Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 81 (1963)

Heft: 34

Artikel: Klimatechnische Gesichtspunkte bei Entwurf und Betrieb von Stallungen

Autor: Ostertag, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-66862

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: 12.07.2025

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

Die Methode kann für Platten und Schalen gut angewendet werden. Auf Bild 1 ist eine Vorrichtung gezeigt, bei der vier Messtreifen (oder zwei Rosetten) verwendet werden. Sie sind mit einer Gummilösung auf die Neoprenstücke leicht geheftet. Ist

$$O_x + U_x - (O_y + U_y) = 0$$

so sind die Hauptrichtungen für die Normalkraft gefunden. Ist aber

$$O_x + U_y - (O_y + U_x) = 0$$

so entspricht die Stellung den Hauptrichtungen für Biegungsmomente. Anschliessend können durch Drehung der Neopren-Kerne und entsprechende Schaltung mit Berücksichtigung der Eichkonstanten die Dehnungen in den beiden Hauptrichtungen gemessen werden.

Die in Bild 1 dargestellte Gabel darf an keiner Stelle ausserhalb der Einspannungen am Messpunkt aufgelagert werden, damit während der Belastung des Modells keine zusätzlichen Auflagerkräfte entstehen.

Die Wahl eines durchsichtigen Modells (Plexiglas) erleichert bei dieser Anordnung das parallele Einstellen der oberen und unteren Streifen. Die Methode erlaubt das Abtasten von Hunderten von Stellen, das Auftragen der Trajektorien usw. ohne das zeitraubende und kostspielige Aufkleben der Messtreifen mit der oft lästigen Verdrahtung. Natürlich können am Ende der Versuche an den interessanten Stellen noch Messtreifen aufgeklebt werden.

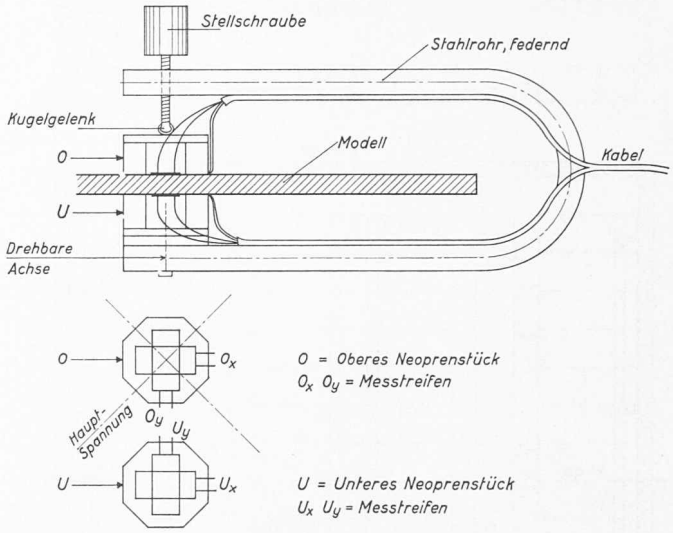


Bild 1. Ermittlung der Hauptrichtungen

Für Mitteilung über weitere Erfahrungen bei Anwendung dieser Messmethode ist der Verfasser sehr dankbar.

Adresse des Verfassers: *Alexander Moser*, Ing. ETH, Heurüti 12, Zumikon bei Zürich.

Klimatechnische Gesichtspunkte bei Entwurf und Betrieb von Stallungen

DK 628.841:728.94

Von **A. Ostertag**, dipl. Ing., Zürich

Schluss von Seite 590

6. Schweine-Maststall von 15 × 16 m Grundfläche

Die klimatischen Verhältnisse weichen bei Schweine-Mastställen von denen bei Grossviehställen in wesentlichen Belangen beträchtlich ab, weshalb sie besonders untersucht werden sollen. Die jungen Tiere werden mit einem Gewicht von etwa 25 kg in den Maststall gebracht und erreichen dort in etwa 120 Tagen ein Gewicht von rd. 110 kg, worauf sie den Stall verlassen und neuen Jungtieren Platz machen. Die Belegung erneuert sich somit fortwährend; sie bleibt normalerweise das ganze Jahr hindurch angenähert gleich, ist also unabhängig von den jahreszeitlichen Schwankungen des Aussenklimas. Deshalb soll auch das Stallklima während des ganzen Jahres möglichst unverändert bleiben. Nun können sich allerdings infolge Unregelmässigkeiten in der Aufzucht, Krankheiten, Marktverhältnissen oder aus anderen Gründen beträchtliche Abweichungen von diesem Normalzustand mit mittlerer Belegung ergeben. Dementsprechend sind die Einrichtungen so vorzusehen, dass sie auch bei extremen Belegungen zu befriedigen vermögen.

Ein weiterer Gesichtspunkt ergibt sich aus der Empfindlichkeit der Tiere auf niedrige Temperaturen. Da Schweine keinen Pelz tragen, müssen sie sich durch Ansetzen von Fett gegen Kälte schützen, was aber den Masterfolg verringert und wegen dem geringeren Wert von Fett gegenüber Fleisch unerwünscht ist. Ausserdem treten leicht Erkältungskrankheiten auf. Aus diesen Gründen sollte die Stalltemperatur nicht unter etwa +15 °C absinken. Das ist aber bei ausreichender Lüftung ohne künstliche Heizung nicht zu erreichen, ganz besonders bei schwacher Belegung.

Schliesslich ist einer genügend leistungsfähigen und richtig angeordneten Frischluftzuteilung grosse Aufmerksamkeit zu schenken. Schweine bedürfen je GVE mehr Frischluft als Rindvieh und sind auf Zugerscheinungen viel empfindlicher.

Unseren Untersuchungen sei ein freistehender Stall nach Bild 12 von nahezu quadratischer Grundfläche mit zwei Futtergängen und vier Mistgängen zugrunde gelegt, dem auf einer Seite ein schmaler Vorraum angebaut ist. Dieser steht mit dem Dachraum in Verbindung, der als Lager für Futtermittel dient. Wie aus den eingetragenen Wärmedurchgangszahlen ersichtlich ist, soll das ganze Bauwerk gut wärmedicht sein. Es werden gleiche Erdbodenverhältnisse wie beim Viehstall nach Bild 5 vorausgesetzt, wobei aber nur mit den Zahlen für «Aussenräume» nach Weyh gerechnet wird. Dagegen sei im Fussboden eine 8 cm dicke Isolierschicht (mit $\lambda = 0{,}05$ kcal/m h °C) angenommen; deren Vorteile, auf die bereits oben hingewiesen wurde, fallen bei Schweineställen besonders stark ins Gewicht.

Als Belegung wird zunächst mit 60 Tieren von 67 kg mittlerem Gewicht, also mit 8 GVE gerechnet. Damit ergibt sich ein Wärmeanfall von $Q_i = 9600$ kcal/h und eine Feuchtigkeitsmenge von 3200 g/h, die sich infolge Wasserverdunstung auf schätzungsweise 4800 g/h erhöht. Die minimale Frischluftzuteilung soll 1200 kg/h (1020 m³/h), also 127 m³/h · GVE betragen.

