Zeitschrift: Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine Vétérinaire ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires

Herausgeber: Gesellschaft Schweizer Tierärztinnen und Tierärzte

Band: 91 (1949)

Heft: 5

Artikel: Untersuchungen über die physikalischen Faktoren des Stallklimas unter besonderer Berücksichtigung der Abkühlungsgrösse

Autor: Cena, M. / Courvoisier, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-591715

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: 07.01.2026

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

Erwähnte Autoren

Dobberstein, J. in Joest: Handb. der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere. Bd. 2, Berlin 1936. — Dobberstein, J. Virch. Arch. *302*, 1, 1938. — Fölger, F. Erg. Path. *18*, 372, 1917. — Fox. J. of Path. *17*, 1912. — Frei, W. in Joest: Handbuch der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere. Bd. 4, Berlin 1925. — Hoogland, H. J. M. Z. Krebsforsch. *29*, 239, 1929. — Jenny, J. Zur vergleichenden pathologischen Anatomie des primären Lungenkarzinoms unter Berücksichtigung je eines Falls beim Pferd und Hund. Inaug. Diss. Zürich 1945. — Joest, E. Handbuch der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere. Bd. 1, Berlin 1926. — Krause, C. Arch. für praktische und wissenschaftliche Tierheilkunde *73*, 1, 1938. — Krause, C. Erg. Path. *34*, 226 und 367, 1939. — Rubarth, S. Skand. Vet. tidskr. *24*, 685, 1934. — Scheidegger, S. Experientia *1*, 115, 1945. — Sjolte, I. P. Virch. Arch. *312*, 35, 1944. — Sticker. Arch. für klinische Chirurgie *65*, 1902. — Stünzi, H. Skand. vet. tidskr. *37*, 453, 1947. — Trotter, A. M. J. of comp. Path. and Ther. *18*, 129, 1904.

Aus dem Institut für Kleintierzucht der Universität und Polytechnischen Hochschule Wrozlaw (Polen) und dem Physikalisch-Meteorologischen Observatorium Davos

Untersuchungen über die physikalischen Faktoren des Stallklimas unter besonderer Berücksichtigung der Abkühlungsgröße

Von M. Cena[1]) und P. Courvoisier

I. Die Bedeutung von Untersuchungen des Stallklimas

Aufgabe der Tierzucht ist es, durch das Hilfsmittel der genetischen Selektion Tiere zu erhalten, die so weit als möglich homozygot sind und dadurch möglichst viele Faktoren in sich vereinigen, durch die sie die angestrebte hohe Nutzleistung erreichen können. Andrerseits muß der Züchter aber auch bestrebt sein, durch Schaffung optimaler ökologischer Bedingungen das Inerscheinungtreten dieser Faktoren zu ermöglichen, um sie ausnützen zu können. Es hat sich gezeigt, daß die genetischen Eigenschaften eine große Widerstandsfähigkeit gegen Außeneinflüsse aufweisen, und dies besonders in negativem Sinn: hochrassige Tiere können zwar in schlechten äußeren Bedingungen ihr eigent-

---

[1])Ich möchte auch an dieser Stelle der Schweizer Spende meinen herzlichen Dank für die Ermöglichung eines längeren Studienaufenthaltes in der Schweiz aussprechen, sowie Herrn Dr. W. Mörikofer, Direktor des Physikalisch-Meteorologischen Observatoriums Davos, für die Förderung meiner Untersuchungen in Davos. *M. Cena.*

liches Nutzleistungsniveau nicht erreichen, doch bleibt unter solchen Bedingungen die Möglichkeit dazu latent bestehen, so daß es beim Eintritt besserer Umweltbedingungen wieder hervortreten und sich auf die Nachkommenschaft übertragen kann. Um das eigentliche Nutzleistungsniveau der Tiere zu erreichen, muß der Züchter somit den Ansprüchen der Tiere entsprechende günstige Bedingungen schaffen. Unter schlechten Bedingungen kann es sonst zu der paradoxen Erscheinung kommen, daß Tiere von geringerem genetischem Wert, jedoch größerer Anspruchslosigkeit und Widerstandskraft gegen ungünstige Außeneinflüsse ein höheres Nutzleistungsniveau aufweisen können als Tiere mit bedeutend höheren genetischen Anlagen.

Die Außeneinflüsse stehen unter der überwiegenden Herrschaft von Klima und Boden, die sich ihrerseits wieder untereinander beeinflussen. Einerseits üben die klimatischen Faktoren einen entscheidenden Einfluß auf die Entwicklung der chemischen, physikalischen und biologischen Eigenschaften des Bodens aus, andrerseits modifiziert auch der Boden mit seiner Struktur und seinen physikalischen Eigenschaften manche Züge des Klimas in seiner nächsten Nähe. Es ist dies das Gebiet des Mikroklimas, das in weitgehendem Maße unabhängig vom Makroklima ist, dem jedoch als Lebensraum von Pflanze, Tier und Mensch eine besondere Bedeutung zukommt. Pflanzen und Tiere passen sich einerseits den Einflüssen des Klimas einigermaßen an, sie schaffen aber andrerseits selbst um sich herum in gewissem Maß ein autonomes Mikroklima. Besonders bei den Pflanzen ist der Einfluß von Klima und Boden sehr groß, viel kleiner ist die Auswirkung dieser Faktoren auf die Tiere, denen wir zudem durch den Bau geeigneter Stallungen leichter günstige Bedingungen des Lokalklimas schaffen können.

Die Tierstallungen haben zahlreiche Aufgaben zu erfüllen. In den Anfängen der Entwicklung der Zucht halbgezähmter Tiere hatten sie bloß als Schutz gegen die Flucht der Tiere, gegen Raubtiere und gegen Diebstahl zu dienen. Im Laufe der Entwicklung der Landwirtschaft führte die Möglichkeit zum Sammeln des für die Fruchtbarkeit der Felder wichtigen Düngers zur Entstehung der Form des Tiefstalles. Eine derartige Einstellung zur Tierzucht schränkt die Rolle z. B. der Kühe hauptsächlich auf die Düngerproduktion ein, während der Milcherzeugung die Funktion einer Nebenproduktion zugewiesen wird. Im jetzigen Stadium der Entwicklung fällt den Zielen der züchterischen Bestrebungen auf Grund der veränderten Bedürfnisse eine höhere

Bedeutung zu. An erster Stelle steht die Wichtigkeit derjenigen tierischen Produktion, die für die Menschen direkt verwertbar ist, sowie ferner die Hygiene der Gewinnung dieser Produkte. Dabei darf aber die für die Landwirtschaft wichtige Düngerproduktion nicht vernachlässigt werden, wenn auch die heutigen hygienischen Anforderungen verlangen, daß der anfallende Dünger in geeigneten Düngerlagern gestapelt wird. Eine neuzeitliche Stallung sollte deshalb weder einen Pferch für die Tiere noch ein Mistlager darstellen, sondern eine Klimaanlage, welche optimale Bedingungen für die Gesundheit der Tiere und für ihre Produktion bietet und dazu die Tiere gegen die Extreme des natürlichen Klimas schützt.

Eine solche Einschränkung der Einflüsse des Außenklimas ist gerechtfertigt durch die Kenntnis von der Schädlichkeit seiner Extreme. Das Ausmaß der Einschränkungen muß sich dabei einerseits nach den physiologischen Anforderungen richten, die allein vom Befinden der Tiere gestellt werden, andrerseits nach der Härte des Klimas. Die Tiere sind gezwungen, wenigstens die Hälfte des Jahres, sehr oft auch ihr ganzes Leben in den Stallungen zu verbringen. Die Beschaffenheit der Stallungen, die zu den wichtigsten Umweltfaktoren gehören, hat deshalb für die Entwicklung der Tierzucht eine sehr große Bedeutung.

Die Notwendigkeit zur Erforschung des Lokalklimas in Stallungen hat bereits eine Reihe von Autoren zu Arbeiten auf diesem Gebiete angeregt. Eine besondere Gruppe von Arbeiten bemühte sich um eine Bestandaufnahme an Stallungen, darunter auch an Stallungen ganzer Dörfer (H. Storm (1); W. Lincke (2) V. Swoboda (3); R. Heindel (4); A. Mehner und A. Linz (5); G. Lankow (6); H. Ullrich (7), R. Braun (8), Fr. Kaup (9), H. Nolle (10)). Diese Autoren berücksichtigen bei ihren Untersuchungen hauptsächlich bautechnische Einzelheiten und schätzen die Tauglichkeit der Stallungen an Hand von Erhebungen über den Gesundheitszustand der Tiere sowie auf Grund ihres subjektiven, auf der tierärztlichen Erfahrung beruhenden Eindruckes. Diese Arbeiten sind sehr instruktiv, und man kann mit ihrer Hilfe feststellen, wie wenig oft die Stallungen ihrem Zweck entsprechen. Es wäre deshalb erwünscht und lehrreich, derartige Arbeiten in verschiedenen Ländern und Klimaten durchzuführen.

Auf die Notwendigkeit bioklimatischer Forschung in Stallungen weisen W. Zorn und G. Freidt (11, 12, 13), A. Meißner (14) sowie P. Lehmann (15), H. Harrlass (16) und K. Boller (17) hin. Einen Ausweg aus der jetzigen Situation im Stallbau suchen Gerspach (18), H. Niehues (19), J. Kliesch (20), E. Schwarzmeier (21) und F. Dinkhauser (22) durch Schaffung von hygie-

nischen Normen, die dem Bau neuer Stallungen sowie der Anpassung von alten Stallungen an neuzeitliche Anforderungen zugrunde gelegt werden sollen.

Forschungen zur Erfassung der chemischen Luftzusammensetzung im Stall sind sehr zahlreich und haben eine gute Übersicht über dieses ganze Gebiet erbracht. Demgegenüber sind Untersuchungen über physikalische Faktoren des Lokalklimas in den Stallungen viel seltener. Große Verdienste in den Bestrebungen zur Erfassung des gesamten Stallklimas haben sich H. Zwicky (23) und seine Schule erworben. J. Goldinger (24), J. Strebel (25) und F. Knüsel (26) suchen nach dem Zusammenhang zwischen dem Einfluß der durch die Stallungen geschaffenen Umwelt und den Krankheiten der sie bewohnenden Tiere. W. Dober (27) bearbeitet das chemische Klima mit besonderer Beachtung des Kohlensäure- und Ammoniakgehaltes, während X. Frei (28) die Beleuchtungsverhältnisse im Stall untersucht. A. Buxtorf (29) und H. Fuhrimann (30) messen die Abkühlungsgröße in Stallungen mittels Katathermometer und versuchen eine Bestimmung der Behaglichkeitsfaktoren für die Tiere; sie führen außerdem eine Bestimmung der Luftbewegung im Stall mit Hilfe des gleichen Instrumentes durch. Ein weiteres Ergebnis der Arbeiten dieser Zürcher Schule behandelt die Beeinflussung der Hauttemperatur der Kühe durch die Umgebungstemperatur (K. Rudzinski [31]). Zuletzt hat Prof. Zwicky (32) in seiner umfassenden nachgelassenen Arbeit die Folgerungen aus den gewonnenen Erkenntnissen gezogen. Durch solche Arbeiten entwickelt sich als besonderer Zweig innerhalb der Tierhygiene eine veterinärmedizinische Bioklimatologie, die an Bedeutung immer mehr zunimmt; Tierhygiene und Tierzuchtforschung werden deshalb gut daran tun, sich mit den Anschauungen und Methoden der biologischen Klimatologie in vermehrtem Maße vertraut zu machen und sie auf die Probleme des Stallklimas anzuwenden.

Es ist selbstverständlich, daß die Erfüllung aller klimatischen Forderungen bei der Klimadosierung im Stall nicht in vollem Umfang möglich ist; die Durchführung der Klimadosierung bringt eben neben den Vorzügen auch immer Nachteile. Das Ziel muß deshalb sein, durch geeignete bauliche Maßnahmen die Vorteile in möglichst großem Maße über die Nachteile überwiegen zu lassen. Dabei stellt eine systematische Erforschung der physikalischen neben den chemischen Faktoren des Stallklimas die Voraussetzung dafür dar, bei dem anzustrebenden Kompromiß das Optimum zu erzielen.

