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: 106 (1964)

Heft: 9

Artikel: Haustier und Klima

Autor: Bianca, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-593289

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: 10.07.2025

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

Aus dem Hannah Dairy Research Institute, Ayr, Scotland

Haustier und Klima[1]

Von W. Bianca

Einleitung

«Gute Milchkühe muß man nur in den Tälern der Alpen kaufen, die der Sonne ausgesetzt sind; denn in schattigen Tälern sind die Kühe nicht gut. Falls man aber ihrer Herkunft nicht sicher ist, kann man sich an gewisse äußere Merkmale von Sonnenrindern halten: weiches, dichtes, kurzes Haar, kleiner Kopf und glänzende, harte Hörner. Die gegenteiligen Eigenschaften finden wir meist bei Tieren aus nebligen und bedeckten Gegenden.»

Diese Empfehlung stammt aus dem Jahre 1571. Sie wurde also vor bald 400 Jahren gemacht, und zwar durch einen gewissen Messer Agostino Gallo von Brescia. Wir sehen hieraus, daß man sich schon vor langer Zeit der Tatsache bewußt war, daß zwischen dem Haustier und seiner klimatischen Umgebung Zusammenhänge bestehen.

Erkenntnisse wie die eben zitierten erwarb man sich damals ausschließlich auf Grund subjektiver Beobachtungen. Manche dieser Beobachtungen hatten eine erstaunliche Treffsicherheit, und auch heute sollte die Bedeutung eines scharfen Auges verbunden mit einem wachen Verstand keineswegs unterschätzt werden. Darüber hinaus besitzen wir heute aber die Möglichkeit, subjektive Beobachtungen und Hypothesen mit Hilfe objektiver Verfahren und Meßmethoden auf ihren Wahrheitsgehalt zu prüfen.

Eine eigentliche systematische Erforschung der Kausalzusammenhänge zwischen dem Haustier und seiner klimatischen Umgebung hat erst in den letzten etwa 20 Jahren eingesetzt. Diese neue Arbeitsrichtung bezeichnet man als *Bioklimatologie der Haustiere* und versteht darunter ganz allgemein die Lehre von den Einwirkungen der klimatischen Umwelt auf den Organismus der Haustiere. Wir haben es demnach mit zwei komplexen Systemen zu tun: der klimatischen Umwelt und dem tierischen Organismus.

Klima und Wetter

Als klimatische Umwelt bezeichnet man die Gesamtheit der atmosphärischen und kosmischen Wirkungsfaktoren, denen ein Lebewesen an einem gegebenen Orte ausgesetzt ist. Die wichtigsten dieser Faktoren sind bekanntlich Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftbewegung, Luftdruck und Sonnenstrahlung. Man unterscheidet gewöhnlich zwischen Klima und Wetter. Mit Klima meint man die langfristigen Zustände der Atmosphäre, mit Wetter deren kurzfristige Schwankungen. Das sind nur zwei verschiedene

[1] Nach einer Gastvorlesung an der Universität Zürich am 4. Dezember 1962.

Betrachtungsweisen derselben meteorologischen Elemente. Einen kurzfristigen Anstieg der Temperatur auf ungewohnt hohe Werte nennen wir eine Hitzewelle und ordnen sie dem Wetter zu. Dagegen bezeichnen wir eine dauernd erhöhte Temperatur, wie sie in den Tropen vorkommt, als Klima. Es ist einmal gesagt worden, die Tropen hätten viel zu viel Klima und zu wenig Wetter. An meinem gegenwärtigen Aufenthaltsort an der Westküste von Schottland hat man zweifellos zu viel Wetter und zu wenig Klima.

In Gebieten, in denen die meteorologischen Elemente nur wenig schwanken, lassen sich die Verhältnisse durch Mittelwerte befriedigend charakterisieren. In Gebieten, in denen sie sehr stark schwanken, ist die Bildung langfristiger Mittelwerte weniger sinnvoll. Zur Beschreibung von Wetterverhältnissen für biologische Zwecke eignet sich vor allem die Angabe von Häufigkeitswerten. So interessiert zum Beispiel die Häufigkeit, mit welcher extrem tiefe oder extrem hohe Temperaturen in einer gewissen Gegend vorkommen.

Welche dieser Betrachtungsweisen interessiert uns nun in bezug auf das Haustier? Die dynamische Betrachtungsweise (das Wetter), oder die statische Betrachtungsweise (das Klima)? Es interessieren uns beide; denn der Organismus beantwortet das Wetter durch kurzfristige Reaktionen und das Klima durch langfristige Umstellungen. Wir werden im folgenden nicht speziell unterscheiden zwischen Wetter und Klima; wir werden ganz allgemein von klimatischer Umwelt oder Klima sprechen.

Die Einflußnahme der klimatischen Umwelt auf den tierischen Organismus

Bei der Frage nach der Beeinflussung des Tieres durch das Klima muß zunächst unterschieden werden zwischen direkten und indirekten Klimaeinflüssen. Die direkten Klimaeinflüsse treffen den Körper unmittelbar, wie die Sonnenstrahlung die Haut oder wie die Luft die Atmungsorgane. Die indirekten Klimaeinflüsse nehmen den Umweg über den Boden, über die Vegetation und über Mitlebewesen. Diese Zusammenhänge sind in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

Unter natürlichen Verhältnissen, wo gleichzeitig mehrere Faktoren wirksam sind, ist es oftmals nicht leicht festzustellen, ob eine gewisse Erscheinung auf direkten oder indirekten Klimaeinflüssen beruht. Als Beispiel möge die Milchleistung der Kuh in den Tropen dienen. In heiß-ariden Gebieten sind die Futterpflanzen meist von geringer Qualität. Zudem sind die einzelnen Pflanzen über große Flächen verteilt, und die Wasserstellen für das Tränken der Tiere liegen weit auseinander, wodurch große Anforderungen an die Laufarbeit der Weidetiere gestellt werden. Hinzu kommt die Beeinflussung durch stechende Insekten sowie durch klimagebundene pathogene Mikroorganismen. In welchem Ausmaße solche indirekten Klimaeinflüsse am Rückgang der Milchleistung verantwortlich sind, läßt sich meist nur durch Faktorentrennung unter experimentellen Bedingungen entscheiden.

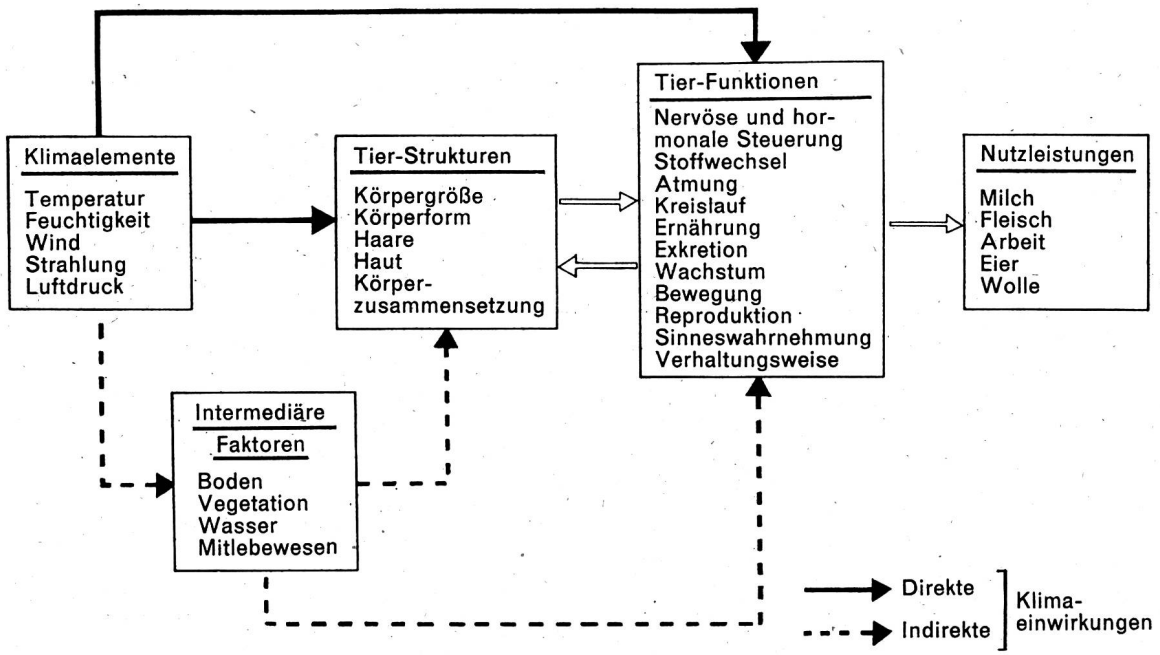


Abb. 1 Wege der Einflußnahme des Klimas auf den tierischen Organismus.

Betrachtet man die komplexe Natur der klimatischen Umwelt einerseits und des lebenden Organismus anderseits – jene aufgebaut aus zahlreichen Einzelelementen, dieser aus zahlreichen Organen, Geweben und Einzelzellen –, so könnte man erwarten, daß aus dem resultierenden Zusammenspiel eine Unzahl gegenseitig unabhängiger Einzeleffekte entstehen würden. Tatsächlich wirken jedoch die wichtigsten Klimaelemente in Kombination, und auch die Abwehr seitens des Körpers erfolgt weitgehend gruppenmäßig. Einer Wärme- oder Kältebelastung begegnet das Tier durch die Aktivierung von Mechanismen, die unter sich abhängig sind. Man könnte von einem Abwehrsyndrom sprechen. Dieser Umstand, daß sowohl der Angriff seitens des Klimas als auch die Abwehr seitens des Organismus weitgehend gruppenmäßig erfolgt, bedingt zwar eine gewisse Vereinfachung der Situation, entbindet jedoch nicht von der Notwendigkeit, die Einzelkomponenten sowie deren Zusammenspiel gesondert zu studieren.

Wärmehaushalt

Es ist einleuchtend, daß das Haustier als ein homoiothermes oder gleichwarmes Lebewesen, in erster Linie durch Kälte und Wärme, also durch thermische Klimaelemente bedroht ist.

