

N^o 27. **W. Huber, U. Graf und I. Wandeler**, Bern. —
Zur Biometrie des Säugetierschwanzes (Vorläufige
Mitteilung). (Mit 14 Textabbildungen)

1. FRAGESTELLUNG

Der Säugetierschwanz, der von dem einheitlich gestalteten Reptilienschwanz abzuleiten ist, zeigt in bezug auf die relative Länge und die Zahl der Wirbel eine kaum noch zu überbietende Formenmanigfaltigkeit. Ihm steht eine grosse Zahl verschiedener Schwanzfunktionen gegenüber, die schon wiederholt Gegenstand biologisch-anatomischer Untersuchungen gewesen ist. So hat z.B. JULITZ (1909) die Osteologie und Myologie des Greifschwanzes beim Wickelbär (*Cercoleptes caudivolvulus*) beschrieben und seine Anpassung an das Baumleben zu erfassen versucht. In neuester Zeit studierte ANKEL (1962) die Skelettmorphologie des Greifschwanzes südamerikanischer Affen (*Platyrrhina*). Auf der anderen Seite sind auch die Schwanzfunktionen vieler Säugetiere ohne Berücksichtigung biologisch-anatomischer Fragestellungen beschrieben und analysiert worden. So z.B. von HORNER (1954) vergleichend und experimentell bei Nagern der Gattung *Peromyscus*, von denen sich einige Arten an das Baumleben angepasst haben und dabei den Schwanz als Balancierorgan gebrauchen. BOPP (1954) hat wohl als erster eine biologische Systematik der Schwanzfunktionen bei den Wirbeltieren versucht. Er konnte dabei zeigen, wie vielfältig neben den wohl primären mechanischen die vegetativen, die animalischen und die psychischen Schwanzfunktionen besonders bei den Säugern sind.

Bei der biologisch-anatomischen Betrachtung des Säugetierschwanzes standen bisher die mechanischen Erfordernisse im Vordergrund. Dies in der richtigen Annahme, dass sie sich am ehesten oder am stärksten im Bau und in der Zahl der Wirbel auswirken. Da jedoch ein Vergleich auf breiter Basis nicht möglich war, blieb die Zuordnung einer bestimmten Funktion zu bestimmten Formeigentümlichkeiten wohl in vielen Fällen zu einseitig. Wie BOPP (l.c.) zeigen konnte, dienen die Säugetierschwänze meist

verschiedenen Zwecken und so ist damit zu rechnen, dass ihre Morphologie vieldeutig ist.

Beobachtungen an verschiedenen Schwanzskeletten zeigten uns, dass die Wirbellängen von proximal nach distal in gesetzmässiger Weise zu oder abnehmen. Es lag daher nahe, die "Wirbelgradienten" biometrisch zu fassen und zu versuchen, sie mit bestimmten Schwanzfunktionen zu korrelieren. Dabei waren wir uns klar darüber, dass mit der Wirbellänge nur ein Merkmal erfasst wird, eines, von dem wir zunächst nicht wissen konnten, ob es sich für die Aufdeckung funktioneller Zusammenhänge eignen würde. Weiter fehlt bei unserer Untersuchung die Relation zwischen Schwanzlänge und der Länge der ganzen Wirbelsäule, die funktionell erheblich sein könnte. Untersuchungen in dieser Richtung sind geplant.

2. MATERIAL UND METHODE

Wir haben bisher 30 Schwanzskelette aus der Sammlung des Naturhistorischen Museums Bern und 50 Schwanzskelette aus der Sammlung des Anatomischen Instituts der Universität Bern gemessen. Davon sind 51 in dieser Mitteilung verwertet.

Die Länge der einzelnen Wirbel wurde mit der Schieblehre an den Wirbelkörpern bestimmt. Zunächst versuchten wir, die absoluten Messwerte graphisch darzustellen (Abszisse: Wirbelnummern von proximal nach distal, Ordinate: zugehörige Wirbellängen). Die so erhaltenen Graphika waren wegen der sehr unterschiedlichen Schwanz bzw. Wirbellängen schwer lesbar. Deshalb errechneten wir die relativen Wirbellängen und wählten als Bezugsgrösse jeweils den längsten Schwanzwirbel (= 100%). Als Schwanzwirbel No. 1 bezeichnen wir den ersten freien Wirbel hinter den miteinander verwachsenen Sacralwirbeln. Diese Definition des ersten Schwanzwirbels ist vergleichend-anatomisch gesehen etwas problematisch, funktionell-anatomisch jedoch vertretbar.