Bild 13 zeigt als Ergebnis der Durchrechnung die einander zugeordneten Zustandspunkte der Frischluft (A) und der Raumluft (R) und Bild 14 die Wärmeumsätze, die angenommenen Frischluftzuteilungen sowie Temperatur und relative Feuchtigkeit der Raumluft in Abhängigkeit von der Aussentemperatur. Wie ersichtlich, ergeben sich im Winter bei einer Stalltemperatur von +15 °C und einer Frischluftzuteilung von 1200 kg/h verhältnismässig niedrige relative Feuchtigkeiten. Da sie meist nur kurzzeitig vorkommen, dürften sie zulässig sein. Bei wärmerem Wetter stellen sich ähnliche klimatische Verhältnisse wie beim Rindviehstall ein. Allerdings sind dazu auch hier die Frischluftzuteilungen V_l beträchtlich zu erhöhen, was unter Vermeidung von Zugerscheinungen im Aufenthaltsbereich der Tiere zu verwirklichen ist.

Die grösste Heizleistung (Tagesmittelwert) bei einer Aussentemperatur von −15 °C liegt mit 13 350 kcal/h wesentlich über dem Wärmeanfall durch die Tiere (9600 kcal/h). Es muss bis zu Aussentemperaturen von +6,5 °C, in Zürich also während rd. 145 Tagen, geheizt werden. Der jährliche Wärmebedarf lässt sich wie der des Rindviehstalles mit Hilfe der Temperaturhäufigkeiten am Aufstellungsort graphisch ermitteln, Bild 16. Er ergab sich bei mittleren Witterungsverhältnissen zu 12 Mio kcal (s. auch Tabelle 2). Ihm entspricht eine Kohlenmenge (Heizwert 7000 kcal/h, Wirkungsgrad 66 %) von 2,6 t oder eine Heizölmenge (10 000 kcal/h, 70 %) von 1,7 t. Die jährlichen Brennstoffkosten im Betrag von rd. 400 Fr. bei Kohlenfeuerung bzw. 350 Fr. bei Oelfeuerung dürften im Verhältnis zum Umsatz kaum ins Gewicht fallen.

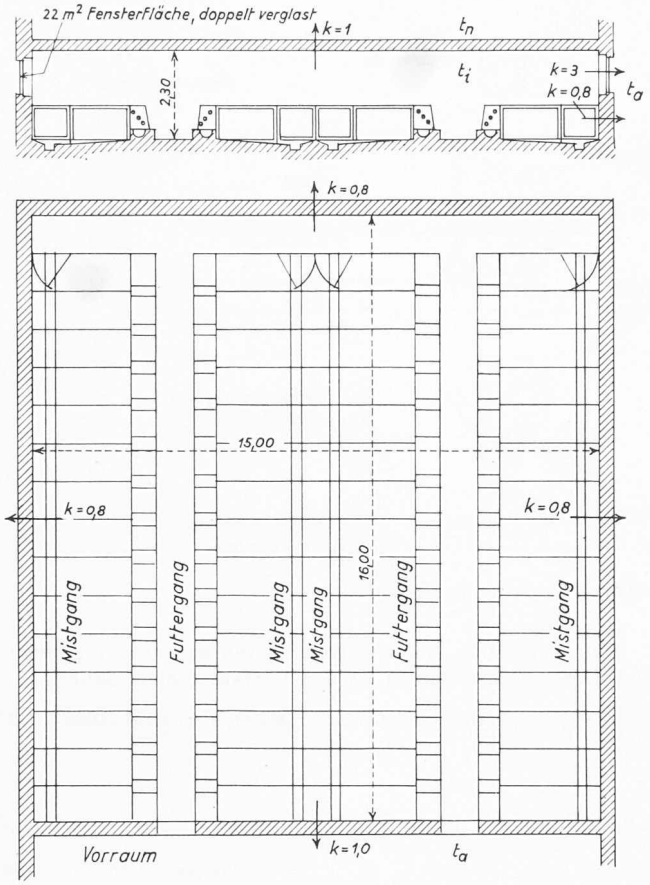


Bild 12. Massbild des untersuchten Schweine-Mast-Stalles, 1:200

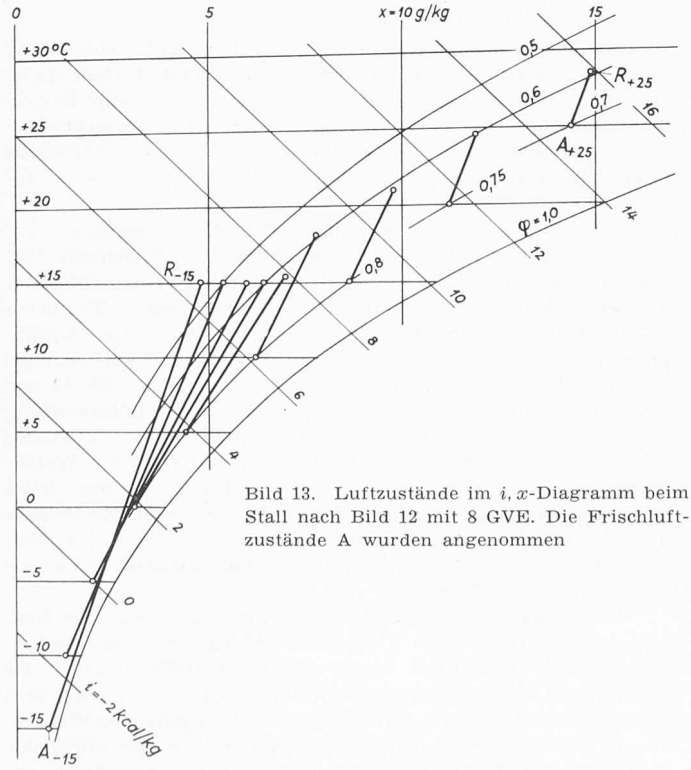


Bild 13. Luftzustände im i, x-Diagramm beim Stall nach Bild 12 mit 8 GVE. Die Frischluftzustände A wurden angenommen

