© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zoologicalbulletin.de; www.biologiezentrum.at

BONNER
ZOOLOGISCHE BEITRÄGE

Heft 1–2 Jahrgang 6 1955

Eine neue Methode der Altersbestimmung von Kleinsäugern

(Durchgeführt an *Microtus arvalis.*)

Von
BRIGITTE HAGEN

(Mit 2 Abbildungen)

Es sei mir erlaubt, zuerst denjenigen zu danken, die mir diese Untersuchungen ermöglichten: dem Kultusministerium des Landes Nordrhein-Westfalen für weitgehende Unterstützung, Herrn Dr. Heinrich Wolf, Bonn, für großzügige Befürwortung der Arbeit und Herrn Dr. Fritz Frank, Oldenburg, für die Überlassung des Untersuchungsmaterials.

Seit Zoologen sich eingehender mit Kleinsäugern beschäftigen, besteht der Wunsch, das Alter der erbeuteten Tiere möglichst genau zu bestimmen. Oft ist dies nicht nur interessant, sondern wird auch wichtig im Zusammenhang mit den Fragen der Jugendentwicklung, des Haarwechsels, der Generationsfolge, Wanderungen, sozialen Einstufung und dergleichen. Man hat das Alter mit den verschiedensten Kriterien zu ermitteln versucht: mit dem Gewicht des Tieres, mit seinen Maßen wie Kopfrumpf-, Hinterfuß- und Schädellänge und nicht zuletzt mit dem Abkauungsgrad der Zähne. Aus der Summe dieser Merkmale konnte man das Alter vermuten, aber es blieb doch immer weitgehend der subjektiven Beurteilung des Einzelnen überlassen. Selbst die schon wesentlich genauere Bestimmung nach der Größe der Hoden und Ovarien ist nur bedingt brauchbar, da ja die Geschlechtsteile außerhalb der Fortpflanzungsperiode weitgehend zurückgebildet sind.

Es gilt ein Merkmal zu finden, das vom Alter allein bestimmt wird, unabhängig von anderen Einflüssen. Ich glaube, dieses Merkmal im stetigen Wachstum der Epiphysen an den Schwanzwirbelenden gefunden zu haben.

Alter und Knochenwachstum

Angeregt durch das „Bone-age" der wissenschaftlich arbeitenden Ärzte Amerikas (Reynolds, Pyle u. a.) verfolgte ich den Gedanken der langsamen Epiphysenverknöcherung als Anhaltspunkt zunehmenden Alters. Es ist bekannt, daß bestimmte Epiphysen des Menschen in ganz bestimmtem Alter zu Epiphysenlinien verknöchern. Bei Reihenuntersuchungen an Schulkindern wird so das „Bone-age" bestimmt, das genauer und für die Entwicklung entscheidender ist als Klasseneinstufung und Jahresaltersangabe. Im „Handbuch der Anatomie des Kindes" weist auch Hasselwander

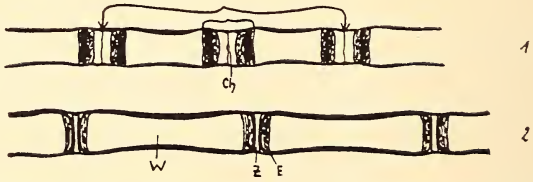
SMITHSONIAN INSTITUTION FEB 24 1959

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zoologicalbulletin.de; www.biologiezentrum.at

auf ähnliche Feststellungen hin und zieht nach den Befunden krankhafter Erscheinungen den Schluß, daß Keimdrüse und Schilddrüse Wachstum und Verknöcherung beeinflussen. Das Schilddrüsensekret bewirkt bei gesteigerter Abgabe eine Zunahme des Knochen- und Knorpelwachstums, bei verminderter Abgabe eine Hemmung. Die Keimdrüse regelt das Gleichgewicht im Wachstum von Knochen und Knorpel. Beim Auftreten von Keimdrüsenhormonen wird die Knorpelproduktion beendet. Damit beginnt der endgültige Schwund aller noch vorhandenen Epiphysenknorpel.