Unserer Fragestellung entsprechend gedachten wir zunächst Schwänze mit gleicher Funktion zusammenzufassen. Es zeigte sich jedoch bald, dass dies nicht möglich ist, einmal, weil keine umfassende biologische Systematik der Schwanzfunktionen existiert und unsere Kenntnisse nicht ausreichten, eine solche zu entwerfen, dann aber auch, weil sich das von uns gewählte Kriterium der Wirbellänge für eine funktionelle Betrachtung nur bedingt als

brauchbar erwies. So entschlossen wir uns zu einer Gruppierung der Messresultate nach der zoologischen Systematik. Bei den Rodentia trennten wir ferner aus Gründen der Übersichtlichkeit nach dem Kriterium der Schwanzlänge. Leider fehlten bei einzelnen Präparaten die distalen Schwanzwirbel. Wie wir sehen werden, ist dieser Mangel für unsere Betrachtung nicht wesentlich. Einzelne Kurven zeigen in ihrem Verlauf Unregelmässigkeiten, die höchst wahrscheinlich auf falsche Montage der Schwanzkelette zurückzuführen sind. Wir haben sie nur korrigiert, wenn der Fehler offensichtlich war. Um Unregelmässigkeiten sicher beurteilen zu können, müsste man von der gleichen Tierart oder von der gleichen Gattung mehrere Wirbelsäulen untersuchen können. Die Kurven sind also auf Grund der relativen Wirbellängen gezeichnet. Bei jeder Kurve bzw. Tierart ist die absolute Länge des grössten Wirbels vermerkt, sodass die realen Schwanzdimensionen doch beurteilt werden können.

3. ERGEBNISSE

Die Abbildung 1 gibt die Charakteristik der relativen Schwanzwirbellängen von vier Beuteltieren. Es zeigt sich bei allen die gleiche Gestzmässigkeit. Die relativen Längen des ersten Wirbels liegen zwischen 45—60% des Maximalwertes, der beim 6.—8. Wirbel erreicht wird. Darauf fällt die Wirbellänge bis auf 20—30% des Maximalwertes ab. Der Abfall verläuft dabei umso steiler, je weniger Schwanzwirbel vorhanden sind, kann also direkt nicht funktionell gedeutet werden. Wir halten fest, dass sich die Stützfunktion des Känguruhschwanzes in den relativen Wirbellängen nicht ausdrückt, ebensowenig wie die Funktion des Schwanzes als Halteorgan beim Opossum (*Didelphys marsupialis*). Unregelmässigkeiten wie der Längenabfall zwischen dem ersten und dem zweiten Wirbel beim Bennetkänguruh (*Macropus bennetti*) oder die Längenzunahme zwischen den Wirbeln 19 und 20 beim Opossum vermögen wir nicht zu deuten. Der erste ist, wie aus dem Vergleich mit dem Riesenkänguruh (*Macropus giganteus*) hervorgeht, nicht funktionell zu verstehen, bei der zweiten dürfte dies zutreffen. Aus dem Vergleich des so unterschiedlichen Schwanzgebrauches beim Känguruh einerseits und der Beutelratte (*Didelphidae*) ergibt sich, dass die für Beuteltiere offenbar verbindliche Charakteristik der Wirbellängen für den Stützschwanz eines biped hüpfen-

den Tieres ebenso geeignet ist wie für den Wickelschwanz eines Baumbewohners. Die Schwanzwirbel erscheinen, was ihre Länge angeht, als stabile Einheiten, die ganz verschiedenen funktionellen Erfordernissen gerecht werden. Bei den Känguruhs drückt sich die Stützfunktion des Schwanzes dagegen in der mächtigen Entwicklung der Muskulatur und der entsprechenden Vergrößerung ihrer Ansatzflächen besonders an den proximalen Wirbeln aus.

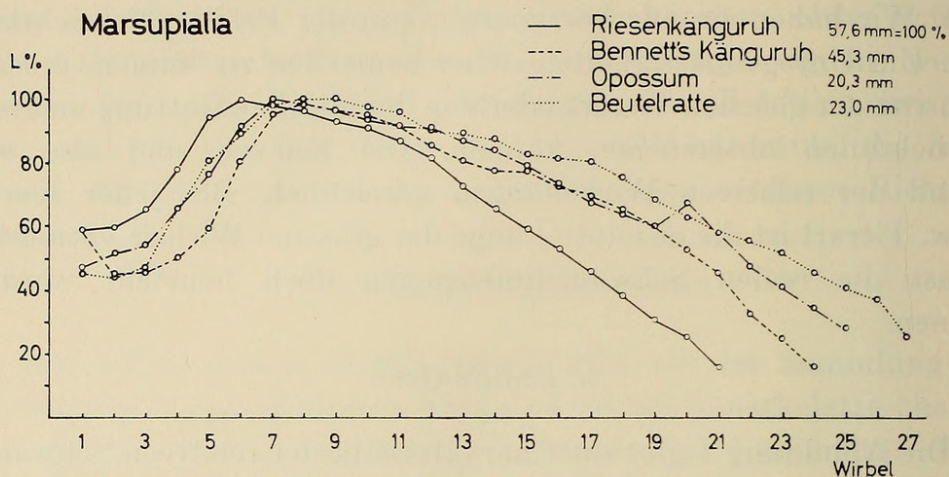


ABB. 1.