Betrachtet man die chemischen und biologischen Faktoren des Lokalklimas in einem Stall, so erweist sich der Aufenthalt der Tiere im Stall in bezug auf die Ausscheidungen und Absonderungen offensichtlich als ungünstiger als der Aufenthalt

im Freien. Die Benützung eines Stalles bringt dabei in dieser Beziehung Nachteile für die Tiere mit sich, die durch Kanalisations- und Ventilationseinrichtungen lediglich verkleinert werden können. Demgegenüber überwiegen bei den physikalischen Klimafaktoren die Vorteile des Stalls, und nur bei der Lichtstrahlung muß eine quantitative und qualitative Beschränkung durch Dimensionen und optische Eigenschaften der Fenster in Kauf genommen werden. Doch bieten die Stallungen Schutz gegen zu niedrige und zu hohe Temperaturen, gegen Wind und Niederschlag und schaffen durch diesen überwiegenden Vorteil den Tieren gemäßigte und damit behagliche Umweltbedingungen. Chemische und physikalische Faktoren des Lokalklimas im Stall sind demnach antagonistisch gekoppelt: will man die chemische Zusammensetzung der Stalluft, besonders etwa im Winter, durch vermehrte Lüftung verbessern, so tritt gleichzeitig eine Verschlechterung der Verhältnisse auf der Seite der physikalischen Faktoren auf, die Luft im Stall besitzt dann zwar einen geringeren Gehalt an schädlichen Gasen, dabei aber auch erniedrigte Temperatur, und der nötige Ventilationsvorgang erhöht gleichzeitig die Luftbewegung im Stall. Es muß daher die Aufgabe der neuzeitlichen ruristischen Architektur sein, den besten Mittelweg zur Erfüllung der verschiedenartigen physiologischen Forderungen und damit zur Hebung von Gesundheit und Nutzleistung der Tiere zu finden.

Aus diesen Erwägungen ergibt sich, daß man gezwungen ist, zur Vermeidung der schädlichen Extreme der physikalischen Faktoren des Außenklimas in beträchtlichem Maße die Vorteile im Bereich der chemischen Eigenschaften der Außenluft zu opfern. Durch die Tatsache, daß dieser Kompromiß seit Jahrtausenden geübt wird, wird deutlich die Wichtigkeit der physikalischen Klimafaktoren für die Tierzucht unterstrichen. Besonders beachtenswert ist dabei das Zusammenwirken der Faktoren Temperatur und Feuchtigkeit, Luftbewegung und Niederschlag, also der Hauptfaktoren der sogenannten Abkühlungsgröße. Es ist eine unbestrittene Erkenntnis der Bioklimatologie, daß nicht allein durch die Lufttemperatur das Behaglichkeitsgefühl der Menschen und Tiere bedingt ist; die gleiche Temperatur kann je nach der Luftfeuchtigkeit und der Luftbewegung und nach den herrschenden Strahlungsverhältnissen als behaglich oder als unbehaglich empfunden werden. Zur Messung der kombinierten Wirkung dieser Elemente, nämlich der Abkühlungsgröße, reicht jedoch das Thermometer nicht aus. Sie wird durch Einzelmessungen mit trockenem oder feuchtem Katathermometer in Verbindung

mit psychometrischen Messungen festgestellt, kann aber auch mit Hilfe besonders dazu konstruierter Frigorimeter registriert werden.

Die Tierstallungen sind mit wenigen Ausnahmen (wie z. B. Brutkästen) nicht künstlich geheizt. Sie werden erwärmt durch die natürliche Wärmeproduktion der Tiere, und aus diesem Grunde muß die Raumgröße der Stallungen, ihre Wärmeisolation und die Möglichkeit für die Lüftung den physiologischen Bedingungen der sie bewohnenden Tiere angepaßt sein. Besonders in der kalten Jahreszeit macht sich die abkühlende Rolle der Wände bemerkbar, die die Grenze zwischen Außen- und Innenklima bilden. Auf der Innenseite produzieren die Tiere, die als lebendige Thermostaten ihre Innentemperatur aufrechterhalten, in dem dazu nötigen Ausmaße Wärme, die durch Leitung, Konvektion und Strahlung die Temperatur der Umgebung bedingt, und damit auch die Temperatur der Wände, des Bodens und der Decke, sowie der Stalleinrichtungen, gleichzeitig aber auch der Haut der benachbarten Tiere beeinflußt. Die Wände werden von außen her durch alle jene physikalischen Faktoren abgekühlt, die zum Betrag der Abkühlungsgröße im Freien beitragen, wobei allein die auf die Wände fallende Sonnen- und Himmelsstrahlung die Abkühlungsgröße zum Teil vermindert. Das Maß, in dem die Wände des Stalles ein Durchgreifen der Abkühlung, die im Freien herrscht, auf das Stallinnere verhindern, wird sich demnach durch Angabe eines Wärmeschutzquotienten festlegen lassen, der aus Messungen der Abkühlungsgröße im Stall und im Freien zu gewinnen ist. Dieser Schutzquotient wird abhängen von der Möglichkeit zur Beeinflussung der Wärmeverhältnisse des Stalles durch die Tiere, von den Wärmeeigenschaften der Wände und von den Bedingungen des Außenklimas. Die Abhängigkeit der physikalischen Faktoren des Lokalklimas der Stallungen vom Lebensrhythmus der Tiere, besonders in bezug auf die Abkühlungsgröße, an einem Beispiel zu erläutern, ist das Ziel der vorliegenden Arbeit.

II. Die Klimaräume unserer Untersuchung

1. Der Stall

Dank der freundlichen Vermittlung von Tierarzt Dr. H. S. Kind und dem Entgegenkommen des Besitzers, Herrn Peter Oberrauch, konnten wir unsere stallklimatologischen Untersuchungen in einem sehr geeigneten Objekt, dem neben dem Hotel Flüela in Davos-Dorf gelegenen Flüela-Stall, durchführen. Dieser

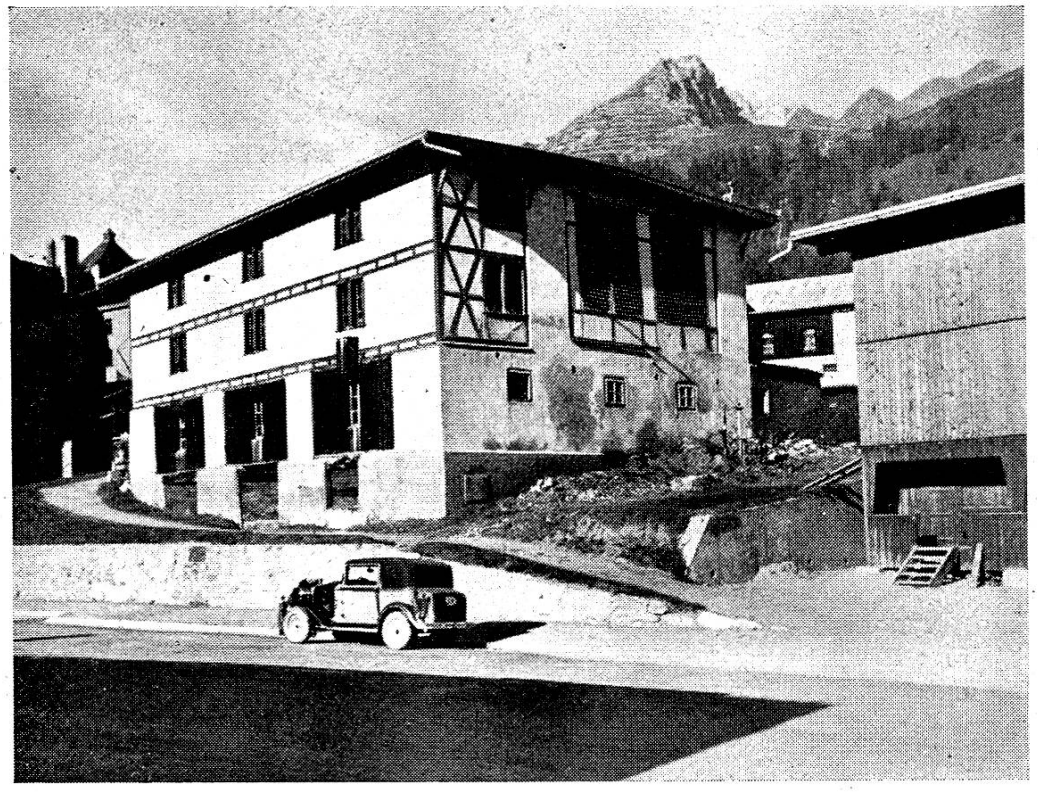

Abb. 1 Flüela-Stall von Osten.

Linke Seite: Korridor; vor der rechten Wand: Aufstellung von Frigorimeter und Anemometer im Freien.

Stall befindet sich an der nordwestlichen Seite des breiten Davoser Hochtals auf zirka 1570 m ü. M. direkt gegenüber dem Bahnhof Davos-Dorf, einige Meter über dem ebenen Bahnhofplatz, in einem ziemlich eng bebauten Gebiet der Ortschaft (Abb. 1).

Das Stallgebäude enthält mehrere Räume, die durch einen gemeinsamen Korridor an der Südostseite miteinander verbunden sind, und teilweise auch durch Ventilationslöcher von 16 cm Durchmesser miteinander kommunizieren. Der von uns besonders eingehend untersuchte Kuhstall (Abb. 2) befindet sich an der nordöstlichen Seite des Stallungsgebäudes; eine seiner Längswände in Ziegelbau von 60 cm Dicke bildet zugleich die Außenwand des Gebäudes (vgl. Planskizze Abb. 3). Die zweite Längswand trennt den Kuhstall von einem danebenliegenden einreihigen Pferdestall, der zur Zeit der Beobachtungen unbenützt war, und an den weitere Pferdestallungen anschließen. Die nordwestliche Querwand des Kuhstalles ist geschützt durch einen aus Stein erbauten langen Korridor, der als Wagenremise benützt wird und gegen den Kuhstall durch eine massive Mauer abgeschlossen ist. Der Eingang zu den Ställen wird durch einen an der Südostseite

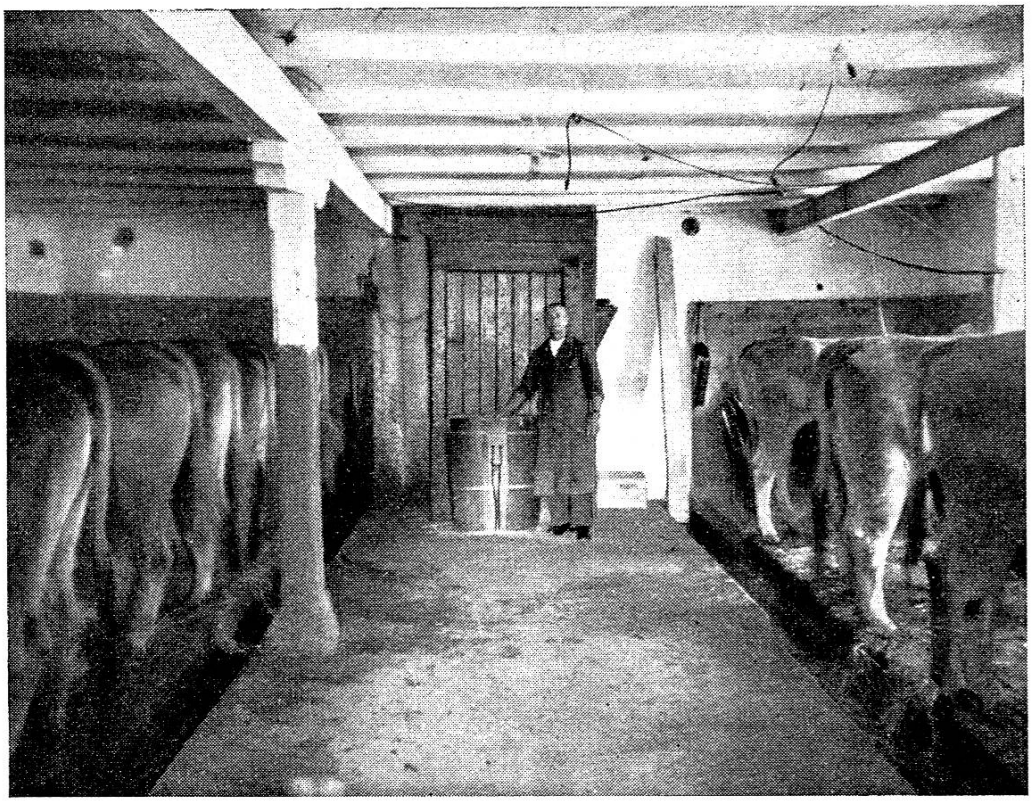

Abb. 2 Innenansicht des Kuhstalls, rechts hinten Instrumentaufstellung.

gelegenen Korridor (s. Abb. 1) erreicht, der aus Holz gebaut ist und das Mistlager überdeckt.

Der Kuhstall ist zweireihig mit einem Mittelgang von 2,42 m Breite und enthält typische Kurzstände von 2,22 m Länge für 16 Kühe. Zur Zeit der Beobachtungen war er von 12 Kühen der Schweizer Braunviehrasse von durchschnittlich 550 kg Gewicht besetzt. Entsprechend einer Länge von 9,25 m und einer Breite von 7,50 m hat dieser Stall 69,4 m^2 Bodenfläche und bei 2,55 m Höhe 177 m^3 Rauminhalt, was bei 12 Kühen 14,7 m^3 Luftvolumen pro Kuh ergibt; bei vollbesetztem Stall würden auf jede Kuh nur 11 m^3 Luftvolumen treffen. Das Licht im Stall kommt durch zwei nicht zu öffnende Fenster vom Ausmaß $0{,}74 \times 0{,}72$ m in der NE-Wand des Stalles, die Scheibenoberfläche beträgt demnach 1,06 m^2. Das Verhältnis von Fensterfläche zu Bodenfläche ist also 1:65.