Auch einige amerikanische Zoologen, vor allem Becks und Petridges, haben an Fußwurzel- und Extremitätenknochen von Ratten und Eichhörnchen die Verknöcherungsvorgänge genauer untersucht, zum Teil mit Hinweisen zu einer möglichen Altersbestimmung. Watson's Arbeit über „an age indicator" bei Wildkaninchen war mir leider bisher nicht zugänglich.

Da nun beim Menschen die Epiphysen des Beckens am längsten bis zur endgültigen Verknöcherung brauchen, war es naheliegend, die entsprechenden Verhältnisse bei Kleinsäugern, d. h. in diesem Falle bei Feldmäusen, zu untersuchen. Der Grad der Verknöcherung bei den Beckenepiphysen der Kleinsäuger ist jedoch schlecht zu erfassen, ganz abgesehen von der etwas mühsamen Präparation eines Mäusebeckens; die Methode soll ja nicht nur brauchbar, sondern auch praktisch sein. Die beckennahen Schwanzwirbel aber zeigen im durchscheinenden Licht die deutlich voneinander abgesetzten Knochen- und Knorpelanteile. Sie gleichen einer Sprossenleiter, wobei der Knorpelanteil — undurchsichtig wie Milchglas — die Sprosse vertritt und der Knochen — hellgelb und durchsichtig — der Zwischenraum zu sein scheint. Ist der Schwanz allerdings ganz frisch, so wirken die Wirbelkörper meist wie dunkle, schmale Rechtecke, voneinander getrennt durch die hellen Zwischenwirbelscheiben.



Schwanzwirbel eines jungen (Nr. 1) und eines alten (Nr. 2) Tieres
Nr. 1: ca. 2 Monate altes Tier
Nr. 2: ca. 1 Jahr altes Tier

Ch = Chordarest Z = Zwischenwirbelscheibe
E = Epiphyse W = Wirbelkörper

Wachstum der Schwanzwirbel

An den Schwanzwirbeln läßt sich also besonders deutlich der jeweilige Grad der Verknöcherung erkennen. Das Wachstum der Schwanzwirbel erfolgt wie das der anderen Wirbel. Nach einer ersten Verknöcherung von außen, die sich manschettenförmig um den Wirbelkörper legt, geschieht

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zoologicalbulletin.de; www.biologiezentrum.at

alles weitere Wachstum und auch die Verknöcherung von innen, ausgehend vom Knochenkern. Zwischen zwei aneinandergrenzenden Wirbelkörpern liegt die Zwischenwirbelscheibe (siehe Zeichnung!). Sie enthält in ihrer Mitte einen Chordarest, der aus einer sülzigen Masse besteht und der einen gewissen Wachstumsdruck auf das ihn umgebende knorpelige Gewebe ausübt. An der Grenze des mehr und mehr verknöchernden Wirbelkörpers und der knorpeligen Zwischenwirbelscheibe liegt die Epiphyse. Sie ist die Wachstumszone des Wirbelkörpers und, solange der Wirbel wächst, bleibt sie knorpelig. Erst nach abgeschlossenem Wachstum verknöchert auch sie schließlich und es bleibt nur eine Linie an der Stelle ehemaligen Wachstums, die Epiphysenlinie. Das Wachstum des Wirbels erfolgt also im wesentlichen durch Streckung an seinen beiden Enden; das Dickenwachstum ist minimal und spielt keine entscheidende Rolle. Auch das Knorpelwachstum der Zwischenwirbelscheibe ist ziemlich gering. Hauptsächlich festigt sich die Knorpelsubstanz im Laufe der Zeit und wächst im übrigen nach allen Seiten gleichmäßig, so daß bei älteren Tieren die Knorpelzone etwas „angeschwollen" erscheint. Die Knochenzone des Wirbels streckt sich also erheblich, während der Knorpelanteil nahezu gleich bleibt, ja durch Verknöchern der Epiphysen sogar etwas abnimmt. Dadurch verschiebt sich das Verhältnis von Knorpel zu Knochen langsam, aber stetig, zugunsten des Knochenanteils. So läßt sich das Alter des Tieres am Grad der Verknöcherung ablesen: Man mißt die Länge des verknöcherten und die des knorpeligen Anteiles; das Verhältnis der beiden Werte ergibt die Altersdiagnose.