Die Abbildung 2 gibt die relativen Wirbellängen für zwei Vertreter der Edentaten wieder. Die Längenunterschiede zwischen den aufeinander folgenden Wirbeln sind kleiner als bei den Beuteltieren, was sich im flachen Verlauf der beiden Kurven ausdrückt. Wie aus dem Vergleich mit den Abbildungen 3 ff. hervorgeht, sind kleine Unterschiede in den Wirbellängen für Schwänze mit hohen Wirbelzahlen charakteristisch. Die Kurve für den grossen Ameisenbär (*Myrmecophaga tridactyla*) zeigt im Prinzip die gleiche Charakteristik wie jene der Beuteltiere, mit dem Unterschied, dass der erste Wirbel verhältnismässig länger ist (78%) und dass die Maximale Länge erst beim 9. Wirbel erreicht wird. Dieser Schwanz mit dem langen borstigen Behang scheint wenig spezialisiert zu sein. Er wird horizontal getragen, dient dem schlafenden Tier als Kälteschutz und ist darüberhinaus Ausdrucksorgan.

Der Schwanz des Tamandua (*T. tetradactyla*) weicht bis zum 9. Wirbel vom gegebenen Schema ab. Seine proximalen Wirbel sind relativ länger als beim grossen Ameisenbär. Ob diese Besonder-

heit funktionell gedeutet werden darf, bleibt fraglich. Man könnte daran denken, weil die Tamanduas ihren Schwanz beim Klettern in den Bäumen als Halteorgan gebrauchen. Eine solche Deutung ist

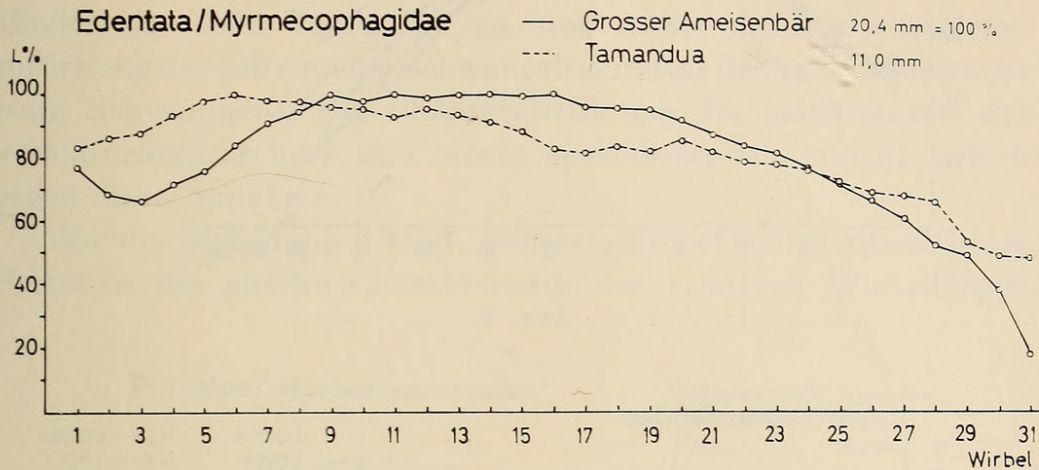


ABB. 2.

deshalb problematisch, weil die proximalen Schwanzwirbel bei den neuweltlichen Fünfhandaffen nicht verlängert sind.

In den Abbildungen 3, 4, und 5 sind, nach Familien geordnet, die Schwanzcharakteristiken von Raubtieren widergegeben. Von einzelnen Ausnahmen abgesehen, zeigt sich eine bemerkenswerte Übereinstimmung in dieser doch recht polymorphen Säugetierordnung. Die meisten dieser Schwänze dienen als Kompensationssteuer bei raschen Wendungen. Diejenigen der Marder dienen zudem auch als Balancierorgan beim Klettern und dank der langen Behaarung auch als "Flugapparat". Daneben haben sie alle, wie wir vom Wolf, vom Haushund und von der Hauskatze wissen, wichtige psychische Funktionen. Die relative Länge des ersten Wirbels liegt bei 35—60% der grössten Wirbellänge, die fast ohne Ausnahme beim 6.—10. Wirbel erreicht wird. Relative Längen von 20—40% am distalen Ende sind die Regel. Wesentlich von dieser Charakteristik weichen die Schwänze des Fuchses, des Luchses (Stummelrute), des Dachses und des Fischotters ab. Bei den letzten beiden liegt die relative Länge des ersten Wirbels wesentlich über der Norm. Der flachere Abfall der Kurven in der hinteren Schwanzhälfte hängt mit der Wirbelzahl zusammen.

