

Zur Funktionssicherung großer industriemäßig arbeitender Milchviehanlagen¹

Dr.-Ing. H.-G. Kaul, KDT, Technische Universität Dresden, Sektion Architektur

Neue betriebliche Gewohnheiten und Betriebsbedingungen verändern die stallklimatischen Berechnungsgrundlagen. Im Jahr 1966 erschien die Richtlinie „Geschlossene Ställe — Wärmehaushalt im Winter, Berechnungsgrundlagen“^{1/1}, die Mindestforderungen an die raumumschließenden Bauteile der Ställe zum Schutz der Tiere und der Baukonstruktion stellt. Sie hat sich bei den traditionellen Stallformen bewährt. Für die weitere Entwicklung der Stallbauten ist diese Richtlinie nicht ausreichend.

Bei den stallklimatischen Betrachtungen und Berechnungen sind künftig drei Fälle zu untersuchen:

- Funktionssicherung des Stalls
- Eigensicherung der Stallkonstruktion
- Optimierung des Stallklimas.

Die folgenden Untersuchungen beziehen sich hauptsächlich auf die Funktionssicherung des Stallbetriebs. Unter extremen Bedingungen des Klimas und des Stallbetriebs dürfen keine Stallluftzustände eintreten, die zu gesundheitlichen Schäden der Tiere und bei der industriemäßigen Betriebsweise zu schweren Störungen der Tierversorgung führen können.

1. Einflußfaktoren auf das Stallklima

Im Bild 1 sind die Faktoren, die auf den Wärme- und Feuchtigkeitshaushalt des Stalls einwirken, und ihre Beziehungen dargestellt. Die Belegungsichte ist ausschlaggebend für das natürliche Wärme- und Feuchtigkeitsaufkommen im Stall durch die Tiere, sie ist mitbestimmend für den Umfang der Stalllüftung, die die Schadstoffe, überschüssige Feuchtigkeit und Wärme des Stalls beseitigen muß. Die verschiedenen Verfahren der Fütterung, des Entmistens und des Melkens beeinflussen einmal durch erhöhte Wärmeverluste des Stalls oder erhöhte Schadstoffbildung das Stallklima direkt oder über die erforderliche Leistung der Lüftung durch Minderung des Wärme- und Feuchtigkeitsaufkommens im Stall indirekt.

Das Außenklima bestimmt mit seinen minimalen und maximalen Werten sowie der Art seiner Veränderungen über die raumumschließenden Bauteile die Wärmeverluste des Stalls.

¹ Gekürzter Auszug aus der Dissertation des Verfassers

Da die Lüftungsanlage die Frischluft aus dem Freien entnimmt, bestimmt das Außenklima auch Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt der Zuluft. Für die Funktionssicherung des Stalls ist die Mindeststalllufttemperatur zu beachten. Wenn sie unterschritten wird, ist mit Frostschäden in der Tränkwaßerversorgung und an mechanischen Stalleinrichtungen zu rechnen, die bei industriemäßiger Produktion zu Katastrophen führen können.

Je genauer die einzelnen Einflußfaktoren auf das Stallklima bestimmt werden können, um so exakter ist eine technische und ökonomische Lösung des Systems möglich.

1.1. Betriebswirtschaftliche Maßnahmen

Wenn in modernen Ställen häufig darüber geklagt wird, daß im Winter die Stalllufttemperaturen zu tief liegen, so sind die Ursachen häufig in einer Unterbelegung des Stalls zu suchen. In Milchviehanlagen mit industriemäßiger Produktion ist das Auffüllen der Tierzahl bei Abgängen nicht sofort möglich, da die Aufzucht normalerweise in speziellen Betrieben erfolgt und Neuzugänge im voraus zu planen und vertraglich zu sichern sind. Bei der Laufstallhaltung mit Liegeboxen und getrennten Freßplätzen sind die Kühe in Gruppen zusammengefaßt, die gleichzeitig fressen, gemolken werden und sonstige tierhygienische Behandlungen erfahren. Veränderungen der Gruppenzusammensetzung sind mit Rangkämpfen verbunden, die zu verminderten Milchleistungen führen. Es ist eine Frage der Ökonomie des Stalls, ob es günstiger ist, einzelne Gruppen häufiger aufzufüllen oder Gruppen, bei denen nicht jeder Tierplatz im Stall belegt ist, über einen längeren Zeitraum bestehen zu lassen. Nach den bisherigen Erfahrungen liegt die mittlere Belegung bei 93 bis 95 Prozent der Tierplatzzahl.