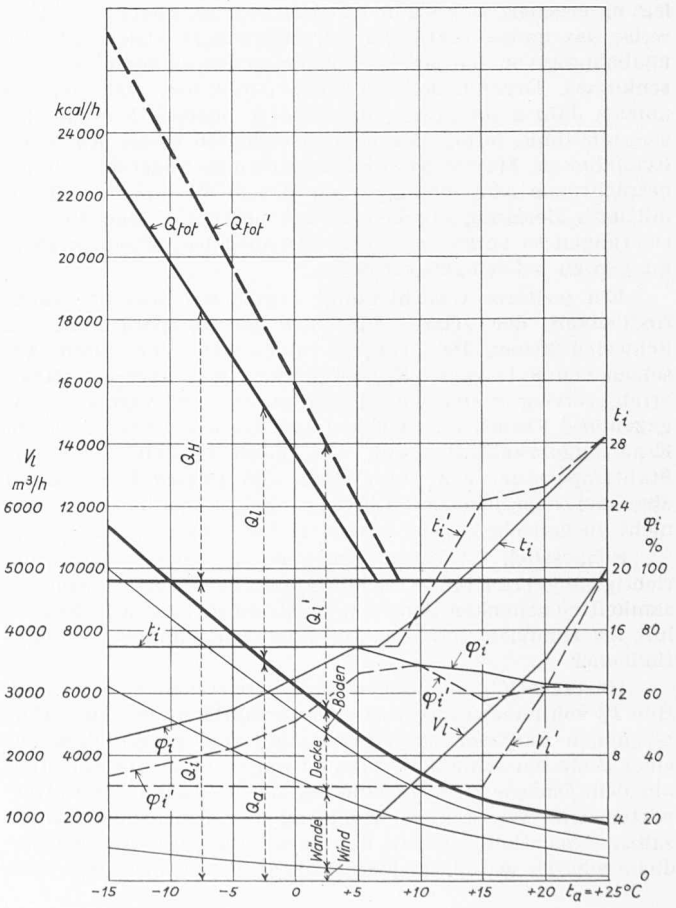
Bild 14 (rechts). Schweine-Maststall nach Bild 12 mit 8 GVE. Wärmeumsätze, Temperaturen und rel. Feuchtigkeiten im Stall bei den angenommenen Frischluftzuteilungen V_l

Q_a Wärmeabfluss durch Raumumgrenzung
Q_e Wärmebedarf zur Frischlufterwärmung
Q_i Wärmeanfall durch die Tiere
Q_H erforderliche Heizleistung
t_i, φ_i Luftzustand im Stall

Unser Beispiel mit 8 GVE entspricht Verhältnissen, wie sie hauptsächlich bei Versuchsställen und nur aunahmsweise bei gewöhnlichen Mastställen vorkommen. Diese werden im allgemeinen aus wirtschaftlichen Gründen viel stärker belegt. Es schien daher geboten, den gleichen Stall bei einer Belegung durch 20 GVE (150 Tiere) zu untersuchen. Die Tiere geben dabei an Wärme 24 000 kcal/h und an Wasserdampf 8000 g/h ab, wozu wiederum 50 % für Verdunstung von eingeführtem Wasser hinzukommen, so dass mit einem Wasseranfall von insgesamt 12 000 g/h zu rechnen ist. Die Stalltemperatur soll im Winter wiederum nicht unter +15 °C sinken; die minimale Frischluftzuteilung sei 3000 kg/h, d. h. 2550 m³/h oder 127 m³/h · GVE wie vorhin.

Die Durchrechnung ergab für Aussentemperaturen unter 0 ° gleiche Zustandsänderungen der Frischluft und somit auch gleiche Luftzustände im Stall; oberhalb 0 ° weichen diese von denen bei 8 GVE nur unbedeutend ab. Bild 13 ist also auch für den vorliegenden Fall im wesentlichen gültig. Dagegen sind die Heizleistungen stark verschieden, wie aus Bild 15 zu erkennen ist. Dort sind, wie in Bild 14, die Wärmeumsätze, die angenommenen Frischluftzuteilungen sowie Temperatur und relative Feuchtigkeit der Stalluft in Abhängigkeit von der Aussentemperatur aufgezeichnet. Die Heizleistung bei einer Aussentemperatur von —15 °C liegt mit 16 200 kcal/h um 2850 kcal/h oder 21,4 % höher als bei 8 GVE, fällt aber mit zunehmender Aussentemperatur rasch ab; der Heizbetrieb kann schon bei einer Aussentemperatur von +0,4 °C, also nach etwa 52 Tagen eingestellt werden. Der Wärmebedarf pro Jahr ergibt sich bei mittleren Verhältnissen zu 5,1 Mio kcal, Bild 16. Es ist somit festzustellen, dass sich bei einem gegebenen Stall der Wärmebedarf und die Brennstoffkosten durch stärkere Belegung beträchtlich senken lassen.

Bei den angenommenen Frischluftmengen ergeben sich, wie erwähnt, im Winter verhältnismässig niedrige Raumfeuchtigkeiten. Es wäre durchaus möglich, die Frischluftzuteilung soweit zu verringern, dass sich eine höhere, noch als zulässig erachtete Feuchtigkeit einstellt, wodurch nochmals an Raumheizwärme beträchtlich gespart werden könnte. Die Rechnung wurde unter Annahme eines Luftzustandes im



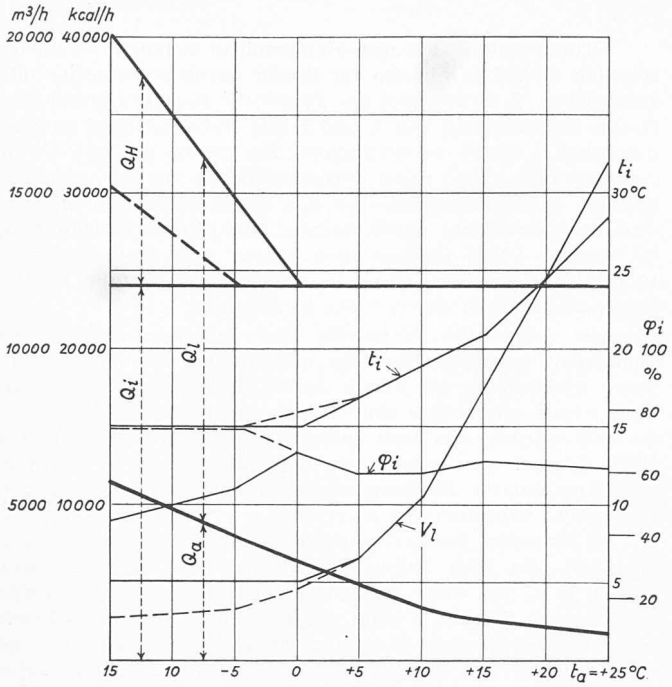


Bild 15. Wie Bild 14, jedoch für 20 GVE

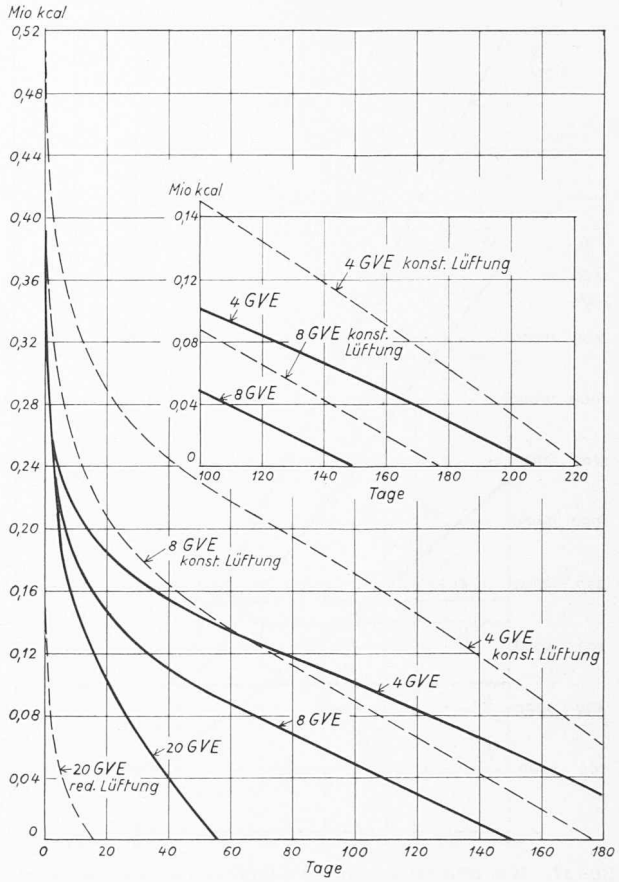


Bild 16 (rechts). Täglicher Heizwärmebedarf in Abhängigkeit von den nach Aussentemperaturen geordneten Heiztagen für verschiedene Betriebszustände