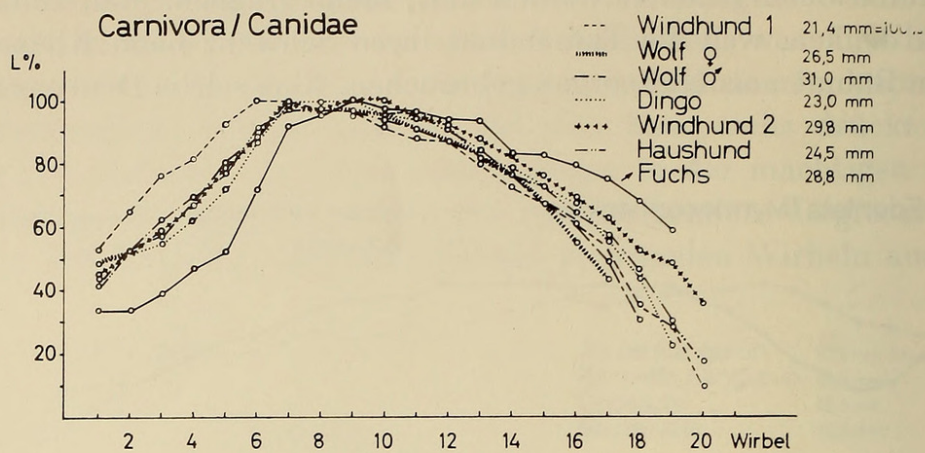


ABB. 3.

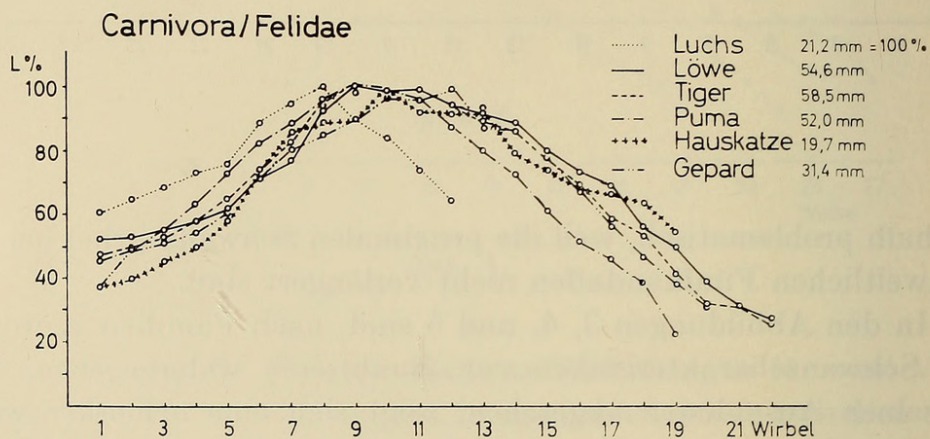


ABB. 4.

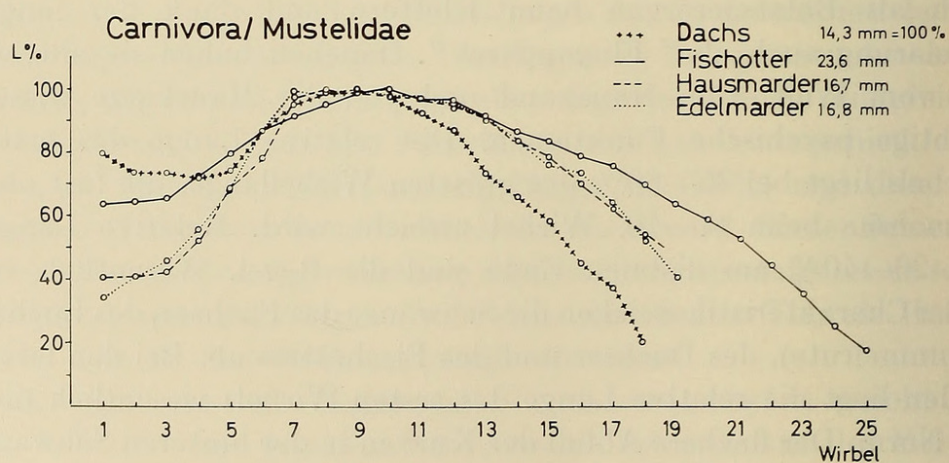


ABB. 5.

Interessant ist der Stummelschwanz beim Luchs. Der Lineare Abfall der Kurve nach dem 8. Wirbel (= 100%) zeigt, dass die hintersten vier Wirbel nicht progressiv, sondern linear verkürzt sind. Beim Dachshund und beim Fischotter fällt die grosse relative Länge des 1. Wirbels auf (80% bzw. 62%). Beim Fischotter könnte man ähnlich wie beim Tamandua an eine starke mechanische Beanspruchung des proximalen Schwanzabschnittes denken (Steuerruder beim Schwimmen). Die Charakteristik des Dachsschwanzes, der verhältnismässig kurz und wenig spezialisiert ist, spricht jedoch gegen diese Annahme.

