

(von 15 bis 90 Lux). Der höhere Wert von 90 Lux konnte aber auch nur bei weit offen stehenden Toren ermittelt werden. Unsere Ergebnisse zeigen, daß die natürlichen Beleuchtungsverhältnisse in Stallmitte durch den Einbau des Lichtbandes in der vorliegenden Form nicht günstig gestaltet werden konnten. Ob die bisher gültigen Forderungen des Beleuchtungsverhältnisses für Ställe mit größerer Tiefe ausreichend sind, soll speziellen Untersuchungen vorbehalten bleiben.

8. Zusammenfassung

Auf Grund der durchgeführten Untersuchungen kann festgestellt werden, daß sich eine Konzentration von 151 bis 197 Kühen in dem Versuchstall nicht nachteilig auf das Stallklima auswirkt. Veterinärhygienische Bedenken gegen die Staukanalentmischung — soweit sie das Stallklima betreffen — sind bei Beachtung der gestellten Forderungen nicht zu erheben.

A 6750

Dipl.-Ing. H. BÄHR*

Untersuchungen über die Wärmeableitung von Stallfußböden

1. Problemstellung

Viele moderne arbeitssparende Bewirtschaftungsformen von Ställen stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit der einstreulosen Haltung der Tiere. Für diese Haltungsform müssen auf Grund des Wegfalls der berührungswarmen und weichen Einstreu die Forderungen an die Qualität der Stand- und Liegeflächen neu definiert werden. Dabei kommt neben anderen Faktoren der Einschätzung der Wärmeableitungsverhältnisse eine große Bedeutung zu.

Zur Zeit sind uns weder von veterinärmedizinischen noch von landwirtschaftlichen Instituten konkrete Äußerungen darüber bekannt, wie Stand- und Liegeflächen von Tieren bezüglich ihrer Wärmedämmung auszubilden sind. Die aus dem Streben nach Erhaltung der Tiergesundheit und optimaler Fütterungsgestaltung resultierenden Forderungen an den Stallfußboden sind also noch unklar. Daher beurteilen wir derzeit Stallfußböden hinsichtlich ihrer Eignung für einstreulose Haltung wärmetechnisch im Vergleich zu einem Fußboden plus Einstreu. Um verschiedene Fußbodenausführungen nach diesem Gesichtspunkt beurteilen zu können, sind entsprechende Wärmeableitungsuntersuchungen erforderlich. Nach dem Studium der Literatur und nach eigenen praktischen Vorversuchen sind wir zu der Auffassung gekommen, daß derartige Untersuchungen z. Z. nur unter Verwendung des Folienwärmestrommessers durchgeführt werden können, mit dem der Wärmestrom vom Tier oder von einem Heizkörper in den Fußboden in absoluter Größe gemessen werden kann. Alle anderen bisher bekannten Meßgeräte dienen der Registrierung der Abkühlung oder des Wärmeverlustes eines Prüfheizkörpers.

Untersuchungen mit solchen Geräten, sie wurden von MOLLER, EICHBAUER, SIETENROTH, OTLOCHOT, GERMAK, FRANKEN u. a. verwendet, werden durch Temperaturunterschiede in Bodennähe und vor allem durch unterschiedliche Intensität der Luftbewegung mehr oder weniger beeinträchtigt. Dies gilt besonders für raue und profilierte Fußböden, mit denen wir es beim Stall zu tun haben.

2. Unsere Untersuchungsmethodik

basiert auf der Verwendung des von CAMMERER und LUSTIG entwickelten Folienwärmestrommessers, der nach der Hilfswandmethode arbeitet. Dieser Folienwärmestrommesser ist 0,3 mm dick und hat eine Meßfläche von 30×30 mm. Auf Grund der geringen Dicke wird der Wärmestrom nur unwesentlich beeinträchtigt. Auf beiden Oberflächen der Meßfolie sind eine große Zahl von hintereinander geschalteten Thermoelementen angeordnet, wodurch auch Wärmeströmungsvorgänge geringer Intensität gemessen werden können.