Bei einer Höhe der Fensteroberkante von 2,12 m und einer Stallbreite von 7,50 m ist das Verhältnis der Stallbreite zur Höhe der oberen Fensterkante 3,5:1, woraus als Lichteinfallswinkel der geringe Wert von 16^0 folgt. Die Beleuchtung im Stall wird unterstützt durch ein genau vor der Stalltüre in die Außenwand des Korridors eingefügtes Fenster von 1,21 m Höhe und 0,68 m Breite. Obwohl dieses Fenster von der Stalltüre 2,70 m entfernt ist, ergibt

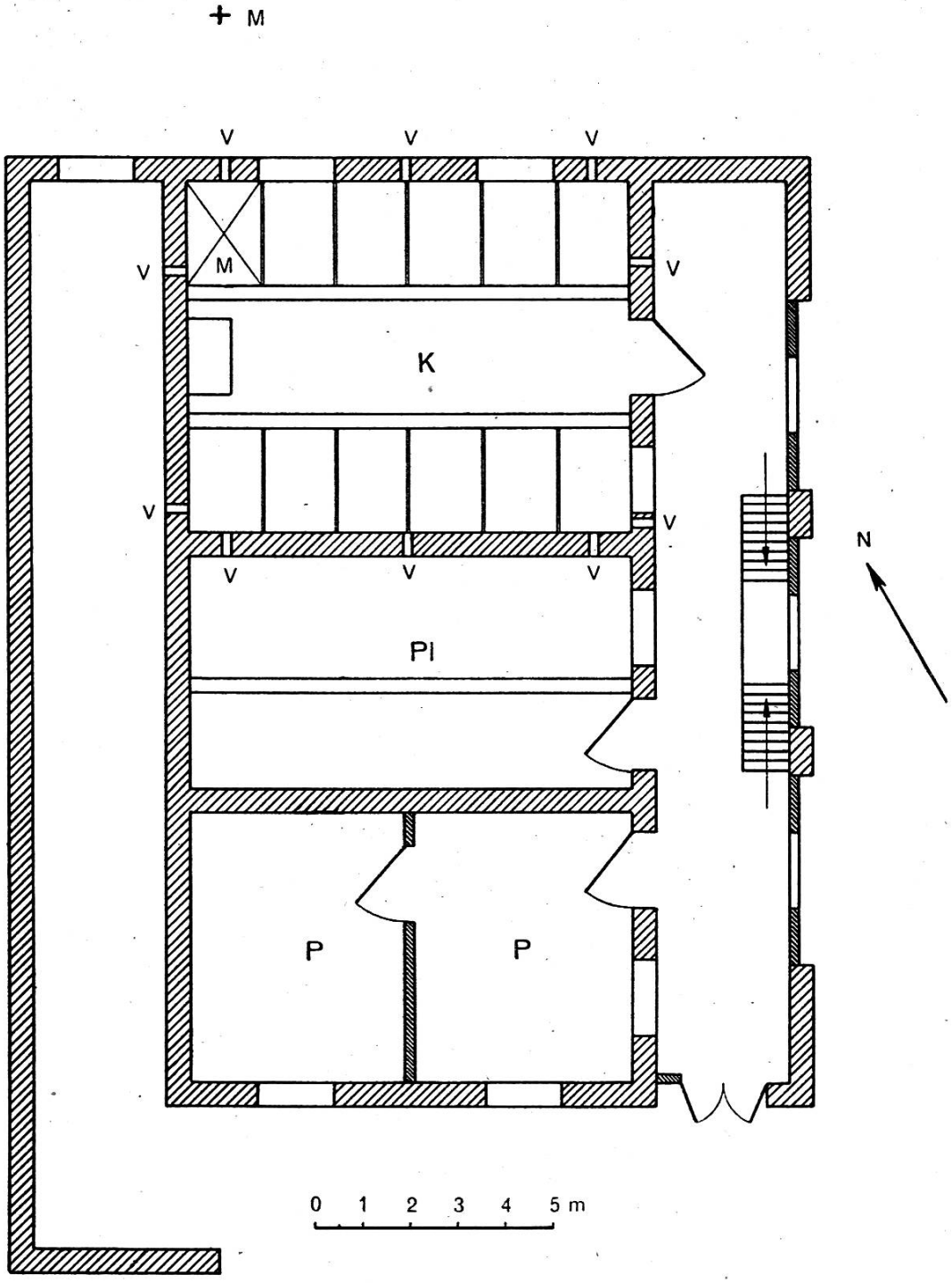

Abb. 3 Grundriß des Stallungsgebäudes.

K = Kuhstall
Pl = leerer Pferdestall
P = Pferdeställe
V = Ventilationsrohre
M = Aufstellungsorte der Meßinstrumente

es besonders in den Vormittagsstunden bei Sonnenschein die größte Beleuchtungsstärke im Stall wegen seiner dann günstigen Exposition zur Sonne. Messungen mit einem Selenphotoelement in der Stallmitte ergaben am frühen Vormittag eines wolkenlosen Tages gegen die Fensterwand des Stalles 78 Lux, gegen die andere Längswand 6 Lux, gegen die öffnungslose Querwand 16 Lux, gegen die Türe 155 Lux, gegen die Decke 20 Lux und gegen den Boden 10 Lux. Das einfache Mittel dieser Werte ergibt 47,5 Lux, während gleichzeitig im Freien an einem Punkt einige Meter von der NE-Wand des Stalles entfernt in horizontaler Richtung im Durchschnitt 35 000 Lux, in Richtung der Sonne über 100 000 Lux gemessen wurde. Einen gewissen Anteil an der Reduktion der Beleuchtungsstärke im Innern des Stalles hat die bis zu 1,65 m Höhe aufgeführte Holzverkleidung, die nur ein geringes Reflexionsvermögen besitzt.

Auf beiden Seiten des Mittelganges durchlaufen zwei 32 cm breite Kanalisationsrinnen den Stall, welche am Ausgang aus dem Stall durch Holzschieber verschlossen werden können. Zur Ventilation sind 10 Ventilationsrohre mit rundem Querschnitt in den Stallwänden unter der Decke eingelassen, jedes mit einem Durchmesser von 16 cm. Von diesen führen 3 durch die NE-Wand ins Freie, je 2 zu den beidseitigen Korridoren und 3 zum benachbarten Pferdestall. Zur Unterstützung dieser knapp bemessenen Ventilationsrohre muß fast stets die obere Hälfte der Stalltüre mit den Maßen 1,06 × 0,94 m geöffnet sein. Über dieser Türe führt ein Dunstschlot mit einem Querschnitt von 0,20 × 0,63 m quer durch den Ostkorridor ins Freie. Die direkte Verbindung des Stalles mit dem Korridor, der ein Luftvolumen von 159 m^3 hat, durch die geöffnete Türe vergrößert das effektive Stallvolumen ganz bedeutend, wenn auch dieser Korridor noch den parallel zum Kuhstall liegenden Pferdeställen zur Verfügung steht. Die Rolle des Dunstschlotes übernimmt im Korridor eine Treppenöffnung vom Ausmaß 2,72 × 1,06 m, die zum über den Ställen liegenden Heuboden führt. Im Kuhstall selbst kann dem gleichen Ziel der Dunstabführung noch ein hölzerner Futterschacht mit dem Querschnitt 1,03 × 1,30 m dienen, der ebenfalls auf den Heuboden führt, in der Regel allerdings verschlossen ist.

Zusammenfassend kann man somit sagen, daß der von uns untersuchte Kuhstall, trotz der Verbesserung der Luftversorgung durch den vorgelagerten Korridor, gegenüber den heute geltenden Normen ein zu geringes Luftvolumen pro Tiereinheit aufweist. Zudem zeigen die Ventilationsmöglichkeiten eine etwas ungewohnte Konstruktion, wodurch eine ständige Überwachung der Lufterneuerung erforderlich wird. Infolgedessen können besonders in der Nacht Temperatur und Feuchtigkeit im Stall zu hoch steigen.

Sodann sollte die Stalldecke etwas höher liegen. Die Beleuchtung im Stall ist sehr ungünstig, das Verhältnis zwischen Fenster-

und Bodenfläche von 1:65 ist viermal ungünstiger als das geforderte optimale Verhältnis von 1:15; zudem ist der Lichteinfallswinkel zu gering, so daß die den Fenstern abgewandt stehenden Kühe nur diffuses Licht bekommen können. Als Folge davon muß zu den Stallarbeiten während des Tages oft künstliches Licht benützt werden. Doch lassen sich bei sorgfältiger Wartung die angegebenen Nachteile weitgehend vermindern. Als günstig ist der Wärmeschutz zu beurteilen, den der Stall den Tieren bietet, wobei daran zu erinnern ist, daß der Stall auf fast 1600 m Meereshöhe steht.

In diesem Stall wurden zwischen dem 6. und 27. Oktober 1948 Messungen der physikalischen Klimafaktoren angestellt. Die Beobachtungsperiode wurde so ausgewählt, daß in ihrer ersten Hälfte (11 Tage) das Vieh tagsüber noch täglich auf die Weide ging, während es vom 12. Beobachtungstag an bis zum Ende der Beobachtungszeit, also weitere 11 Tage, dauernd im Stall verblieb. Diese Wahl wurde getroffen, um die Reaktion der physikalischen Faktoren des Stallklimas auf die wechselnden Verhältnisse während des Weideganges und ihre Einstellung auf stationäre Verhältnisse während des winterlichen Stallaufenthaltes zu erfassen, soweit dies die Konstanz der äußeren Wetterverhältnisse zuließ.

Dabei ist zu betonen, daß die Verhältnisse im Stall, speziell die Lüftung und der durch den wirtschaftlichen Betrieb vorgeschriebene Tagesablauf durch unsere Untersuchungen nicht beeinflußt wurden; unsere Meßzeiten richteten sich nach dem normalen Tagesablauf und nicht umgekehrt.

2. Das Außenklima

Unser Versuchsstall ist in dem Klimakurort Davos in einem Hochtale im östlichen Teil der Schweizeralpen gelegen. Zur Beurteilung der Bauart des Stalles dürfte ein kurzer Überblick über die Klimaverhältnisse der Gegend von Interesse sein.

Entsprechend der Meereshöhe von 1570 m sind die Temperaturen relativ niedrig; bei einer mittleren Jahrestemperatur von 2,8° C hat der Juli als wärmster Monat ein Mittel von 12,1°, der Januar als kältester —6,9°. In der Lage unseres Versuchsstalles nahe beim flachen Talboden dürften die Wintertemperaturen erfahrungsgemäß noch wesentlich niedriger sein als die angeführten Mittelwerte der meteorologischen Station. Trotzdem ist die klimatische Abkühlungsgröße in Davos sehr gemäßigt, im Jahresverlauf stark ausgeglichen und besonders im Winter sehr viel geringer als etwa in der schweizerischen

und der mitteleuropäischen Niederung. Es erklärt sich dies aus dem Umstand, daß Davos durch die umliegenden Gebirgszüge vor dem Eindringen stärkerer Schlechtwetterwinde weitgehend geschützt ist, während andrerseits der tagesperiodische Schönwetterwind des Tales auch nur geringe Stärke erreicht, im Winter sogar fast ganz ausbleibt. Dieser vorzügliche Windschutz ist gekennzeichnet durch die niedrige mittlere Windgeschwindigkeit, die im Durchschnitt von Tag und Nacht, von gutem und schlechtem Wetter im Jahresmittel 1,6 m/s beträgt, im Winter auf 1,1 fällt und im Sommer auf 2,0 ansteigt.

Während Hochtallagen wie die von Davos im Sommer ganz ähnliche Bewölkungsverhältnisse haben wie die schweizerische Niederung, liegen sie im Herbst und Winter häufig über der Nebeldecke des Tieflandes und sind dadurch in der Jahreszeit der verkürzten Sonnenscheindauer stark begünstigt. Bei einem Jahresmittel der Himmelsbedeckung von 54% der Himmelsfläche ist die Jahresschwankung mit einem Maximum von 60 % im Spätfrühling und einem winterlichen Minimum von 49 % nur gering. Infolgedessen ist auch die Besonnung viel ausgeglichener als im Tiefland. Obgleich die gesamte Jahressumme der Sonnenscheindauer mit 1736 Stunden sich wegen der Lage im Hochtal zwischen hohen Gebirgszügen kaum von der des schweizerischen Mittellandes unterscheidet, ist die Besonnung doch dadurch sehr viel günstiger, daß im Winter als der Jahreszeit mit den kurzen Tagen dank der verminderten Bewölkung die durchschnittliche monatliche Sonnenscheindauer kaum unter 100 Stunden sinkt.