Wie die Abbildung 6 zeigt, besitzen die Schwänze altweltlicher Primaten die gleiche Charakteristik der relativen Wirbellängen

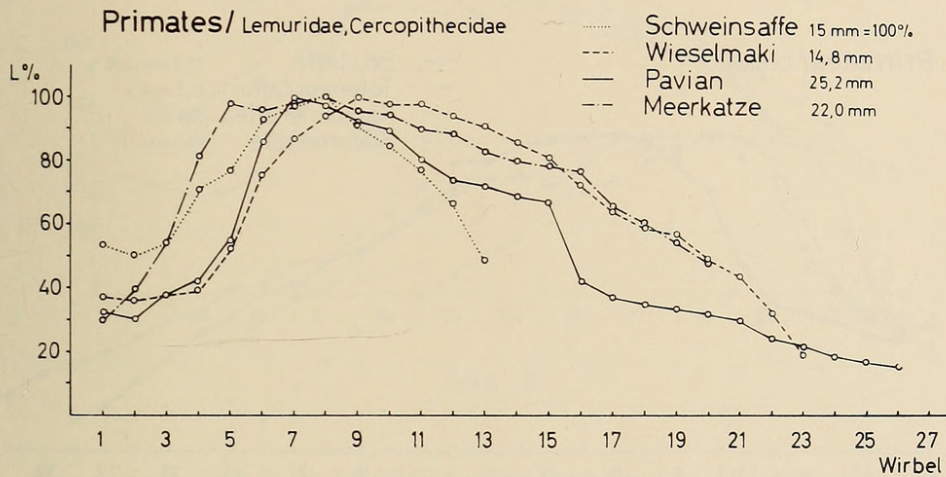


ABB. 6.

wie die Raubtiere. Der bewegliche Schwanz ist hier, genügende Länge vorausgesetzt, in erster Linie Balancierorgan beim Klettern. Daneben hat er wichtige Ausdrucksfunktionen. Wir gewahren eine ziemlich grosse Variabilität, die wir vorläufig nicht deuten können.

In der Abbildung 7 sind die relativen Wirbellängen von Schwänzen neuweltlicher Primaten aus der Familie der Cebidae zusammengestellt. Das Bild weicht nur unwesentlich von dem der altweltlichen Primaten ab. Dabei ist der Cebidenschwanz nicht nur Balancierorgan, sondern, bei den einzelnen Unterfamilien in verschiedenem Grade spezialisiert, auch ein wichtiges Haltewerkzeug (Brüllaffen, Alouattinae, Wickelschwanz mit Tastpolster; Klammeraffen,

Atelinae, desgleichen; Kapuzineraffen, Cebinae, Greifschwanz ohne Tastpolster; Totenkopffäffchen, Cebinae, primitiver Greifschwanz ohne Tastpolster), hat also anderen Anforderungen zu genügen als der Schwanz der altweltlichen Primaten. ANKEL (l.c.) hat darauf hingewiesen, dass die proximale Caudalregion umso beweglicher ist, je weiter hinten der längste Wirbel liegt und je kürzer die Wirbel hier sind. Diese Voraussetzung ist beim Brüllaffen am besten verwirklicht. Beim Klammeraffen dagegen, der ebenfalls einen spezialisierten Greifschwanz mit Tastpolster besitzt, steigt die Kurve der relativen Wirbellängen sofort steil an und erreicht das Maximum schon beim 7. Wirbel. Der Spezialisierungsgrad drückt sich also in den „Wirbelgradienten“ des proximalen Schwanzabschnittes nicht eindeutig aus.

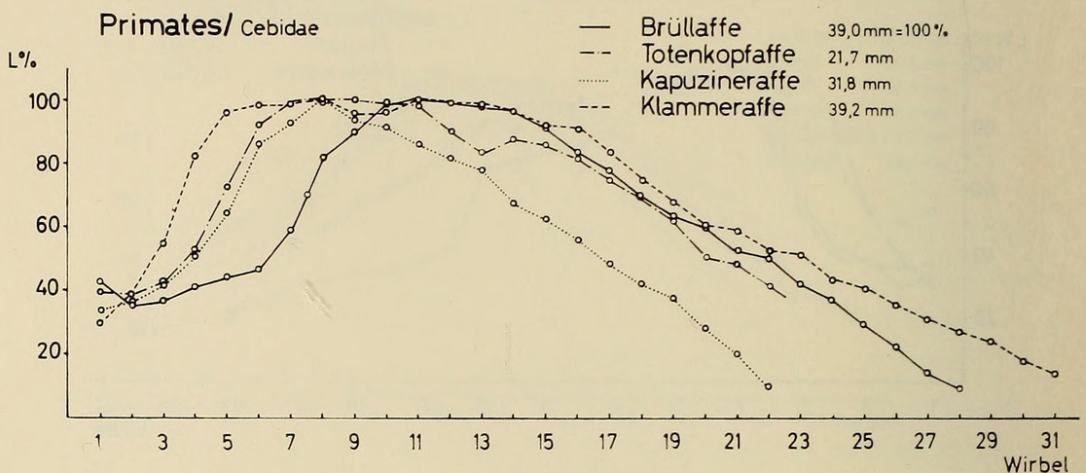


ABB. 7.