Bei unseren Untersuchungen haben wir zunächst versucht, nach der von CAMMERER am Menschen durchgeführten physiologischen Meßmethode zu arbeiten. Wir haben in einem Rinder- und in einem Schweinestall verschiedene Fußbodenproben in den Liegeflächen eingebaut und nach dem Hinlegen der Tiere den Verlauf der Wärmestromdichte in Abhängigkeit von der Berührungszeit verfolgt. Diese Messungen waren sehr zeitaufwendig, da wir immer warten mußten, bis sich das Versuchstier hingelegt hat. Bild 1 zeigt die Kurven der Wärmestromdichte, die an einem Material im Milchviehstall und am gleichen Material im Schweinestall gemessen wurden. Man sieht, daß die einzelnen Messungen jeweils sehr unterschiedlich sind. Die Größe des Wärmestroms wird durch die Lage der Tiere, ihre physische und psychische Verfassung und andere Faktoren stark beeinträchtigt. Bei der Anwendung dieser Methode wären also sehr viele Messungen erforderlich, um zu genügend sicheren charakteristischen Mittelwerten für jedes Material zu kommen. Unter Berücksichtigung des dafür erforderlichen Aufwands halten wir diese Untersuchungsmethode für unzuverlässig. Wir haben uns daher für die Anwendung einer physikalischen Versuchsanordnung entschlossen, deren Meßprinzip einem Normenvorschlag „Prüfung der Wärmeableitung von Fußböden“ entnommen ist.

Bei dieser physikalischen Meßmethode wird die Wärmequelle Tier durch einen Prüfheizkörper ersetzt. Unser Prüfheizkörper hat 300 mm Dmr., sein Boden besteht aus einer 8 mm starken Gummipolplatte. Der Behälter ist mit Wasser gefüllt, das ständig umgewälzt und auf einer Temperatur von 39°C konstant gehalten wird. Mit diesem Prüfheizkörper und dem Folienwärmestrommesser wurden von uns im Winter 1965/

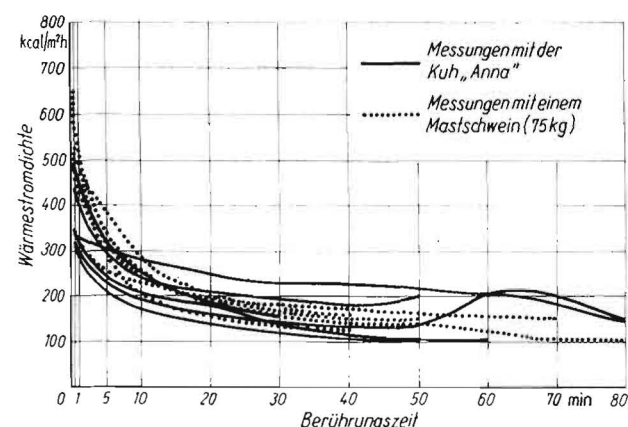


Bild 1. Wärmeableitung vom Tier zum Fußboden unter Praxisbedingungen (im Stall an 30 mm Betonstreich auf 120 mm Beton B 160)

* Institut für Veterinärhygiene der Veterinärmedizinischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin (Direktor: Prof. Dr. R. VON DER AA)

1966 in verschiedenen Ställen Wärmeleitungsuntersuchungen durchgeführt. Die dabei ermittelten Werte sind aber wegen der unterschiedlichen Temperaturverhältnisse, dem unterschiedlichen Feuchtigkeitsgehalt sowie der unterschiedlichen Herstellungsform der Bauteile nur schwer vergleichbar. Diese Nachteile haben wir mit einer Versuchsanordnung für Laboruntersuchungen zu überwinden versucht (Bild 2). Auf eine Grundplatte werden 400×400 mm große Proben verschiedener Fußbodenquerschnitte ohne Berücksichtigung des Kiesunterbaues aufgesetzt und gegenseitig sowie seitlich mit 50 mm starken Platten aus Schaumpolystyrol abgedämmt. Die 25 mm starke Oberschicht der Grundplatte besteht aus Zementmörtel. In ihr sind Rohre verlegt, durch die Wasser mit einer Temperatur von 15°C geleitet wird. Diese Unterflächentemperatur von 15°C entspricht etwa dem Mittelwert der von FRANKEN, PETKOW und JANAC unter dem Stallfußboden gemessenen und den nach einem schwedischen Vorschlag errechneten Temperaturen. Im Untersuchungsraum wurde durch entsprechende Aggregate für die Konstanthaltung einer Lufttemperatur von 12°C gesorgt.