Infolge der dünnen und reinen Luft ist die Intensität der Sonnenstrahlung im Hochgebirge bedeutend größer als in der Niederung. Für die Wärmestrahlungsmenge dürfte der Zuwachs der Davoser Lage gegenüber dem schweizerischen Mittelland (500 m ü. M.) im Durchschnitt von Tages- und Jahresverlauf etwa zwischen 20 und 40 Prozent betragen. Sehr viel größer ist die entsprechende Überlegenheit der Hochtallage im Gebiet der Ultraviolettstrahlung, die durch ihre biologische und hygienische Bedeutung ausgezeichnet ist. Man kann annehmen, daß die Intensität des Sonnenultraviolett bei mittleren und hohen Sonnenständen im Sommer in Davos den 1½—2fachen Betrag des Wertes im schweizerischen Mittelland erreicht, bei niedrigen Sonnenständen und im Winter, wo die Ultraviolettstrahlung unten und oben geschwächt ist, sogar den 3—4fachen Betrag.

Die Niederschlagstätigkeit zeigt in den Sommermonaten ihr Maximum, während im Winter, wo der Niederschlag während etwa sechs Monaten vorwiegend in Form von Schnee fällt, die Ergiebigkeit der Niederschläge nur gering ist. Dank der geschützten Lage von Davos gegenüber Schlechtwetter- und Regenwinden ist die Jahressumme der Niederschläge mit 965 mm trotz der Meereshöhe, mit der sonst normalerweise die Niederschlagsmenge stark ansteigt, ungefähr gleich

wie im schweizerischen Mittelland; auch die Zahl der Niederschlagstage ist nur wenig erhöht. Im Hochwinter bedeckt eine Schneedecke den Boden ununterbrochen. Sie beginnt im allgemeinen im November und dauert bis in den April; sie hat im Januar bis März eine durchschnittliche Höhe von 60 bis 80 cm, kann jedoch ausnahmsweise bis 2 m erreichen.

Ein besonderes, biologisch wichtiges Kriterium der niederschlagsarmen Hochtallagen ist die große Lufttrockenheit. So beträgt der Wassergehalt der Luft, ausgedrückt durch den Dampfdruck, in den Wintermonaten in Davos etwa 2,5 mm, in den Sommermonaten 7,5 mm und erreicht damit nur etwa zwei Drittel des Wertes im schweizerischen Mittelland, gut die Hälfte des Gehaltes im Meeresniveau; es ist klar, daß dadurch die Verdunstung von Boden und Pflanzen und die Wasserabgabe von Haut und Lunge bei Mensch und Tier stark gefördert werden. Zur Trockenheit des Klimas trägt in Davos auch der Umstand bei, daß hier infolge örtlicher Einflüsse die jährliche Zahl der Nebeltage mit 7 außerordentlich niedrig ist. Der Luftdruck beträgt durchschnittlich 632 mm Hg und zeigt im allgemeinen nur geringe Schwankungen.

Das Klima von Davos ist somit gekennzeichnet durch große Lufttrockenheit, durch reichliche Besonnung und durch vorzüglichen Windschutz, durch den die Abkühlungsgröße trotz niedriger Lufttemperatur besonders im Winter niedrig gehalten wird.

Während der Periode unserer Untersuchung (6. bis 27. Oktober 1948) herrschte vom 1. bis 13. Versuchstag im allgemeinen beständiges herbstliches Schönwetter, das nur am 14. und 15. Versuchstag durch einen intensiven Kaltlufteinbruch mit Schneefall unterbrochen wurde. Vom 16. Tage bis zum Ende der Versuchsperiode herrschte eine Föhnlage mit geringer Luftfeuchtigkeit und nur kurzdauernden Unterbrechungen. Der Kaltlufteinbruch fiel etwas nach Mitte der ganzen Untersuchungsdauer, wodurch die beiden Perioden mit Weidegang und mit kontinuierlichem Stallaufenthalt der Kühe deutlich getrennt wurden.

III. Die Untersuchungsmethoden

Für klimatologische Untersuchungen sind je nach der Fragestellung ganz verschiedene Beobachtungsmethoden erforderlich; es dürfte deshalb eine der wichtigsten Aufgaben der vorliegenden Untersuchung sein, die Methoden und Anschauungen der modernen Bioklimatologie auch auf die Probleme des Stallklimas anzuwenden. Dabei bedingt die Frage nach der Abhängigkeit des Stallklimas

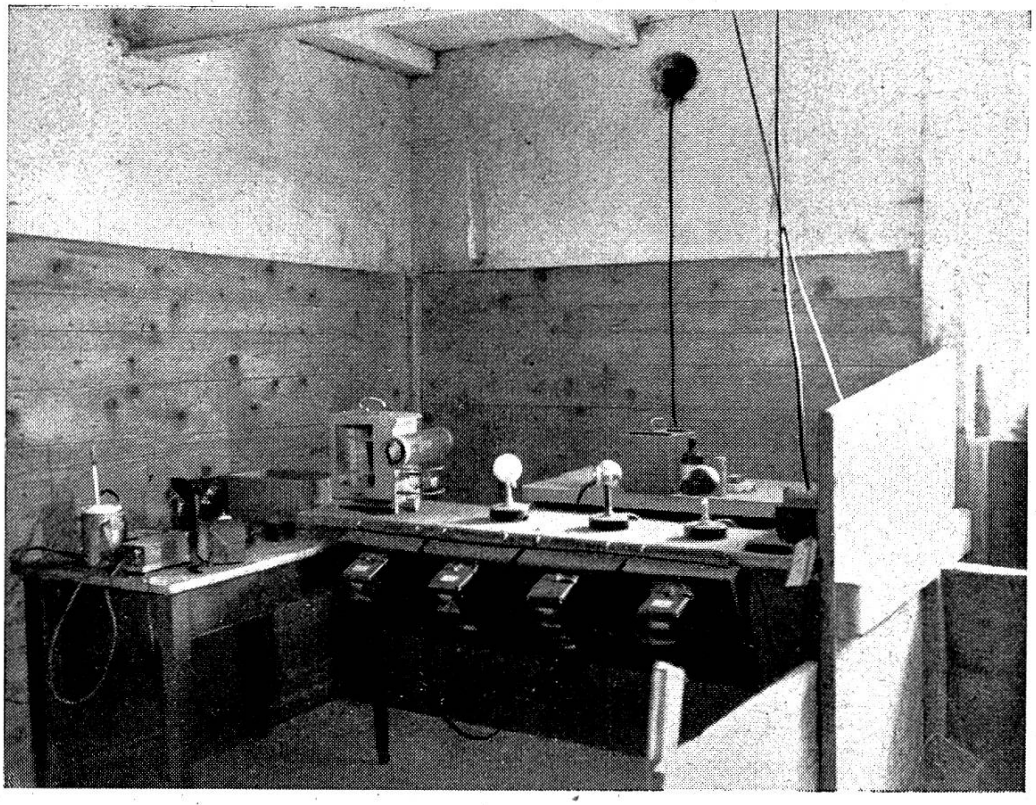

Abb. 4 Aufstellung der Instrumente im Kuhstall.
Rechts: 3 Frigorimeterkugeln, darunter die 4 Wattstundenzähler für die Frigorimeter (inkl. Außenfrigorimeter)
Mitte: Thermohygrograph
Links: Thermoelement zur Messung von Haut- und Wandtemperaturen

von den Verhältnissen im Freien auch die Prüfung der Witterungselemente außerhalb des Stalls.

Aus diesen Überlegungen wurden für unsere Untersuchung folgende Instrumente benützt:

A. Im Stall

1. Thermohygrograph zur fortlaufenden Registrierung von Temperatur und relativer Feuchtigkeit der Luft, vereinzelt auch zur Berechnung des Dampfdrucks.
2. Aspirationspsychrometer zur Bestimmung von Momentanwerten der Temperatur, des Dampfdrucks und der relativen Feuchtigkeit der Luft, vorwiegend zur Kontrolle und Korrektur der Registrierergebnisse.
3. Trockenes und feuchtes Katathermometer zur Bestimmung von Momentanwerten der trockenen bzw. der feuchten Abkühlungsgröße in mgcal/cm^{2}sec unter Ausschluß des Strahlungsaustausches.

4. Frigorimeter mit geschwärzter Kugel zur Bestimmung der halbtägigen Mittelwerte der trockenen Abkühlungsgröße in mgcal/cm²-sec unter Einbezug des Strahlungsaustausches.
5. Außerdem je ein Frigorimeter mit weißer (Überzug mit Magnesiumoxyd) bzw. vernickelter Kugel, um aus der Differenz gegenüber den Angaben des Frigorimeters mit schwarzer Kugel den Anteil der Strahlungsvorgänge im sichtbaren Gebiet bzw. im langwelligen Ultrarot zu bestimmen.
6. Thermoelement für Bestimmungen der Oberflächentemperatur der Wände sowie der Hauttemperatur der Kühe.
7. Selenphotoelement für gelegentliche Bestimmungen der Raumhelligkeit im sichtbaren Gebiet.

B. Im Freien

1. Aspirationspsychrometer zur Bestimmung von Momentanwerten von Temperatur, Dampfdruck und relativer Feuchtigkeit der Luft.
2. Trockenes und feuchtes Katathermometer zur Bestimmung von Momentanwerten der trockenen bzw. der feuchten Abkühlungsgröße in mgcal/cm²sec unter Ausschluß des Strahlungsaustausches.
3. Frigorimeter mit geschwärzter Kugel zur Bestimmung der halbtägigen Mittelwerte der Abkühlungsgröße unter Einbezug des Strahlungsaustausches.
4. Schalenkreuzanemometer mit mechanischem Zähler zur Bestimmung der halbtägigen Mittelwerte der Windgeschwindigkeit in m/s.
5. Für weitere Angaben über das Verhalten der meteorologischen Elemente im Freien konnten die Registrierungen des in Davos-Platz gelegenen Physikalisch-Meteorologischen Observatoriums Davos benützt werden.

Die Standorte für die Messungen wurden teils durch grundsätzliche, teils durch praktische Überlegungen bestimmt. Die Apparate mit fester Aufstellung wie der Thermohygrograph und die drei Frigorimeter waren im Kuhstall im leer stehenden, hintersten Stand an der Außenwand auf einem Tischchen aufgestellt (Abb. 4). Die Einzelmessungen mit Aspirationspsychrometer und Katathermometer wurden, soweit sie zur Kontrolle der Registrierapparate dienen sollten, in derselben Ecke des Stalles angestellt, außerdem aber zur Charakterisierung des Stalles selbst häufig auch in der Mitte desselben. Oberflächentemperaturen wurden in der Mitte aller vier Wände, sowie an Fußboden und Decke bestimmt. Registrierungen und Einzelmessungen im Freien wurden durchwegs an der Nordostseite des Gebäudes in einem Abstand von 3 m gewonnen (Abb. 5).

Abb. 5 Aufstellung der Instrumente im Freien vor der Nordostwand des Stalles

Rechts Frigorimeterkugel, links Schalenkreuzanemometer

Die Ablesezeiten waren im allgemeinen morgens zwischen 8½ und 9½, abends zirka um 17 Uhr; dabei wurde nicht streng auf Gleichzeitigkeit geachtet, sondern die Beobachtungszeiten wurden nach dem Tageslauf der Tiere gerichtet. So fand während der Weidegangszeit der Kühe die Morgenablesung stets vor dem Verlassen des Stalles statt. Da schon vorher die Stalltüre durch den Knecht zeitweise offengehalten wurde, geben die Momentanwerte unserer Morgenbeobachtungen jedenfalls nicht die ungestörten Verhältnisse der Nacht wieder; andrerseits werden die Mittelwerte der ganzen Nacht, wie sie durch das Frigorimeter geliefert werden, durch diesen Umstand nur unwesentlich gestört. Die Abendbeobachtung wurde angestellt, bevor die Tiere während der Weidegangsperiode wieder in den Stall geführt wurden, so daß die abendlichen Momentanbeobachtungen im Stall den extremsten Zustand nach vielstündiger Lüftung darstellen und die Mittelwerte über die Tagesstunden ungestört sind.

An Hand dieses Beobachtungsmaterials konnten die grundlegenden Probleme der Bioklimatologie des Stalles untersucht werden; in diesem Sinne soll unser Beobachtungsmaterial im nächsten Kapitel trotz der Kürze der Untersuchungsperiode als Beispiel für die bioklimatische Behandlung solcher Fragen diskutiert werden.

Unsere Untersuchungen gestatten einen Einblick in die bioklimatischen Wärmeverhältnisse des Stalls an Hand folgender Elemente:

Abkühlungsgröße, Lufttemperatur, Luftbewegung (zu berechnen aus Ablesungen am Katathermometer), Strahlungsaustausch mit der Umgebung (durch Vergleichung der Angaben der drei Frigorimeter mit optisch ungleicher Oberflächenbeschaffenheit), Oberflächentemperatur und Strahlung der Wände. Zur Charakterisierung der bioklimatischen Wärmeverhältnisse erweist sich die Abkühlungsgröße wie für die Bioklimatologie des Außenklimas so auch im Stall als besonders wertvolles und aufschlußreiches Element. An dieser Stelle sei nur auf zwei zusammenfassende Arbeiten von W. Mörikofer über die Klimatologie der Abkühlungsgröße (33), und Ch. Henneberger über die Komponenten der Abkühlungsgröße (34) hingewiesen. Die systematischen Unterschiede zwischen den Bestimmungen der Abkühlungsgröße nach Katathermometer und nach Frigorimeter, die sich teilweise durch die ungleichen Dimensionen der beiden Meßkörper, vor allem aber durch ihr verschiedenes Verhalten gegenüber der Strahlung erklären, werden weiter unten noch erörtert werden.