Meßtechnik

Am besten arbeitet man mit bloßem Auge oder einfacher Lupe und bei durchfallendem Licht, hält also den Schwanz gegen eine Lichtquelle (Fenster, Lampe). Immer werden zwei nebeneinanderliegende Wirbel gemessen, und zwar der 8. und 9. Wirbel. Dadurch verringern sich die Ungenauigkeiten beim Messen dieser relativ kleinen Werte. Die Wirbel werden vom Ende des Schwanzes aus gezählt — absichtlich —, denn das Schwanzende ist eindeutig, wogegen die Schwanzwurzel ohne ein Herauspräparieren des Beckens nicht immer zu sehen ist. Man muß die Schwanzwirbelsäule nur sauber aus der Schwanzhaut herausziehen, wie dies beim Abbalgen sowieso geschieht. Der 8. und 9. Wirbel liegen bei Feldmäusen ungefähr in der Mitte. Der 8. Wirbel ist meist der letzte der wirklichen „Schwanzwirbel", d. h. derjenigen, die distal deutlich immer kleiner werden. Der 9. Wirbel ist meist der erste der „rumpfnahen" Wirbel, also der Wirbel mit nur geringen Größenunterschieden. Der Knorpelanteil, der gemessen wird, liegt zwischen diesen beiden Wirbeln.

Sind die Schwänze getrocknet — langgestreckt nach 1—2 Tagen —, so ist der sülzige Chordarest der Zwischenwirbelscheibe am meisten ge-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zoologicalbulletin.de; www.biologiezentrum.at