In Stallanlagen mit getrenntem Melkstand sind zusätzliche Abzüge für die Wärme- und Feuchtigkeitsproduktion der Tiere erforderlich, da die Tiere zum Melken und zur Tierbehandlung den Stall verlassen. Kranke Tiere werden vorübergehend im Krankenstall untergebracht. Die Reduzierung des Wärme- und Feuchtigkeitsaufkommens in diesen Ställen beträgt gegenüber dem Anbindestall mit Rohrmelkanlage bis zu 5 Prozent. Läßt sich der Abkalbestall nicht kontinuierlich belegen, kommt es zu weiteren vorübergehenden Unterbe-

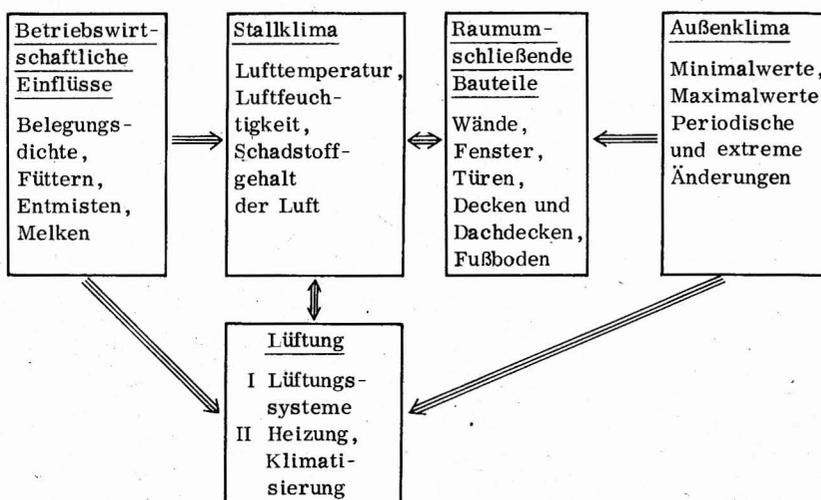


Bild 1. Wärme- und Feuchtigkeitshaushalt des Stalls; I zulässige Extremwerte zur Funktionssicherung des Stalls, II Optimierung des Stallklimas

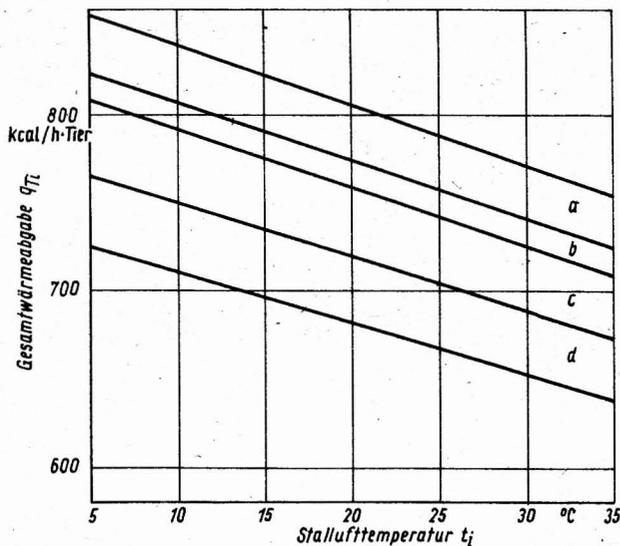


Bild 2. Minderung der Gesamtwärmeabgabe je Tierplatz durch verschiedene Einflüsse; a Melkstandbetrieb, b Krankheit, c 5 Prozent Unterbelegung, d 10 Prozent Unterbelegung

ungen im Milchviehstall. Im Bild 2 sind die Abminderungen der Gesamtwärmeabgabe je Tierplatz von den Tabellenwerten der Berechnungsgrundlagen /2/ in Abhängigkeit von der Stalllufttemperatur dargestellt.