Zur Charakterisierung der Feuchtigkeitsverhältnisse wurden benützt: Dampfdruck und relative Feuchtigkeit der Luft; die physiologische Feuchtigkeit und das physiologische Sättigungsdefizit, bezogen auf die Körpertemperatur der Kühe von zirka 39° C, lassen sich leicht daraus berechnen; feuchter Katawert wie auch sein Quotient zum trockenen Katawert bieten ein Maß für die Größe der Verdunstung im Stall.

Über das Lichtklima des Stalles haben wir nur stichprobenweise einige Luxmessungen angestellt. Die Resultate der Dauerregistrierungen der globalen Einstrahlung von Sonne und Himmel auf eine Horizontalfläche, die am Davoser Observatorium laufend vorgenommen und in cal/cm²min ausgedrückt werden, wurden zum Vergleich mit dem Verlauf der übrigen Witterungselemente im Freien herangezogen.

IV. Untersuchungsergebnisse

1. Periode des intermittierenden Stallaufenthaltes (Weidegangszeit)

Die Ergebnisse unserer Beobachtungen und Registrierungen im Stall und im Freien sind in den Diagrammen der Abb. 6 dargestellt, die Datierung ist nach Versuchstagen angegeben. Während der ganzen elftägigen Weidegangsperiode zeigte der Verlauf der Lufttemperatur außerhalb des Stalles einen regelmäßigen Tages-

gang mit einem durchschnittlichen Nachmittagsmaximum von rund 13° C, einem mittleren Morgenminimum von 2° und einer durch Planimetrieren der Registrierkurven bestimmten Mitteltemperatur von 6,0° C (vgl. Tabelle 1).

Im Innern des Stalles herrschte während der Weidegangszeit ein zum äußeren Temperaturverlauf entgegengesetzter Tagesgang (Abb. 6) mit einem durchschnittlichen Maximum von rund 18° C in der Nacht und einem Minimum von 13° C nachmittags vor der Rückkehr der Kühe, während die mittlere Temperatur im Stall

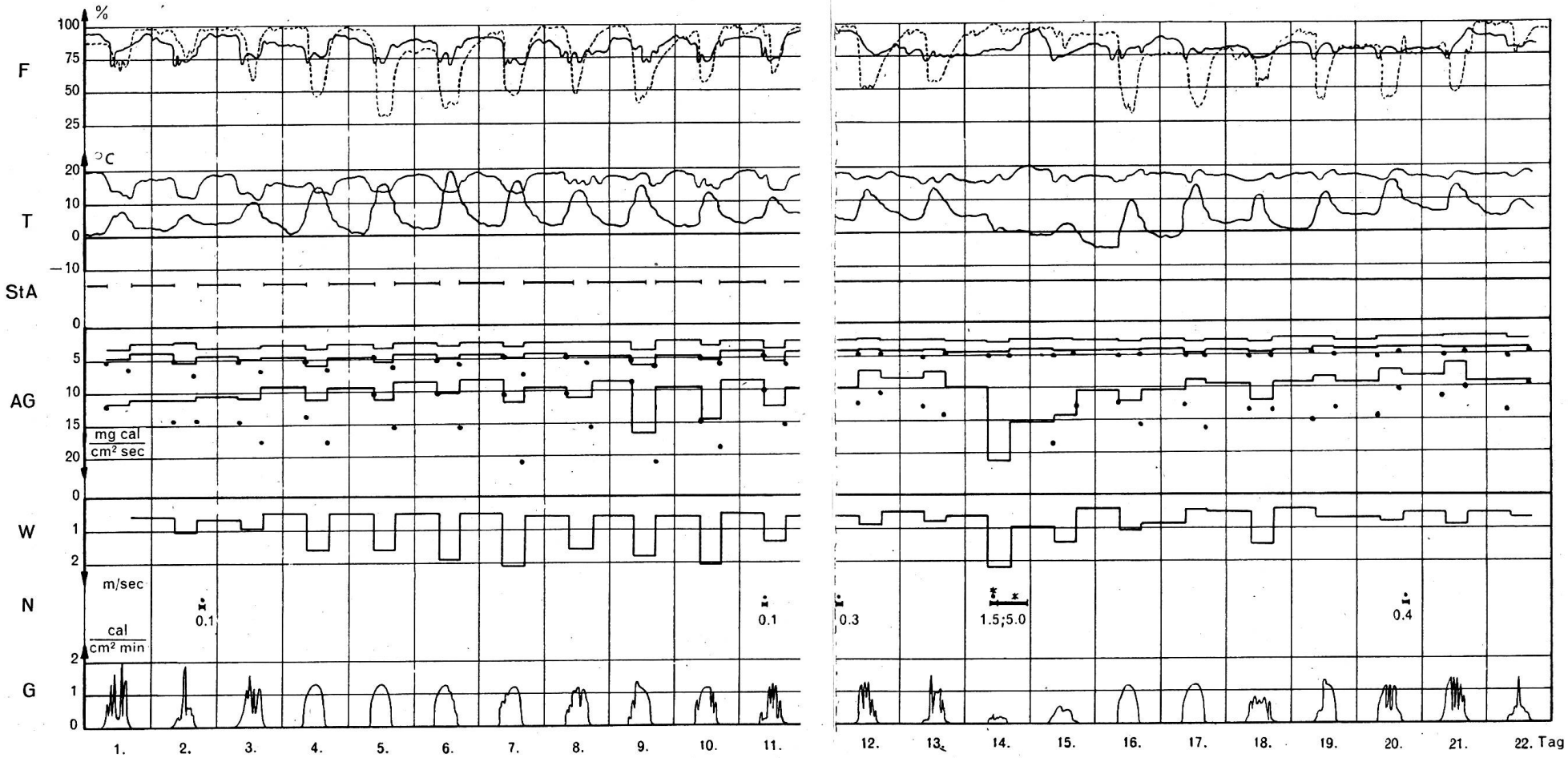

Abb. 6 Verlauf der Klimaelemente im Kuhstall und im Freien, vom 6. bis 27. Oktober 1948 (1. bis 22. Versuchstag).

F = Relative Feuchte im Freien (gestrichelt) und im Stall (ausgezogen) T = Lufttemperatur im Freien (untere Kurve) und im Stall (obere Kurve) StA = Stallaufenthaltszeiten der Tiere AG = Abkühlungsgröße im Freien (untere Kurve) und im Stall mit schwarzem (mittlere Kurve) sowie im Stall mit vernickeltem (obere Kurve) Frigorimeter; Punkte: Katawerte W = Windgeschwindigkeit im Freien in m/s N = Niederschlag (Dauer, Menge und Art) G = Globalstrahlung (Einstrahlung von Sonne und Himmel auf eine horizontale Fläche)

Tabelle 1. **Periodenmittelwerte der klimatischen Elemente**

A. Mittelwerte aus Registrierungen

Standort	Zeit	Abkühlungsgröße in mgcal/cm² sec mit Frigorimeter		Wärme-Schutzquotient n. Frigorimeter	Windgeschwindigkeit in m/s n. Anemometer	Lufttemperatur in °C	relat. Feuchte in %
		schwarz	vernickelt			nach Thermohygrograph	
I. Weidegangszeit:							
im Freien	Tag (9—17 Uhr)	11.7	—	—	1.4	—	—
	Nacht (17—9 Uhr)	9.2	—	—	0.6	—	—
	ganzer Tag	10.0	—	—	0.8	6.0	82
im Stall	Tag (9—17 Uhr)	5.4	3.4	2.14	—	—	—
	Nacht (17—9 Uhr)	4.4	3.0	2.08	—	—	—
	ganzer Tag	4.7	3.1	2.10	—	16.6	84
II. Überwinterungszeit:							
im Freien	Tag (9—17 Uhr)	10.4	—	—	1.1	—	—
	Nacht (17—9 Uhr)	10.1	—	—	0,6	—	—
	ganzer Tag	10.2	—	—	0.8	5.0	78
im Stall	Tag (9—17 Uhr)	4.5	2.9	2.32	—	—	—
	Nacht (17—9 Uhr)	4.5	2.9	2.26	—	—	—
	ganzer Tag	4.5	2.9	2.28	—	16.9	80

B. Mittelwerte aus Momentanablesungen

Standort	Zeit	Abkühlungsgröße in mgcal/cm² sec mit Katathermometer			Wärme-Schutzquotient n. Katatherm.	Lufttemperatur in °C	Dampfdruck in mmHg	relative Feuchte in %
		trocken	feucht	feucht/trocken		nach Aspirationspsychrometer		
I. Weidegangszeit:								
im Freien	9 Uhr	12.0	20.4	1.81	—	6.3	5.5	78
	17 Uhr	17.7	29.5	1.71	—	8.1	5.6	72
im Stall	9 Uhr	5.0	13.3	2.70	2.40	17.9	11.0	71
	17 Uhr	6.4	14.7	2.24	2.78	13.4	7.9	72
II. Überwinterungszeit:								
im Freien	9 Uhr	15.0	31.0	1.85	—	2.9	4.8	89
	17 Uhr	14.0	32.8	1.78	—	5.5	4.8	73
im Stall	9 Uhr	5.2	13.1	2.44	2.86	16.3	10.2	73
	17 Uhr	4.9	12.5	2.56	2.76	17.4	10.9	73

während dieser Periode 16,6° C betrug. Der Anstieg im Tagesgang der Temperatur im Freien ist, wie bekannt, bestimmt durch Intensität und Dauer der Einstrahlung von Sonne und Himmel während des Tages, wie sie in Abb. 6 wiedergegeben ist durch Registrierungen der Globalstrahlung am Observatorium Davos. Im Stall besteht demgegenüber die sogenannte Glashauswirkung, doch wirkt sich hier die Einstrahlung nur nach Maßgabe der Exposition und der Größe der Fenster aus. Bei dem von uns untersuchten Stall sind die Fenster gegen NE gerichtet, sind also für die Besonnung ungünstig exponiert. Die größte Strahlungsmenge kann bei geöffneter Stalltüre durch das im Korridor vor dem Stall liegende Fenster in den Stall eindringen, das gegen SE sieht, doch ist auch diese Möglichkeit nur während ein bis zwei Vormittagsstunden gegeben. Die Einstrahlung wird daher für den Wärmehaushalt dieses Stalles wegen seiner ungünstigen Exposition nur eine untergeordnete Rolle spielen. Der Tagesgang der Temperatur ist infolgedessen in erster Linie durch die Wärmeproduktion der Kühe bedingt und erst in zweiter Linie durch die Temperaturverhältnisse im Freien; er erreicht deshalb sein Minimum zur Zeit des Weideganges und der mehrstündigen Lüftung, wenn außen die Tagesmaxima der Temperatur herrschen. Gelegentlich (4. bis 7. Versuchstag) konnte es sogar vorkommen, daß die hohe Außentemperatur in den Mittagsstunden die Stalltemperatur um einige Grade überstieg.

Eine Ausnahme von dieser Umkehr des Tagesganges bildet der 9. Beobachtungstag, an dem die Tiere nur 3 Stunden am Nachmittag den Stall verlassen haben; an diesem Tag entspricht dem Maximum der Außentemperatur eine gleichlaufende Erhöhung der Innentemperatur, welche Erscheinung in der zweiten Beobachtungsperiode charakteristisch für den dort sonst sehr ausgeglichenen Tagesgang der Temperatur ist.

Der Verlauf der Temperatur im Stall während des Tages findet für die Weidegangsperiode seine Erklärung zwanglos durch den Ausgleich der Lufttemperatur mit der Temperatur der Stallwände und besonders mit der Temperatur, die in den anschließenden leeren Ställen herrschte, die mit dem Kuhstall durch den vorgelagerten Korridor sowie durch Ventilationslöcher hindurch in Austausch treten konnten. Dieser Korridor behindert zugleich den Austausch von Luft zwischen dem Stall und seiner freien Umgebung, so daß die Temperatur im Stall in den Mittagsstunden gelegentlich tiefer als die Außentemperatur sein konnte; diese Behinderung des Luftaustausches wird sich aber in der Winterszeit als schätzbarer Wärmeschutz erweisen.

Der Temperaturverlauf im Stall während der Beobachtungszeit ist also allein durch die Wärmeproduktion der Tiere und den Wärmeaustausch mit der nächsten Umgebung des Stalles, besonders der Nachbarställe bestimmt, das Lokalklima des Stalles ist in diesem Zustand des Stalles weitgehend autonom.

