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: 137 (1995)

Heft: 1

Artikel: Max Kleiber : Leben und Werk

Autor: Reber, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-589399

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: 09.12.2025

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

Max Kleiber – Leben und Werk

R. Reber

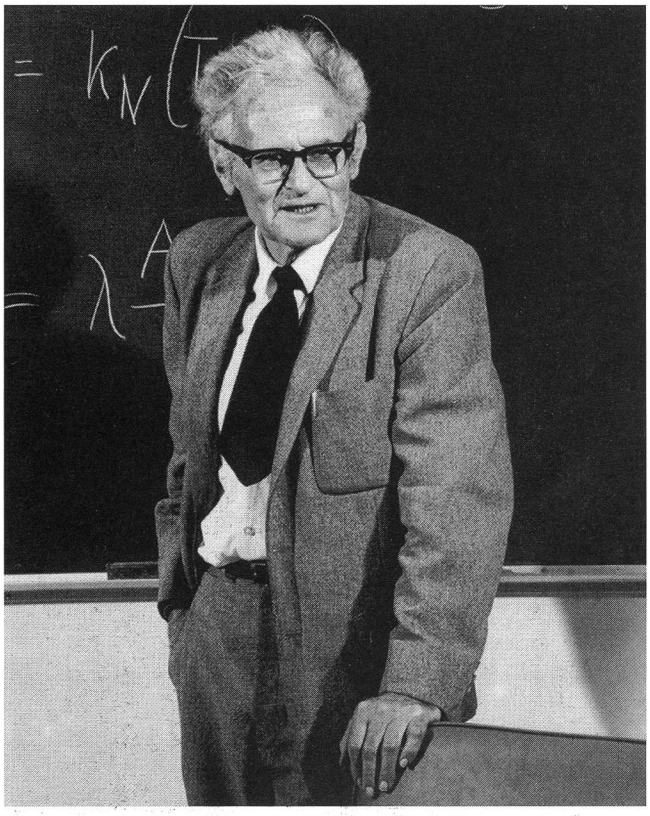

Abbildung 1: Professor Max Kleiber

Max Kleiber wurde als Bürger von Biel-Benken am 4. Januar 1893 in Zürich geboren. Nach dem Tode seines Vaters, einem Chemiker, im Jahre 1902 zog Max mit seiner Mutter und seiner Schwester in sein Heimatdorf und verlebte seine Kindheit inmitten der Landwirtschaft, der er sich zeitlebens verbunden fühlte. Nach Abschluss der obligatorischen Schulzeit besuchte er die zwei Jahreskurse der Landwirtschaftsschule Rütti in Zollikofen, bevor er in die landwirtschaftliche Abteilung der ETH in Zürich eintrat, wo er drei Semester Agronomie studierte. Sein Unabhängigkeitsdrang und Idealismus führten ihn in jungen Jahren nach Kanada, in den nur von wenigen Menschen bewohnten Norden Albertas, wo er mit zwei Freunden zusammen versuchte, in der Landwirtschaft tätig zu sein. Er bemerkte allerdings bald, dass die praktische Tätigkeit als Landwirt weder seinen Eignungen noch seinen Neigungen entsprach, und so war er froh, als Hauslehrer in einer benachbarten Kolonistenfamilie Unterricht geben zu können. Bei Ausbruch des ersten Weltkriegs wurde Max Kleiber zurückbeordert, um Militärdienst zu leisten. Diesen absolvierte er in der Feldartillerie, wo er Zugang zu Pferden hatte und die Möglichkeit erhielt, seine mathematischen Kenntnisse anzuwenden. Er absolvierte die verschiedenen Beförderungsdienste und wurde Leutnant, verweigerte aber im März 1917 den Militärdienst. Max Kleiber stand inzwischen den religiös-sozialistischen Ideen eines Leonhard Ragaz nahe; dieser ging davon aus, dass das Reich Gottes durch den Aufbau einer sozialistischen Gesellschaftsordnung auf Erden angekündigt werde. In seiner bekannt gewordenen Verteidigungsrede vor dem Militärgericht begründete er seine Verweigerung unter anderem mit der Hoffnung auf die sozialistische Internationale – es war die Zeit der russischen Revolution, die in vielen die Hoffnung auf eine gerechtere Gesellschaft weckte. Diese Gedanken mögen nach dem Zusammenbruch des Kommunismus in Osteuropa unzeitgemäss erscheinen, sie zeigen aber die Hoffnung, den Idealismus und das Feuer, die Kleiber zeit seines Lebens kennzeichneten.