Es entstand also in den Probekörpern ein Wärmestrom von unten nach oben, wie er im Stall während der kühlen Jahreszeiten vor dem Hinlegen der Tiere auf Grund der im Vergleich zur Stallluft höheren Liegeflächentemperatur in den oberen Teilen der Konstruktion auftritt.

Vier Tage nach dem Einbau der Versuchsanordnung wurde mit den Wärmeableitungsmessungen begonnen. Zunächst wurde der Folienwärmestrommesser auf die Probenoberfläche aufgelegt und danach der Prüfheizkörper mit dem Gummiboden auf die Folie aufgesetzt (Bild 3). Gemessen wurde jeweils eine Stunde. Kürzere Meßzeiträume sind nicht vertretbar, weil einige Fußbodenvarianten erst nach längerer Berührungszeit günstige Wärmeleitungsverhältnisse erreichen und wir aus wirtschaftlichen Gründen derartige Mat-

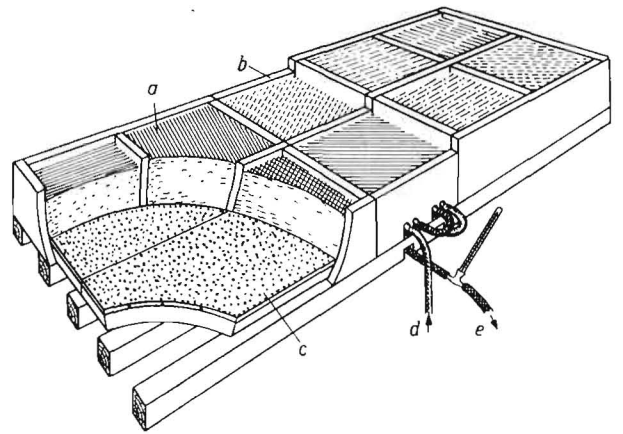


Bild 2. Physikalische Versuchsanordnung für Laboruntersuchungen bei 12°C

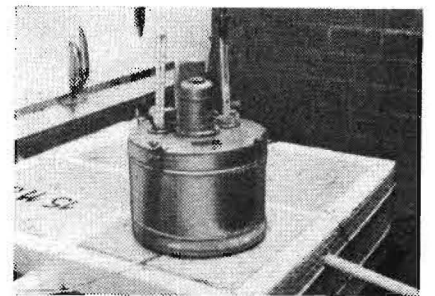
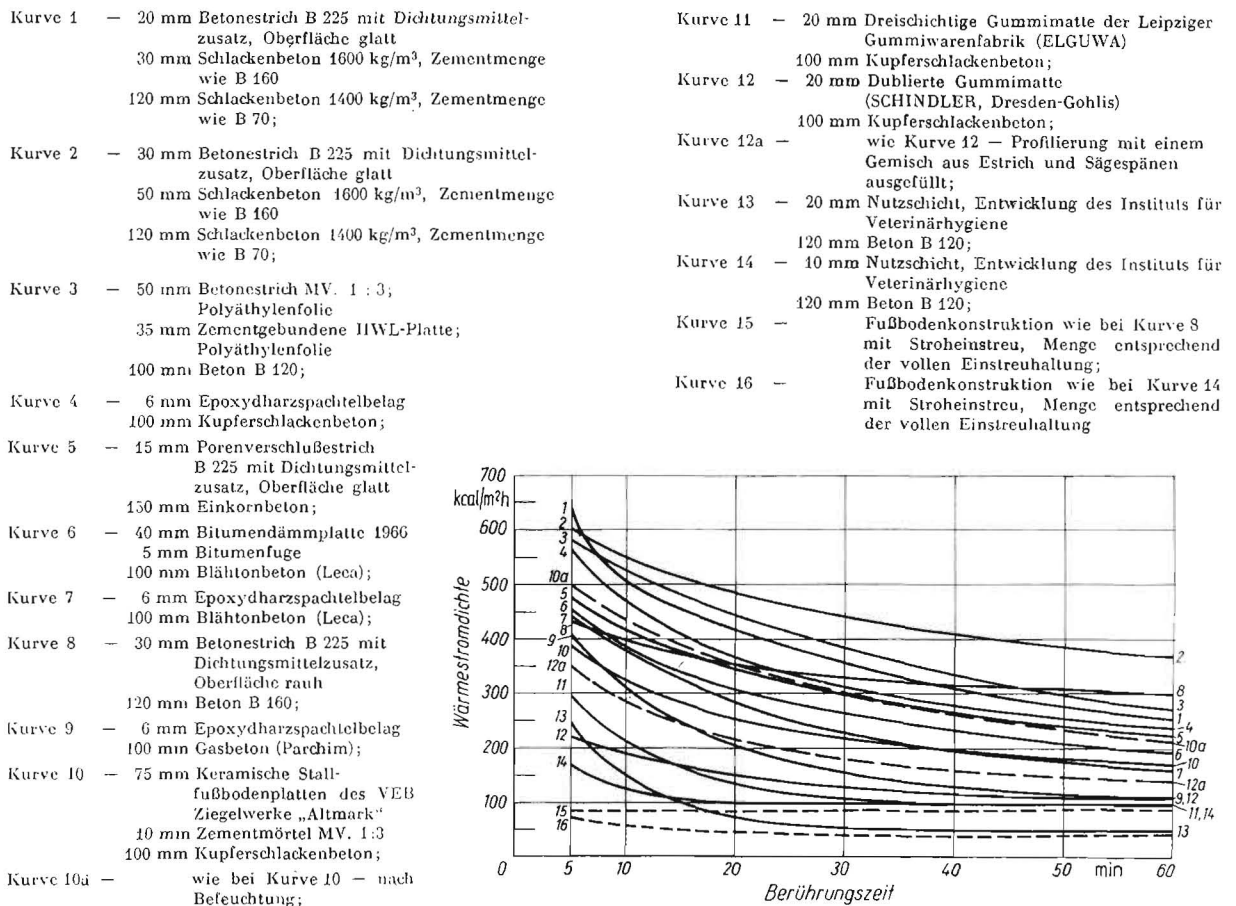


Bild 3. Prüfheizkörper mit Gummiboden

Bild 4. Wärmeleitungsverhältnisse an verschiedenen Fußbodenkonstruktionen



rialien erkennen müssen. An den einzelnen Proben wurden jeweils mehrere Messungen durchgeführt, wobei die Abweichung vom Mittelwert immer weniger als 5% betrug.

Mit dieser Versuchsanordnung glauben wir für alle Fußbodenproben gleiche Bedingungen geschaffen zu haben, was die Vergleichbarkeit der Ergebnisse garantiert. Wir haben nach dieser Methode 35 verschiedene Fußbodenkonstruktionen untersucht. Berücksichtigt man auch die jeweils mit verschiedenen Einstreuungen gemachten Wärmeableitungsmessungen, dann erhöht sich die Zahl der untersuchten Fußbodenvarianten auf 70.

3. Über die Versuchsergebnisse

Bild 4 zeigt eine Auswahl der gefundenen charakteristischen Kurven, wobei die durchgezogenen Linien die Ergebnisse ohne Einstreu und die gepunkteten Linien die Ergebnisse mit einer der vollen Einstreuhaltung entsprechenden Einstreumenge darstellen. Die am Schwerbetonfußboden mit Einstreu gefundene Kurve 15 ist für uns der Maßstab für die Entscheidung, ob eine Fußbodenvariante für die einstreulose Haltung wärmetechnisch geeignet ist.