Diese Autonomie tritt noch stärker in Erscheinung an Hand der relativen Feuchtigkeit. Außerhalb des Stalles zeigte der Dampfdruck während der Weidegangperiode nicht sehr große Variationen, und darum war die relative Feuchte in erster Linie durch die Temperatur bestimmt; sie hatte somit beim nächtlichen Temperaturminimum ihr Maximum, ihr Minimum am Tage und zeigte entsprechend den großen Temperaturschwankungen ausgiebige gegenläufige Schwankungen bis hinunter zu 30%. Im Innern des Stalles entspricht der Tagesgang der relativen Feuchte scheinbar ihrem Verlauf außerhalb des Stalles mit abgeschwächter Amplitude. Betrachtet man diesen Verlauf als Abhängigkeit der Feuchte im Stall von der Feuchte im Freien, so besteht jedoch ein völliger Widerspruch zum Temperaturverlauf im Innern des Stalles: das Maximum der relativen Feuchte fällt zeitlich mit dem Maximum der Temperatur zusammen, und ihr ganzer Verlauf geht parallel mit dem Temperaturverlauf. Diese Abweichung von der Regel erklärt sich allein aus der nächtlichen Anwesenheit der Kühe im Stall, wodurch sowohl Feuchtigkeitsgehalt wie Temperatur im Stall beträchtlich in die Höhe gehen. Man erkennt dies am Verhalten des Dampfdrucks, der bei Tage bei Abwesenheit der Tiere im Durchschnitt auf 7,9 mm Hg fällt, während er am frühen Morgen, bevor die Tiere den Stall verlassen, durchschnittlich 11,0 mm Hg beträgt. Zu den entsprechenden Zeitpunkten wurden im Freien im Durchschnitt die Dampfdrucke 5,5 bzw. 5,6 mm gemessen. Die durch Planimetrierung der Registrierkurven gewonnenen durchschnittlichen Tagesmittel der relativen Feuchte betragen innerhalb des Stalles 84% und außerhalb 82%, letzteres in guter Übereinstimmung mit der durchschnittlichen Außentemperatur von 6° C und dem oben angegebenen Dampfdruck außerhalb des Stalles. Da die zweimal tägliche Bestimmung des Dampfdruckes im Stall bei der starken, durch die Tiere hervorgerufenen Variation dieses Dampfdruckes keinen guten Mittelwert geben kann, so ist auch mit keiner ähnlich guten Übereinstimmung zwischen durchschnittlichen Temperatur- und Feuchtewerten und den gemessenen Dampfdrucken zu rechnen; der Durchschnittstemperatur von 16.6° C und der durchschnittlichen relativen Feuchte von 84% würde ein mittlerer Dampfdruck von 11,7 mm Hg entsprechen. Dieser mittlere Wert

übersteigt bereits den am Morgen im Stall gemessenen mittleren Dampfdruck von 11,0 mm, der jedoch stets erst einige Zeit nach dem frühmorgens erfolgten Öffnen der Stalltüre und damit nach Beginn des Luftaustausches mit den Nachbarställen und in geringem Maß auch mit der Außenluft gemessen werden konnte. Daraus ist zu schließen, daß während der Nachtstunden im Stall ein höherer als der genannte Dampfdruck geherrscht haben muß. Die Auswertung der Temperatur- und Feuchteregistrierungen während der Nächte ergab in der Tat für die Weidegangsperiode einen durchschnittlichen nächtlichen Dampfdruck von 13,8 mm Hg bei einer mittleren nächtlichen Maximaltemperatur von 18° C und einer relativen Feuchte von 89%. Die scheinbar gute Übereinstimmung der relativen Feuchte im Stall mit der im Freien ist also nur eine zufällige Folge der Lebensweise der Tiere in der Weidegangszeit, die einen festen Zusammenhang mit den Tageszeiten hat.

Bei der mit Frigorimetern registrierten Abkühlungsgröße, für die durch zweimal tägliche Ablesungen (9 und 17 Uhr) gewonnene Mittelwerte für den Tag bzw. die Nacht mit nach unten wachsenden Werten in die Abb. 6 eingetragen sind, ist ein Tagesgang gut erkennbar; im Freien wie im Stall ist die Abkühlungsgröße am Tage merkbar größer als in der Nacht. Im Freien beträgt sie am Tage im Durchschnitt 11,7 und während der Nacht 9,2 mgcal/cm²sec. Obgleich bei Tage die Temperatur im Freien steigt und das vor der Nordostwand des Stalles aufgestellte Frigorimeter Strahlung aufnimmt, ist die Abkühlungsgröße hier wegen des Windeinflusses doch größer als in der Nacht; während der Weidegangsperiode betrug nämlich die mittlere Windgeschwindigkeit an dieser Stelle in den Tagesstunden durchschnittlich 1,4 m/s, in den Nachtstunden 0,6 m/s. Aus diesem Unterschied der Luftbewegung erklärt sich die Tatsache, daß wegen des großen Einflusses des Windes der Tagesgang der Abkühlungsgröße viel weniger durch die Wirkung von Lufttemperatur und Strahlung als durch die des Windes bedingt ist.

Die Abkühlungsgröße im Innern des Stalles ist in ihrem Tagesgang während der Weidegangszeit durch den Tagesgang der Temperatur und der Luftbewegung im Stall bedingt, aber auch durch die in dieser Zeit wechselnden Bedingungen der langwelligen Wärmeabstrahlung sämtlicher das Frigorimeter umgebenden Flächen, nämlich der Wände, der Decke und des Bodens, aber auch der Felle der Tiere. Um diese beiden Einflüsse auf die Abkühlungsgröße zu trennen, sind nach der Methode von H. Roose (35) zwei verschiedene Frigorimeter benützt worden, ein normales mit schwarzer Oberfläche und ein vernickeltes, deren Meßwerte ebenso wie die

des Außenfrigorimeters in Abb. 6 eingetragen sind. Die beiden Frigorimeter im Stall geben parallel laufende Werte der Abkühlungsgröße, deren Mittelwerte beim schwarzen Frigorimeter bei Tage und in der Nacht 5,4 bzw. 4,4 und beim vernickelten Frigorimeter 3,4 bzw. 3,0 mgcal/cm²sec betragen.

Die Unterschiede in den Angaben der beiden Frigorimeter im Stall sind allein auf Unterschiede der langwelligen Wärmestrahlung zurückzuführen, da das vernickelte Frigorimeter im ultraroten Strahlungsbereich eine sehr geringe Absorption und Emission von etwa 10% besitzt, so daß sein Ultrarotstrahlungsaustausch mit der Umgebung ganz gering ist, während das schwarze Frigorimeter im gleichen Bereich etwa 85% von der Absorption und Emission des absolut schwarzen Körpers besitzt. Die Differenz der Anzeige beider Instrumente liefert daher rund 75% des Betrages der Energie, die ein Körper von 36,5° C pro cm² Oberfläche und pro sec in Form von langwelliger Strahlung an seine Umgebung abgibt, sofern sein Absorptions- bzw. Emissionsvermögen 100% beträgt. Für organische Stoffe ist das im langwelligen Ultrarot nahezu der Fall. Demgegenüber reagieren beide Frigorimeter infolge ihres, von den optischen Oberflächeneigenschaften abgesehen, gleichartigen Baues auf Lufttemperatur und Luftbewegung in gleicher Weise; diese Einflüsse werden daher die Angaben des Frigorimeters mit vernickelter Kugel fast allein bestimmen.

Die Differenz der von diesen beiden Frigorimetern angezeigten Abkühlungsgrößen, also der Strahlungsanteil für das ultrarote Spektralgebiet, beträgt nun im Stall am Tag 2,0 und in der Nacht 1,4 mgcal/cm²sec. Dieser Unterschied zwischen Tag und Nacht ist darauf zurückzuführen, daß in der Nacht, vom Frigorimeter aus gesehen, ein Teil der Stallwände durch die im Stall befindlichen Tiere abgedeckt ist, wodurch der Ultrarotstrahlungsverlust des Frigorimeters in diesen Richtungen verkleinert wird, da die Hauttemperatur der Tiere höher ist als die Temperatur der Wandoberflächen. Durch Messungen mit einem Thermoelement haben wir in der Tat festgestellt, daß die Hauttemperaturen über 10° C höher lagen als die durchschnittlichen Wandtemperaturen, wobei praktisch noch eine Vergrößerung dieser Differenz während der Nacht dadurch eintritt, daß die Kühe im Liegen die stets kälteste Fläche des Raumes, den Boden, bedecken. Zudem zeigte sich, daß die Wandtemperatur im Laufe des Tages bei Abwesenheit der Tiere im allgemeinen um 3 bis 4° C abnahm.

Die Auswirkung der Unterschiede von Lufttemperatur und Luftbewegung zwischen Tag und Nacht im Stall zeigt sich, wie

schon gesagt, in der Differenz der Messungen mit dem vernickelten Frigorimeter allein, die 0,4 mgcal/cm²sec beträgt, um welchen Betrag die Abkühlungsgröße am Tag größer ist als in der Nacht. Die Variation der Abkühlungsgröße infolge des Tagesganges von Temperatur und Luftbewegung im Stall beträgt demnach nur 0,4 gegenüber einem Mittelwert von 3,1 mgcal/cm²sec; diese Variation ist unbedeutend und noch kleiner als die Variation der Abkühlungsgröße infolge von Änderungen von Temperatur und Strahlung der Wände.

Wie beim Verlauf der Feuchtigkeit ist während der Weidegangszeit auch bei der Abkühlungsgröße im Stall nur ein scheinbarer Parallelismus mit der Abkühlungsgröße im Freien festzustellen, der wiederum nur durch den Rhythmus der Lebensweise der Tiere hervorgerufen ist. Die Abnahme der Abkühlungsgröße während der Nacht bildet ein Maß für den gegenseitigen Schutz, den sich die Tiere gegenüber den abkühlenden Faktoren bieten. Im Hinblick darauf war es von besonderem Interesse, daß auch während der Weidegangszeit eine Kuh tagsüber im Stall blieb, da sie wegen Erblindung nicht zur Weide gehen konnte; unsere Messungen haben nun ergeben, daß die Anwesenheit eines einzelnen Tieres im Stall die Zunahme der Abkühlungsgröße tagsüber nicht zu verhindern vermag. Die oben durchgeführte Diskussion über die Größe der Änderungen der Abkühlungsgröße hat uns gezeigt, daß bei dieser Schutzwirkung die Strahlungsvorgänge einen überwiegenden Anteil haben. Hiermit steht im Einklang unsere Feststellung, daß bei den in einer Reihe stehenden Tieren die mittleren Tiere die höchsten Hauttemperaturen haben, während speziell an den Außenseiten derjenigen Tiere, die an den Enden der Reihe standen, die Hauttemperaturen 2 bis 3° C niedriger waren, was auch mit den Beobachtungen von K. Rudzinski (31) in Übereinstimmung ist.

Zur Erfassung der Bedeutung der kurzwelligen Einstrahlung für die Abkühlungsgröße im Stall ist neben den oben erwähnten beiden Frigorimetern ein mit Magnesiumoxyd überzogenes Frigorimeter benützt worden. MgO hat im Wellenlängengebiet der Einstrahlung von Sonne und Himmel, also im Sichtbaren und im nahen Ultrarot, eine sehr geringe Absorption, während es im Ultrarotgebiet der langwelligen Ausstrahlung eine starke Emissionsfähigkeit besitzt. Der Anzeigeunterschied zwischen einem schwarzen und einem mit MgO geweißten Frigorimeter sollte somit ein Maß für die auf die Frigorimeter wirkende Einstrahlung von Sonne und Himmel bieten. Bei unseren Untersuchungen wurde das erwartete

Resultat, daß die Abkühlungsgröße nach Messung mit dem weißen Frigorimeter größer ausfällt als mit dem schwarzen, festgestellt; doch war der Unterschied, entsprechend der geringen Strahlungsintensität im untersuchten Stall, so klein, daß auf seine Diskussion verzichtet werden soll. Im Freien ist jedoch der Einfluß der Einstrahlung von Sonne und Himmel auf den Wärmehaushalt der Tiere groß, sofern sie ein nicht allzu kleines Absorptionsvermögen für diese Strahlung haben. Dieses Absorptionsvermögen wird Gegenstand einer weiteren Veröffentlichung sein.

