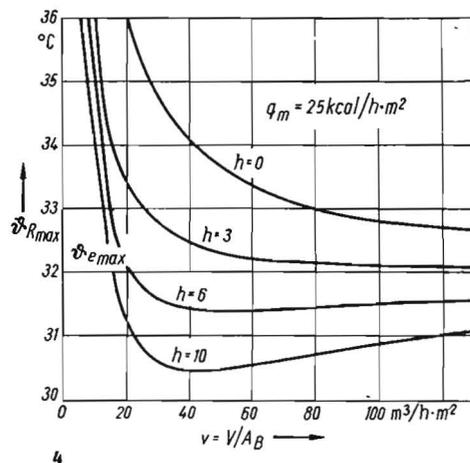
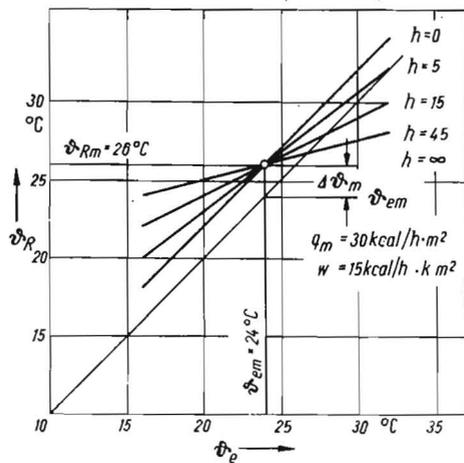
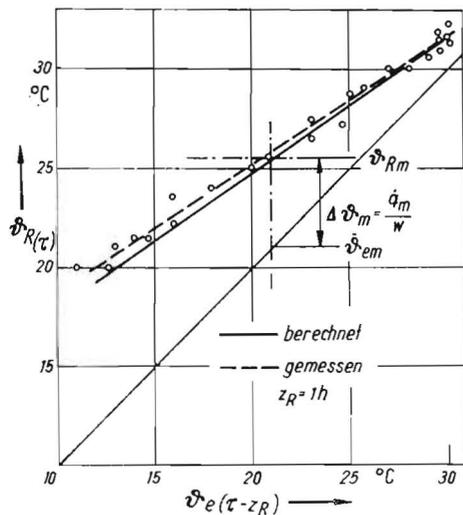


Bild 2. Raumlufttemperatur  $\vartheta_{R(\tau)}$  zur Zeit  $\tau$  in Abhängigkeit von der um  $z_R = 1h$  früher aufgetretenen Außenlufttemperatur  $\vartheta_e(\tau - z_R)$  in einem Leichtbau.  $\vartheta_{Rm}$  Tagesmittelwert der Raumlufttemperatur,  $\vartheta_{em}$  Tagesmittelwert der Außenlufttemperatur;  $\dot{q}_m$  Tagesmittelwert der Wärmelast;  $w$  Wärmewert des Förderstroms der Lüftungsanlage

Bild 3. Einfluß der Wärmestabilitätskennzahl  $h$  auf die Raumlufttemperatur  $\vartheta_R$  am Beispiel eines Stallbaus mit einer mittleren Wärmelast  $\dot{q}_m = 30 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2$  Stallfläche und einem Wärmewert des Förderstroms  $w = 15 \text{ kcal/h}\cdot\text{K}\cdot\text{m}^2$  bei einer maximalen Außenlufttemperatur von  $32^\circ\text{C}$  und einer minimalen Außenlufttemperatur von  $16^\circ\text{C}$

Bild 4. Maximale Raumlufttemperatur  $\vartheta_{Rmax}$  in Abhängigkeit vom spezifischen Förderstrom  $v = \dot{V}/A_B$  der Lüftungsanlage ( $\dot{V}$  Förderstrom;  $A_B$  Stallfläche) bei einer maximalen Außenlufttemperatur von  $32^\circ\text{C}$  und einer minimalen Außenlufttemperatur von  $16^\circ\text{C}$  am Beispiel eines Stallbaus mit einer mittleren Wärmelast  $\dot{q}_m = 25 \text{ kcal/h}\cdot\text{m}^2$

temperaturen um mehrere Grad höher als in schweren Bauwerken; die Nachttemperaturen liegen entsprechend niedriger. Im Gegensatz zur Wärmelast erweist sich also die Innenspeicherung als abhängig von der Bauweise und als durchaus klimawirksam.