Aus den dargestellten Kurven der Wärmestromdichte lassen sich folgende Aussagen ableiten:

3.1. An Stallfußböden für volle Einstreuhaltung sind keine wärmetechnischen Forderungen zu stellen. Die Differenzen der Wärmeableitungsverhältnisse sind bei wärmetechnisch sehr unterschiedlich ausgeführten Fußböden mit voller Einstreu sehr gering und können damit vernachlässigt werden. (s. Kurven 8 und 14 im Vergleich zu 15 und 16).

3.2. Betonestrich ist als Nutzschrift für einstreulose Haltung bei der Berücksichtigung der für den Stallbetrieb erforderlichen Stärke ungeeignet (s. Kurven 1, 2, 5 und 8). Estrichschichten mit einer geringeren Dicke als 30 mm sind hinsichtlich ihrer Festigkeit kaum vertretbar und bringen wärmetechnisch nicht den gewünschten und erforderlichen Erfolg.

3.3. Hochwertige Wärmedämmschichten unter einer Nutzschrift aus Betonestrich sind wärmetechnisch nur ungenügend wirksam, so daß die Anwendung derartiger aufwendiger Konstruktionen nicht vertretbar ist (s. Kurve 3). Untersuchungen an einem Fußboden aus 40 mm bewehrtem Estrich auf 20 mm Schaumpolystyrol ergaben Werte ähnlich der mit Kurve 3 gekennzeichneten Konstruktion.

3.4. Bituminöse Platten oder Gußasphalte sind bei Gewährleistung der für den Stallbetrieb erforderlichen Festigkeit für einstreulose Haltung von Tieren ungeeignet (s. Kurve 6). Unsere Untersuchungen beschränken sich im wesentlichen auf bituminöse Platten, die für Stallbauten entwickelt wurden. Da bei diesen Bitumendämmplatten eine relativ günstige Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,45$ erreicht wurde, kann festgestellt werden, daß durch diese Kurve die Grenze der wärmetechnischen Möglichkeiten dieses Materials abgedeckt ist. Es muß festgestellt werden, daß die verbreitete Auffassung, bituminöse Beläge stellen einen idealen Stallfußbodenbelag dar, unter Berücksichtigung der wärmetechnischen Anforderungen nicht aufrecht zu erhalten ist. Diese aus unseren Laboruntersuchungen resultierende Meinung wird gestützt durch sowjetische Untersuchungen von OTLOCHOT und Untersuchungen, die wir in einem Rinderstall mit Gußasphaltbelag durchgeführt haben.

3.5. Spachtelbeläge können nur im Zusammenhang mit wärmetechnisch außerordentlich guten Unterkonstruktionen zu Fußbodenausbildungen führen, die den Anforderungen an die einstreulose Haltung genügen (s. Kurven 4, 7 und 9). Die dargestellten Kurven lassen klar erkennen, daß bei Unterkonstruktionen, die in ihrer Wärmeleitfähigkeit noch günstiger sind als der von uns verwendete Parchimer Gasbeton mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 2,26 Masse%, auch günstige Wärmeableitungsverhältnisse für die einstreulose Haltung entstehen würden.

3.6. Gummibeläge sind bei entsprechender Ausbildung als für die einstreulose Haltung von Tieren geeignet anzusehen (s. Kurven 11 und 12). Die günstigsten Werte wurden an der

dreischichtigen ELGUWA-Matte festgestellt. Solange jedoch diese Matte an den Seiten offen ist und unter Verwendung des bisher benutzten Klebers produziert wird, ist sie für die Verwendung im Stall aus hygienischen Gründen absolut undiskutabel.