Stall von 15 °C, 75% durchgeführt; die Ergebnisse sind in den Bildern 15 und 16 gestrichelt eingezeichnet. Die Frischluft zuteilung müsste bei —15 °C auf 1380 m³/h (69 m³/h · GVE) verringert werden und würde erst bei einer Aussentemperatur von +1,5 °C die vorher vorgesehenen 2550 m³/h erreichen. Wie sich eine so weitgehende Verringerung der Frischluftzuteilung auf den Masterfolg auswirkt, wäre noch zu prüfen. Offenbar ist sie nur bei grösster Reinlichkeit zulässig. Man müsste insbesondere für rasche Beseitigung von Kot und Harn mit möglichst wenig Reinigungwasser besorgt sein. Sehr beträchtlich wäre die Einsparung an Heizwärme: Der jährliche Bedarf würde auf 0,65 Mio kcal und die grösste Heizleistung (bei —15 °C) auf 6400 kcal/h zurückgehen. Es dürfte sogar Jahre geben, da ohne Heizung auszukommen wäre, allerdings auch solche wie 1962/63, da beträchtlich mehr geheizt werden müsste. Aus den mitgeteilten Berechnungsergebnissen darf also nicht geschlossen werden, man könne auf die Raumheizung ganz verzichten.

Bei den bisherigen Untersuchungen wurden die Frischluftzuteilungen bei höheren Aussentemperaturen stark vergrössert, um ein gutes Stallklima zu erzielen und insbesondere bei warmem Wetter nicht zu hohe Innentemperaturen zu erhalten. Diese Veränderung erfordert gewisse Einrichtungen und verursacht zusätzliche Kosten, wenn die Frischluft durch Ventilatoren gefördert wird. Es liegt alsdann nahe, über einen möglichst weiten Bereich mit nur *einer* Luftmenge zu arbeiten, um so mit einem einzigen Ventilator auszukommen. Da diese Luftmenge wesentlich grösser als die minimale (von 127 m³/h · GVE) gewählt werden muss, ergeben sich im Winter grössere Heizleistungen und ein grösserer jährlicher Wärmebedarf. Die entsprechenden Zahlen müssen bekannt sein, wenn die Zweckmässigkeit dieses Vorschlags beurteilt werden soll.

Eine diesbezügliche Berechnung wurde unter Annahme einer Frischluftzuteilung von 1800 kg/h (1530 m³/h) für eine Belegung von 8 GVE durchgeführt. Diese Zuteilung bleibt im Bereich von —15 °C bis +15 °C unverändert. In Bild 14 sind die Wärmeumsätze sowie die Stalltemperaturen und rel. Feuchtigkeiten gestrichelt eingezeichnet und mit Q_{tot}', t_i' bzw. φ_i' bezeichnet. Für Aussentemperaturen über +15 °C wurden grössere Frischluftmengen angenommen, in der Meinung, dass alsdann mit Fensterlüftung gearbeitet werde. Im übrigen ist dieser Betriebsbereich für unsere Untersuchung, bei der es um die Ermittlung der Heizkosten geht, unwesentlich.

Wie zu erwarten war, stellen sich bei kaltem Wetter sehr niedrige relative Feuchtigkeiten ein, so dass eine künstliche Befeuchtung in Betracht gezogen werden muss. Die grösste Heizleistung (ohne Befeuchtung!) steigt von 13 350 kcal/h auf 17 700 kcal/h und der jährliche Wärmebedarf von 12 Mio kcal auf rd. 20 Mio kcal. Diese Verbrauchssteigerung ist bei schwacher Belegung, wie sie bei Versuchsställen gelegentlich vorkommen können, noch stärker ausgesprochen, worauf später zurückgekommen werden soll. Das Verfahren ist somit als unwirtschaftlich zu bezeichnen und kann im allgemeinen nicht zur Ausführung empfohlen werden.

7. Die Verhältnisse bei schwacher Belegung

Obwohl schwache Belegungen wegen unbefriedigender Wirtschaftlichkeit zu vermeiden sind, können sie doch gelegentlich vorkommen, weshalb es notwendig ist, die klimatischen Verhältnisse zu untersuchen, die sich dabei einstellen. Zu diesem Zweck sei der Schweine-Maststall nach Bild 12 mit einer Belegung von nur 4 GVE betrachtet. Die Wärmeerzeugung beträgt dabei 4800 kcal/h, der Wasseranfall 1600 + 800 = 2400 g/h. Die minimale Frischluftzuteilung wird zu 800 kg/h (680 m³/h) oder 170 m³/h · GVE festgesetzt. Eine kleinere Zuteilung (z. B eine solche von 127 m³/h · GVE wie vorher) dürfte Schwierigkeiten bei der Luftverteilung bereiten, da die lüftungstechnischen Einrichtungen mindestens für eine mittlere Belegung durch 8 GVE bemessen sein müssen.

Die Ergebnisse der Berechnung sind Bild 17 zu entnehmen. Auch hier sind die relativen Feuchtigkeiten φ_i bei kaltem Wetter sehr gering (bei —15 °C nur 35 %!). Da der Wärmeanfall durch die Tiere klein ist, kommt man bei warmem Wetter mit einer mässigen Steigerung der Frischluftzuteilung aus, trotzdem ist die Stalltemperatur nur wenig (2,5 °C) höher als die Aussentemperatur. Gross ist der Heizwärmebedarf: Die erforderliche Heizleistung beträgt 13 800 kcal/h, der jährliche Wärmebedarf 21 · 10⁶ kcal; es muss bis zu Aussentemperaturen von 10,8 °C, also während 210 Tagen geheizt werden.