In Abbildung 2 sind die wichtigsten Wege des Wärmeaustausches des Tieres mit seiner Umgebung skizziert. Auf der Einnahmeseite der thermischen Bilanz haben wir die Wärmebildung des Tieres und, sofern Sonnenexposition besteht, Absorption von Strahlungsenergie auf direktem oder indirektem Wege. Zur Erhaltung des thermischen Gleichgewichtes und mit diesem der Körpertemperatur müssen diese Einnahmen

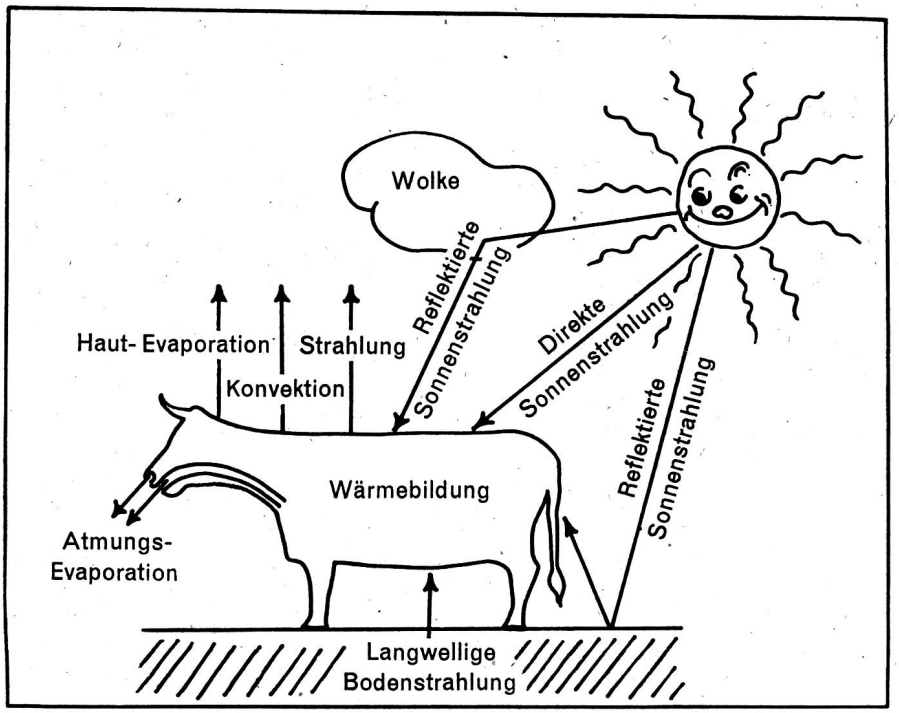


Abb. 2 Wärmeaustausch des Tieres mit seiner Umgebung.

durch entsprechend große Ausgaben ausgeglichen werden. Die Wärmeabgabe vom Körper erfolgt hauptsächlich auf vier Wegen: durch Strahlung und Konvektion von der Körperoberfläche sowie durch Wasserverdunstung von der Haut und den Atmungswegen. Beim Liegen auf kaltem Grund kommt noch Wärmeabgabe durch Leitung hinzu.

Wenn man von Körpertemperatur spricht, so meint man damit die Temperatur des Körperkerns, das heißt des Gehirns, der inneren Organe und eines Teiles der Muskulatur. Für praktische Zwecke ist die Kerntemperatur hinlänglich charakterisiert durch die Rektaltemperatur. Um den Kern herum kann man sich eine Schale vorstellen, deren Temperatur an den Temperaturschwankungen der Umgebung in abgeschwächtem Maße teilnimmt. Beim behaarten und befiederten Haustier ist der Körperkern zusätzlich durch einen Luftmantel gegen die thermische Umwelt gepuffert.

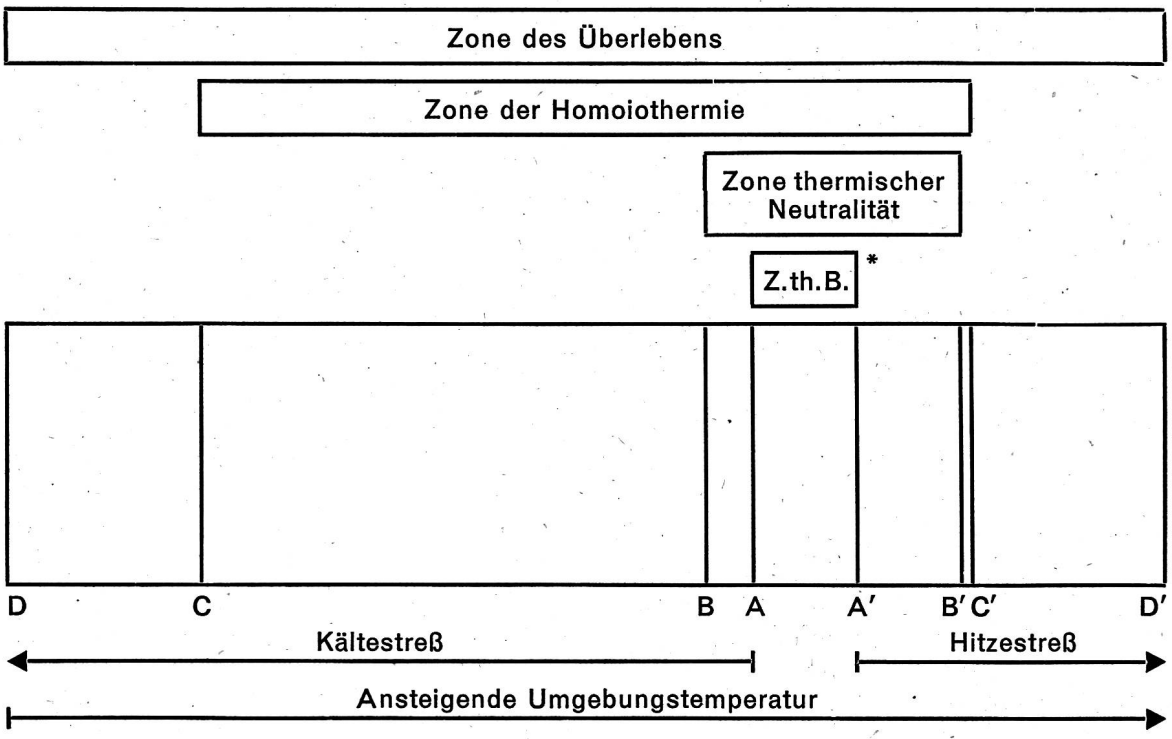
An dieser Stelle mag nun die Frage berechtigt sein: Da doch das Tier ständig in einer klimatischen Umwelt lebt, wann haben wir es eigentlich mit einem bioklimatischen Problem zu tun? Mit anderen Worten: wann entsteht für das Tier eine Konfliktsituation? Die poikilothermen Lebewesen, die sogenannten Kaltblüter, weichen dem Problem gewissermaßen aus. Teilweise entziehen sie sich der Klimaeinwirkung durch Ortsveränderung. Im übrigen erdulden sie das Klima passiv. Ihr Stoffwechsel und ihre Körpertemperatur steigen und fallen mit der Außentemperatur. Anders die homoiothermen Lebewesen, die sogenannten Warmblüter. Diese halten ihre Innentemperatur unabhängig von den äußeren Temperaturschwankungen weitgehend konstant. Das Leben der Warmblüter kann deshalb in den meisten Klimazonen und Jahreszeiten mit nahezu derselben hohen Intensi-

tät ablaufen. Diese thermodynamische Freiheit der Warmblüter ist aber keine absolute. Sie ist nur innerhalb gewisser Grenzen möglich. Wenn nämlich die Anforderungen seitens des Klimas ungebührlich hoch werden, das heißt, wenn sie die Regelungsmechanismen des Körpers stark beanspruchen oder deren Anpassungsspielraum sogar überschreiten, entsteht ein bioklimatisches Problem.

Dies sei verdeutlicht durch die schematische Darstellung in Abbildung 3. Innerhalb eines gewissen Temperaturbereiches (A–A′) kann die Körpertemperatur mit einem minimalen Aufwand an regelnden Eingriffen konstant gehalten werden; auch fehlt hier die Empfindung von Kälte und Wärme. Beim Menschen bezeichnet man diesen Bereich als Behaglichkeitszone. Obwohl die Abgrenzung dieser Zone beim Haustier schwieriger ist als beim Menschen, kann sie doch ungefähr bestimmt werden auf Grund verschiedener Kriterien; nämlich daß die Blutgefäße der Haut am gesamten Körper weder vollständig erweitert noch vollständig kontrahiert sind, daß die Verdunstung von der Haut und den Atmungswegen minimal ist, daß die Haare nicht aufgerichtet sind und daß die Tiere keine Verhaltungsweise zeigen, die charakteristisch ist für die Bekämpfung von Kälte oder Wärme (Zusammenrollen in der Kälte, Sichausstrecken in der Wärme).

Mit beginnendem Kältestreß (A–B) wird die physikalische Wärmeregelung aktiviert, vor allem das Aufrichten der Haare und generelle Kontrahierung der Hautblutgefäße. Diese Maßnahmen erreichen relativ schnell ihren maximalen Effekt. Nimmt die Kältebelastung weiter zu, so beginnt die Wärmebildung des Körpers anzusteigen (B). Diese Temperatur bezeichnet man als die untere kritische Temperatur. Mit Hilfe dieser chemischen Wärmeregelung kann die Kerntemperatur über einen weiten Bereich auf-

Abb. 3 Kritische Umgebungstemperaturen.



* Z.th.B. = Zone thermischer Behaglichkeit

rechterhalten werden. Schließlich wird diese Regelung jedoch ungenügend, und die Körpertemperatur beginnt zu fallen (C), was letztendlich zum Kältetod führt (D).

Mit beginnendem Wärmestreß (A′–B′) treten die Mechanismen zur Bekämpfung von Wärme in Aktion: generelle Erweiterung der Hautblutgefäße und erhöhte Verdunstung von den Atmungswegen und der Haut. Falls mit steigender Wärmebelastung diese Maßnahmen ungenügend werden, beginnt die Körpertemperatur anzusteigen (C′). Hierdurch wird auf Grund des van't Hoff-Effekts die Wärmebildung erhöht. B′ wird als obere kritische Temperatur bezeichnet; sie läßt sich weniger gut feststellen als die entsprechende Temperatur B im kalten Bereich, und ihre Stellung gegenüber C′ kann durch einen hitzebedingten Abfall des Futterkonsums beeinflußt werden. Mit weiter ansteigender Körpertemperatur tritt schließlich der Hitzetod ein (D′).

Entsprechend diesen verschiedenen kritischen Umgebungstemperaturen kann man mit zunehmender thermischer Belastung (Kälte sowohl als Wärme) gewisse Zonen abgrenzen: Behaglichkeitszone – Zone thermischer Neutralität – Zone der Homoiothermie – Zone des Überlebens (Abbildung 3).

In Tabelle 1 sind die unteren und oberen Körpertemperaturen angegeben, die bei verschiedenen Tierarten mit dem Leben gerade noch vereinbar sind (Letalgrenzen). Die normalen Körpertemperaturen von Warmblütern liegen innerhalb relativ enger Grenzen, nämlich zwischen etwa 38° und 42°C. Dies gilt sowohl für arktische als auch für tropische Arten. Bei den Vögeln liegen sie etwas höher als bei den Säugetieren. Die oberen Letaltemperaturen liegen nur einige wenige Grade über den Normaltemperaturen, während die unteren Letaltemperaturen bis zu etwa 20°C unterhalb der Normaltemperaturen liegen. Überwärmung ist demnach gefährlicher als Unterkühlung.

Da die thermoregulatorischen Eingriffe seitens des Körpers, speziell diejenigen gegen Kälte, mit Energieverlusten verbunden sind, kann die Körpertemperatur in der Behaglichkeitszone mit einem Minimum an Energieverlusten aufrechterhalten werden. Dies bedeutet anderseits, daß ein Maximum an Energie für Nutzleistungen zur Verfügung steht. Mit anderen Worten, in der Behaglichkeitszone sind die Nutzleistungen der Tiere nicht belastet durch Anforderungen seitens der Temperaturregelung.

In der Literatur finden sich verschiedene Angaben über die thermoneutrale Zone verschiedener Tierarten. Bei den arktischen Tierarten ist diese Zone weit nach der

Tab. 1 Obere und untere letale Körpertemperaturen (°C). (Zitiert nach: H. Hensel, in «Temperatur und Leben», von H. Precht, J. Christophersen und H. Hensel, Springer Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1955.)