Die Abbildung 8 gibt die metrischen Verhältnisse von Nagetierschwänzen wieder. Wenn wir zunächst vom Schwanz des Murmeltieres (*M. marmota*) und des Bibers (*C. fiber*) absehen, so gewahren wir wieder die nämliche Charakteristik wie bei den übrigen bisher besprochenen Gruppen. Auch das Murmeltier mit seinem verkürzten Schwanz passt trotz dem merkwürdigen Längenabfall zwischen dem 6. und 7. Wirbel gut in das allgemeine Schema. Wir vermögen die genannte Unregelmässigkeit nicht zu deuten, sondern weisen lediglich darauf hin, dass sie in etwas anderer Form auch bei den Lagomorpha (Abb. 13) vorkommt. In den niedrigen relativen Werten bei den proximalen Wirbeln des Eichhörnchens (*Sciurus*

vulgaris) kommt wiederum die grosse Beweglichkeit der Schwanzwurzel zum Ausdruck. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass sich die unterschiedliche Schwanzfunktion bei Eichhörnchen (Fallschirmschwanz) und Biberratte *Myocastor coypus* (unspezialisierter Steuerschwanz) nur gerade in den unterschiedlichen relativen Wirbellängen der Schwanzwurzel ausdrückt. Auf der anderen Seite konstatieren wir eine bemerkenswerte Übereinstimmung zwischen dem Fischotter *Lutra lutra* (Abb. 5) und der Biberratte, die ihre Schwänze in der gleichen Weise als Steuerruder gebrauchen.

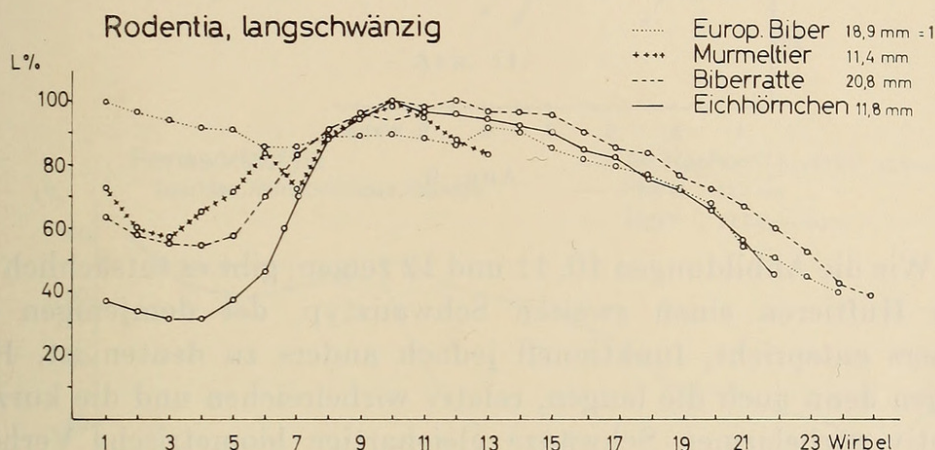


ABB. 8.

Ganz aus der Reihe fällt der Schwanz des Bibers. Hier ist im Gegensatz zu allen bisher besprochenen Fällen der erste Wirbel am längsten. Die Länge der Wirbel nimmt zunächst bis zum 12. kontinuierlich ab und stimmt dann distalwärts mit derjenigen von Eichhörnchen und Biberratte überein. Die grosse Länge der proximalen Schwanzwirbel könnte wohl funktionell gedeutet werden. Sie bedeutet geringe Biegsamkeit, was für einen Ruderschwanz vorteilhaft ist.

Interessant ist nun, wie die Abbildung 9 zeigt, dass bei allen kurzschwänzigen Nagern, gleich wie beim Biber, der erste Wirbel die grösste Länge aufweist. Die Wirbellängen nehmen bei ihnen distalwärts rasch ab und zwar desto stärker, je weniger Wirbel vorhanden sind. Es liegt nahe, diese andersartige Charakteristik mit der Schwanzreduktion in Beziehung zu bringen. Dies wäre zweifellos falsch, denn wie der Luchs (Abb. 4) und das Murmeltier

(Abb. 8) zeigen, kann die Reduktion durchaus im Rahmen der gruppentypischen Schwanzwirbelcharakteristik erfolgen.