Diesen Ergebnissen sollen nun jene gegenübergestellt werden, die bei einer konstanten Frischluftzuteilung von 1800 kg/h (1530 m³/h) zu erwarten sind. Man findet sie in

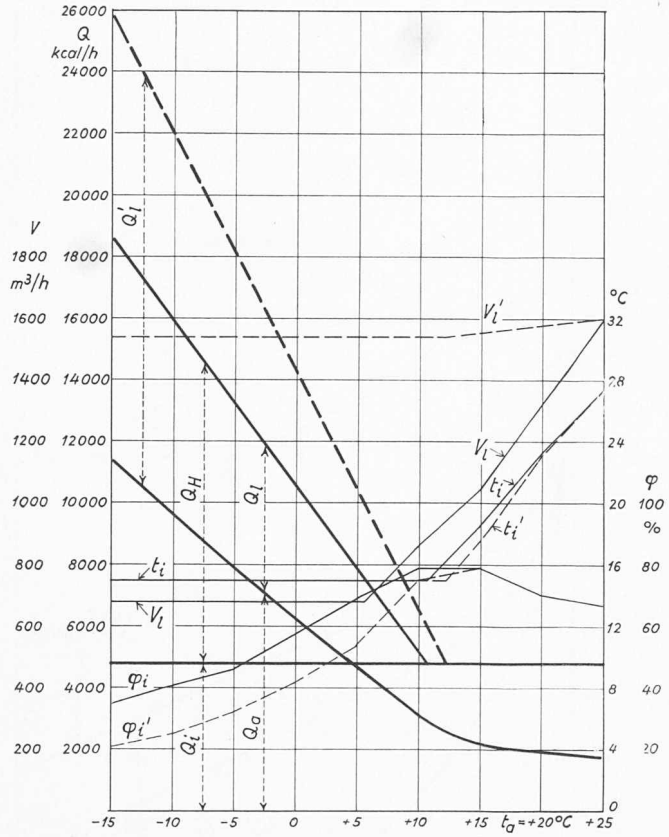


Bild 17. Wie Bild 14, jedoch mit 4 GVE und dem Bedarf angepasster Frischluftzuteilung. Gestrichelt: Verhältnisse bei konstanter Frischluftzuteilung von 1800 kg/h.

Bild 17 gestrichelt eingezeichnet. Die relativen Feuchtigkeiten sind bei kaltem Wetter wegen der wesentlich grösseren Frischluftzuteilung nochmals beträchtlich kleiner geworden. Die Frischluftmenge kann bis zu den höchsten Aussentemperaturen unverändert beibehalten bleiben [6]). Die Heizleistung steigt bei —15 °C auf 21 100 kcal/h, der jährliche Wärmebedarf auf 34,5 Mio kcal. Es ergibt sich somit wie bei 8 GVE, dass eine Lüftung mit konstanter Frischluftmenge einen ausserordentlich hohen Wärmeverbrauch aufweist und daher bestenfalls nur dort zu rechtfertigen ist, wo kleine Belegungen nur selten vorkommen.

8. Bemerkungen zur Ausführung der Heizung

Bekanntlich weist jede Raumheizung in unserem Klima ausgesprochenen Spitzencharakter auf. Dieser ist bei Stallheizungen noch wesentlich stärker ausgeprägt als bei Wohnungs- und Bureauheizungen, besonders bei starker Belegung. Man muss daher die hohe Spitzenleistung, die bei sehr kaltem Wetter erforderlich ist, mit möglichst *einfachen* Einrichtungen aufbringen.

Ein zweiter Gesichtspunkt ergibt sich aus der Notwendigkeit, Heizung und Ventilation zu einem organischen Ganzen zu verbinden; denn das Stallklima kommt durch *Zusammenwirken beider Wirkungen zustande, und beide beeinflussen sich gegenseitig.*

[6]) Der Anstieg der V_l'-Linie oberhalb 12° C rührt von der Zunahme des spez. Volumens der Stalluft infolge höherer Innentemperatur t_i her; als konstant wurde das stündliche Luftgewicht angenommen.

Grundsätzlich sind drei Heizarten in Betracht zu ziehen, nämlich 1. Wärmeabgabe im Raum durch Heizkörper oder Heizröhren, 2. Erwärmen der Frischluft mittels Lufterhitzer, 3. eine Kombination von 1. und 2. Die erste Art lässt sich mit einfachen Mitteln verwirklichen. Sie ergibt geringe Unterhaltungskosten und einen wirtschaftlichen Betrieb, sofern es gelingt, die Frischluftmenge den Bedürfnissen anzupassen und Wärmeverluste durch warme, unverbrauchte Abluft zu vermeiden. Diese Bedingungen lassen sich im allgemeinen nicht leicht erfüllen. Ueberdies besteht die Gefahr lästiger Zugerscheinungen durch kalte Frischluft.

Die genannten Nachteile sind bei der zweiten Art vermieden, weshalb diese im allgemeinen bevorzugt wird. Ihrer Anwendung ist jedoch durch die Zulufttemperatur t_H nach dem Lufterhitzer eine Grenze gesetzt. Diese darf nicht zu hoch werden. Als noch zulässig mögen etwa 30 °C gelten. Wird diese Grenze wesentlich überschritten, so ist entweder eine kombinierte Heizung vorzusehen oder es sind andere zusätzliche Massnahmen zu treffen.

In unserem Beispiel wurden die Zulufttemperaturen t_H ermittelt, die zum Aufrechterhalten einer Stalltemperatur von + 15 °C bei einer Aussentemperatur von —15 °C erforderlich sind. Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse. Wie ersichtlich, bestehen bei starker Belegung keine Schwierigkeiten; bei einer solchen von 8 GVE und angepasster Frischluftzuteilung wird die Grenztemperatur bereits leicht überschritten. Wo noch kleinere Belegungen vorkommen können, müssen zusätzliche Massnahmen getroffen werden. Als solche sind drei Möglichkeiten näher zu prüfen:

a) Derjenige Teil der Heizleistung (in unserem Fall mit 4 GVE rd. 5000 kcal/h), der im Lufterhitzer nicht mehr übermittelt werden kann, wird einer zusätzlichen Raumheizung, z. B. einer solchen durch Heizröhren oder durch eine Fussbodenheizung, überbunden. Diese kombinierte Heizung ist anpassungsfähig; sie ergibt bei zweckmässiger Anordnung ein ausgeglichenes Stallklima und einen wirtschaftlichen Betrieb. Ihr Nachteil ist der verhältnismässig hohe Kostenaufwand für die zusätzliche Raumheizung, der wegen der kurzen Betriebszeit unerwünscht ist.

b) Man kann die Frischluftmenge bei kaltem Wetter so stark vergrössern, dass die Zulufttemperatur den zulässigen Grenzwert nicht überschreitet. Diese Möglichkeit ist bereits oben für 4 und 8 GVE untersucht worden und zwar unter Annahme einer konstanten Frischluftzuteilung von 1800 kg/h. Wie schon dort festgestellt wurde, ergibt eine solche Betriebsart einen sehr grossen jährlichen Wärmebedarf und überaus niedrige relative Feuchtigkeitsgrade der Stalluft, so dass sie im allgemeinen nicht als zweckmässig gelten kann.

c) Eine befriedigende Lösung des Heizproblems bei schwacher Belegung stellt der Umluftbetrieb dar, bei dem der Frischluft vor dem Lufterhitzer Raumluft beigemischt wird. Mit ihm ist es möglich, die Zulufttemperatur t_H bei allen Belegungen und allen diesen angepassten Frischluftzuteilungen im zulässigen Bereich zu halten, also mit geringstem Wärmebedarf auszukommen, ohne dass auf eine zusätzliche Raumheizung zurückgegriffen werden müsste. Ein Nachteil darf allerdings nicht verschwiegen werden: Die Rückluft aus dem Raum ist zu filtrieren. Da sie viel stärker verunreinigt ist als die Frischluft, ist der Rückluftfilter häufig zu reinigen. Auch die aggressive Wirkung der Raumluft ist trotz mildernder Umstände zu beachten (Verdünnung durch Frischluft, geringe rel. Feuchtigkeit des Gemisches an der Luftkühleroberfläche).