Art	Obere Letal-Temperatur	Untere Letal-Temperatur	Normal-Temperatur
Zaunkönig	46,8 (Langfristig)	32	41,8
Huhn	45,5–47	23	41,1
Mensch	43,5 (Höchster überlebter Wert)	18 (Tiefstwert der Erholung)	37,0
Katze	43,4 (50% Letal)	14–16	38,6
Hund	41,7 (50% Letal)	12 (Tiefstwert der Erholung)	38,6

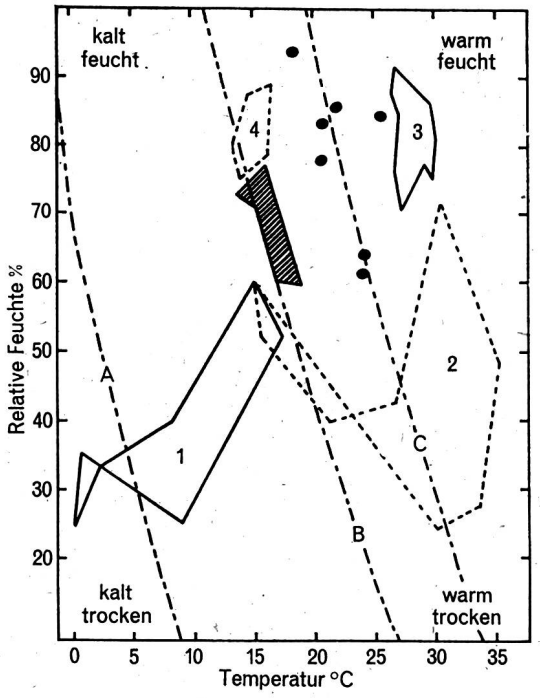


Abb. 4 Klimogramm. Zone 1: Lhasa in Tibet. Zone 2: Delhi in Indien. Zone 3: Cochin in Südindien (Zwergzeburind). Zone 4: Nuwera Eliya auf Ceylon (importierte europäische Rinder). Gestrichelte Zone: Stall in Rijperkerk in Holland. Punkte: maximale Stalltemperaturen mit zugehörigen Feuchtigkeitsgraden. Fläche zwischen den Linien A und B: Behaglichkeitsbereich des Rindes (nach Kibler und Brody, 1953). C: Grenze des Behaglichkeitsbereichs des Menschen. (Nach Oosterlee, C.C. (1959) Internat. J. Bioclimat. Biometeorol. Vol. III, Part III, Sect. C.)

kalten Seite hin ausgedehnt und umfaßt einen sehr weiten Temperaturbereich. Für den Eisfuchs zum Beispiel wird ein Bereich von −40° bis +30°C angegeben. Bei den tropischen Arten, sowie bei Vögeln und kleinen Säugetieren, findet man eine weit nach der warmen Seite hin ausgedehnte und sehr enge Zone. Die Maus zum Beispiel befindet sich unter thermoneutralen Bedingungen im Bereiche von etwa 29° bis 31°C. Die Grenzen der thermoneutralen Zone variieren sehr stark je nach Alter, Haarkleiddichte, Fütterungszustand usw. Dies gilt speziell auch für das Rind. Als allgemeine Richtzahlen für das Rind können Grenztemperaturen für die thermoneutrale Zone von etwa 5° bis 15°C angenommen werden. Dieser Bereich liegt weit unterhalb desjenigen für den Menschen. Die Nichtbeachtung dieser Tatsache führt noch immer dazu, daß man in Milchviehställen Temperaturen begegnet, die der Behaglichkeit des Melkers angepaßt sind, die aber für die Kuh eine Treibhausatmosphäre bedeuten. Solche Verhältnisse sind in der Abbildung 4 dargestellt. Wie aus dem Klimogramm ersichtlich ist, finden sich in manchen Ställen Temperatur- und Feuchtigkeitsgrade, die tropischen Verhältnissen entsprechen und weit außerhalb des optimalen Temperaturbereichs des Rindes liegen.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß wir daran interessiert sind, die in Abbildung 3 dargestellten Zonen für die verschiedenen Haustierarten abzugrenzen. Wenn diese Zonen bekannt sind, können wir versuchen, einerseits das Klima an das Tier anzupassen und anderseits das Tier an das Klima anzupassen. Das erstere ist im wesentlichen ein technisches Problem, das letztere ein biologisches Problem.

Anpassung des Klimas an das Tier

Eine Anpassung des Klimas an das Tier erfolgt in erster Linie dadurch, daß man durch die Errichtung von Ställen und verschiedenen baulichen Strukturen die Einwirkung einzelner Klimafaktoren abschwächt (zum Beispiel Temperatur) oder von den Tieren vollständig fernhält (zum Beispiel Regen, Wind, direkte Sonnenstrahlung). In Spezialfällen erzeugt man maschinell ein künstliches Raumklima.

Bei der Errichtung nicht speziell klimatisierter Ställe besteht die Gefahr, daß man den Teufel mit dem Beelzebub austreibt, das heißt, daß man wohl gewisse extreme Einflüsse des Außenklimas von den Tieren fernhält, daß man aber anderseits neue, und zwar unerwünschte klimatische Bedingungen schafft. Solche ergeben sich vornehmlich aus der Anreicherung von Wasserdampf, Kohlendioxyd, Methan, Ammoniak und anderen Gasen, die direkt oder indirekt dem Stoffwechsel der Tiere entstammen. Dieser Gefahr ist man sich heute einigermaßen bewußt. Ich darf in diesem Zusammenhang an die Pionierarbeit Ihres verstorbenen Kollegen Herrn Professor Dr. Zwicky erinnern, dem das Verdienst zukommt, schon sehr früh auf solche «Minuspunkte der Stallhaltung» hingewiesen zu haben.

In Abbildung 5 ist das berüchtigte Stallklima in höchster Konzentration dargestellt. Wie ersichtlich, wird das Außenklima beim Eindringen in das Gebäude modifiziert zum Innenklima. Leider bleiben bei diesem Vorgang auch die Ultraviolettstrahlen auf der Strecke. Dieses Innenklima wird nun bereichert durch eine Anzahl mehr oder minder

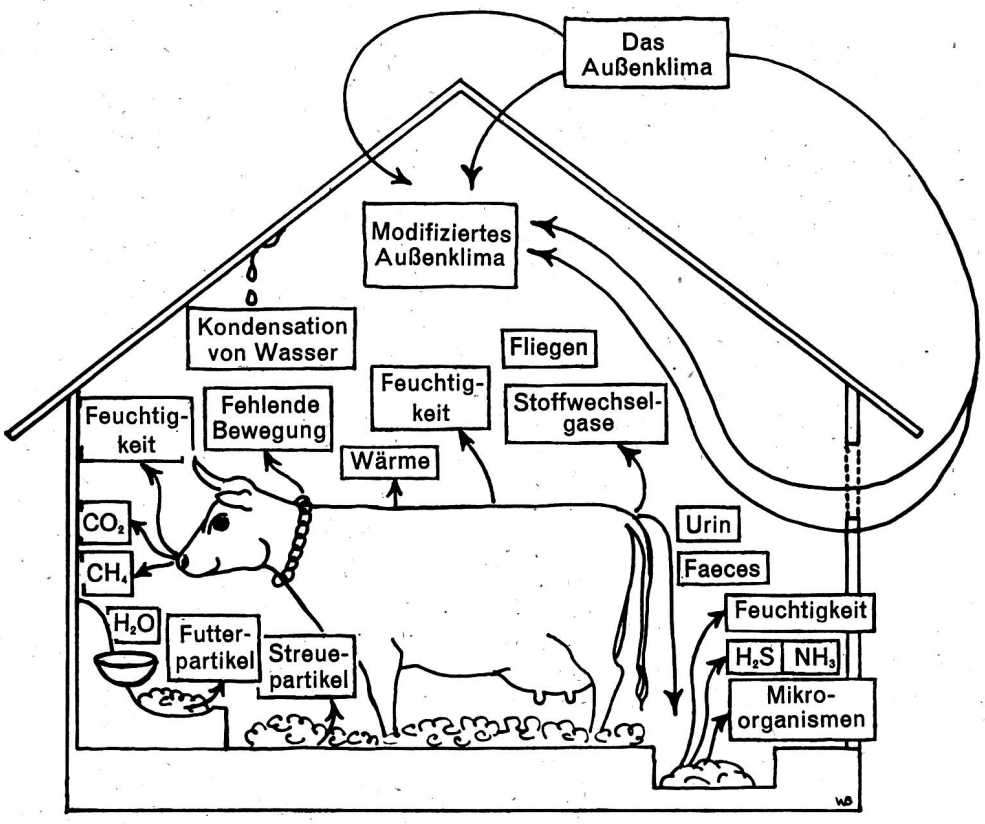


Abb. 5 Das Stallklima.

aggressiver Gase und Geruchstoffe. Diese Situation ist zwar sattsam bekannt, aber es wird im allgemeinen noch zu wenig dagegen getan.

Weniger problematisch in dieser Beziehung sind einfache Sonnenschutzdächer, wie sie in gewissen Gegenden der Tropen gebräuchlich sind. Sie erfüllen ihren Zweck meist ohne unerwünschte Nebenwirkungen. Dasselbe läßt sich mit Einschränkung auch vom Offenstall sagen.

In der Wüstengegend Californiens hat man ausgedehnte Versuche durchgeführt, um festzustellen, in welchem Ausmaße man die Mastleistung von im Freien gehaltenen Rindern erhöhen kann durch die Errichtung von Sonnenschutzdächern, die Verwendung von Ventilatoren, kühlen Duschen und anderen haltetechnischen Maßnahmen. Es zeigte sich dabei, daß sich durch solche Maßnahmen, die das Mikroklima der Tiere beeinflussen, erhebliche Leistungszunahmen erzielen ließen. Die täglichen Gewichtszunahmen von Rindern stiegen von 0,69 auf 1,05 Pfund an.

Man könnte nun in dieser Richtung weitergehen. Tatsächlich wäre die heutige Technik durchaus in der Lage, für jede Tierart ein thermisch neutrales Raumklima zu erzeugen. Ja, es wäre durchaus möglich am Äquator oder am Nordpol einen Stall voll leistungsfähiger Milchkühe zu halten. Der Preis der so erzeugten Milch wäre allerdings prohibitiv. Mit anderen Worten: Wie weit man im Einzelfalle mit der Anpassung des Klimas an das Tier mit Hilfe technischer Mittel gehen kann, ist eine wirtschaftliche Frage. Betrachten wir nun das Umgekehrte, nämlich die Anpassung des Tieres an das Klima.

Anpassung des Tieres an das Klima

Hier handelt es sich darum, Tiere herauszufinden oder neu zu züchten, die extreme Klimabedingungen relativ gut ertragen; also Tiere, die in der Kälte, in der Hitze oder in großen Höhen in ihren strukturellen und funktionellen Merkmalen, einschließlich der Nutzleistungen, möglichst geringe Abweichungen von der Norm erleiden. Lassen Sie mich dies anhand eines Beispiels illustrieren:

Die Tropen machen etwa ein Drittel der gesamten Erdoberfläche aus und beherbergen rund 30% der Erdbevölkerung. Ein Großteil der Tropen zählt zu den unterentwickelten Gebieten – zu den Entwicklungsländern, wie man heute taktvoller sagt. Die Menschen sind hier größtenteils unterernährt, und zwar nicht in erster Linie kalorienmäßig, sondern in bezug auf tierisches Eiweiß. Beim Versuch, in diesen Gebieten zum Beispiel die Milchleistung des Rindes zu erhöhen, steht man der folgenden Situation gegenüber: Die Rinder europäischer Abstammung verfügen anlagemäßig über eine relativ hohe Milchleistung, aber über eine geringe Wärmetoleranz. Umgekehrt besitzen die tropischen Rinder eine geringe Milchleistung, dagegen eine hohe Wärmetoleranz. Für eine Steigerung der Milchleistung durch züchterische Maßnahmen stehen deshalb grundsätzlich drei Möglichkeiten zur Verfügung, nämlich 1. Selektion auf Wärmetoleranz innerhalb der europäischen Rinder,

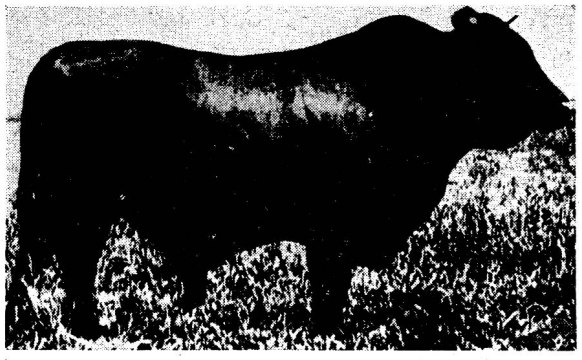


Abb. 6 Begründerstier «Monkey» der Santa Gertrudis-Rasse (Shorthorn-Zebu Kreuzung). (Aus: Phillips, R.W., (1958) J. Herdity XLIX, 47.)