3.7. Eine Profilierung der Fußbodenoberfläche beeinflußt die Wärmedämmung günstig. Dies verdeutlichen die Kurven der dublierten Stallmatte von SCHINDLER (s. Kurven 12 und 12 a). Nach dem Ausfüllen der Profitäler mit einem Gemisch aus Sägespänen und Erdreich wurden Werte gefunden, die deutlich über den an der sauberen Matte gefundenen Werten liegen. Außerdem ist hier auf die Lage der Wärmeableitungskurve 8 der Probe 30 mm Betonestrich auf Beton B 160 hinzuweisen. Diese Werte sind deshalb günstiger als die Werte anderer schon theoretisch besserer Betonvarianten, weil die Oberfläche dieser Probe rauher war als die der anderen Betonproben. Auch OTLOCHOT hat die Profilierung als limitierenden Faktor für die Wärmeableitung festgestellt.

3.8. Keramische Platten oder Ziegel sind für die Verwendung auf Liegeflächen im Stall ungeeignet (s. Kurven 10 und 10 a). Für unsere Untersuchungen standen Stallfußbodenplatten des VEB Ziegelwerke „Altmark“ zur Verfügung. Im trockenen Zustand waren die Wärmeableitungsverhältnisse günstiger als zum Beispiel bei bituminösen Platten auf Beton B 120.

Da an ungesinterten bzw. unglasierten keramischen Erzeugnissen bei Feuchtigkeitsanfall immer mit starker Durchfeuchtung gerechnet werden muß, haben wir auf unsere Untersuchungsplatte innerhalb von 5 h 1 l Wasser in kleinen Rationen aufgegossen und danach ebenfalls die Wärmeableitung gemessen. Die obere Hälfte des Querschnittes hatte nach der Befuchtung einen Feuchtigkeitsgehalt von 18,74 Masse%. Es ergaben sich Werte der Wärmestromdichte, die weit über den im trockenen Zustand gemessenen Werten liegen. Da die Feuchtigkeitsaufnahme die Lebensdauer des Materials verkürzt und unabgedichtete poröse Materialien hinsichtlich der Reinigung und Desinfektion ohnehin problematisch sind, muß die Einschätzung als für Stallfußböden ungeeignet auch auf die Anwendung für Einstreuhaltung ausgedehnt werden.

3.9. Es gibt Möglichkeiten, Fußböden für Stand- und Liegeflächen so auszubilden, daß sie den wärmetechnischen Anforderungen durch die einstreulose Haltung genügen, und zwar Möglichkeiten über die Verwendung von Gummi hinaus. Die Kurven 13 und 14 zeigen die Wärmeableitungsverhältnisse an zwei Materialvarianten einer von uns entwickelten Nutzschriftkonstruktion. Ohne Oberflächenprofilierung wurden bereits außerordentlich günstige Werte erreicht. Über die Einzelheiten der Konstruktion kann hier nicht berichtet werden.

3.10. Für die einstreulose Haltung bieten sich alle Konstruktionen an, die wärmetechnisch besser als die Konstruktionen mit 30 mm dickem oder dickerem Betonestrich als Nutzschrift sind, aber den Forderungen an die einstreulose Haltung nicht genügen.

4. Abschließende Beurteilung

Es ist darauf hinzuweisen, daß alle Wärmeableitungsmessungen nur ein Teil der Fußbodenbeurteilung sind. Bei einer umfassenden Einschätzung ist es neben der Berücksichtigung der Feuchtigkeitssicherheit wichtig, Aussagen darüber zu treffen, wie sich einzelne Fußbodenkonstruktionen auf die Gesundheit der Tiere und damit auf die Produktion auswirken. Wir beginnen z. Z. mit Untersuchungen, die die Ermittlung der Produktionswirksamkeit verschiedener Fußböden zum Ziel haben und die uns gleichzeitig Auskunft darüber geben werden, welche Kosten für 1 m² Fußbodenfläche vertretbar sind. Diese Ermittlungen machen jedoch lange Untersuchungszeiträume erforderlich und daher sind gegenwärtig physikalische Wärmeableitungsuntersuchungen nach unserer Methode oder anderen Verfahren für die Verbesserung der im allgemeinen unbefriedigenden Verhältnisse von großer Bedeutung.

A 6751