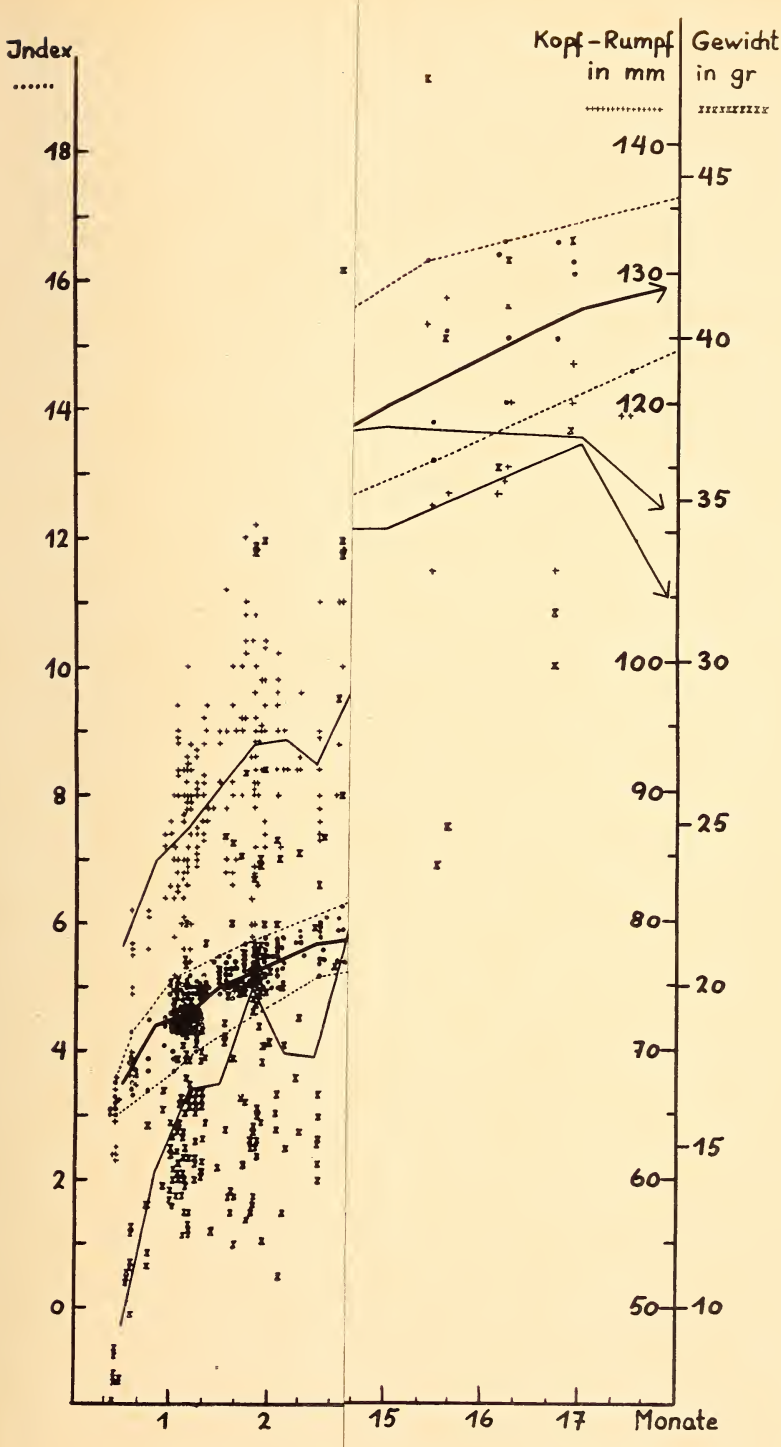
schrumpft. Dann ist die ursprüngliche Wölbung der Zwischenwirbelscheibe in der Mitte etwas eingezogen und nicht selten sieht man eine feine Linie, die sich durch die ganze Zwischenwirbelscheibe zieht. Das ist gewissermaßen ein Trockenheitsriß. Obwohl ganz frische Schwänze eindeutigere Werte liefern, da ja Knorpel stärker schrumpft als Knochen, empfehle ich doch das getrocknete Material, weil es übersichtlicher ist und nicht durch Blutergüsse oder dergleichen irreführen kann. Man setzt also die eine Spitze der Schublehre an der in der Mitte etwas geschrumpften Stelle der Zwischenwirbelscheibe an und greift über zwei Wirbel und eine knorpelige Zwischenwirbelscheibe bis zur Mitte der dritten Zwischenwirbelscheibe (siehe Zeichnung!). Man hat dann zwei komplette Wirbel mit zwei Zwischenwirbelscheiben (1 ganze + 2 halbe) gemessen, also doppelte Werte und entsprechend doppelte Genauigkeit wie bei der Vermessung eines Wirbels. — Der nun zu messende Knorpelanteil zwischen beiden Wirbelkörpern besteht aus der Zwischenwirbelscheibe und den sie von beiden Seiten umgebenden Epiphysen, die ebenfalls knorpelig sind, solange sie wachsen. Bei jungen Tieren sind diese Wachstumszonen breit und stark durchblutet und wirken wie dunkle Bänder neben der hellen, knorpeligen Zwischenwirbelscheibe. Bei ausgesprochen alten Tieren sind sie oft nur mehr als feine Striche zu erkennen und keine Blutgefäße verdunkeln diese Zone. Man muß danach trachten, dieses Maß möglichst exakt zu messen.

Auswertung

Dividiert man nun die Länge beider Wirbelkörper durch die Länge des dazwischenliegenden Knorpelanteiles, so erhält man eine Verhältniszahl, die bei jungen Tieren sehr niedrig ist, mit zunehmendem Alter der Tiere aber ständig wächst. Ein 2 Monate altes Tier hat z. B. eine doppelte Wirbellänge von 5,5 mm, der Knorpelanteil ist 1,0 mm lang; es ergibt sich daraus 5,5 : 1,0 = 5,5 , also ein Index von 5,5. Bei einem 6 Monate alten Tier ergeben z. B. die entsprechenden Messungen 5,2 : 0,7 = 7,4, bei einem 9 Monate alten Tier z. B. 6,1 : 0,6 = 10,1 und bei einem 20 Monate alten Tier 5,3 : 0,3 = 17,6. Man ersieht daraus auch, daß die absoluten Maße unwesentlich sind, sonst könnten 6 oder 20 Monate alte Tiere keine geringeren absoluten Wirbellängen haben als ein 2 Monate altes Tier. So kommt es auch vor, daß gleichaltrige Tiere trotz gleicher Indexwerte verschiedene absolute Maße haben, z. B. zwei 7 Monate alte Tiere mit 5,2 : 0,6 = 8,6 und 4,3 : 0,5 = 8,6.