2. Selektion auf Milchleistung innerhalb der tropischen Rinder, und 3. Kreuzung von europäischen mit tropischen Rindern, das heißt die Züchtung von neuen Rassen, die beide erwünschten Merkmale in sich vereinigen. Alle drei Wege sind gangbar. Die beiden ersten sind jedoch sehr zeitraubend. Auch beim Begehen des dritten Weges muß man sich bewußt sein, daß man sich mit einem optimalen Kompromiß zufriedengeben muß. Eine maximale Ausbildung beider Merkmale in ein und demselben Tier ist nicht möglich, da eine hohe Milchleistung mit einem hohen Stoffwechsel und damit mit einer hohen Wärmeproduktion verbunden ist. Die Eliminierung dieser Abfallwärme belastet die Wärmeregelung und vermindert dadurch die Wärmetoleranz.

Bezüglich der Mastleistung gelten grundsätzlich dieselben Überlegungen. Allerdings kann die Einschränkung gemacht werden, daß ein Masttier stoffwechselmäßig weniger angespannt ist als ein laktierendes Tier, so daß im allgemeinen eine hohe Mastleistung leichter mit Wärmetoleranz kombiniert werden kann als eine hohe Milchleistung. Man hat Tiere der Mastrasse Aberdeen Angus erfolgreich gekreuzt mit Tieren der Afrikaner-Rasse und der Brahman-Rasse. Das mittlere Körpergewicht weiblicher dreijähriger Tiere betrug 356 kg für reine Aberdeen Angus, 400 kg für ½ Aberdeen Angus × ½ Afrikaner und 407 kg für ½ Aberdeen Angus × ½ Brahman.

Tab. 2 Neugezüchtete Rinderrassen für die Weidemast in warmen Zonen.

Name	Ausgangsrassen und deren Anteile
Santa Gertrudis	⅝ Shorthorn × ⅜ Brahman
Brangus	⅝ Angus × ⅜ Brahman
Charbray	¾ Charolais × ¼ Brahman
Beefmaster	¼ Shorthorn × ¼ Hereford × ½ Brahman
Bonsmara	⅜ Shorthorn × ⅝ Afrikaner

(Brahman = amerikanisches Zebu)

In Tabelle 2 sind fünf neugezüchtete Rinderrassen für die Weidemast in heißen Zonen aufgeführt. Unter diesen stellt die Santa Gertrudis-Rasse, eine Shorthorn-Brahman Kreuzung, ein besonders instruktives Beispiel für eine erfolgreiche Kombination von Mastleistung und Wärmetoleranz dar. Es ist dies übrigens die erste eigentliche amerikanische Rinderrasse. Ihr Aufbau in der semiariden Zone von Texas dauerte bis zu ihrer offiziellen Anerkennung im Jahre 1940, volle 30 Jahre und erforderte viel züchterisches Können, Geduld und Geld. Das Resultat ist ein klimahartes, den Weidebedingungen von Texas angepaßtes Rind mit einer vorzüglichen Mastfähigkeit. Ein Stier der Santa Gertrudis-Rasse ist in Abbildung 6 wiedergegeben.

Wege der bioklimatischen Haustierforschung

Bis hierher haben wir zwei der Hauptaufgaben der Bioklimatologie der Haustiere zur Sprache gebracht, nämlich die Ermittlung der thermisch optimalen Zone und die Auswahl bzw. Züchtung von klimatoleranten Tieren. Zur Lösung beider Aufgaben ist es notwendig, daß man sich Kenntnis verschafft über die qualitative und quantitative Abhängigkeit des tierischen Organismus von seiner klimatischen Umwelt.

Welche Strukturen und Funktionen des tierischen Körpers soll man dabei studieren? Soll man sich auf die Nutzleistungen beschränken, da diese doch das Endziel der landwirtschaftlichen Tierhaltung und Tierzucht sind? Oder soll man auch physiologische Größen studieren, die vom wirtschaftlichen Standpunkt aus betrachtet nicht unmittelbar von Interesse sind?

Die Natur unterscheidet nicht zwischen tierischen Größen, die wirtschaftlich von Interesse sind, und solchen, die es nicht sind. Das tut nur der Mensch. Für die Natur ist der tierische Organismus eine funktionelle Einheit, die als Individuum und als Glied der Generationkette am Leben erhalten werden muß. Wenn wir aber die Natur verstehen lernen wollen, müssen wir versuchen, *ihren* «Nützlichkeitsstandpunkt» zu verstehen. Kennen wir erst einmal die Prinzipien, nach denen die Natur arbeitet, so besitzen wir damit die besten Voraussetzungen zur Verwirklichung unserer eigenen Nützlichkeitsforderungen.

Ich glaube deshalb, daß die Beantwortung der gestellten Frage lauten muß: je mehr Faktoren wir studieren – gleichgültig ob dies Leistungsfaktoren sind oder nicht –, desto vollständiger wird das Bild, das wir von dem Wechselspiel zwischen dem Organismus und seiner klimatischen Umwelt aufbauen, und desto klarer werden sich in diesem Bilde kausale Zusammenhänge erkennen lassen.

In der bioklimatischen Haustierforschung lassen sich aus naheliegenden Gründen gewisse Fragen besser unter natürlichen Verhältnissen im Felde studieren, andere wiederum besser unter kontrollierten Bedingungen in der Klimakammer. Es besteht aber kein grundsätzlicher Gegensatz zwischen dem Forschen im Freien und dem Forschen in der Klimakammer. Beide Arbeitsrichtungen verfolgen dasselbe Endziel auf verschiedenen Wegen, und sie verhalten sich komplementär zueinander. Es gibt Probleme, die bis zu

ihrer vollen Abklärung mehrere «Passagen» in beiden Richtungen zwischen dem natürlichen Außenklima und dem kontrollierten Kammerklima durchlaufen müssen.

Ich möchte nun dazu übergehen, das Zusammenspiel zwischen einzelnen morphologischen und physiologischen Größen des Tieres einerseits und der klimatischen Umwelt anderseits näher zu beleuchten und zu diesem Zwecke einige interessant erscheinende Beispiele herausgreifen. Beginnen wir von außen her und betrachten wir zunächst das Haarkleid.

Die Bedeutung des Haarkleides als Grenzschicht zwischen dem Tier und seiner klimatischen Umgebung

Das Haarkleid übt die Funktion eines Puffers aus. In einer kalten Umgebung beruht die Pufferwirkung bekanntlich darauf, daß die Hohlräume zwischen den Haaren mit Luft ausgefüllt sind. Diese Luft ist ziemlich stationär und nimmt deshalb weitgehend Körpertemperatur an. Das Tier ist also, gleich wie der bekleidete Mensch, in einen warmen Luftmantel gehüllt. Die Isolation oder Wärmedämmung des Haarkleides steigt mit zunehmender Dichte des Haarkleides an und kann, innerhalb gewisser Grenzen, durch Sträuben des Haares noch weiter vergrößert werden.

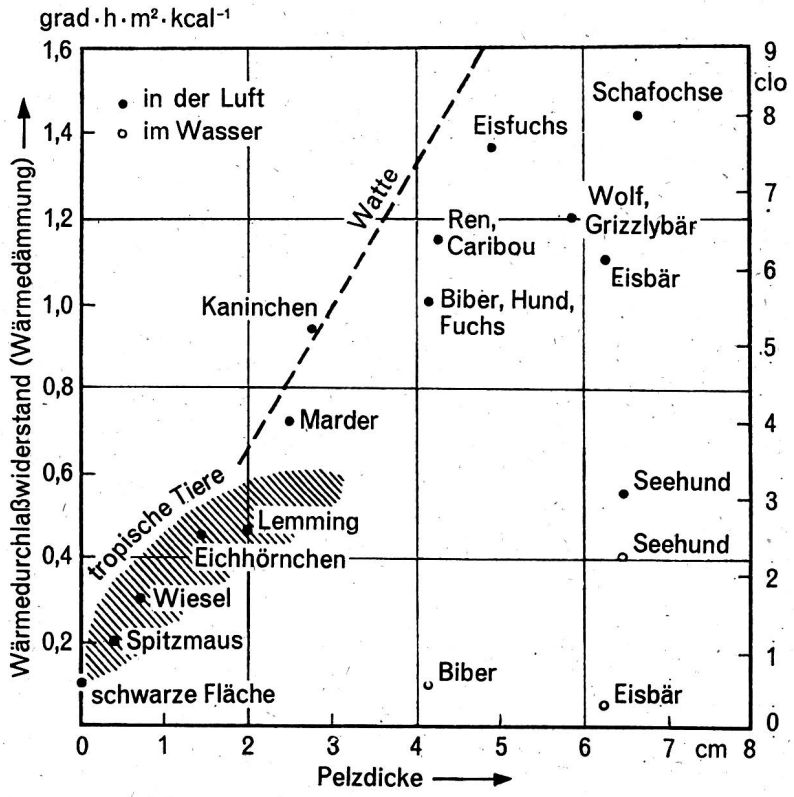


Abb. 7 Mittlere Pelzdicke und Wärmeisolation arktischer und tropischer Tiere. (Nach: Scholander, P.F., Walters, P., Hock, R. und Irving, L., 1950, Biol. Bull. *99*, 125. Aus Buch: Temperatur und Leben. Siehe Legende zu Tab. 1.)

Wie aus Abbildung 7 ersichtlich ist, steigt die Wärmedämmung mit zunehmender Pelzdicke gesetzmäßig und annähernd linear an. Die höchsten Werte übersteigen die Wärmedämmung der dicksten Winterkleidung des Menschen. Beachten Sie den großen Abfall der Wärmedämmung, der entsteht, wenn der Pelz naß wird (Eisbär in Luft und Wasser). Beim Seehund ist dieser Unterschied weniger groß, weil bei ihm das Haarkleid kurz und flachliegend ist. Der Seehund verfügt mit seinem stark ausgebildeten Unterhautfettgewebe über eine zusätzliche Isolierung. Die Wärmedämmung des Haarkleides wird aber auch durch Wind vermindert; dieser reißt das Haarkleid auf und verdrängt die stagnierende warme Luft durch frische kalte Luft.