Max Kleiber erhielt die Erlaubnis, seine Strafe aufzuschieben, um an der ETH das Studium zu beenden. Allerdings musste er erfahren, dass er als Folge der Aberkennung der bürgerlichen Rechte aus der ETH ausgeschlossen wurde, was zu ausgedehnten Protesten und Resolutionen der Studenten führte (Zihlmann, 1992).

Die viermonatige Gefängnisstrafe nutzte er, um ein Buch zu lesen mit dem Titel «Die Gesetze des Energieverbrauchs bei der Ernährung» von Max Rubner – damit war das Thema in Max Kleibers Forscherleben gegeben. Doch so ganz alleine ist Max Kleiber nicht auf die Idee gekommen, eine Forscherkarriere einzuschlagen: Er arbeitete ausserhalb Zürichs in einer Kooperative, die von jungen Leuten betrieben wurde. Dort besuchte ihn Professor Georg Wiegner, sein künftiger Doktorvater, und überzeugte den jungen Idealisten, dass er der Menschheit besser dienen könne, wenn er etwas tue, was er könne, als wenn er sich abmühe, etwas zu tun, wofür er nicht qualifiziert sei. Später hat Max Kleiber sein Hauptwerk – das Buch «Fire of life» – seinem Lehrer und Förderer Georg Wiegner gewidmet.

Seine Studien schloss er 1920 an der ETH ab, wo er 1924 bei Professor Wiegner zum Thema «Über die elektrische Konservierung von saftigem Futter» doktorierte. Er fand dabei heraus, dass Konservierung von Grünfutter («saftigem Futter») mit Hilfe eines elektrischen Stroms überhaupt nicht möglich ist. Die Entwicklung verschiedener Respirationsapparate zum Studium des Energiehaushal-

tes bei Kaninchen und Schafen sowie seine Forschung über Futterverwertung und Futtermittelbewertung (Habilitation 1928: Studien über Futterbewertung und Futterwirkung) brachte dem mittlerweile 36jährigen Privatdozenten einen Ruf an die University of California in Davis, wo er bis an sein Lebensende blieb.

Er befasste sich mit der Frage des Grundumsatzes, welcher abhängig von der Körpergrösse ist. Der Grundumsatz ist die minimale Rate des Energiewechsels, d.h. wieviel Energie ein Tier pro Tag an die Umgebung abgibt. Ist das Tier nüchtern, verbrennt es nicht Nahrung, sondern Körpersubstanz. Die Frage war, ob der Grundumsatz proportional dem Gewicht oder der Oberfläche ist. Rubner beobachtete bereits im letzten Jahrhundert den Grundumsatz von Hunden zwischen 3 und 31 Kilogramm und leitete die Regel ab, dass fastende Warmblüter pro Tag eine Megakalorie Wärme pro m^2 ihrer Körperoberfläche produzieren, unabhängig von ihrer Körpergrösse. Das Oberflächengesetz konnte weiter bestätigt werden, wie die Zusammenstellung von Voit zeigt (Tab. 1).

Man kann deutlich sehen, dass der Grundumsatz pro Kilogramm Körpergewicht mit abnehmendem Körpergewicht ansteigt, dass aber der Grundumsatz pro Quadratmeter Oberfläche für alle Tiere konstant bleibt.

Die Oberflächentheorie des Grundumsatzes birgt aber zwei Probleme in sich: Erstens konnte sie theoretisch nur unbefriedigend erklärt werden. Und zweitens war die Messung der Körperoberfläche ein Problem, da sie zu ungenaue Resultate lieferte. Da im Gegensatz zur Körperoberfläche das Körpergewicht eindeutig bestimmt werden kann, wurden Näherungsformeln zur Berechnung der Körperoberfläche aus dem Gewicht entwickelt. Richet zum Beispiel berechnete die Oberfläche seiner Kaninchen unter der Annahme, dass sie Kugeln wären mit der Dichte von 1 kg pro Liter. Er erhielt die Formel $S=4.84W^{2/3}$. Praktisch alle Näherungsformeln zur Ermittlung der «wahren» Körperoberfläche rechneten mit der 2/3-Potenz.