Tabelle 2. Betriebsgrössen des Lufterhitzers für den Schweinemaststall nach Bild 12 bei einer Aussentemperatur von —15° C

Belegung	GVE	20	8	8	4	4
Frischluftmenge	kg/h	3000	1200	1800	800	1800
Heizleistung	kcal/h	16 200	13 350	17 700	13 800	21 100
Zulufttemperatur t_H	°C	+7,5	31	26	56,1 [1])	34
Heiztage		52	145	172	210	225
jährl. Wärmebed.	10^6 kcal	5,1	12	20	21	34,5

[1]) Um eine so hohe Temperatur zu vermeiden, ist entweder eine Kombination mit einer zusätzlichen Raumheizung oder ein Umluftbetrieb anzuwenden.

Die Zustandsänderungen sind im i, x-Diagramm, Bild 18, für eine Belegung mit 4 GVE dargestellt. Bei einer Aussentemperatur von —15 °C sind den 800 kg/h Frischluft vom Zustand A 1300 kg/h Raumluft vom Zustand R beizumischen, wodurch sich der Zustand M (3,3 °C, 43 Prozent) ergibt. Durch Mitteilen der Heizleistung im Lufterhitzer wird der Zustand H (30 °C, 7,5 %) erreicht, in dem die Luft in den Stall austritt, sich dabei mit viel Stalluft vermischt (Zu-

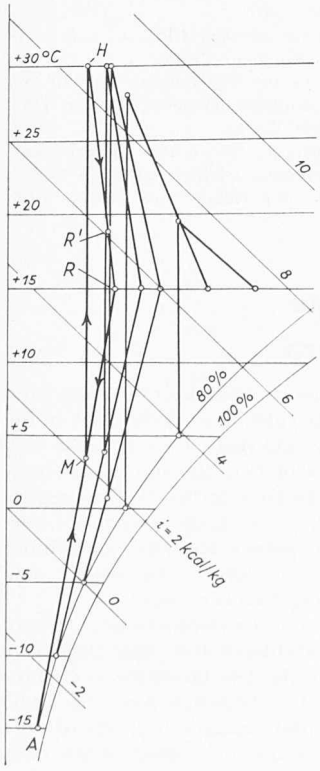
stand R') und schliesslich durch Aufnahme von Wasser und Abgabe von Wärme den Raumzustand R annimmt. In unserem Beispiel ist Umluft, wie ersichtlich, nur im Bereiche der Aussentemperaturen zwischen —15 und etwa —2 °C beizumischen; bei wärmerem Wetter kommt man mit einfacher Frischlufterhitzung aus. Die Beimischklappe lässt sich mittels eines Thermostaten im Zuluftstrom so regeln, dass die Zulufttemperatur (30 °C) konstant bleibt.

Bei Schweine-Mastställen könnten die erforderlichen Heizleistungen auch durch Wärmeaustausch mit der Abluft aufgebracht werden. Die Heizperioden sind länger als bei Rindviehställen, besonders bei schwacher Belegung, so dass sich die Anlagekosten auf eine grössere Betriebsstundenzahl verteilen. Jedoch bleiben die übrigen bereits oben erwähnten Nachteile dieses Systems bestehen.

9. Künstliche Kühlung

Die Stalltemperatur kann im Hochsommer so hoch steigen, dass sie das Wohlbefinden der Tiere und den Masterfolg beeinträchtigt. Im untersuchten Beispiel wurde diesem Umstand durch starke Steigerung der Frischluftzuteilung Rechnung getragen, was sich im allgemeinen durch Oeffnen der Fenster verwirklichen lässt. Immerhin ist wegen dem beträchtlichen Wärmeanfall durch die Tiere mit Stalltemperaturen zu rechnen, die 3 bis 4 °C über der Aussentemperatur liegen, was bei warmem Wetter von Nachteil sein kann. Bei der Frage, ob künstliche Kühlung anzuwenden sei, ist die wirtschaftliche Seite zu beachten: Die Temperaturspitzen sind im langjährigen Mittel nördlich der Alpen kurz. So gibt es z. B. in Zürich nur rd. 26 Tage mit mittleren Tagestemperaturen über 20 °C, und nur rd. 2,5 Tage über 24 °C. Die zusätzlichen Einrichtungen müssen also auf eine kurze Betriebsdauer abgeschrieben werden, weshalb sie sehr einfach zu bauen sind. Kühlung durch Kälteanlagen dürften nur ausnahmsweise in Frage kommen.

Der Forderung nach mässigen Anlagekosten entspricht der Luftkühler im Frischluftstrom mit Kühlung durch verfügbares kaltes Wasser. Dieser weist den weitern Vorteil auf, dass die Frischluft nicht nur gekühlt, sondern auch getrocknet wird, was sich auf das Stallklima günstig auswirkt. Man wird sich wegen den Kosten mit mässigen Leistungen begnügen. Es ist schon viel erreicht, wenn die gekühlte Luft die Tierwärme aufzunehmen vermag, so dass die Innentemperatur gleich der Aussentemperatur wird. Bild 19 zeigt die Zustandsänderungen im i, x-Diagramm für einen Aussenzustand von +25 °C, 70 % (Punkt A) und die Verhältnisse unseres Beispiels. Dabei wurde angenommen, es stehe im Hochsommer Wasser von 12 °C zur Verfügung, und die Frischluft werde auf 17 °C 95 % (Punkt B) gekühlt. Das entsprechende Wärmegefälle beträgt 14,7 — 11,2 = 3,5 kcal/h. Zum Aufnehmen der von den Tieren abgegebenen Wärme ist die Zunahme des Wärmeinhaltes zwischen den Punkten B und R von 2,8 kcal/kg verfügbar, womit sich das Frischluftgewicht G_l berechnen lässt. Tabelle 3 enthält die Zahlen für die untersuchten Belegungen durch 4, 8 und 20 GVE. Wie ersichtlich, sind die Frischluftmengen bei künstlicher Kühlung und starker Belegung wesentlich kleiner als ohne sie. Die Frischluft ist nun aber durch Ventilatoren zu fördern. Ausser der wesentlichen Verbesserung des Stallklimas bietet die Kühlung gegenüber einfacher Fensterlüftung als weiteren Vorteil die Möglichkeit einer Filtrierung der Frischluft sowie einer zweckmässigen Führung und Verteilung der Zuluft, womit unerwünschte Zugerscheinungen vermieden werden.