Besondere Schwierigkeiten bereitet häufig die Erstbelegung neuer Großställe. Schleitzer /3/ hat bei seinen Untersuchungen über die Inbetriebnahme großer Ställe das Modell einer Einlaufphase entwickelt. Dazu gehören Einarbeiten der Arbeitskräfte, Eingewöhnen der Tiere, Mängelbeseitigung und Tierbelegung im Aufzucht-rhythmus bis zum Erreichen der projektierten Leistung der Arbeitskräfte. Nach seinen Erfahrungen dauert die Einlaufphase bis zu 12 Monaten. Daraus ergibt sich die Schlußfolgerung, daß die Unterbelegung des Stalls in der Einlaufphase als Sonderfall zu betrachten ist, für den in der stallklimatischen Berechnung ein Nachweis einer ausreichenden Stalllufttemperatur in der kalten Jahreszeit gefordert werden muß. Als Zeitpunkt der Erstbelegung ist der Spätherbst zu vermeiden, da dann in der kalten Jahreszeit die Anlage nur gering belegt ist und das Einhalten der Mindeststalllufttemperatur einen hohen Heizaufwand erfordert.

1.2. Außenlufttemperatur

Für die Berechnung des Transmissions-Wärmeverlustes durch die raumumschließenden Bauteile sind nach TGL 112-0319 /4/ entsprechend den Klima-Bauzonen der DDR $t_e = -15^\circ\text{C}$ und -18°C anzunehmen. An klimatisch besonders ungünstigen Standorten ist $t_e = -20^\circ\text{C}$ einzusetzen. Diese Werte entsprechen der Mitteltemperatur sehr kalter Pentaden, wie sie innerhalb von 25 Jahren mehrmals vorkommen. Kurzzeitige tiefere Außenlufttemperaturen werden dabei nicht berücksichtigt, da sie bei den bisher üblichen massiven Bauten mit verhältnismäßig kleinen Fensterflächen durch das Wärmespeicher- und Wärmebeharrungsvermögen der massiven Decken und Wände bis auf diese Rechenwerte gedämpft werden. Auch bei den Berechnungen für ein Optimumklima im Milchviehstall werden mit diesen Rechenwerten ökonomische Lösungen erreicht.

Nach den Berechnungen von Petzold und Schwenke /5/ wirkt sich die starke Lüftung des Stalls im Sommer so aus, daß die maximale Stalllufttemperatur nur geringfügig von der maximalen Außenlufttemperatur abweicht. Für die Mindestlüftung des Stalls im Winter wurde der Einfluß der Temperaturamplitude der Außenluft auf die Stalllufttemperatur untersucht. Wenn an sehr kalten Tagen mit einer Temperaturamplitude der Außenluft von 4 grd gerechnet werden

kann, so wird dadurch eine Amplitude der Stalllufttemperatur von etwa 1,5 grd ermittelt. Diese Berechnungen stimmen mit praktischen Meßergebnissen gut überein.

In ähnlicher Weise läßt sich nach einem von Petzold /6/ entwickelten Nährungsverfahren das Absinken der Stalllufttemperatur bei sprungförmigem Absinken der Außenlufttemperatur im unbeheizten Milchviehstall oder bei gleichmäßiger Heizleistung berechnen. Durch den Einfluß des Wärmebeharrungsvermögens, vorwiegend des Stallfußbodens, sinkt dabei die Stalllufttemperatur am zweiten Tag um etwa 0,6 grd je grd Temperaturabnahme der Außenlufttemperatur und erreicht 85 bis 90 Prozent des Endwertes. Diese Berechnungen stimmen sehr gut mit den Auswertungen der Meßergebnisse von Maltry /7/ überein. Durch die Stalllüftung und die von der Stalllufttemperatur abhängige Wärmeabgabe der Tiere ist der Einfluß des Wärmebeharrungsvermögens im Milchviehstall wesentlich kleiner als bei Wohn- und Gesellschaftsbauten. Als Berechnungstemperatur der Außenluft kann für stallklimatische Untersuchungen zur Funktionssicherung des Stalls in extremen Witterungsperioden nicht die Mitteltemperatur einer Pentade entsprechend TGL 112-0319 herangezogen werden, sondern es wird vorgeschlagen, als Rechenwert für die minimale Außenlufttemperatur in diesem Fall den Mittelwert über zwei extrem kalte Tage einzusetzen.