Max Kleiber stellte verschiedene Untersuchungen zum Grundumsatz und Körpergewicht zusammen (Tab. 2).

Tabelle 1: Das Oberflächengesetz, nach Voit (1901). Aus Kleiber (1967, 160)

Tier	Anzahl der Messungen	mittleres Gewicht kg	Wärmeproduktion Kilokalorien pro Tag pro kg	pro m^2 Oberfläche
Pferd[2]	8	441	11,3	948
Schwein	2	128	19,1	1078
Mensch	5	64,3	32,1	1042
Hund	15	15,2	51,5	1039
Kaninchen	5	2,3	75,1	776
Gans	6	3,5	66,7	1018
Huhn	2	2,0	71,0	1008

[1] Voit (1901)

[2] Alle Tiere hatten gefastet ausser dem Pferd, dessen Hungerstoffwechsel durch Abzug der kalorigenen Wirkung der Nahrung geschätzt wurde.

Tabelle 2: Umsatzrate und Körpergewicht. Aus Kleiber (1967, 175)

Gruppe	Tier	Autoren	Körpergewicht kg	Umsatzrate kcal/Tag
A. Daten, die für die Berechnung der Regression benutzt wurden				
1	Mäuse	Benedict u. Lee (1936)	0,021	3,6
2	Ratten, 200–300 Tage alt	Kleiber, Smith u. Chernikoff (1956)	0,282	28,1
3	Meerschweinchen	Benedict (1938)	0,410	35,1
4	Kaninchen	Tomme u. Loria (1936)	2,98	167
5	Kaninchen	R. Lee (1939)	1,52	83
6	Kaninchen		2,46	119
7	Kaninchen		3,57	164
8	Kaninchen		4,33	191
9	Kaninchen		5,33	233
10	Katze	Benedict (1938)	3,00	152
11	Äffchen	Benedict (1938)	4,2	207
12	Hund	Galvao (1942)	6,6	288
13	Hund		14,1	534
14	Hund		24,8	875
15	Hund	De Beer u. Hjort (1938)	23,6	872
16	Ziege	Benedict (1938)	36,0	800
17	Schimpanse	Bruhn u. Benedict (1936)	38,0	1090
18	Schafe	Lines u. Pierce (1931)	46,4	1254
19	Schafe		46,8	1330
20	Frauen	McKittrick (1936)	57,2	1368
21	Frauen	Lewis, Iliff u. Duval (1943)	54,8	1224
22	Frauen	McCrery, Wolf u. Bavousett (1940)	57,9	1320
23	Kühe	Benedict u. Ritzman (1935)	300	4221
24	Kühe	Kleiber, Regan u. Mead (1945)	435	8166
25	Mastkühe, jung	Kleiber, Goss u. Guilbert (1936)	482	7754
26	Kühe	Benedict u. Ritzman (1935)	600	7877

Er rechnete Regressionsgleichungen für diese Daten und sah, dass der Grundumsatz der 3/4-Potenz des Körpergewichts näher liegt als der berechneten Oberfläche (2/3-Potenz des Körpergewichts) oder dem Körpergewicht selbst (Abb. 2).

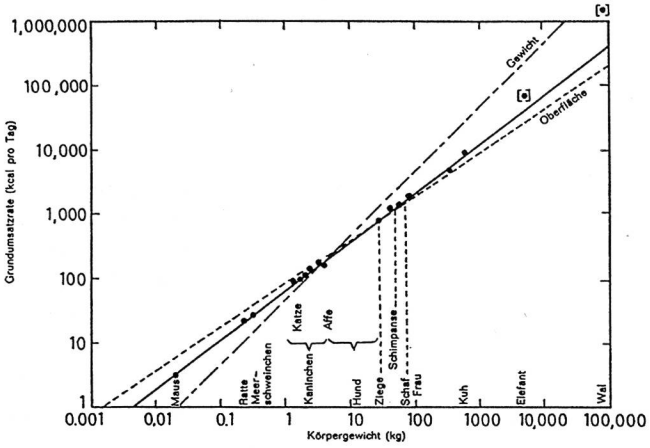

Abbildung 2: Logarithmische Beziehung zwischen Grundumsatz und Körpergewicht. Aus Kleiber (1967, 176)