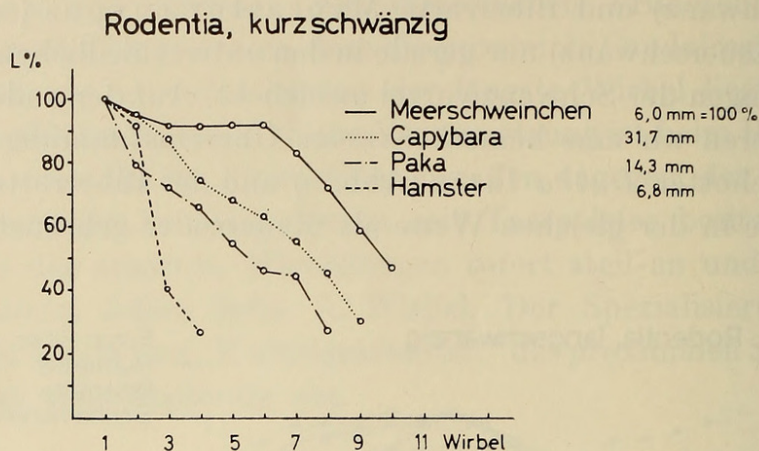


ABB. 9.

Wie die Abbildungen 10, 11 und 12 zeigen, gibt es tatsächlich bei den Huftieren einen zweiten Schwanztyp, der demjenigen des Bibers entspricht, funktionell jedoch anders zu deuten ist. Hier zeigen denn auch die langen, relativ wirbelreichen und die kurzen, relativ wirbelarmen Schwänze gleichartige biometrische Verhältnisse. Die Schwänze der Huftiere dienen in erster Linie als Fliegenwedel oder als Ventilatoren im Dienste der Wärmeregulation, ferner in unterschiedlichem Masse auch als Ausdrucksorgan. Ihre Funktion ist also recht einheitlich und motorisch so einfach, dass die Unregelmässigkeiten in den Schwanzwirbelkurven der Boviden (Abb. 10)

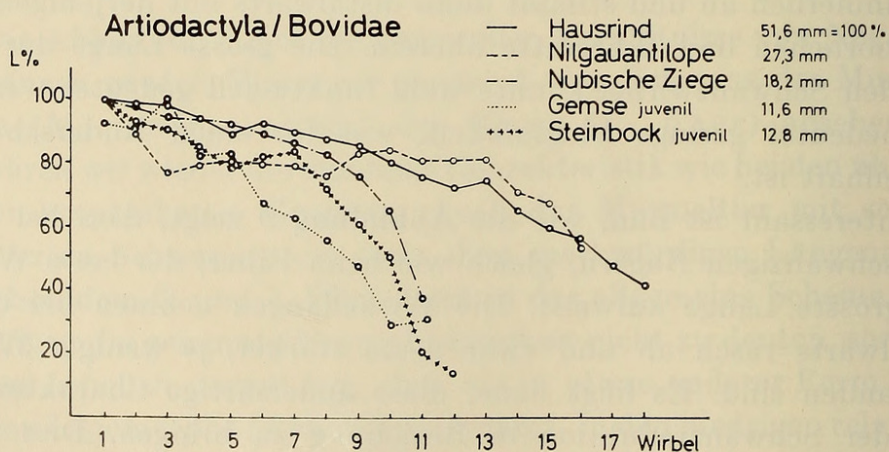


ABB. 10.

Artiodactyla / Suidae

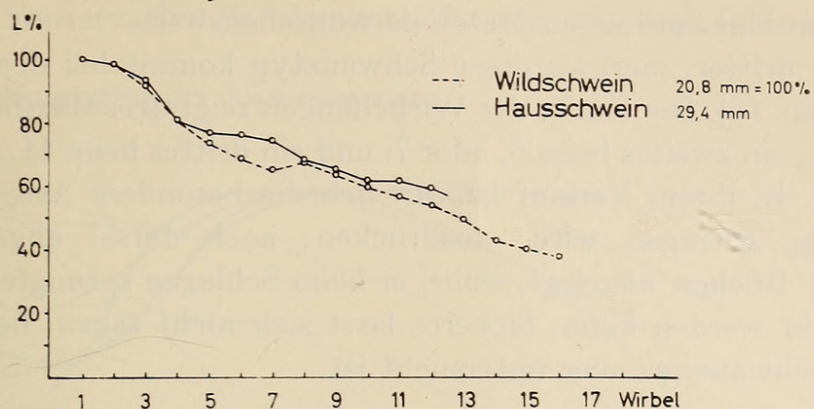


ABB. 11.