Die mittleren Minimaltemperaturen über den Zeitraum von zwei Tagen können in großen Teilen der DDR wesentlich niedrigere Werte annehmen, als es in TGL 112-0319 angegeben ist. Nach einer statistischen Auswertung der Meßwerte, die im Observatorium Wahnsdorf bei Dresden — milde Klima-Bauzone — in 54 Jahren gemessen wurden, muß in einem solchen Zeitraum gerechnet werden, daß die mittlere Außenlufttemperatur von zwei aufeinanderfolgenden Tagen in etwa 6 Winterperioden Werte zwischen $t_{em} = -15,5$ und $-18,5^\circ\text{C}$ erreicht. In ganz extremen Witterungsperioden, die außerdem in diesem Zeitraum zusätzlich ein- oder zweimal auftreten, wie z. B. 1929 und 1956, kann die mittlere Außenlufttemperatur zweier aufeinanderfolgender Tage bis auf $t_{em} = -23^\circ\text{C}$ absinken. Sollen Betriebsstörungen mit katastrophalem Ausmaß in industriemäßig betriebenen Milchproduktionsanlagen mit Sicherheit verhindert werden, darf bei diesen Außenlufttemperaturen die Stalllufttemperatur nicht unter den Gefrierpunkt absinken. Dabei ist zusätzlich der Einfluß einer Außenlufttemperaturamplitude von 4 grd zu berücksichtigen, der die Stalllufttemperatur kurzfristig um weitere 1,5 grd absenkt.

1.3. Lüftungstechnische Maßnahmen

Der errechnete Wert für die Mindestlüftung nach dem Wasserdampfmaßstab $V_{x\min}$ ist ein Grenzwert, der nicht unterschritten werden soll. Er ist besonders von der Stalllufttemperatur abhängig und steigt bei zunehmender Außenlufttemperatur an. Daher wird in der Praxis ein Mindestförderstrom festgelegt, der über dem errechneten Mindestwert liegt. Bei der in zahlreichen Ställen üblichen Stufenschaltung der Lüftung, wie sie im Bild 3 als Beispiel dargestellt ist, liegt die Mindestlüftung (= Grundstufe) etwa 10 Prozent über dem errechneten Mindestwert. Diese Überbemessung kann im unbeheizten Milchviehstall den Wärmehaushalt gefährden. Daher sind in den Wärmehaushaltsberechnungen des Stalls die Wärmeverluste nicht für die errechnete Mindestlüftung des Stalls, sondern für die projektierte Lüftungseinrichtung einzusetzen.

Im beheizten Stall, für den an sehr kalten Tagen die Mindestlüftung nach dem CO_2 -Maßstab $V_{c\min}$ bemessen wird, wirkt sich die Stufenschaltung nicht nachteilig aus, da diese Mindestlüftung unabhängig von der Stalllufttemperatur errechnet ist. Jedoch ist darauf zu achten, daß bei dieser geringen Lüftung der NH_3 -Gehalt der Stallluft nicht unzulässig hohe Werte erreicht. Bei ansteigenden Außenlufttemperaturen im Winter mit nur geringem Heizwärmebedarf ist auch bei diesen Ställen die Mindestlüftung nach dem Wasserdampfmaßstab zu beachten.

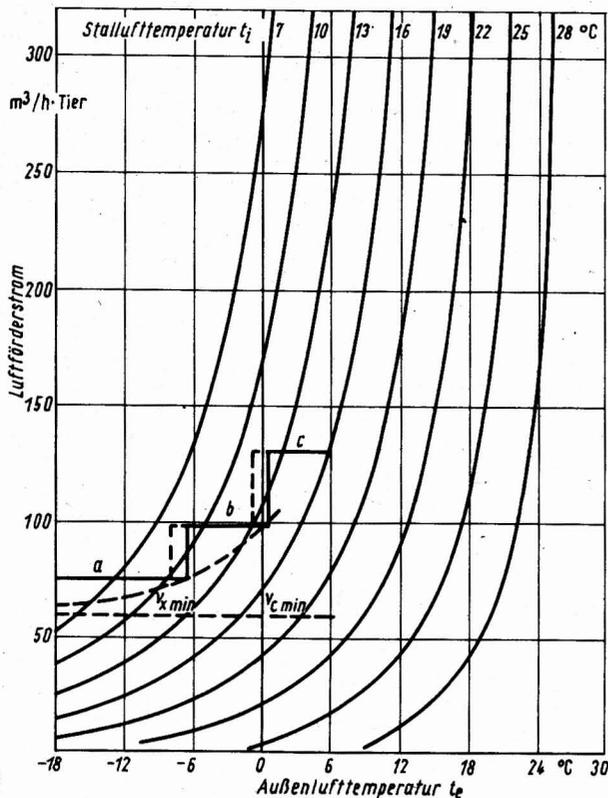


Bild 3. Lüftungsdiagramm eines Milchviehstalls, bezogen auf ein Tier: a Grundstufe, b 1. Schaltstufe, c 2. Schaltstufe