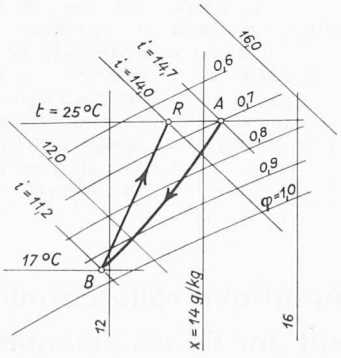


Bild 19. Zustandsänderungen im i, x-Diagramm bei Luftkühlerbetrieb im Hochsommer (+25° C)

Bild 18 (links). Schweine-Maststall nach Bild 12 mit 4 GVE. Zustandsänderungen der Luft im i, x-Diagramm bei Umluftbetrieb und Heizung durch Lufterhitzer

10. Zusammenfassung

Beim Bau und Betrieb von Ställen sind einige Gesichtspunkte zu beachten, die den Zustand der Stalluft und damit den Betriebserfolg der Stallhaltung wesentlich beeinflussen. Es wird gezeigt, wie sich dieser Zustand bei den in unserem Klima vorkommenden Aussenluftzuständen berechnen lässt. Die Durchführung der Berechnung wird am Beispiel eines Rindviehstalles und an dem eines Schweine-Maststalles jeweilen unter Annahme verschieden starker Belegungen vorgenommen.

Die klimatechnische Aufgabe besteht darin, Temperatur und relative Feuchtigkeit der Stalluft bei angemessener Frischluftzuteilung innerhalb des Behaglichkeitsbereiches zu halten. Schwierigkeiten entstehen bei kaltem und bei warmem Wetter; im ersten Fall kann es im Stall zu feucht, im zweiten zu warm werden. Bei mittleren Aussentemperaturen, etwa zwischen —5 und +20 °C, lässt sich durch eine angepasste Lufterneuerung und sachgemässe Stallpflege ein behagliches Klima ohne besondere Massnahmen aufrecht erhalten. Auch bei sehr feuchter Aussenluft (Nebel, Regen) sind im Stall Feuchtigkeiten unter 80 % ohne weitres erreichbar (z. B. Linie A_{10}'' B_{10}'' in Bild 6). Bei der Stallpflege ist die häufige Beseitigung von Kot und Harn, also tunlichstes Verringern von Gas- und Dampfentwicklungen wichtig. Dabei soll möglichst wenig Reinigungswasser verdunsten. Erhöhte Sorgfalt ist namentlich im Winter geboten, weil man dann nur wenig Frischluft zuteilen darf.

Eine wesentliche Voraussetzung für ein behagliches Stallklima ist eine gut wärmedichte Bauweise mit grosser Wärmespeicherfähigkeit. Das Dach ist so auszubilden, dass die Aussenwände im Sommer beschattet, im Winter möglichst weitgehend besonnt sind. Der Dachboden soll im Winter abgeschlossen, im Sommer gut durchlüftet sein. Vorteilhaft ist das Belegen der Stalldecke mit Heu oder Streue im Winter zwecks Erhöhung der Isolierwirkung. Die Frischluft wird zweckmässigerweise im Sommer an möglichst kühlem Ort, im Winter auf der Sonnenseite des Gebäudes abgesogen.

Die Durchrechnung ergab beim untersuchten *Rindviehstall* und mässiger Belegung (10 GVE) bei Aussentemperaturen unter etwa —8 °C relative Feuchtigkeiten über 100 %, die sich auch durch stärkeres Verringern der Frischluftzufuhr und entsprechendes Erhöhen der Lufttemperatur im Stall nicht verringern lassen. Alsdann tritt eine beträchtliche Tau- bzw. Reifbildung an Decken, Wänden und

Tabelle 3. Betriebsgrössen des Frischluftkühlers für den Schweinemaststall nach Bild 12 bei einem Frischluftzustand von 25° 70%

Belegung	GVE	4	8	20
Wärmeanfall	kcal/h	4 800	9 600	24 000
Wasseranfall	g/h	2 400	4 800	12 000
Frischluftmenge	kg/h	1 710	3 430	8 600
id. ohne Kühlung	kg/h	1 800	5 600	16 000
Kälteleistung	kcal/h	5 650	12 000	30 000

Fenstern auf, und das Stallklima ist als ungesund zu bezeichnen. Bei stärkerer Belegung (14 GVE) verbessern sich diese Verhältnisse beträchtlich, indem die Sättigungsgrenze erst bei etwa —13 °C, im Mittel also nur noch an 1 bis 2 Tagen je Jahr überschritten wird. Unter günstigen Umständen (milderes Klima als in Zürich, gute Besonnung, windgeschützte Lage) dürften sich zusätzliche Massnahmen erübrigen; in zahlreichen Fällen, namentlich bei kleineren Ställen und geringen Belegungen, werden sie jedoch nicht zu umgehen sein.

Die anfallende Tierwärme bewirkt stets eine Erhöhung der Stalltemperatur gegenüber der Aussenlufttemperatur. Damit diese im Hochsommer möglichst klein sei, ist viel Frischluft zu- und viel Abluft abzuführen. Im allgemeinen genügen hiefür Fensteröffnungen und Abluftschächte. Um Zugerscheinungen im Aufenthaltsbereich der Tiere zu vermeiden, ist es vorteilhaft, die Fenster schräg nach innen zu stellen, so dass die Frischluft gegen die Stalldecke geleitet wird. Dieselbe einfache Einrichtung kann meist auch für die kleinen Luftzuteilungen im Winter verwendet werden, wobei die Oeffnungen den Stalltemperaturen entsprechend einzustellen sind. Das Rindvieh erträgt ohne Schaden Temperaturen bis nahe an den Gefrierpunkt. Für die Stallpflege wird man allerdings Temperaturen unter etwa +6 °C vermeiden. Auch der Milchertrag der Kühe scheint unter dieser Grenze zurückzugehen.

Die Massnahmen zum Verbessern des Stallklimas im strengen Winter werden besprochen. Wichtig sind eine wärmedichte Bauweise und eine genügende Belegung. Diese ergibt sich auch aus der Forderung nach rationeller Betriebsführung. Als unwirksam erweist sich hingegen das Verringern der Frischluftzufuhr; wohl steigt dadurch die Stalltemperatur und mit ihr die Feuchtigkeitsmenge, die die Abluft wegzuführen vermag, aber zugleich nimmt der Wärmeabfluss durch die Raumumgrenzungen beträchtlich zu, so dass sich die Stalluft bei weitem nicht in dem Masse erwärmen kann, wie es der Verringerung der Frischluftzufuhr entspräche. Als allein zuverlässige zusätzliche Massnahme wird eine einfache elektrische Heizung empfohlen, die mit geringen Anlage- und Betriebskosten ausgesprochene Kältewellen zu überbrücken vermag. Die selbe Wirkung könnte auch durch Aufheizen der Frischluft mit warmer Abluft erzielt werden. Jedoch würde die Ausführung dieses Vorschlags erhebliche Anlagekosten und betriebliche Unannehmlichkeiten (Abtauen des Wärmeaustauschers, Reinigung) verursachen, weshalb sie im allgemeinen nicht empfohlen werden kann.