Bildet man das Verhältnis der mit dem schwarzen Frigorimeter gemessenen Abkühlungsgröße im Freien zu der im Inneren des Stalles, so erhält man trotz der Verschiedenheit der Werte bei Tag und bei Nacht beidemal fast den gleichen Quotienten, nämlich im Durchschnitt 2,14 für den Tag und 2,08 für die Nacht. Diesen Quotienten kann man als den für den untersuchten Stall gültigen Wärmeschutzquotienten bezeichnen; denn er gibt an, um wieviel größer die Abkühlungsgröße des Außenklimas ist, der die Tiere ohne die Schutzwirkung des Stalles dauernd ausgesetzt wären. Seiner Definition nach liegt dieser Schutzquotient zwischen dem Wert 1, wenn der Stall den Tieren gegen die Abkühlungswirkung des Außenklimas keinerlei Schutz gewährt, und dem Wert ∞, wenn die Abkühlungsgröße im Stall Null wird. Man wird dabei allerdings beachten müssen, daß für den Nenner dieses Quotienten ein Optimalwert bestehen wird, indem die Abkühlungsgröße im Stall stets einen genügenden Wert haben soll, der ausreicht, um den Tieren die Abgabe der Wärme zu ermöglichen, die sie schon unter normalen Bedingungen produzieren; da somit der Nenner nie verschwindend klein sein darf, so darf der Schutzquotient für einen guten Stall auch nicht ∞ werden. Dieser Wert der Abkühlungsgröße wird den Tieren zugleich die größtmögliche Behaglichkeit verschaffen, wobei kein Zweifel besteht, daß dieser Wert für verschiedene Haustiergattungen verschieden sein wird. Es wird das Ziel weiterer und breiterer Forschung sein müssen, die Abkühlungsgrößen für optimale Behaglichkeit zu bestimmen, woraufhin dann die Größe des für einen Stallbau nötigen Schutzquotienten berechnet werden kann, sofern Werte für die Abkühlungsgröße im Freien in der Umgebung des Stalles bekannt sind. Nach der Größe des so berechneten Schutzquotienten lassen sich dann die wärmetechnischen Maßnahmen bestimmen, die ein projektierter Stallbau erfordert.

Zur Erweiterung der Messungen der Abkühlungsgröße mit den Frigorimetern sind im Stall und im Freien im Schatten Momentan-

werte mit einem Katathermometer gemessen worden, sowohl mit trockener als mit angefeuchteter Oberfläche. Die Momentanmessungen der trockenen Katawerte waren sowohl im Stall als im Freien fast immer größer als die mit den Frigorimetern gewonnenen Mittelwerte. Die Messungen wurden morgens, einige Minuten bevor die Tiere den Stall verließen, ausgeführt und abends kurz vor der Rückkehr der Tiere. Die erste Messung sollte die nächtlichen Bedingungen im Stall erfassen, doch waren diese Bedingungen durch das Öffnen der Stalltüre am frühen Morgen bereits teilweise verändert. Die Messungen am Abend erfaßten demgegenüber die letzte und extremste Phase der Abkühlung des Stalles durch Lüftung während der Abwesenheit der Tiere. In beiden Fällen ist es verständlich, daß die Katawerte größer als die mittleren Frigorimeterwerte sind.

Zudem ist noch ein meßmethodischer Unterschied zwischen den beiden Meßverfahren bekannt, indem die nach der Formel von Hill für Katathermometer berechneten Abkühlungsgrößen für den gleichen Luftzustand größere Werte haben als die nach Dorno für Frigorimeter bestimmten, wobei die Ursache neben dem ungleichen Verhalten gegenüber Strahlung in einer verschiedenen Größe der Instrumentkörper liegt, die sich durch ungleiche Wärmeverluste schon bei kleiner Windgeschwindigkeit stark bemerkbar macht. Aus diesem Grunde stimmen die Katawerte im Stallinnern viel besser mit den Frigorimeterwerten überein als die im Freien, wo die Luftbewegung viel größer ist. Berechnet man analog zu den oben besprochenen Wärmeschutzquotienten nach Frigorimeterwerten solche Quotienten nach den entsprechenden Katawerten, so werden diese Quotienten daher größer ausfallen. Die durchschnittlichen Katawertquotienten betrugen am Morgen 2,40 und am Abend 2,78, ihr Mittel ist mit 2,6 gegenüber dem Mittel der Schutzquotienten nach den Frigorimeterwerten von 2,1 um zirka 25% vergrößert. Diese Vergrößerung der Schutzquotienten bei Verwendung von Katawerten ist zur Hauptsache der stärkeren Zunahme der Katawerte im Freien gegenüber den Frigorimeterwerten zuzuschreiben. Da solche Schutzquotienten aus praktischen Gründen wohl vorwiegend mit Hilfe von Katathermometern bestimmt werden, so ist bei ihrer Bewertung zu berücksichtigen, daß sie um zirka 25% zu hoch ausfallen; auch müssen wegen der starken Windabhängigkeit solche Bestimmungen auf einer größeren Zahl Katathermometermessugen beruhen und verschiedene Witterungsbedingungen umfassen.

Bei der Auswertung der Messungen mit feuchtem Katathermo-

meter wurde festgestellt, daß das Verhältnis der Katawerte feucht: trocken an einem Meßort, auch bei stark variierenden Einzelwerten, ziemlich konstant war. Es ergab sich für den Kuhstall bei Anwesenheit der Tiere ein Verhältnis 2,70 und bei Abwesenheit 2,24; diese letzte Ziffer deckt sich praktisch genau mit dem Quotienten, der auch in dem permanent leeren, dem Kuhstall benachbarten Pferderstall festgestellt wurde. Dagegen wurde im Freien bei den Messungen am Morgen ein Verhältnis der feuchten zu den trockenen Katawerten von 1,8, am Abend von 1,7 gefunden. Diese Verhältniszahl, die mit zunehmendem Sättigungsdefizit ansteigt, dürfte sich daher zur Charakterisierung der Trockenheit eines Stalles recht gut eignen.

2. Periode des ununterbrochenen Stallaufenthalts (Überwinterungszeit)

Während in der ersten Beobachtungsperiode die äußeren Wetterverhältnisse sehr konstant waren, zeigten sie in der mit dem 12. Beobachtungstag beginnenden zweiten Periode, wo die Kühe dauernd im Stall verblieben, einige interessante Veränderungen. Wie an der Temperaturkurve und den Niederschlagswerten in Abb. 6 zu sehen ist, erfolgte am 14. Beobachtungstag ein kräftiger Kaltlufteinbruch mit Schneefall. Weiterhin herrschte vom 16. Tag an Föhnlage mit geringen Windgeschwindigkeiten und erniedrigter relativer Feuchte im Freien.

Die Beobachtungsergebnisse dieser Periode bestätigen die schon für die erste Periode festgestellte weitgehende Autonomie des Stallklimas in physikalischer Beziehung. Die Temperatur im Stallinnern zeigte merklich geringere Schwankungen als in der ersten Periode trotz sehr viel ausgiebigerer Lüftung des Stalles durch die nun ständig geöffnete Stalltüre. Zwei Minima täglich stellen sich als Folge davon ein, daß die Kühe täglich zweimal aus dem Stall zur Tränke geführt werden; das nachmittägliche Maximum der Stalltemperatur ist etwas höher als das nächtliche, was einen geringen Einfluß des Temperaturverlaufs im Freien anzudeuten scheint. Dagegen reagiert die Temperatur im Stall nicht merkbar auf den starken Temperaturfall im Freien am 14. und 15. Beobachtungstag. Zweifellos ist dies auf eine erfolgreiche Regulation der Lüftung durch den Knecht zurückzuführen, ohne daß dieser Kenntnis von den Resultaten unserer Messungen hatte.

Die durch Planimetrieren der Registrierkurven gewonnenen Mitteltemperaturen betrugen im Stall 16,9° C gegenüber 16,6° C

in der ersten Periode und im Freien 5,0° C gegenüber 6,0° C; die mittleren Temperaturen in beiden Untersuchungsperioden waren somit ganz ähnlich.

Der Verlauf der relativen Feuchte im Freien zeigt das Ausbleiben des Tagesganges während der zwei Tage des Kaltlufteinbruchs, entsprechend dem Fehlen der Tagesschwankung bei der Temperatur, und anschließend während der Föhnperiode (16. bis 21. Tag) bei starker Tagesvariation erniedrigte Nachtwerte der relativen Feuchte. Der Verlauf der relativen Feuchte im Stall läßt von diesen wechselnden Verhältnissen im Freien so gut wie nichts erkennen. Der mittlere Dampfdruck im Stall ergibt sich aus der mittleren Temperatur von 16,9° C und der ebenfalls aus den Registrierungen bestimmten durchschnittlichen relativen Feuchte von 80% zu 11,5 mm Hg.

Besonders interessant ist der niedrige und außerordentlich ausgeglichene Verlauf der Abkühlungsgröße im Stall, sowohl beim schwarzen wie beim vernickelten Frigorimeter, der auf sehr ausgeglichene Lüftungsverhältnisse schließen läßt, da ja die Wärmeproduktion im Stall durch die ständig anwesenden Tiere und die Strahlungsverhältnisse der Wände ziemlich konstant sind. Die Wandtemperaturen stiegen nach den gelegentlich durchgeführten Thermoelementmessungen von rund 17° C zu Beginn auf rund 20,5° C zu Ende dieser Beobachtungsperiode.

Die mit dem Frigorimeter im Freien gemessene Abkühlungsgröße zeigte in dieser Zeit, ebenso wie der Wind, einen weniger deutlichen Tagesgang. Die sehr großen Werte der Abkühlungsgröße am 14. Tag sind durch den Niederschlag (Schnee), den Wind, der hier seine höchsten Werte der Untersuchungsperiode erreicht hat, wie auch durch die dauernd niedrige Temperatur bedingt.

Der aus dem Verhältnis der Abkühlungsgröße im Freien und im Stall berechnete Wärmeschutzquotient hat im Durchschnitt während der zweiten Untersuchungsperiode etwas größere Werte als in der ersten Periode, nämlich 2,32 für den Tag und 2,26 für die Nacht; er wurde bestimmt aus den Mittelwerten für die Abkühlungsgröße von 10,4 und 10,1 mgcal/cm²sec im Freien während des Tages und der Nacht und von 4,5 im Stall, wo die durchschnittliche Abkühlungsgröße bei Tag und Nacht gleich war, ebenso wie beim vernickelten Frigorimeter, das als Durchschnitt eine Abkühlungsgröße von 2,9 mgcal/cm²sec anzeigte. Der Schutzquotient erreichte bei den extremen Verhältnissen des 14. Tages den Wert 4,6 allein durch Anstieg der Abkühlungsgröße im Freien, während die Abkühlungsgröße im Stall auf konstantem Wert blieb.

Bei den zum Vergleich auch in dieser Periode mit Katathermometer gemessenen Abkühlungswerten fällt auf, daß unter den konstanten Verhältnissen im Stall die Abweichungen zwischen Katawerten und Frigorimetermittelwerten kleiner sind als in der ersten Beobachtungsperiode; sie betrugen nur 11%. Dieses Ergebnis deckt sich recht gut mit dem Resultat einer unveröffentlichten Untersuchung des Davoser Observatoriums; bei dieser ergab die Bestimmung der Abkühlungsgröße mit Katathermometer im Zimmer, also bei Wegfall von Wind und Sonnenstrahlung, um 8% höhere Werte als mit Frigorimeter.

Bei den im Freien festgestellten Katawerten sind die Abweichungen dagegen ähnlich wie in der ersten Periode. Der Schutzquotient, berechnet aus den Katawerten, beträgt im Mittel 2,86 für den Morgen und 2,76 für den Abend. Am 14. Beobachtungstag betrug dieser Schutzquotient 5,4, ein Wert, der zum korrespondierenden Frigorimeter-Schutzquotienten im gleichen Verhältnis steht wie die mittleren Schutzquotienten für die ganze zweite Periode.

Bildet man auch für die zweite Periode das Verhältnis der Katawerte mit feuchtem und trockenem Katathermometerkörper, so beträgt es für den Stall am Morgen 2,44 und am Abend 2,56, welche Werte gut dem Durchschnitt 2,5 der ersten Periode mit Weidegang der Tiere entsprechen. Das Verhältnis der Katawerte feucht : trocken im Freien zeigte eine beträchtliche Variation während der Föhnperiode vom 17. bis 21 .Tag. Während es sich ohne Föhn in guter Übereinstimmung mit der ersten Periode auf 1,8 belief, stieg es während der Föhnperiode an und zeigte am Morgen infolge der Trockenheit der Föhnluft Werte von 2,0 bis 3,5, am Abend Werte von 2,5 bis 4,5. Die auch in der zweiten Periode weitergeführten Messungen im leeren Pferdestall neben dem Kuhstall ergaben als Verhältnis der Katawerte feucht : trocken mit 2,1 fast denselben Wert für Morgen und Abend und wie in der ersten Periode.

Die hier wiedergegebenen Verhältniszahlen der feuchten und trockenen Katawerte zeigen für unveränderte Raumbedingungen eine beträchtliche Konstanz, die ihre Verwendung zur Charakterisierung von Raumklimaunterschieden zu empfehlen scheint; doch bedarf ihre Bedeutung noch einer eingehenden Diskussion, die sich gleichzeitig auf eine größere Zahl von Beobachtungen stützen sollte, als sie hier zur Verfügung steht. Messungen von H. Lehmann (36) besitzen ebenfalls nur den Charakter einer Stichprobe. M. Robitzsch (37) stellt eine Formel für das Verhältnis der Katawerte feucht : trocken auf, doch erscheint uns seine Ablehnung

der physiologischen Bedeutung der trockenen oder feuchten Abkühlungsgröße gänzlich verfehlt. Es ist zu erwarten, daß das Verhältnis der feuchten und trockenen Abkühlungsgröße, zusammen mit dem Wert der trockenen Abkühlungsgröße, ihrem Anteil an langwelliger Strahlung und den Schutzquotienten eine differenzierte Bewertung der Stallverhältnisse in bezug auf die physikalischen Klimafaktoren erlauben wird.