1.4. Raumumschließende Bauteile

Für die Wärmeverluste moderner Milchviehanlagen im Winter durch die raumumschließenden Bauteile werden bei einer Temperaturdifferenz zwischen Stallluft und Außenluft von 20 Grd (5 °C innen, -15 °C außen) Werte von 100 bis 140 kcal/h·Tierplatz errechnet. In der Praxis hat sich gezeigt, daß sie in industriemäßig betriebenen Ställen oft wesentlich größer sind. Als Ursachen sind die Fugendurchlässigkeit und die freie Lage des Stallgebäudes festgestellt worden.

Die Richtlinie „Geschlossene Ställe — Wärmehaushalt im Winter, Berechnungsgrundlagen“ /1/ hat bisher Zuschläge zur Wärmeverlustberechnung für die Fugendurchlässigkeit der Fenster und Türen und die Hauskenngroße nicht berücksichtigt. Im bäuerlichen Milchviehstall war es üblich, daß die Öffnungen und Fugen des Stalls in sehr kalten Witterungsperioden mit Stroh gedämmt wurden. Im Notfall wurden sogar die Zuluftöffnungen zugestopft und damit die Mindestlüftung ohne Rücksicht auf den Feuchtigkeitshaushalt des Stalls gedrosselt. Bei der industriemäßigen Milchproduktion mit automatischer Lüftungsregelung sind diese Maßnahmen nicht durchführbar. Künftig sind Zuschläge für die Lage des Stallgebäudes und die Fugendurchlässigkeit zur Berechnung heranzuziehen. Es wird empfohlen, die TGL 112-0319 sinngemäß anzuwenden. Am Beispiel eines Typenprojekts für 100 Kühe in Stahlbetonskelett-Montagebauweise wurden die zusätzlichen Wärmeverluste durch die Fugendurchlässigkeit und die Hauskenngroße errechnet. Sie erreichen die Größenordnung aller bisher ermittelten Wärmeverluste durch die raumumschließenden Bauteile des Gebäudes und können daher bei Ställen mit industriemäßiger Produktion keinesfalls vernachlässigt werden. Eine planmäßige Untersuchung dieser zusätzlichen Wärmeverluste ist besonders bei den leichten Montagebauten dringend erforderlich, da durch hohe bauphysikalische Beanspruchungen der Fugenkonstruktionen die Durchlässigkeit der Fugen hoch ansteigen kann.

2. Überblick über den Wärmehaushalt moderner Milchviehställe in kalten Winterperioden

Für die Berechnung des Wärmehaushalts gilt weiterhin die Gleichung der Richtlinie „Geschlossene Ställe — Wärmehaushalt im Winter, Berechnungsgrundlagen“ /1/

$$q_{Ti} = q_B + q_L$$

Sie entspricht in vereinfachter Form dem Schema nach Bild 1. Das Wärmearkommen im Milchviehstall q_{Ti} durch die Tierbelegung bei Berücksichtigung der betriebswirtschaftlichen Maßnahmen wurde im Abschnitt 1.1. untersucht. Setzt man zusätzlich zu den Abminderungen durch den Melkstandbetrieb und die Unterbringung kranker Tiere im Krankenstall eine Minimalbelegung des Stalls von 95 Prozent an, erhält man nach Bild 2 bei einer minimalen Stalllufttemperatur $t_i = 5$ °C einen Rechenwert für die Wärmeabgabe der Milchkuh

$$q_{Ti} = 767 \text{ kcal/h} \cdot \text{Tierplatz.}$$

Die Wärmeverluste durch die raumumschließenden Bauteile erreichen nach Abschnitt 1.4. bei einer Temperaturdifferenz zwischen Stallluft und Außenluft von 20 Grd Werte von $q_B = 100$ bis 140 kcal/h · Tierplatz.

Dazu kommen noch Zuschläge für die Fugendurchlässigkeit der Fenster und Türen und die Hauskenngroße.