Bei *Schweine-Mastställen*, wo die Temperaturen im Winter nicht unter etwa +15 °C sinken dürfen, ist auch bei starker Belegung ohne Heizung nicht auszukommen. Heizleistung und Wärmebedarf sind ungleich grösser als bei Rindviehställen, so dass mit Brennstoffen geheizt werden muss; elektrische Heizung dürfte nur ausnahmsweise in Frage kommen. Beide nehmen mit grösserer Belegung stark ab, weshalb man den Stall auch mit Rücksicht auf die Heizkosten möglichst voll belegen wird. Da das aber aus verschiedenen Gründen nicht immer zu machen ist, sind die Einrichtungen so zu bauen, dass sie auch bei extremen Belegungen genügen. Das Erfüllen dieser Forderung kann besondere Massnahmen nötig machen. Im allgemeinen genügt zwar im Winter die Heizung mittels einfachem Lufterhitzer im Frischluftstrom. Sie lässt sich leicht regeln, ist wirtschaftlich im Betrieb und ermöglicht eine gute Luftverteilung im Stall. Die Frischluftmenge kann sich den unterschiedlichen Bedürfnissen in weitem Bereich anpassen. Bei sehr schwacher Belegung und entsprechend geringer Frischluftzuteilung müsste jedoch bei kaltem Wetter die Frischluft zu stark erhitzt werden. Um das zu vermeiden, ist entweder eine zusätzliche Raumheizung, z. B. durch Heizröhren längs den Wänden oder im Fussboden, vorzusehen, oder es ist ein Ventilationsbetrieb mit Zumischen von Raumluft zur Frischluft durchzuführen. Man könnte auch die Frischluftmenge bei kaltem Wetter vergrössern bzw. über einen grösseren Bereich von Aussentemperaturen (z. B. von —15 bis +10 °C) konstant halten. Allein es zeigt sich, dass alsdann der jährliche Wärmebedarf beträchtlich höher ausfallen würde als bei einer den Bedürfnissen angepassten Luftzuteilung.

Im Hochsommer lassen sich hohe Stalltemperaturen meist durch reichliche Fensterlüftung vermeiden. Wo kaltes Wasser zur Verfügung steht, kann die Frischluft mittels Luftkühler gekühlt werden. Es ist so möglich, mit mässigen Luftmengen auszukommen, sie mittels Ventilatoren durch die Kühler zu fördern, und die Raumtemperatur bei geringen relativen Feuchtigkeiten etwa auf der Höhe der Aussentemperatur zu halten. Diese Kühlart dürfte sich namentlich bei stark belegten Schweine-Mastställen lohnen. Dagegen wird eine Kühlung mittels Kältemaschinen wegen den hohen Kosten höchstens bei Versuchsställen in Frage kommen.

Abschliessend sei hervorgehoben, dass die eben angeführten Schlussfolgerungen nur insofern gelten, als die Voraussetzungen zutreffen, die unseren Untersuchungen zugrunde gelegt wurden. Das dürfte wohl vielfach der Fall sein. Jedoch ist bei jedem Bauvorhaben oder bei der Beurteilung ausgeführter Ställe zu prüfen, inwiefern andere Voraussetzungen vorliegen, und es ist gegebenenfalls durch entsprechende Berechnungen festzustellen, wie sich diese auf das Stallklima auswirken und welche Massnahmen zu treffen sind, um nachteilige Auswirkungen zu vermeiden.

Literaturverzeichnis

[1] *Rist, M.:* Stall-Lüftung durch Ventilatoren. «Bauen auf dem Lande». 1960, Heft 7.

[2] *Rist, M.:* Hygienische Forderungen an landwirtschaftliche Gebäude. «Internationaler Landmaschinenmarkt» 1960, Heft 11/12.

[3] *Rist, M.:* Stallbau-Grundlagen und Beispiele. «boden, wand und decke», 1961, Heft 11.

[4] *Trepte, H.:* Theorie und Praxis der Stallhygiene. «Bauen auf dem Lande» 1961, Heft 2.

[5] *Gysel, A.:* Erhebungen über Temperatur und Luftfeuchtigkeit in Schweineställen samt einigen Unterlagen zur Gestaltung des Stallklimas auf Grund ausländischer Angaben. «Schweizerische Landwirtschaftliche Monatshefte» 1962, S. 311 — 334. Dort wird auf weitere Literaturstellen hingewiesen.

[6] *Cammerer, J. S.:* Der Wärme- und Kälteschutz in der Industrie, 4. Aufl. 1962. Berlin, Göttingen, Heidelberg, Springer-Verlag.

[7] *Krischer, O.:* Die Wärmeaufnahme der Grundflächen nicht unterkellerter Räume. «Ges. Ing.» *57* (1934) S. 513.

[8] *Weyh, W.:* Die Berechnung des Wärmeaustausches von Bodenflächen geheizter oder gekühlter Räume. «Wärme- und Kältetechnik» *38* (1936), H. 1. S. auch [6], S. 266 ff.

[9] *Mollier, R.:* Das *i, x*-Diagramm für Dampf-Luftgemische. Festschrift Prof. Dr. A. Stodola zum 70. Geburtstag. Zürich und Leipzig 1929, Orell Füssli. S. 438 — 452.

[10] *Grubenmann, M.: I, x*-Diagramme feuchter Luft. 4. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1958, Springer-Verlag.

[11] *Baehr, H. D.:* Mollier-*i, x*-Diagramme für feuchte Luft in den Einheiten des Internationalen Einheitensystems. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1961, Springer-Verlag.

[12] *Hottinger, M.:* Klima und Gradtage. Berlin 1938. J. Springer. S. auch Hottinger, M.: Die Temperaturhäufigkeiten in Zürich von 1869 bis 1929. «Schweiz. Bl. für Heizg. und Lüftg.» 1936, H. 6, S. 52/58.

Architekturphotographie mit der Grossbildkamera

DK 77

Starre und verstellbare Kamera. Amateurkameras sind auf dem Prinzip der starren Konstruktion aufgebaut, d. h. die Filmebene hat ihren festen Platz und das Objektiv lässt sich nur in seiner Axe ein wenig verschieben, um die Distanzeinstellung und damit die Bildschärfe zu regulieren. Demgegenüber ist der Grossbildphotograph in der Lage, durch die verschiedenen Verstellmöglichkeiten seiner Kamera aufnahmetechnisch schwierige Aufgaben zu lösen, vor denen jede Kamera starrer Konstruktion kapitulieren muss.

Die Verstellmöglichkeiten der Grossbildkamera. Man unterscheidet zwischen den Verstellbarkeiten des Objektivs und denjenigen des Kamerarückteils. Die Objektivverstellungen zerfallen in Verschiebungen der optischen Axe (parallele Verschiebungen in senkrechter und waagrechter Richtung) und in Objektivverschwenkungen um eine senkrechte oder