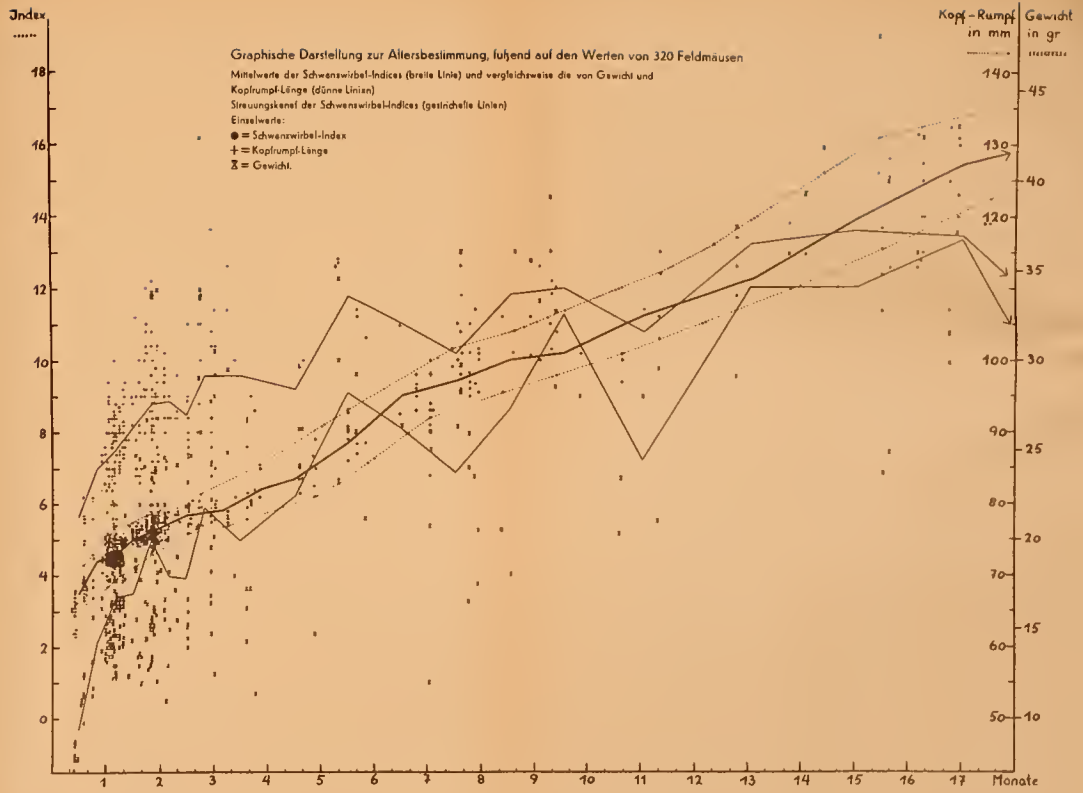
Diese Ergebnisse zeigen deutlich wie das Verhältnis von Knochen zu Knorpel dem Alter entsprechend festgelegt ist, mit anderen Worten: das stetige Wachstum an den Wirbelenden und schließlich deren Verknöcherung wird in erster Linie vom Alter bestimmt. Krankhafte Wachstumsstörungen können diese Zusammenhänge ändern, wie dies beim Menschen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zoologicalbulletin.de; www.biologiezentrum.at



© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zoologicalbulletin.de; www.biologiezentrum.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zoologicalbulletin.de; www.biologiezentrum.at



© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zoologicalbulletin.de; www.biologiezentrum.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zoologicalbulletin.de; www.biologiezentrum.at

von der Rachitis bekannt ist. Alle anderen Wachstumseinheiten wie Gewicht, Größe und Länge verschiedener Körperabschnitte (Hinterfuß, Ohr) sind weit mehr von äußeren Einflüssen abhängig. Außerdem zeigen sie in ihrer Entwicklung die typische parabolische Wachstumskurve, so daß sich nach einigen Wochen oft nur mehr sagen läßt, daß das Tier erwachsen ist.