Bei der gleichen Temperaturdifferenz zwischen Stallluft und Außenluft steigen die Wärmeverluste durch die Mindestlüftung nach dem Wasserdampfmaßstab auf

$$q_L = 595 \text{ kcal/h} \cdot \text{Tierplatz.}$$

Berücksichtigt man jedoch die praktischen Schwierigkeiten beim Einhalten der Mindestlüftung, wie es im Bild 3 dargestellt ist, wachsen die Wärmeverluste durch die Lüftung unter diesen Bedingungen auf

$$q_L = 659 \text{ kcal/h} \cdot \text{Tierplatz.}$$

Setzt man die ermittelten Werte in die Wärmehaushaltsgleichung ein, so ist die Mindeststalllufttemperatur $t_i = 5$ °C während sehr kalter Winterperioden nur in wärmetechnisch günstigen Milchviehställen zu halten. Die untere Grenze des optimalen Stalllufttemperaturbereichs $t_i = 10$ °C kann nicht eingehalten werden.

3. Maßnahmen zur Funktionssicherung moderner Milchviehanlagen in extremen Kälteperioden

Das Problem der Funktionssicherung in Milchviehanlagen mit industriemäßiger Produktion ist bisher nicht in scharfer Form aufgetreten, da die Winterperioden der letzten Jahre sehr mild waren. Unsere Anlagen müssen jedoch auf extreme Kälteeinbrüche vorbereitet sein, in denen die Außenlufttemperatur unter -25 ° absinkt. Um in unbeheizten Milchviehställen schwere Schäden durch Einfrieren der Wasserleitungen und Störungen in den mechanischen Einrichtungen unter derartigen extremen Witterungsbedingungen zu verhindern, sollte grundsätzlich die Möglichkeit vorgesehen werden, die Stalllüftung unter die in den Berechnungsgrundlagen angegebene Mindestlüftung abzusenken. Die Schäden durch eine kurzfristig unzureichende Stalllüftung in Form verstärkter Tauwasserbildung werden wesentlich geringer eingeschätzt als die durch Frost. In diesen kurzzeitigen Perioden kann die Stalllüftung bis auf 45 bis 50 m³/h · Tier gedrosselt werden, um die Stalllufttemperatur über dem Gefrierpunkt zu halten.

Im Hinblick auf diese klimatischen Bedingungen ist der Einbau einer Luftheizungsanlage in Milchviehställen zu prüfen, die auch bei Wintertemperaturen von $t_e = -15$ °C im Stall die untere Grenze des optimalen Stalllufttemperaturbereichs $t_i = 10$ °C garantiert. Es wurde rechnerisch nachgewiesen, daß beim Betrieb dieser Heizungsanlage auch bei eingeschalteter Mindestlüftung nach der Richtlinie /1/ und absoluten Außenlufttemperaturminima von $t_e = -30$ °C die

(Fortsetzung auf Seite 383)

Optimale Klimagestaltung in Anlagen der tierischen Produktion

Dr. sc. techn. W. Maltry, KDT, Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim der AdL der DDR

1. Problemstellung

Optimale Stallklimagestaltung darf sich nicht darauf beschränken, die Aufwendungen für die eigentlichen Klimatisierungseinrichtungen (Investitions- und Betriebskosten) zu einem Minimum zu bringen, sondern es ist vielmehr erforderlich, das gesamte Verfahren der tierischen Produktion unter Berücksichtigung aller vom Stallklima beeinflussten Faktoren zu optimieren. Da sowohl die tierische Leistung (Fleischansatz, Milch, Eier) als auch der spezifische Futterverbrauch je Leistungseinheit vom Stallklima beeinflusst werden, geht es insbesondere um die komplexe energiewirtschaftliche Optimierung der energetischen Aufwendungen durch Futter und Klimatisierungseinrichtungen.

2. Tierische Leistung und Stallklima

Zum Abführen der im Tierbereich entstehenden Schadgase sind gewisse Mindestfrischluftstraten erforderlich, die in der neu erarbeiteten TGL 29084 /1/ standardisiert wurden. Ebenfalls standardisiert wurden die einzuhaltenden Werte der relativen Feuchte, die vor allem zur Aufrechterhaltung der Tiergesundheit nach oben und nach unten begrenzt wurden.