Beraubt man ein Tier seines Haarkleides und damit seiner Wärmeisolation, so steigt die Wärmeabgabe von der Haut an, was zur Folge hat, daß zur Erhaltung des Wärmegleichgewichtes extra Wärme erzeugt werden muß. Dies bedeutet, wie wir früher gesehen haben, daß die untere kritische Temperatur angestiegen ist. Dieser Vorgang spielt sich routinemäßig ab bei der Schur des Schafes. Hierzu ein Beispiel: Bei einem Schaf mit einer Vließlänge von 12 cm lag die untere kritische Temperatur bei −3 °C. Das heißt unterhalb dieser Lufttemperatur mußte das Tier zusätzlich «heizen», um seine Körpertemperatur konstant zu halten. Wurde das Tier geschoren, so verschob sich diese Grenze um volle 30 °C nach oben. Damit erreichte das geschorene Schaf dieselbe kritische Temperatur wie der unbekleidete Mensch. Ein rasches Wollwachstum unmittelbar nach der Schur ist deshalb bei kaltem Wetter von großer Bedeutung. In bezug auf diese Fähigkeit scheinen rassenmäßige Unterschiede zu bestehen.

Auch beim Lamm findet ein drastischer Wechsel der thermischen Umgebung statt. Im Verlaufe der Geburt gelangt das Lamm innerhalb von Minuten aus einer Umgebung, die durch eine gleichmäßige Temperatur von 39 °C und Windstille gekennzeichnet ist, in eine Umgebung, deren Temperatur unter dem Gefrierpunkt liegen kann und in der ein Sturmwind blasen kann. Unter solchen Bedingungen ist die Beschaffenheit des Vließes ein mitbestimmender Faktor für das Überleben des Tieres. Wie australische Untersuchungen gezeigt haben, haben Lämmer mit einem langen, groben Wollkleid bessere Chancen, kaltes, windiges Wetter zu überleben, als Lämmer mit einem feinen, kurzen Wollkleid. Die Erklärung hierfür scheint darin zu liegen, daß die Verdunstung der Amnionflüssigkeit von der Oberfläche des Neugeborenen im Falle des längeren Haarkleides weit weg von der Haut erfolgt, so daß die latente Wärme für die Verdunstung mehr der Umgebungsluft entzogen wird als der Haut des Tieres, wodurch dieses weniger Wärme verliert.

Und schließlich noch ein Beispiel für die Pferdezüchter und Pferdeliebhaber unter ihnen. Auf den Britischen Inseln gibt es Pony-Rassen, die das ganze Jahr hindurch im Freien leben. Hier muß in erster Linie auf Merkmale gezüchtet werden, die das Überleben der Tiere in der Kälte gewährleisten. Zu diesen Merkmalen gehören insbesondere gewisse Eigenschaften des Haarkleides. Die Tiere brauchen kräftige, gut gefettete Grannenhaare, die ziegelartig in Gruppen zusammengeschlossen sind, sowie gut ausgebildete und

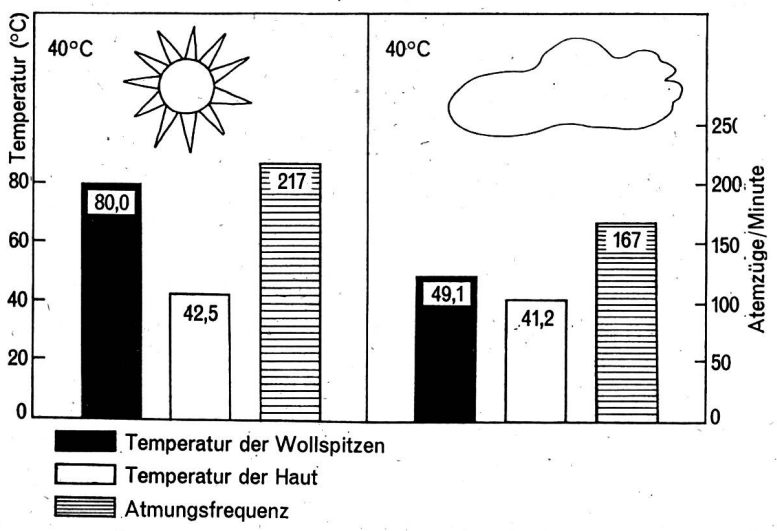


Abb. 8 Einwirkung hoher Lufttemperaturen, mit und ohne Sonnenstrahlung, auf Merino-Schafe in Australien. (Nach: Macfarlane, W. V. UNESCO Arid Zone Research XI, 227, 1958.)

regional richtig verteilte Haarwirbel. Ein solches Oberhaar schützt das feine, elastische Unterhaar und damit die Haut vor Durchnässung, und dies ist, wie wir gesehen haben, von größter Bedeutung für die Wärmedämmung.

Betrachten wir nun die Bedeutung des Haarkleides in einer warmen Umgebung. Ist die Luft wärmer als der Körper, oder (was häufiger vorkommt) ist das Tier intensiver Sonnenstrahlung ausgesetzt, so übt das Haarkleid eine Schutzfunktion gegen äußere Wärme aus. Wir haben somit die auf den ersten Blick paradox erscheinende Situation, daß das Haarkleid sowohl bei großer Kälte als auch bei großer Wärme von Nutzen ist.

Ein extremes Beispiel für den Schutz, den das Haarkleid gegen starke Sonnenstrahlung gewährt, finden wir bei dem im tropischen Australien lebenden Merinoschaf. Bei diesem Tier kann sich im Sommer um die Mittagszeit das Vließ so stark erwärmen, daß es schwer fällt, die Hand darauf zu halten. Vließtemperaturen bis zu 87°C wurden gemessen. Aus Abbildung 8 ist ersichtlich, daß bereits ein Abschirmen der Sonne durch Wolken die Temperatur der Wollspitzen und der Haut sowie die Atmungsfrequenz des Tieres herabsetzt. Wird ein solches Schaf in geschorenem Zustand der direkten Sonnenbestrahlung ausgesetzt, so entsteht eine erhebliche thermische Mehrbelastung, die zu einer Verdoppelung der Atmungsfrequenz auf 230 Atemzüge pro Minute führen kann. In diesem Zustand wird das Tier kaum weiden und wiederkauen. Es ist somit ein unwirtschaftliches Tier, bis die Wolle genügend nachgewachsen ist.

Auch beim Rind finden wir, daß das Haarkleid die Temperaturregelung in einer warmen Umgebung beeinflußt. Und zwar spielen neben der absoluten Menge der Haare deren Textur und Farbe eine Rolle. Die Bedeutung der Textur des Haarkleides wurde vor allem durch Bonsma in Südafrika, einen Altmeister der tropischen Rindviehzucht, erkannt. Bonsmas These ist die, daß das Haar von hitzetoleranten Rindern grob, kurz und schlicht sei, das von hitze-intoleranten dagegen fein, lang und wollhaarig gekräuselt. Zur schnellen Unterscheidung dieser zwei Haarkleidtypen unter Feldbedingungen hat Bonsma einen erfrischend simplen Test vorgeschlagen:

eine kleine Haarprobe des Tieres wird angefeuchtet – wo Wasser fehlt, spuckt man darauf – und dann zwischen den Handflächen gerieben. Führt dies zu einer Verfilzung der Haare, so deutet es auf Wollhaarigkeit hin, fallen die Haare nach dem Reiben wieder auseinander (als Ausdruck einer geringen Kohäsion), so deutet es auf Schlichthaarigkeit hin.

Neuerdings hat man in Australien für die Beurteilung des Haarkleides beim Rind als Indikator für Hitzetoleranz und Leistungsfähigkeit ein Punktiersystem ausgearbeitet, das ganz erstaunliche Zusammenhänge aufgedeckt hat. Es handelt sich um eine subjektive Beurteilung des Haarkleides durch Auge und Hand mit nachfolgender Zuteilung des Haarkleides zu einer von 7 Klassen. Eine niedere Ziffer bedeutet kurzes, dickes Einzelhaar; es wird vor allem bei tropischen Rinderrassen gefunden. Eine hohe Ziffer bedeutet langes, feines, wollartiges Einzelhaar, wie es im allgemeinen bei Rindern europäischer Abstammung gefunden wird. Es hat sich nun gezeigt, daß zwischen der Haarkleidpunktierung und der Hitzetoleranz ein statistischer Zusammenhang besteht. Ja, es wurde sogar festgestellt, daß zwischen dem Haartypus und der Gewichtszunahme von Rindern eine so enge Beziehung bestand, daß es möglich war, aus einer einmaligen Haarbeurteilung eine Voraussage über den zu erwartenden Lebendgewichtszuwachs zu machen, und daß eine solche Voraussage einer Voraussage überlegen war, die auf Grund vorhergegangener Gewichtserhebungen gemacht worden war. Es entbehrt übrigens nicht einer gewissen Ironie, wenn in unserem mechanisierten und technisierten Zeitalter die Kunst des Schauens und das Fingerspitzengefühl – im eigentlichen Sinne des Wortes – noch berufen sein können, Beiträge zur wissenschaftlichen Erkenntnis zu leisten.

Hier erhebt sich nun die wichtige Frage nach dem Kausalzusammenhang von Haartypus, Hitzetoleranz und Wüchsigkeit. Die nächstliegende Erklärung ist die, daß ein Haarkleid (von unerwünschtem Typus) die Temperaturregelung in einer warmen Umgebung ungünstig beeinflußt, was seinerseits zu einer Verminderung der Wüchsigkeit führt. Es ist aber auch eine andere Kausalverkettung möglich, nämlich: Wüchsigkeit – Haarkleid – Temperaturregelung. Mit anderen Worten, daß zum Beispiel eine verminderte Wüchsigkeit, oder ganz allgemein, eine schlechte Kondition zu einem unerwünschten Haarkleid-Typus führt, der seinerseits die Hitzetoleranz herabsetzt. Es ist ja bekannt, daß selbst in einem gemäßigten Klima, Tiere in einem schlechten Gesundheitszustand ein rauhes, struppiges Haarkleid entwickeln. Wahrscheinlich treffen beide der genannten Fälle zu, und es besteht qualitativ eine Dreieckbeziehung, in welcher lediglich die Frage offen bleibt nach der relativen Stärke dieser drei Größen.

Bevor wir das Haarkleid verlassen, noch einige wenige Worte zur Pigmentierung. Diese Frage erhebt sich speziell beim Rind, da dieses in seinen verschiedenen Rassen und Einzeltieren eine weite Farbskala aufweist.

In äquatornahen Regionen kann die Sonne einem Weidetier mehr Wärme zuführen, als das Tier intern durch seinen Stoffwechsel erzeugt. Da nur der-

jenige Anteil der Sonnenstrahlung thermisch wirksam wird, der vom Tier absorbiert wird, ist es notwendig, die Absorptionsfähigkeit verschieden gefärbter Haarkleider kennenzulernen. Die Absorption ist am größten bei schwarzem Haar; dann folgen in abfallender Reihenfolge rot, braun und weiß. Unter Mitberücksichtigung der Textur des Haares ergibt sich als beste Kombination für tropische Verhältnisse: kurz, glatt und hell, als schlechteste Kombination: lang, gekräuselt, dunkel. Neuere Untersuchungen deuten allerdings darauf hin, daß man die Bedeutung der Haarfarbe nicht überschätzen darf. Gut pigmentierte, zum Beispiel rote Rinder sind in heißen Gebieten sehr verbreitet, wie am Beispiel der Santa Gertrudis-Rasse ersichtlich ist. Es ist nicht ausgeschlossen, daß eine gute Pigmentierung mit einer allgemeinen Umweltsresistenz bzw. Vitalität einhergeht. Jedenfalls ist bekannt, daß totaler Albinismus gewöhnlich mit konstitutioneller Schwäche verbunden ist.