Auf beigefügter Kurve wurde versucht, diese Wachstumsvorgänge deutlich zu machen. Sie gründet sich auf 320 Feldmäuse mit präzisen Altersangaben. Sie entstammen Zuchten, die in 50×25×25 cm großen Käfigen untergebracht waren, und die nach dem Absäugen wurfweise oder in größeren Sammelkäfigen bis zu 40 Exemplaren gehalten wurden. Geburts- und Todesdaten sind genau notiert, Maße und Gewicht wurden nach dem Tode genommen. Die Werte von Gewicht, Kopf-Rumpf-Länge und die der Schwanzwirbel-Indices sind auf den Tag genau eingetragen, und zwar sowohl als Einzelwerte, als auch im Mittelwert in ausgezogenen Linien. Die Eintragung der Einzelwerte veranschaulicht die Streuung der drei genommenen Maße. Diese ist bei Gewicht und Größe erheblich, die Schwanzwirbel-Indices liegen dagegen in einem relativ sehr schmalen Streuungskanal (gestrichelte Linie), der sich gegen Ende zu erweitert. Das ist ganz natürlich, denn das Wachstum der Wirbelenden ist dann abgeschlossen; es erfolgt nur mehr die endgültige Verknöcherung bis zur Epiphysenlinie. Deshalb wird die auf 1—2 Monate genaue Altersbestimmung bei über 1jährigen Tieren ungenauer. Es kann aber nie vorkommen wie bei Größe und Gewicht, daß z. B. ein 3 Monate altes Tier Werte eines 1jährigen aufweist. Die Mittelwerte (berechnet nach Weber 1948) bringen dies zum Ausdruck. Die Kurven der Mittelwerte von KR-Länge und Gewicht sind nach anfänglich rapidem Anstieg ziemlich starken Schwankungen unterworfen, sie heben und senken sich übrigens in gleichem Rhythmus und nehmen am Ende sogar wieder ab. Die Mittelwerte der Schwanzwirbel-Indices dagegen steigen langsam, aber stetig, fast linear an. Sie zeigen also nicht die Tendenz der allgemeinen Wachstumskurven, sich zu Beginn durch schnellen Anstieg zu wölben, um dann auf annähernd gleicher Höhe zu bleiben, sondern bilden eine flach, aber stetig ansteigende Linie. Aus diesem Grund ergibt sich eine gleichmäßig fortlaufende Meß-Skala zur Bestimmung des Alters.

Ist sie in ihren Werten für jede Art einmal festgelegt, so braucht man nach Bestimmung des Index das Alter dort nur mehr abzulesen. Freilich erscheint das einfacher als es ist, denn vor eine endgültige Lösung des Problems schieben sich noch manche Fragen, so z. B.: Ergeben sich bei anderen Arten dieselben Werte? Verläuft dieser Vorgang bei Freilandtieren genau so oder wird er vielleicht durch die winterliche Kälte beeinflußt?

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zoologicalbulletin.de; www.biologiezentrum.at

Die vorliegende Arbeit ist nur eine vorläufige Mitteilung und erhebt keinerlei Anspruch darauf, vollständig und endgültig zu sein. Weitere Untersuchungen, besonders an Langschwanzmäusen, sind im Gange. Soweit sie bis jetzt zu überblicken sind, ergibt sich keine Abweichung gegenüber den Ergebnissen bei den Feldmäusen. Dabei sollen auch die Schädelmaße herangezogen werden, um vergleichsweise absolutes Knochenwachstum zu zeigen.

Eine endgültige Klärung, ob die Wachstums- und Verknöcherungsvorgänge an den Schwanzwirbeln von Umweltsfaktoren beeinflußt werden können oder nicht, müssen Untersuchungen an markierten Freilandtieren bringen. Man kann aber schon jetzt eine kleine Übersichtstabelle für Feldmäuse zusammenstellen, aus der sich eine „Faustregel" ableiten läßt.