Die Temperatur hat unter den Stallklimaparametern die weitaus größte Bedeutung. Es sind u. a. Untersuchungsergebnisse von Milchvieh (Bild 1) und Mastschweinen (Bild 2) bekannt, wonach es eine bestimmte Temperatur oder einen bestimmten Temperaturbereich mit jeweils maximaler tierischer Leistung gibt. Der Optimaltemperaturbereich ist tierart-, rassen- und altersbedingt. Allerdings ist nicht nur die tierische Leistung selbst, sondern auch der spezifische Futterverbrauch je Einheit der tierischen Leistung temperaturabhängig. Ergebnisse sind u. a. von Mastschweinen bekannt

(Fortsetzung von Seite 382)

Stalllufttemperatur nicht bis zum Gefrierpunkt absinkt. Maßnahmen zur Drosselung der Lüftung unter die rechnerisch ermittelte Mindestlüftung sind nicht notwendig. Die Ökonomie einer Heizungsanlage in Milchviehställen darf nicht allein nach der Zahl der Betriebsstunden betrachtet werden. Es sind in erster Linie die Schäden beim Betrieb der Anlage abzuschätzen, die durch die Heizungsanlage mit Sicherheit verhindert werden.

Literatur

- [1] —: Richtlinie „Geschlossene Ställe — Wärmehaushalt im Winter, Berechnungsgrundlagen“. Deutsche Bauinformation 1966.
- [2] Autorenkollektiv: Stalllüftung — Berechnungsgrundlagen. Institut für Mechanisierung der AdL Potsdam-Bornim 1970.
- [3] Schleitzer, G.: Technische und ökonomische Probleme bei der Erprobung von Anlagen der Tierproduktion. Dt. Agrartechnik 22 (1972) H. 2, S. 82—86.
- [4] —: TGL 112-0319, Ausg. 9.64: Wärmebedarf von Gebäuden, Berechnungsgrundlagen.
- [5] Petzold, K.; Schwenke, H.: Der Einfluß der Innenspeicherung auf die Wärmelast und die maximale Raumlufttemperatur in Stallbauten. Luft- und Kältetechnik 5 (1969) H. 6, S. 283—291.
- [6] Petzold, K.: Das thermische Verhalten von Bauwerken bei periodischem und sprungförmigem Lastengang (Beitrag zur bauklimatischen Bewertung leichter Bauweisen). Vortrag auf der Fachtagung Lüftungs- und Klimatechnik der KDT am 15./16. April 1971 in Dresden.
- [7] Maltry, W.: Beitrag zur Stallklimamessung sowie zur Auswertung und Darstellung der Meßergebnisse. Luft- und Kältetechnik 8 (1972) H. 5, S. 245—248. A 9886

(Bild 3). Diesen Einfluß der Temperatur kann man sich durch einen Vergleich der im Futter aufgenommenen Energie mit der an die Umgebung abgegebenen Energie verdeutlichen (Bild 4). Die eine Kurve entspricht dem aus dem Futter kommenden Energieumsatz, der wegen der bei höheren Temperaturen geringer werdenden Futteraufnahme immer niedriger wird, die andere Kurve entspricht der Wärmeab-

Bild 1
Einfluß der Stalllufttemperatur auf die Milchproduktion von Holsteiner und Jersey-Kühen (nach Yeck und Stewart 1959) [2/]

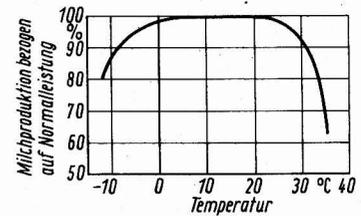


Bild 2
Einfluß der Stalltemperatur auf die Zu- und Abnahme von Mastschweinen (nach Heitmann und Hughes 1949) [2/];
— 75...118 kg,
--- 32...65 kg

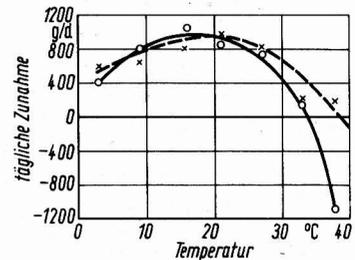


Bild 3
Einfluß der Stalltemperatur auf den täglichen Futteraufwand von Mastschweinen 75...118 kg (nach Sörensen und Moustgard 1961) [2/]

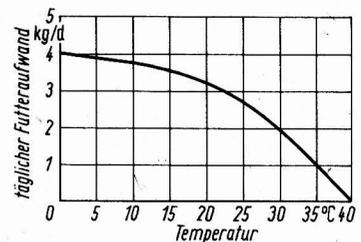


Bild 4
Einfluß der Stalltemperatur auf den Energieumsatz, schematisch [3/]; a positive tierische Leistung, b negative tierische Leistung, c letaler Bereich