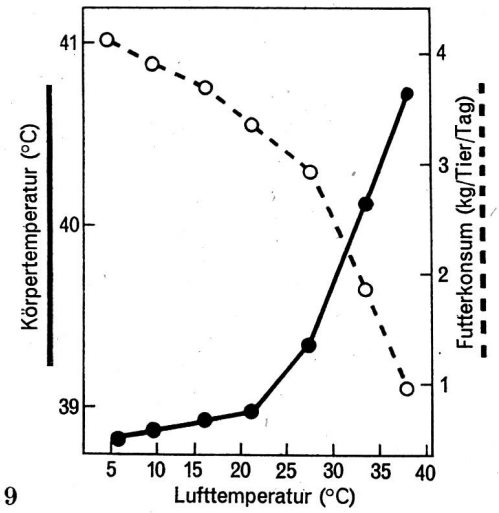
Pigment spielt aber nicht nur eine Rolle in thermischer Hinsicht. Die Anwesenheit von Pigment, speziell in der Haut, ist wichtig für die Abschirmung der kurzwelligen, also der chemisch aktiven Sonnenstrahlen. Es trifft normalerweise zu, daß Tiere, die in den Tropen beheimatet sind, wohl ein helles Haarkleid haben mögen, daß sie aber stets eine gut pigmentierte Haut haben. Beispiele hierfür sind das Zebu und das Araberpferd.

Werden Tiere mit ungenügender Hautpigmentierung von der gemäßigten Zone in die tropische Zone verpflanzt, so können strahlungsbedingte Hautentzündungen auftreten. Ein bekannter Fall ist das Hereford-Rind, das einen braunen Körper aber einen vorwiegend weißen Kopf hat, und das infolgedessen in strahlungsreichen Gebieten oft von Augenkrebs befallen wird. Eine Pigmentierung der Augenlider und der nächsten Umgebung des Auges übt bereits eine Schutzfunktion aus. Die Krankheit läßt sich somit verhüten durch die Selektion gut pigmentierter Tiere.

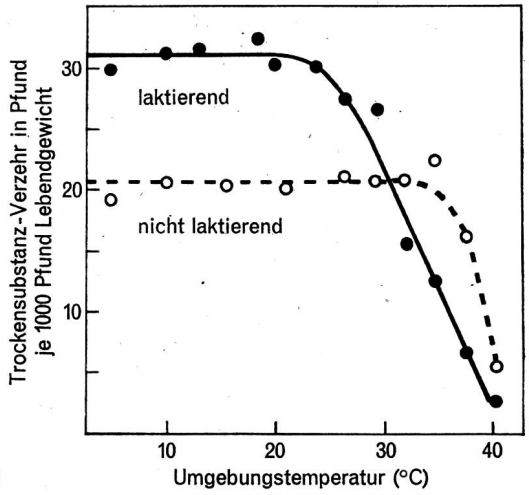
So viel über die Bedeutung der äußeren Körperbedeckung als Puffer gegenüber der klimatischen Umwelt. Gehen wir einen Schritt weiter, dringen wir in das Innere des Tieres vor und betrachten wir die Futteraufnahme in Abhängigkeit von der klimatischen Umwelt.

Die Futteraufnahme in Abhängigkeit von der klimatischen Umwelt

Auf den ersten Blick scheint dieses Thema von untergeordneter Bedeutung zu sein. Ich hoffe, Ihnen im folgenden zu zeigen, daß die Beziehung zwischen Futteraufnahme und Klima eine Schlüsselstellung einnimmt. Die meisten unter Ihnen werden in einer kalten Umgebung viel essen und warme Speisen bevorzugen, in einer heißen Umgebung dagegen weniger essen und eher kalte Speisen bevorzugen. Dies könnte lediglich auf einer Gewohnheit beruhen. Es muß aber auffallen, daß unsere Ernährungswünsche sich mit der Jahreszeit ändern, was auf einen bioklimatischen Zusammenhang hindeutet. Tierisches Leben ist in einem gewissen Sinne gleichbedeutend mit



9



10

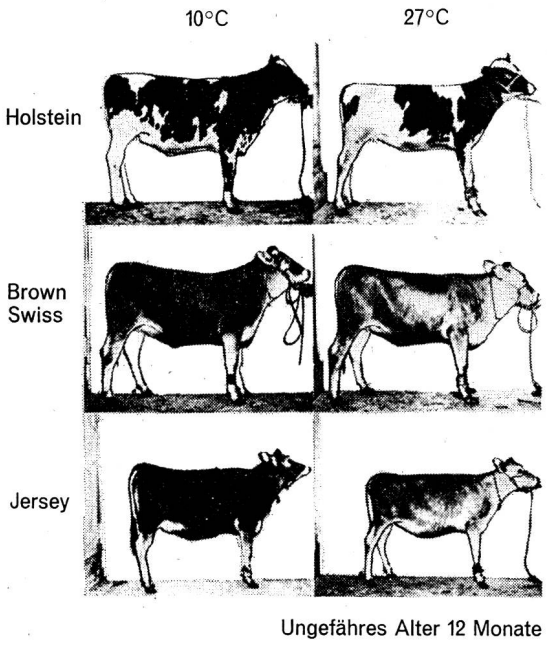
Abb. 9 Einfluß der Lufttemperatur auf Körpertemperatur und Futterkonsum von Schweinen (Gewichtsklassen 75–118 kg.) (Nach Heitman, H. und Hughes, E.H., J. Anim. Sci. *8*, 171, 1949.)
Abb. 10 Einfluß der Umgebungstemperatur auf den Trockensubstanzverzehr des Rindes. (Nach Winchester, C.F. und Morris, M.J., J. Anim. Sci. *15*, 722, 1956.)

tierischer Wärme. Zur Erzeugung von Wärme braucht es Brennmaterial. Es ist der Ausspruch gemacht worden: das Tier frißt, um sich warm zu halten, und es hört auf zu fressen, um eine Überwärmung zu vermeiden. Dies bedeutet, daß die Futteraufnahme, wenigstens unter gewissen Bedingungen, wie ein Mechanismus der Temperaturregelung funktioniert. Für dieses Verhalten möchte ich einige Beispiele angeben.

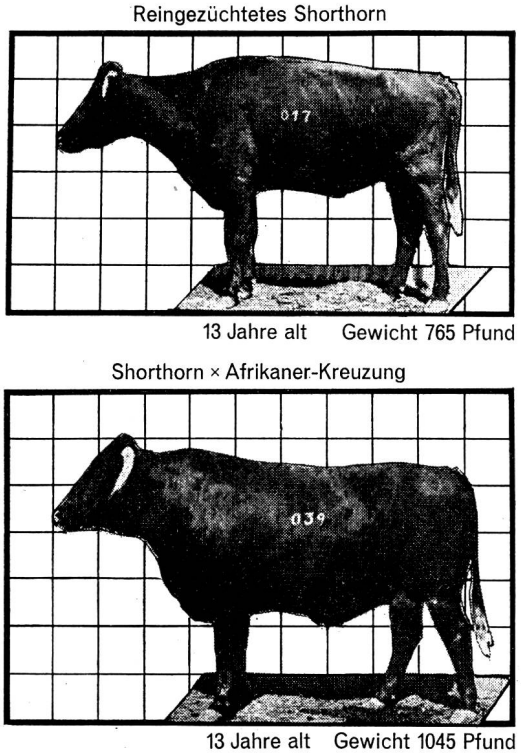
Abbildung 9 zeigt deutlich das gegensinnige Verhalten der Körpertemperatur (als Ausdruck der Wärmebelastung) und des Futterkonsums beim Schwein. Das gleiche gilt für das Rind (Abbildung 10). Auffallend ist hier der Unterschied zwischen laktierenden und nicht laktierenden Tieren. Die laktierenden Tiere beginnen bereits im Bereiche von 20° bis 25°C ihren Futterkonsum einzuschränken, weil sie durch die Milchbildung thermisch belastet sind. Die nicht laktierenden Tiere dagegen schränken ihren Futterkonsum erst oberhalb etwa 35°C ein. Grundsätzlich dasselbe Bild findet man bei der Ziege.

Aus diesen Beispielen geht hervor, daß unter Bedingungen starker thermischer Belastung des Organismus der Appetit gewissermaßen die Rolle eines Regulators spielt, der in der Kälte für eine Erhöhung der Kalorienzufuhr sorgt und der sie in der Wärme drosselt. Das ist «physiological wisdom», das heißt physiologische Vernunft, wie solche in ihrem Mechanismus größtenteils unabgeklärte, aber in ihrem Effekt zweckvolle Maßnahmen des Tieres genannt worden sind. Wir müssen allerdings präzisieren: zweckvoll im Sinne der Lebenserhaltung des Tieres, nicht aber unmittelbar zweckvoll im Sinne des Menschen, der vom Tier Nutzleistungen verlangt. Diese Situation zeigt deutlich das Primat der Temperaturregelung gegenüber anderen Körperfunktionen des Tieres.

Der Abfall der Leistungen, der bei den landwirtschaftlichen Haustieren



11



12

Abb. 11 Vertreter dreier Rinder-Rassen, die bei 10° und 27°C aufgezogen wurden. (Nach Johnson, H.D. und Ragsdale, A.C., 1959, Research Bulletin 705, Missouri Agricultural Experiment Station.)
Abb. 12 Vergleich zwischen reinem Shorthorn und Shorthorn Afrikaner-Kreuzung. (Nach: Joubert, D.M. Colonial Plant and Animal Products, IV, 1, 1954.)

unter dem Drucke extremer Klimabedingungen eintritt, ist grundsätzlich bekannt. Ich werde mich deshalb darauf beschränken, auf einige typische Beispiele hinzuweisen.

Abbildung 11 zeigt zwei Gruppen von Rindern, die bei 10° bzw. 27°C aufgezogen wurden. Eine Temperatur von 10°C bedeutet für das Rind Thermoneutralität, eine Temperatur von 27°C eine Wärmebelastung. Die in der Wärme aufgezogenen Rinder sind im Wachstum zurückgeblieben. Am deutlichsten tritt dies beim Holstein-Rind in Erscheinung. Es ist auch eine gewisse Typusdegenerierung angedeutet. Eine ausgeprägtere Degenerierung des Typus findet man bei vielen europäischen Rindern in den Tropen. Solche Tiere sind flachrippig, aufgezogen und haben einen vorgestreckten Kopf. Was für den Tierzüchter eine Typusdegeneration ist, ist für den Physiologen eine funktionelle Anpassung der Atmung bzw. eine Verschiebung gegen den typus respiratorius (siehe Abb. 12).

In der folgenden Abbildung (13) ist die Milchleistung von Holstein- und Jersey-Kühen als Funktion der Umgebungstemperatur aufgezeichnet. Die großen und kältetoleranten Holsteinkühe konnten ihre Milchleistung im Bereiche −13° bis etwa + 23°C konstant halten. Die kleinen und wärmetoleranten Jersey-Kühe fielen in ihrer Leistung ab, wenn die Temperatur unter den Gefrierpunkt sank. Dafür konnten sie ihre Milchleistung etwas weiter in den warmen Bereich hinausdehnen. Die Jersey-Rasse gilt als die bestgeeignete europäische Rinderrasse für heiße Zonen.