Diese Beziehung führte zu folgender Regressionsgleichung:

$$\log H = 1.83 + 0.756 \log G$$

wobei H = Grundumsatzrate in kcal pro Tag
G = Körpergewicht in kg

Daraus ergab sich die heute noch grundlegende Formel zur Berechnung des Hungerumsatzes: $H = 70G^{3/4}$, d.h. unter standardisierten Bedingungen beträgt die Intensität des Umsatzes erwachsener Warmblüter im Durchschnitt 70 kcal pro $kg^{3/4}$ pro Tag oder 3 kcal pro $kg^{3/4}$ pro Stunde. Kleiber schlug die 3/4-Potenz des Körpergewichts als Einheit der metabolischen Körpergrösse vor. Auch die heutigen Energiebedarfsnormen beruhen auf der metabolischen Körpergrösse, wie sie Kleiber vorgeschlagen hat.

Die Einflüsse auf die Umsatzrate, die Kleiber erforscht hat, sind vielfältig: Körpergrösse (wie vorhin besprochen), die Umgebungstemperatur, Nahrungsdefizite, Alter, Anästhesie, Aufbau des Körpergewebes, Laktation, Schwangerschaft, Hunger und hormonale Einflüsse.

1933 stellte Max Kleiber die Hypothese auf, dass der Wirkungsgrad der Futterausnutzung und des Milchproduktionsvermögens unabhängig von der Körpergrösse seien. In Tabelle 3 können wir sehen, dass die Tiere etwa das Fünffache der Energiemenge aufnehmen, die sie bei Ruhe und Hunger verlieren. Dies zeigt, dass der Wirkungsgrad der Futterausnutzung unabhängig von der Körpergrösse ist.

Die Vermutung, dass der Wirkungsgrad des Milchproduktionsvermögens unabhängig von der Körpergrösse sei, konnte Kleiber anhand der Daten von Eckles nachweisen, indem er zeigte, dass die Milchproduktionsleistung pro $kg^{3/4}$ konstant bleibt, d.h. unabhängig von der metabolischen Körpergrösse ist (Tab. 4). Diese Hypothese wurde in den dreissiger Jahren von Brody und seinen Mitarbeitern bestätigt durch Vergleiche zwischen gros-

Tabelle 3: Relatives und spezifisches Fressvermögen. Aus Kleiber (1967, 259)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5) =(4):(3)	(6)	(7) =(6):(4)	(8) =(6):(3)
Tier	Körpergewicht	Metabolische Körpergrösse	täglicher Grundumsatz pro Tier	pro $kg^{3/4}$	tägliche Aufnahme von Futterenergie pro Tier	Fressvermögen relativ	spezifisch
	W	$W^{3/4}$	B				
	kg	$kg^{3/4}$	kcal	$\frac{kcal}{kg^{3/4}}$	kcal		$\frac{kcal}{kg^{3/4}}$
Küken	0,078	0,15	12,2	81	54	4,4	360
Kaninchen	2,36	1,9	95	50	480	5,0	253
Schaf	50	18,8	1300	60	5730	4,4	305
Schwein	130	38,5	2460	64	14000	5,7	364
Ochse	427	94,2	7620	81	42400	5,6	450
Ochse	444	96,4	8480	88	36000	4,2	374

Tabelle 4: Körpergrösse und Milchleistung von Kühen. Aus Kleiber (1967, 260)

Schlag	Milch pro Jahr	Fett	Energie in Milch pro Jahr	Körpergewicht	Energie in Milch pro Jahr	
	kg	%	Mcal	kg	$\frac{Mcal}{kg}$	$\frac{Mcal}{kg^{3/4}}$
Jersey	2500	5,0	2180	386	5,65	25,1
Schwarzbunte	4100	3,45	2770	568	4,87	23,9

Nach Eckles, C. H., Dairy Cattle and Milk Production, rev. Ed. (1924)

sen und kleinen Kühen, zwischen Kühen und Ziegen sowie zwischen Kühen und Ratten.