Übersichtstabelle

Alter in Tagen	Schw. Indices, Mittelwerte	Min. u. Max.	Alter in Monaten	Schw. Indices, Mittelwerte	Min. u. Max.
10— 20	3,48	3,0—4,3	4— 5	6,77	6,2— 7,3
20— 30	4,36	3,4—4,5	5— 6	7,72	6,6— 8,6
30— 40	4,60	3,7—5,2	6— 7	9,03	8,4— 9,6
40— 50	5,03	4,4—5,5	7— 8	9,41	8,4—10,3
50— 60	5,25	4,7—5,8	8— 9	10,00	9,1—10,8
60— 70	5,44	5,0—5,9	9—10	10,17	10,0—11,0
70— 80	5,70	5,2—6,1	10—12	11,26	10,2—12,4
80— 90	5,72	5,4—6,3	12—14	12,23	11,8—13,2
90—100	5,85	5,4—6,1	14—16	13,94	12,9—16,2
100—110	6,00	5,6—6,3	16—18	15,46	14,0—16,5
110—120	6,40	6,0—7,1			

Faustregel

Knorpel zu Knochen	Alter in Monaten
Knorpel größer als Knochen:	unter 1 Monat
1 : 1	ca. 1 Monat
1 : 1¼	1 — 1½ Monate
1 : 1½	1 — 2 Monate
1 : 1¾	2 — 3 Monate
1 : 2	2½— 4 Monate
1 : 2½	4 — 5 Monate
1 : 3	5 — 6 Monate
1 : 4	7 — 9 Monate
1 : 5	9 —12 Monate

Zusammenfassung

Das stetige Wachstum an den Wirbelenden von Kleinsäugerschwänzen wird zu einer neuen Methode der Altersbestimmung verwandt. Die Untersuchungen wurden zunächst an einem Material von 320 Feldmäusen mit präzisen Altersangaben durchgeführt. Knochen- und Knorpelanteil der

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zoologicalbulletin.de; www.biologiezentrum.at

Schwanzwirbel stehen je nach dem Alter in einem ganz bestimmten Verhältnis zueinander. Durch Wachstum und Verknöcherung verschiebt sich mit zunehmendem Alter dieses Verhältnis zugunsten des Knochenanteiles. Durch diese gleichmäßig fortlaufende Verschiebung läßt sich das Alter des Tieres auf 1—2 Monate genau bestimmen.

Schrifttum

Becks, H., Simpson, M. E., Evans, H. M. (1945): Ossification at the proximal tibial epiphysis in the rat.
I. Changes in females with increasing age.
II. Changes in females at progressively longer intervals following hypophysectomy.
Anat. Rec. Philadelphia 92/1945, pp. 109—116 and 121—129.

Becks, H., Asling, C. W., Simpson, M. E., Evans, H. M., Li, C. H. (1948): Ossification at the distal end of the humerus in the female rat. — Amer. J. Anat. Philad. 82/2 — 1948, pp. 203—229.

Becks, H. and others (1948): Changes with increasing age in the ossification of the third metacarpal of the female rat. — Anat. Rec. Philadelphia 100/1948, pp. 577—591.

Greulich, W. W. and Pyle, S. I. (1950): Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist.— Stanford Univ. Press, Stanford, California, 1950.

Hasselwander, A. (1938): Entwicklung des Skeletts, aus: Handbuch der Anatomie des Kindes, von Peter, Wetzel, Heiderich. 1938. S. 402 u. ff.

Petridges, G. A. (1951): Notes on age determination in squirrels. J. Mammal. 32/1951, pp. 111—112.

Reynolds, E. L. and Asakawa, T. (1950): A comparison of certain aspects of body structure and body shape in 200 adults. — American Jour. of Physical Anthropol. Vol. 8. N. S./3, 1950.

Shelton, E. K. and Skeels, R. F. (1952): Growth and development. Ciba Clinical Symposia, Vol. 4./1, 1952.

Weber, E. (1948): Grundriß der biologischen Statistik für Naturwissenschaftler und Mediziner. — Verlag Fischer, Jena.

Watson, J. S. and Tyndall-Biscoe, C. H. (1953): The apophyseal line as an age indicator for the wild rabbit Oryctolagus cuniculus. N. Z. J. Sci. Tech. 34 B/1953, pp. 427—435.

Anschrift des Verfassers: Dr. Brigitte Hagen, Bonn, Museum A. Koenig, Koblenzer Str. 164

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Bonn zoological Bulletin - früher Bonner Zoologische Beiträge.

Jahr/Year: 1955

Band/Volume: 6

Autor(en)/Author(s): Hagen Brigitte

Artikel/Article: Eine neue Methode der Altersbestimmung von Kleinsäugern (Durchgeführt an Microtus arvalis.) 1-7