Welche Nutzanwendungen lassen sich aus dieser Situation ziehen? Grundsätzlich müssen wir die Tatsache, daß das Tier seinen Futterkonsum

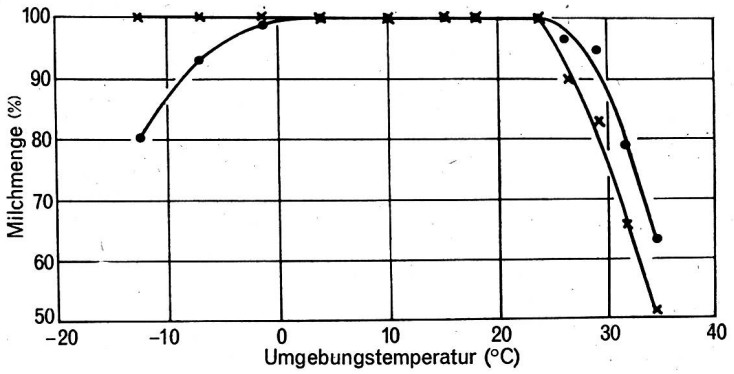


Abb. 13 Milchleistung bei verschiedenen Temperaturen, ausgedrückt als Prozent der Normalleistung. × = Holstein-Kühe, • = Jersey-Kühe. (Neugezeichnet nach: Yeck, R. G, und Stewart, R.E. (1959), Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. Saint Joseph, Michigan, Vol. 2, 71–77.)

dem Klima anpaßt, akzeptieren. Wir haben jedoch die Möglichkeit modifizierend einzugreifen, indem wir danach trachten, die richtigen Tiere in der richtigen Umwelt zu halten. Je besser ein Tier an ein gewisses Klima angepaßt ist, desto weniger wird es genötigt sein, seine Futteraufnahme in den Dienst der Temperaturregelung zu stellen. Es geht für uns darum, in der Kälte einen unwirtschaftlich hohen Futterkonsum zu verhüten und in der Wärme einen Rückgang des Appetits zu verhindern. In einer kalten Umgebung wird man somit darauf zu achten haben, daß das Tier ein gut wärmedämmendes Haarkleid hat. «Ein guter Pelz hilft Futter sparen», wie der Praktiker sagt. Wo es aus arbeitstechnischen oder hygienischen Gründen zulässig ist, empfiehlt es sich ferner, den Tieren Gelegenheit zu Gruppenbildung zu geben. Ein Dutzend Ferkel zu einem Haufen zusammengeballt, verlieren gesamthaft weniger Wärme als ein Dutzend unter sich separierter Ferkel. Dies nennt man Temperaturregelung durch Verhaltensweise (behavioural thermoregulation). Für eine warme Umgebung müssen wir wärmetolerante Tiere auswählen; denn diese haben einen höheren Schwellenwert für einen klimatisch bedingten Rückgang im Futterkonsum. Eine typische Erscheinung in den Tropen ist die, daß die Zeburinder in der Sonne weiden, während gleichzeitig die europäischen Rinder den Schatten aufsuchen und dort hechelnd herumstehen, voll damit beschäftigt, ihre überschüssige Körperwärme loszuwerden. Unter Verhältnissen, wo Nachtweide möglich ist, läßt sich hier Abhilfe schaffen. Bei den wiederkauenden Arten ist es ferner zweckmäßig, nach Möglichkeit eine rohfaserarme Ernährung zu wählen, da bei der Verdauung von Rohfaser relativ viel Abfallwärme erzeugt wird.

Nach diesen Ausführungen über den Einfluß des Klimas auf die Futteraufnahme und damit auf die Nutzleistungen der Tiere möchte ich Ihre Aufmerksamkeit auf ein Thema lenken, das die enge Verflechtung der physiologischen Funktionen des Körpers illustriert.

Die Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung von den Atmungswegen

Solange der Körper wärmer ist als seine Umgebung, kann er Wärme durch Strahlung und Konvektion an diese abgeben. Je mehr sich die Umgebungstemperatur der Körpertemperatur nähert, desto kleiner wird das Temperaturgefälle und desto kleiner auch der Wärmeabfluß. Erreicht schließlich die Temperatur der Umgebung die Temperatur des Körpers, so sind diese Wege des Wärmeabflusses blockiert. Der einzige verbleibende Weg ist die Entwärmung durch Verdunstung von Wasser. Wasser verdunstet von der Hautoberfläche beim Schwitzen und von den Atmungswegen beim Hecheln. Je nach Tierart liegt das Schwergewicht der feuchten Wärmeabgabe auf dem Schwitzen oder dem Hecheln. Das Pferd kühlt sich vorwiegend durch Schwitzen, der Hund, das Schwein und das Huhn dagegen vorwiegend durch Hecheln. Die Wiederkäuer machen einen Kompromiß, indem sie Schwitzen und Hecheln in verschiedenen Proportionen verwenden.

Wärmehecheln kann zu unerwünschten Sekundärerscheinungen führen, über die ich hier etwas sagen möchte. Mit zunehmender Wärmebelastung steigt die Atmungsfrequenz an. Dieser Anstieg wird übrigens eingeleitet durch eine erhöhte Hauttemperatur. Die Kerntemperatur spielt dabei keine Rolle. Interessanterweise ist die Haut des Hodensackes besonders empfindlich auf Wärme. Durch lokale Erwärmung des Hodensackes hat man beim Schafbock die Atmungsfrequenz auf 170 Atemzüge je min. erhöht, was seinerseits zu einem Abfall der Rektaltemperatur führte. Diese vehemente Abwehrreaktion deutet darauf hin, daß die Spermatogenese besonders schutzbedürftig ist gegen Überwärmung. Tatsächlich kann man, zum Beispiel durch Umkleiden des Hodensackes mit Filz, Sterilität erzeugen.

Mit zunehmender Atmungstätigkeit – das Minutenvolumen der Atmung kann auf das Vierfache des Normalwertes ansteigen – wird in zunehmendem Ausmaße Kohlendioxyd von den Lungen ausgeblasen. Dies führt schließlich durch Verarmung des Körpers an Säure zu einer respiratorischen Alkalose. Diese ist gekennzeichnet durch einen Abfall der Kohlendioxyd-Spannung im Blut und durch einen Anstieg des pH der Körperflüssigkeiten. Hier besteht also offensichtlich ein Konflikt zwischen den beiden Funktionen der Atmung: der Regelung des Gasaustausches des Körpers mit seiner Umgebung und der Regelung der Körpertemperatur. Unter einer starken Wärmebelastung gibt also der Körper der Temperaturregelung den Vorrang, selbst auf Kosten einer schweren Störung des Säure-Basen-Gleichgewichtes.

Die Wärmeabgabe von den Atmungswegen durch Hecheln wird also bei hoher Wärmebelastung teuer erkauft. Dazu gesellt sich noch ein weiteres Belastungsmoment. Das Tier muß bei der Atmung den für den Verdunstungseffekt notwendigen Wind durch eigene Muskelkraft erzeugen; das heißt, das Hecheln ist ein wärmebildender Prozeß. Mit zunehmender Intensität der Atmung steigt der kalorische Aufwand beschleunigt an, wodurch der Nutzeffekt abfällt. Es wird schließlich ein Punkt erreicht, wo der gesamte

Kühlungseffekt des Atmens aufgehoben wird durch die bei der Atmung erzeugte Wärme. Etwa so, wie ein Mann, der sich mit Hilfe eines Blasebalgs Kühlung verschafft, der sich aber bei der Bedienung des Blasebalgs so anstrengt, daß er ebensoviel Wärme erzeugt, wie er vom Körper entfernt. Als Ausdruck dieser Mehrarbeit findet man, daß die Herzfrequenz bei forcierter Atmung stark ansteigt.

Nach diesem «atemraubenden» Thema möchte ich zum Abschluß meiner Ausführungen ein etwas geruhsameres Thema zur Sprache bringen, nämlich die Anpassung an neue Umweltbedingungen.

Klimatische Anpassung

Wir haben bereits von klimatischer Anpassung gesprochen. Wir meinten damit die Auswahl und Neuzüchtung von Tieren, die extreme Klimabedingungen relativ gut ertragen können. Durch die Akkumulierung solcher Tiere kommt es zu einer genetischen Anpassung einer Rasse oder Population an eine gegebene klimatische Umwelt.

Neben dieser genetischen Anpassung, die sich also jeweils auf eine ganze Gruppe von Tieren bezieht, gibt es eine individuelle Anpassung, die sich auf Umstellungen innerhalb eines einzelnen Lebewesens bezieht. Eine solche Anpassung bezeichnet man als Akklimatisation. Im Speziellen können wir Akklimatisation definieren als einen Anpassungsvorgang, der eintritt, wenn ein Lebewesen wiederholt oder dauernd einer ungewohnten Klimabelastung ausgesetzt wird, der charakterisiert ist durch bauliche und funktionelle Umstellungen des Organismus und der sich in einer erhöhten Klimatoleranz manifestiert.

Nun weiß man, daß ganz allgemein schwache Reize die Lebenstätigkeit anfachen, daß mittelstarke sie beschleunigen, daß aber starke Reize sie hemmen oder sogar aufheben. Hieraus folgt, daß zur Erzielung einer Akklimatisation der Belastungsfaktor, hier also das Klima, richtig dosiert werden muß. Eine richtige Dosierung zum Beispiel der Sonnenbestrahlung führt in der Haut zu erwünschten Anpassungsvorgängen, wie Pigmentablagerung und Verdickung der Hornschicht. Dagegen führt eine Überdosierung zu Blasenbildung, Verschorfung und Verkohlung. Es ist schon die Meinung geäußert worden, daß selbst bei einer nicht übersetzten Dosierung des Klimas ein Akklimatisationszustand nicht beliebig lang aufrechterhalten werden könne. Hans Selye, der Schöpfer des bekannten Konzepts des «allgemeinen Anpassungssyndroms», glaubt, daß die Anpassungsfähigkeit eines Individuums eine beschränkte Energiemenge darstelle; daß man, mit anderen Worten, gleich wie beim Geld, nicht unbegrenzt vom Kapital zehren könne. Mit dieser interessanten Theorie könnte man vielleicht die vielfach gemachte Beobachtung erklären, wonach Lebewesen nach einer oft jahrelangen, anscheinend erfolgreichen Akklimatisation in ihrer klimatischen Toleranz nachlassen, gleichsam als ob sie sich erschöpft hätten.

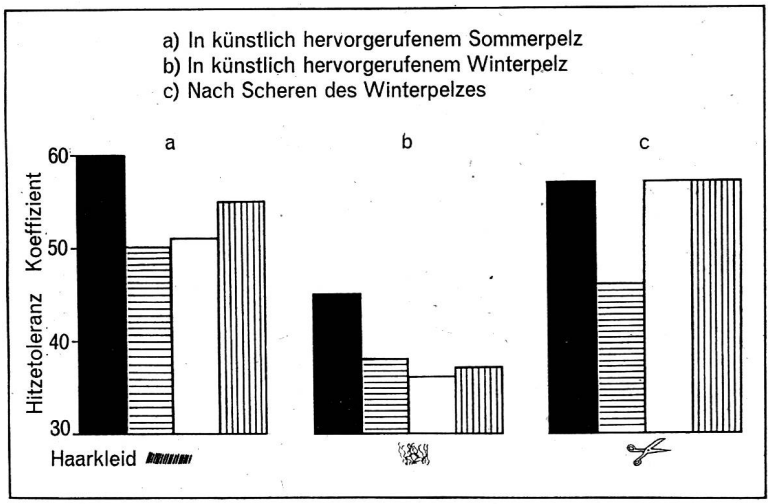


Abb. 14 Hitzetoleranz in Abhängigkeit vom Haarkleid (4 Kälber). (Nach: Yeates, N.T.M., Aust. J. agric. Res. *6*, 891, 1955.)