Nach dem Zweiten Weltkrieg begeisterte sich Kleiber während eines Aufenthaltes beim späteren Nobelpreisträger Conrad Bloch in Chicago für die Anwendung radioaktiver Isotopen zum Studium des Stoffwechsels. Mit dieser Technik erforschte er in Davis – zusammen mit dem von ihm gebildeten «Davis tracer team for metabolic research» – die komplizierten Vorgänge im Tierkörper bei der Umwandlung von Futterstoffen in Milch. So wurde er zu einem Pionier der Anwendung radioaktiver Isotopen bei Kühen.

Schürch (1976) beschreibt Kleiber als hartnäckigen Forscher: Als ein Mathematiker für ihn eine komplizierte Differentialgleichung löste, konnte dies Kleiber nicht zufriedenstellen; er baute aus Laboratoriumsmaterialien einen Analogierechner auf hydraulischer Basis, mit dessen Hilfe er das Ergebnis ermitteln konnte. Dies entspricht der Haltung, welche er an einer Jahresschlussvorlesung seinen Studenten an der landwirtschaftlichen Fakultät in Davis mitgegeben hat: *«Ein Student, der ein Wissenschaftler werden will, sollte gegenüber allen Fragen eine Haltung des Zweifels und der Unsicherheit einnehmen. Wissenschaft erfordert fragende Unsicherheit auf Kosten des seelischen Friedens.» (Nach Schürch, 1976, 292.).*

Seine Forschung trug Max Kleiber weltweite Anerkennung von Fachkollegen ein. Er erhielt verschiedene Preise und 1961 den Ehrendoktortitel der University of California. Max Kleiber war nicht nur ein begnadeter Forscher, sondern auch ein beliebter Lehrer und Autor vieler wissenschaftlicher Publikationen. Sein Hauptwerk, «Fire of life» (dt. «Der Energiehaushalt von Mensch und Haustier»), zeigt ihn als einen höchst interessanten Intellektuellen, der ein enormes Wissen weit über sein Fachgebiet hinaus besass. So beschäftigten ihn z. B. Fragen des Hungers auf der Welt als Folge der falschen Verteilung der eigentlich zur Genüge vorhandenen Nahrungsmittel, oder des Weltfriedens, der ihm ein grosses Anliegen war. Als ihm 1953 in Chicago der Morrison Award der American Society of Animal Production überreicht wurde, geschah dies mit folgender Begründung: *«Der Preisträger hat eine philosophische Haltung gegenüber der Forschung, die unter Forschern über Tierproduktion zu selten anzutreffen ist. Er akzeptiert keine Schlüsse ohne eine gründliche Prüfung der Beweise. Er ist wahrlich ein unabhängiger Denker, der zu unserer Denkweise beiträgt wie zu unserem Wissen über Energieumsatz und Futterwirkung.»*

Max Kleiber war in erster Ehe mit einer Schweizerin verheiratet, die ihm eine Tochter gebar. Nach dem Tode der ersten Frau verheiratete er sich mit einer Amerikanerin; aus dieser Ehe gingen zwei Söhne und eine Tochter hervor. Er blieb bis ins hohe Alter ein gefragter und faszinierender Dozent. Er starb 1976 im Alter von 83 Jahren. Die University of California hat schon zu seinen Lebzeiten ihm zu Ehren ein Vorlesungsgebäude nach ihm benannt: Die Kleiber Hall.

Literatur

Kleiber M. (1967). *Der Energiehaushalt von Mensch und Haustier.* Hamburg: Paul Parey (orig. 1961: *The fire of life.* New York: Wiley).

Schürch A. (1976). Professor Dr. Max Kleiber zum Gedächtnis. *Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde, 36,* 291–293.

Zihlmann V. (1993). s Brodbegge Max. *Baselbieter Heimatblätter, 58,* 1–12.

Dank

Ich danke Prof. A. Schürch für seine Hinweise und die Literatur, die mir beim Abfassen dieser Arbeit sehr hilfreich waren.

Korrespondenzadresse: Rolf Reber, Schützenweg 18, CH-3014 Bern

DIANA.
Computersoftware für Gross- und Kleintierpraxen

brunner & hess software ag
PC-Lösungen aus Entwicklerhand
Dienerstrasse 64 Tel. 01/242 20 10
CH-8004 Zürich Fax 01/241 33 02