V. Schlußbemerkungen

Da die neuzeitlichen Zuchtmethoden und besonders die künstliche Befruchtung große Möglichkeiten zum raschen Ausgleich des Zuchtmaterials geben, wird es jetzt zur Notwendigkeit, mit dem Fortschritt der Zucht zur vollen Ausnützung der Leistungsmöglichkeiten der Tiere Schritt zu halten, indem man den Tieren optimale Umweltbedingungen schafft. Nur dadurch wird schließlich noch eine weitere Steigerung der Leistungen möglich sein. Optimale Umweltbedingungen sind um so notwendiger, als die Domestikationsmerkmale die Tendenz haben, sich ständig zu vermehren. Diese Domestikationserscheinungen zeigen sich vor allem in einer allgemeinen Konstitutionschwächung, die die Tiere für Krankheiten besonders empfänglich macht und damit die Grundlage jeder Nutzleistung gefährdet; sie führt speziell zur Zunahme von Aufzucht- und Stallkrankheiten (Tuberkulose, Bangsche Krankheit, gelber Galt). Da diese Krankheiten vor allem von den Bedingungen im Stall beeinflußt werden, so ist es die Pflicht der Tierhygiene, die Umweltbedingungen im Stall zu erforschen und die bisherigen, empirisch gefundenen, subjektiven hygienischen Normen durch die Folgerungen aus objektiven und präzisen Messungen zu ersetzen. So muß man u. a. die obere und untere Grenze des zulässigen Wärmeschutzquotienten der Stallungen, dessen Bedeutung im wesentlichen Gegenstand der vorliegenden Untersuchung ist, feststellen und besonders die für die Tiere optimale Abkühlungsgröße bestimmen. Die Bestimmung der Wärmeverhältnisse im Stall durch ein Thermometer ist für die Beurteilung des Stallklimas gänzlich unzureichend. Ebenso sind neben der relativen Feuchte, wie sie mit dem Haarhygrometer bestimmt wird, Dampfdruck und Quotient des feuchten zum trockenen Katawert zur Charakterisierung der Luftfeuchtigkeitsverhältnisse und der Verdunstungsmöglichkeiten unerläßlich.

Die Zukunft der modernen Zucht und der Tiermedizin liegt in der ausgedehnten Anwendung von Hygiene und Prophylaxe.

Man wird in Zukunft Stallungen bauen, die nicht nur ein für einen landwirtschaftlichen Betrieb notwendiges Übel darstellen, sondern eine neuzeitliche Klimadosierungsanlage, die den Tieren ein Maximum an Wohlbefinden verschafft.

Zusammenfassung

Im jetzigen Stadium der Tierzucht, in dem die Wichtigkeit aller jener tierischen Produktionen im Vordergrund steht, die für den Menschen direkt verwertbar sind, können die bisherigen wesentlich empirischen Methoden zur Beurteilung der Umweltbedingungen, unter denen die Tiere besonders in den Stallungen gehalten werden, nicht mehr befriedigen. Die Notwendigkeit der Ertragssteigerung auch auf dem Gebiet der tierischen Produktionen durch Ausschöpfung der letzten Möglichkeiten zur Leistungssteigerung verlangt eine Schaffung optimaler ökologischer Bedingungen. Denn nur unter solchen Bedingungen ist es den Tieren möglich, alle jene genetischen Faktoren, die ihnen die Zucht gegeben hat, auch wirklich in Erscheinung treten zu lassen.

Der Feststellung dieser optimalen Umweltbedingungen muß jedoch zuerst ein Studium des Einflusses der Umweltfaktoren auf die Tiere vorangehen. Eine wesentliche Gruppe von derartigen Faktoren ist die unter der Bezeichnung „Klima" zusammengefaßte. Während unter diesen die Untergruppe der chemischen Faktoren schon mehrfach studiert worden ist, steht die Untersuchung der physikalischen Klimafaktoren in ihrer Bedeutung für die Tiere erst an ihrem Anfang. Von diesen physikalischen Klimafaktoren ist es besonders die Abkühlungsgröße, die Beachtung verdient; denn der Schutz gegen die Abkühlungswirkung des Klimas ist der wichtigste Grund für die Stallhaltung der Tiere überhaupt. Dementsprechend ist es das Hauptziel der vorliegenden Arbeit, die Bedeutung der Abkühlungsgröße im Stall an Hand eines Beispiels zu untersuchen und anzugeben, wie die Schutzwirkung des Stalles gegen die Abkühlung im Freien beurteilt werden kann. Als Maß für diesen Schutz wird der Wärmeschutzquotient eingeführt.

Literatur

(1) H. Storm: Tierhygienische Untersuchungen in einem pommerschen Dorf. Diss. Leipzig 1940. — (2) W. Lincke: Stallhygienische Untersuchungen in einem Thüringer Dorf. Diss. Leipzig 1940. — (3) V. Swoboda: Eine Bestandesaufnahme in oststeiermärkischen Rinderstallungen und Vorschläge zur Verbesserung der Stallungen. Diss. Hannover 1939. — (4)

R. Heindel: Die Stallverhältnisse in der Schweinehaltung Mittelfrankens. Diss. Hannover 1941. — (5) A. Mehner und A. Linz: Untersuchungen über den Verlauf der Stalltemperaturen. Forschungsdienst *8*, 1939. — (6) G. Lankow: Eine Bestandesaufnahme über die Beschaffenheit pommerscher Rinderställe. Diss. Hannover 1939. — (7) H. Ullrich: Eine Bestandesaufnahme über die Beschaffenheit schlesischer Rinderställe. Diss. Hannover 1940. — (8) R. Braun: Stallhygienische Erhebungen in einem Dorfe der Westpfalz. Diss. Gießen 1944. — (9) Fr. Kaup: Hygiene der Rinderstallungen im Dorfe Reiskirchen des Molkereibezirkes Gießen. Diss. Gießen 1944. — (10) H. Nolle: Hygiene der Rinderstallungen im Dorfe Steinbach des Molkereibezirkes Gießen. Diss. Gießen 1944. — (11) W. Zorn und G. Freidt: Der Einfluß von Wetter und Klima auf unsere landwirtschaftlichen Nutztiere; ein Beitrag zur Haltungsfrage auf bioklimatischer Grundlage. Zeitschrift f. Züchtungskunde *14*, 1, 1939. — (12) W. Zorn und G. Freidt: Die Notwendigkeit bioklimatischer Forschung mit dem Ziel: Klarstellung des Einflusses von Wetter und Klima auf tierische Leistung, Haltung und Hygiene. Sektionsbericht zum IV. Internationalen Tierzuchtkongreß. Zürich 1939. — (13) W. Zorn und G. Freidt: Registrierende Bestimmungen der Luftzusammensetzung im Rinderstall. Forschungsdienst *11*, 3/4, 1941. — (14) A. Meißner: Der Einfluß der Ventilation auf die Stalluft. Diss. Breslau 1930. — (15) P. Lehmann: Das Sonderklima des Stalles. Fortschritte der Landwirtschaft *20*, 1931. — (16) H. Harrlaß: Der Einfluß von Klima und Wetter auf die tierische Nutzleistung, unter besonderer Berücksichtigung der Temperatur. Landwirtschaftliche Jahrbücher. *91*, H. 1, 1941. — (17) E. Beller: Mehr Milch durch Stallhygiene. Forschungsdienst *17*/11, 1944. — (18) Gerspach: Stallbau und gesunde Tierhaltung. 1937. — (19) H. Niehues: Zeitgemäße Stallbauweise für landwirtschaftliche Großtiere unter besonderer Berücksichtigung der Entlüftungseinrichtungen. Arbeiten aus der deutschen Tierzucht. H. 11, 1939. — (20) J. Kliesch: Stallbau und Haltung. Forschung für Volk und Nahrungsfreiheit. 1942. — (21) E. Schwarzmeier: Siedlung und Tiergesundheit. Forschungsdienst *12*, 1941. — (22) E. Dinkhauser: Der zweckmäßige Rindviehstall. 1933. (23) H. Zwicky: Zusammenhänge zwischen Stall und Krankheit. Schweiz. Landw. Monatshefte *3*, 1935. — (24) J. Goldinger: Untersuchungen von Rinder- und Schweinestallungen im Sinne der praktischen Stallkontrolle. Diss. Zürich 1935. — (25) J. Strebel: Untersuchungen von Rinderstallungen im Sinne praktischer Stallkontrolle. Diss. Zürich 1936. — (26) F. Knüsel: Beitrag zur Frage der Mitwirkung von Milieufaktoren bei Fruchtbarkeitsstörungen und Tuberkulose des weiblichen Hausrindes. Diss. Zürich 1942. — (27) W. Dober: Kohlensäure- und Ammoniakbestimmung in der Stalluft. Diss. Zürich 1939. — (28) X. Frey: Messungen der Beleuchtungsstärke in Rinderstallungen. Diss. Zürich 1939. — (29) A. Buxtorf: Einführung des Katathermometers in die stallhygienische Meßtechnik. Diss. Zürich 1942. — (30) H. Fuhrimann: Beitrag zur Bestimmung des Stallklimas. Diss. Zürich 1944. — (31) K. Rudzinski: Untersuchungen über die Hauttemperatur bei Tieren des Rindergeschlechtes, gemessen mit dem Thermoelement, und ihre Beeinflussung durch die Umgebungstemperatur. Diss. Zürich 1944. — (32) H. Zwicky: Meßtechnische Erfassung der Stallklimafaktoren. Festschrift Prof. Dr. O. Bürgi, Zürich 1943. — (33) W. Mörikofer: Zur Klimatologie der Abkühlungsgröße. Acta Davosiana, No. 3, 1933. — (34) Ch. Henneberger: Die Komponenten der Abkühlungsgröße. Diss. Basel 1949. — (35)

H. Roose: Eine neue Methode zur Bestimmung der Wandtemperatur im Raumklima. Schweiz. Blätt. f. Heizung u. Lüftung *5*, 21, 49, 1938; Gesundheitsing. *61*, 325, 1938. — (36) H. Lehmann: Mikroklimatische Untersuchungen der Abkühlungsgröße in einem Waldgebiet. Veröff. Geophysik. Inst. d. Univ. Leipzig *7*, 189, 1936. — (37) M. Robitzsch in Kleinschmidts Hdbch. d. Meteorolog. Instr. S. 208, Berlin 1935.

Zur Geschichte der Behandlung der Nymphomanie des Rindes

Von J. Rüegg, Winterthur

Vor reichlich 80 Jahren vernahmen einige zürcherische Tierärzte die frohe Kunde, daß einem ihrer Kollegen und engerem Landsmann, der am Nordfuße des Hohe Rohnen praktizierte, gelinge, durch einen unblutigen operativen Eingriff die die Viehzucht beeinträchtigende Stiersucht der Kühe zu heilen. Daß diese Botschaft als eine gute empfunden wurde, ist leicht verständlich, standen doch Tierärzte wie Viehzüchter dieser nicht seltenen Krankheit völlig wehrlos gegenüber, wie ja überhaupt die Bekämpfung der Sterilität zu jener Zeit weitgehend im Dunkeln tappte. Die Tierärzte interessierten sich natürlich in erster Linie für die von ihnen schon lange erfolglos gesuchte Behandlungsmethode. Aber der glückliche Entdecker-Erfinder hielt mit der Bekanntgabe seines Wissens und Könnens zurück. Falls er das lediglich aus Erwerbsgründen getan hat, so mag diese Einstellung auf seine Verdienste einen Schatten werfen, ihm aber deshalb einen Vorwurf zu machen, wollen wir doch lieber einer Generation überlassen, in der Altruismus Allgemeingut geworden ist.

Die damaligen Tierärzte wußten sich zu helfen, es bildete sich unter ihnen eine Kommission, die sich die Aufgabe stellte, das Geheimnis zu lüften. Die Richtigkeit der erhaltenen Kunde bestätigte sich, der Kollege am abgelegenen Hohe Rohnen war wirklich imstande, den bedenklichen Zustand der Stiersucht in einem hohen Prozentsatz zu heilen. Es war ihr auch vergönnt, einigen Einblick in die Art und Weise des bezüglichen Vorgehens nehmen zu können, welcher Umstand ihr Wegleitung für eigene Untersuchungen bot, die dann auch zum Ziele führten. Die die Nymphomanie verursachenden Ovarialzysten wurden festgestellt und von da aus war es nicht mehr besonders schwer, das therapeutische Vorgehen zu finden, den unblutigen operativen Eingriff des Sprengens der Ovarialzysten vom Rektum aus. In richtiger Erkennung des großen