Der Mensch kann sich in sehr weitgehendem Maße an eine warme Umgebung akklimatisieren. Über die Akklimatisationsfähigkeit unserer Haustiere sind wir weniger gut unterrichtet. Es sind immerhin einige Umstellungen bekannt. Die augenfälligste unter ihnen ist der jahreszeitliche Wechsel im Haarkleid, das heißt ein Zyklus, in welchem ein stark wärmedämmendes Winterhaarkleid ein schwach wärmedämmendes Sommerhaarkleid ablöst (saisonale Akklimatisation). Merkwürdigerweise ist der auslösende Faktor für diesen Haarwechsel nicht in erster Linie die Lufttemperatur, wie man erwarten könnte, sondern vielmehr die Tageslänge, das heißt die Belichtung. Durch Umkehrung der natürlichen saisonalen Tageslänge ist es möglich, im Sommer Winterhaarkleider und im Winter Sommerhaarkleider hervorzurufen. Parallel dazu verändert sich auch die Hitzetoleranz der Tiere, was aus Abbildung 14 deutlich hervorgeht.

Es gibt beim Tier aber auch mehr kurzfristige Akklimatisationsumstellungen verschiedener physiologischer Größen. Bei Kälbern, die während 3 Wochen täglich einer 5stündigen Wärmebelastung ausgesetzt wurden, trat fortlaufend eine deutliche Verminderung der Wärmereaktionen ein: Rektaltemperatur, Herzfrequenz und Atmungsfrequenz stiegen zu weniger hohen Werten an. Bei Ziegen wurde eine Anpassung des Blutes an das Leben im Gebirgsklima beobachtet. Der Hämoglobingehalt des Blutes sowie die zirkulierende Gesamtblutmenge stiegen an (Abbildung 15). Die Vermehrung der zirkulierenden Gesamtblutmenge ging anfänglich auf Kosten der Blutspeicher, denn das Reserveblutvolumen blieb zunächst niedrig. Gegen Ende der Alpungsperiode speicherten die Tiere in vermehrtem Maße Blut, woraus geschlossen wurde, daß zu dieser Zeit die Neubildung von roten Blutkörperchen so weit fortgeschritten war, daß es für den Organismus tragbar war, größere Reserven an roten Blutkörperchen anzulegen. Diese Blut-

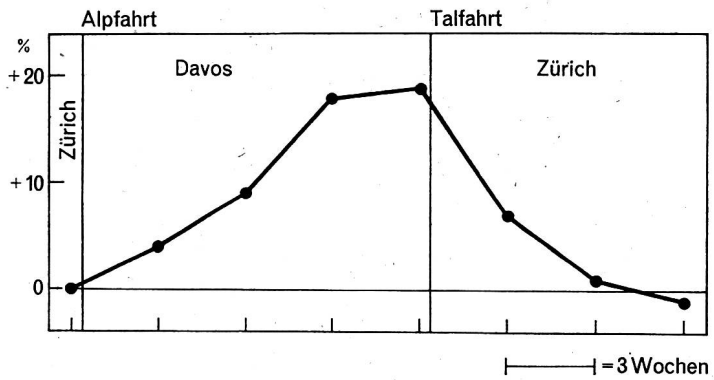


Abb. 15 Anstieg der Gesamtblutmenge der Ziege während eines dreimonatigen Alpaufenthaltes (Mittelwerte aus drei Tieren). (Nach: Bianca, W. (1951), Schweiz. Arch. Tierheilk. XCIII, 468.)

anpassung mag dazu beigetragen haben, daß die Ziegen in der zweiten Hälfte der Alpung ein erhöhtes Körperwachstum zeigten.

Schlußwort

Meine Damen und Herren, wir haben zusammen einige Probleme der Bioklimatologie der Haustiere besprochen, und ich habe mich bemüht, Ihnen ein vielseitiges und nicht allzu schwer verdauliches Menu vorzusetzen. Werfen wir einen kurzen Rückblick auf unsere Menukarte.

Wir begannen mit einer Jahreszahl (1571) um anzudeuten, daß die Fragestellung nicht neu sei, wohl aber die Mittel zu ihrer Lösung. Wir unterhielten uns dann über Klima und Wetter und sahen, daß der warmblütige Organismus sich vor allem mit den thermisch wirksamen Klimafaktoren auseinandersetzen muß, daß er innerhalb der Letaltemperaturen lebensfähig ist, daß er aber innerhalb der Behaglichkeitszone optimal funktioniert. Hieraus ergaben sich zwei wichtige Aufgaben der Bioklimatologie der Haustiere: Die Anpassung des Klimas an das Tier – ein technisches Problem innerhalb eines wirtschaftlichen Rahmens – und die Anpassung des Tieres an das Klima – ein biologisches Problem. Wir fanden dann, daß zur Lösung beider Aufgaben das Abhängigkeitsverhältnis Klima–Tier erforscht werden müsse und betrachteten zusammen 4 Beispiele; nämlich das Haarkleid als Puffer gegen die klimatische Umwelt, die Futteraufnahme als ein Mechanismus der Temperaturregelung und die hieraus sich ergebenden Konsequenzen für die Nutzleistungen; dann die Atmungskühlung als Beispiel für die enge Verflechtung der verschiedenen Körperfunktionen, und schließlich die Akklimatisation, das heißt die physiologische Anpassung des Individuums an verschiedene klimatische Bedingungen.

Résumé

Les observations empiriques sur l'influence exercée par le climat sur les animaux remontent déjà à quelques centaines d'années. Mais on n'a commencé qu'il y a environ 20 ans à étudier selon des méthodes scientifiques les rapports existant entre l'animal

domestique et son habitat climatique. A cet égard, il est intéressant d'observer les réactions immédiates de l'animal quant au temps ainsi que les modifications à long terme qu'il subit sous l'influence du climat.

L'organisme à sang chaud est au premier chef menacé par le froid et par la chaleur, donc par les éléments météréologiques thermiques actifs. Grâce à la régularisation de sa température, il peut se maintenir en vie dans les vastes limites de la température ambiante. Mais pour obtenir un rendement maximum d'un animal, il est important que ses mécanismes régulateurs de température soient sollicités dans une mesure aussi faible que possible.

Les deux tâches essentielles de la bioclimatologie des animaux domestiques sont: l'adaptation de climat à l'animal – un problème technique dans les limites d'un cadre économique –, et l'adaptation de l'animal au climat – un problème biologique. La solution de ces deux problèmes doit être recherchée dans l'interdépendance climat – animal. Cela est prouvé par 4 exemples: le pelage, tampon contre le milieu climatique; l'ingestion, mécanisme de la régulation de la température et les conséquences qui en dérivent pour la productivité; le rafraîchissement de la respiration, exemple de l'interdépendance des diverses fonctions corporelles; enfin, l'acclimatation, l'adaptation physiologique de l'individu à différentes conditions climatiques.

Riassunto

Già nei secoli precedenti si fecero occasionalmente delle osservazioni empiriche circa l'influenza degli animali domestici a conto del clima. Tuttavia solo verso gli ultimi anni si è incominciato a ricercare sistematicamente, con metodi scientifici, i rapporti causali tra l'animale domestico e il suo ambiente climatico. Al riguardo interessano sia le reazioni degli animali a breve durata sul tempo, sia gli spostamenti di esso a lungo termine rispetto al clima.

L'organismo a sangue caldo è anzitutto minacciato dal freddo e dal caldo, quindi dagli elementi meteorologici con effetto termico. Grazie alla regolazione della sua temperatura, l'animale può mantenersi in vita entro vasti limiti della temperatura ambientale. Per raggiungere lavori economici efficienti è tuttavia importante che i meccanismi, i quali regolano la temperatura degli animali, siano possibilmente poco influenzati, il che presuppone un ambiente di temperatura che in relazione è strettamente limitato.

I due compiti principali della bioclimatologia degli animali domestici sono: l'adattamento del clima all'animale – un problema tecnico entro un inquadramento economico – e l'accomodamento dell'animale al clima – un problema biologico. Per la soluzione dei due problemi si deve esaminare il rapporto di dipendenza fra clima ed animale. Ciò si indica con 4 esempi: il pelame quale tampone di fronte all'ambiente circostante; l'ingestione del foraggio quale meccanismo per regolare la temperatura e le conseguenze che ne derivano per i lavori efficienti; poi il rinfrescamento della respirazione, quale esempio per lo stretto intreccio delle funzioni corporee ed infine l'acclimatazione, l'adattamento fisiologico dell'individuo a diverse condizioni climatiche.

Summary

Occasional empirical observations on the effects of the climate on domestic animals have been made already in earlier centuries. A systematic investigation with scientific methods into the causal relationship between domestic animals and their climatic environment has begun only some twenty years ago.

Research in this field deals with short-term reactions to weather as well as with long term adjustments to climate. The main threat to the homoiothermic organism comes from heat and cold. By virtue of its thermoregulative mechanisms the animal

is able to survive within a wide range of environmental temperatures. In order to obtain economic production, however, the thermoregulatory mechanisms of the animal should be called upon as little as possible, which demands a relatively narrow range of environmental temperature.

Animal bioclimatology has two main objects: (1) to adapt the climate to the animal – a technical problem within an economic framework, and (2) to adapt the animal to the climate – a biological problem. For the solution of both these problems it is necessary to study closely the relationship between the animal and its climatic environment. Four examples are given for such studies: the hair coat acting as a buffer against the thermal environment; food intake functioning as a mechanism of temperature regulation and the resulting consequences for production; evaporative cooling from the respiratory tract as an example of the close inter-relationship of the various body functions; and finally acclimatization, that is adaptive changes of the individuum to changing climatic conditions.

Institut für infektiöse und parasitäre Krankheiten,
Tierärztliche Fakultät, Universität Zagreb/Jugoslawien

Differentialdiagnose der Leptospirose beim Pferd

Von I. Zaharija

I. Allgemeines über die Leptospirose beim Pferd mit geschichtlichem Rückblick

Auf Grund der Befunde mehrerer Autoren [18, 34, 25, 15, 7, 9, 11, 26, 21, 22, 23, 28, 29] kann behauptet werden, daß sich die Leptospirose beim Pferd durch klinische Symptome als selbständige Krankheit äußert. Diese Feststellung schließt die Möglichkeit von subklinischen und inapparenten Formen der Leptospirose beim Pferd nicht aus.

Schüffner (zit. Van Heelsbergen [10]) war der erste, der an die Möglichkeit gedacht hat, daß Weil'sche Krankheit auch beim Pferd vorkommt, da Pferdeseren L. icterohaemorrhagiae lysieren. Nieschulz und Wawo-Roentoe [23] waren die ersten, die Füllen mit L. ichth. infiziert und nach mehreren Passagen tödliche Infektionen hervorgerufen haben. Sie betonten, daß bis damals (1930) spontane Infektionen des Pferdes mit Leptospiren nicht bekannt waren und betrachteten daher das Pferd als ein auf Leptospiren refraktäres Tier.

Die klinisch-manifeste Leptospirose beim Pferd (KMLP) wurde zuerst in Rußland entdeckt (Ljubašenko und Novikova [18]). Die KMLP wurde zum zweiten Mal in Kroatien (Zaharija [34]) nachgewiesen und später in den Vereinigten Staaten von Nordamerika (Roberts, York und Robinskon [25]), in der Schweiz (Krapf und Brunner [15]), in Rumänien (Gluhovski, Topciu, Neta und Glavan [7]), in Ungarn (Hirt, Kasza und Kemenes [11]), in der Tschechoslowakei (Sova [28, 29]), in Bulgarien (Nedjalkoff und Stojanoff [22]), in Italien (Messieri [21]), in der DDR (Schulz und Rauch [26]) und in verschiedenen anderen Ländern.