### Die Beeinflussung des Raumklimas bei vorgegebener Bauweise

Liegen die Tagestemperaturen in einem Bauwerk zu hoch, so ist Abhilfe zu schaffen durch eine Verringerung der mittleren Temperaturdifferenz  $\Delta\vartheta_m$  (Bild 2). Es ist entweder die mittlere Wärmelast zu verringern, oder es ist der Förderstrom der Lüftungsanlage zu erhöhen. Ersteres ist nur bis zu einer gewissen Grenze möglich oder wirtschaftlich (z. B. Bild 1). Das ungünstigere thermische Verhalten

der Leichtbauten kann deswegen normalerweise nur durch eine Vergrößerung des Förderstroms der Lüftungsanlage ausgeglichen werden (Bild 4).

Bei schweren Bauten ( $h = 6$  bis  $10$  in Bild 4) kann man damit rechnen, daß in einem bestimmten Bereich des Förderstroms die maximale Raumlufttemperatur unter der maximalen Außenlufttemperatur liegt. In diesem optimalen Förderstrombereich stellen sich die unter Sommerbedingungen günstigsten Raumtemperaturverhältnisse ein. Die Verhältnisse verschlechtern sich, sowohl wenn die Lüftungsanlage zu klein als auch wenn sie zu groß bemessen wird.

Bei schweren, gut speichernden Bauwerken können schon mit verhältnismäßig kleinen Lüftungsanlagen niedrigere Raumlufttemperaturen gewährleistet werden, als bei leichten Bauten jemals erreichbar sind. Es tritt bei diesen u. U. kein Minimum auf, und man muß sich damit abfinden, daß die Raumlufttemperaturen immer über den Außenlufttemperaturen liegen ( $h = 3$  in Bild 4). Sind die damit erreichbaren Temperaturen zu hoch, so muß eine Luftaufbereitung (zumindest Verdunstungskühlung, d. h. Wassereinspritzung in den Zulufstrom) vorgesehen werden.

Bisher wurde nur eine Dämpfung der Temperaturamplitude berücksichtigt. Es tritt aber noch eine Phasenverschiebung zwischen Raumluft- und Außenlufttemperatur auf, die in der Größenordnung von 1 bis 2 h liegt. Infolge dieser Phasenverschiebung besteht nicht der bisher vorausgesetzte lineare Zusammenhang zwischen Raumluft- und Außenlufttemperatur, sondern der Tagesgang der Raumlufttemperatur ist als Ellipse darzustellen (Bild 5). Trotzdem kann man den einfacheren zu handhabenden linearen Zusammenhang beibehalten, wenn man die zu einer Zeit  $\tau$  gemessene Raumlufttemperatur über der Außenlufttemperatur darstellt, die um  $z_R = 1$  bis 2 h früher auftrat (Bild 2).

Das hier benutzte Modell des thermischen Systems „Stallklima“ gestattet eine Einbeziehung aller klimawirksamen Komponenten in die Gestaltung des Raumklimas. Es ermöglicht aber auch eine Verkürzung des meßtechnischen Aufwands zum Nachweis des Stallklimas. Denn aufgrund der gefundenen Beziehungen können Meßergebnisse sowohl auf andere Witterungsperioden als auch auf andere Stallbauten übertragen werden.

### Zusammenfassung

Die Wärmelast der Bauwerke ist unabhängig von der Bauweise, wenn die Fensterflächen hinreichend klein und die Amplitudendämpfung der Außenflächen gleich bemessen sind. Trotzdem treten in leichten Bauwerken wegen ihrer geringeren Innenspeicherung höhere Tagestemperaturen auf als in schweren Bauten. Eine Kompensation ist möglich durch Vergrößerung der Lüftungsanlage.

A 8141

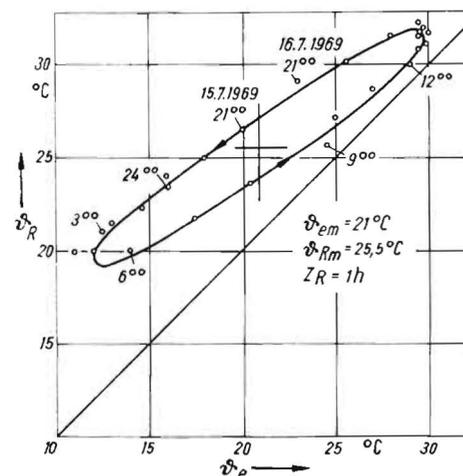


Bild 5. Tagesgang der Raumlufttemperatur  $\vartheta_R$  in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur  $\vartheta_e$  bei einer Phasenverschiebung von  $z_R = 1h$  (ausgezogene Linie: berechnet; Punkte: gemessen) in einem Leichtbau