Perissodactyla

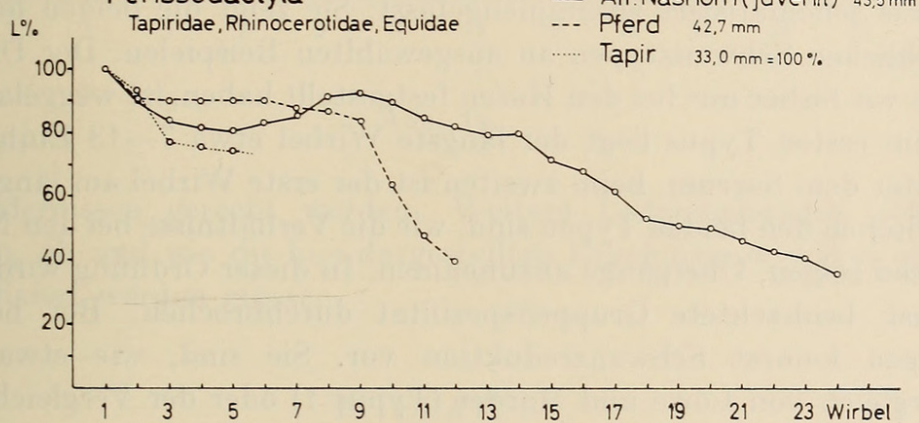


ABB. 12.

Lagomorpha / Leporidae

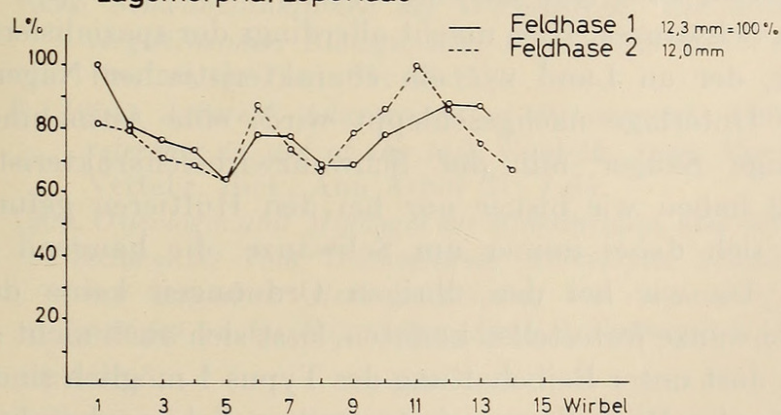


ABB. 13.

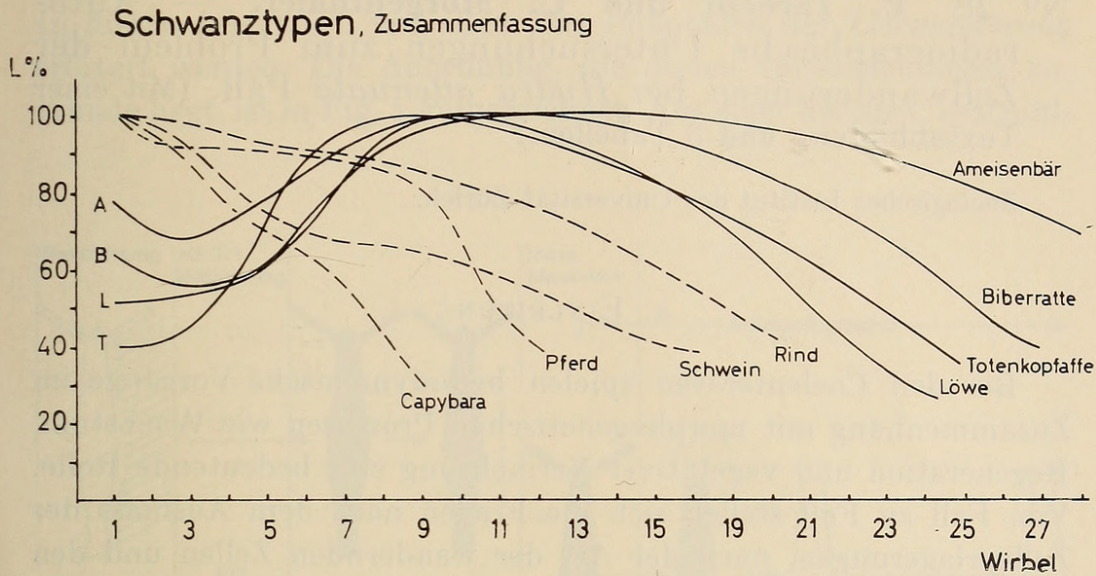
wohl nicht mit der Bewegungsart zusammenhängen. Hier wäre das Studium eines grösseren Materials wünschenswert.

Ein dritter, merkwürdiger Schwanztyp kommt bei den Hasen vor (Abb. 13), Die Kurve der Wirbellängen zeigt drei Maxima, eines beim 1., ein zweites beim 6. oder 7. und ein drittes beim 11. oder 12. Wirbel. In ihrem Verlauf könnte sich die besondere Art, wie der Schwanz getragen wird, ausdrücken: nach dorsal abgewinkelt an den Rücken angelegt, wobei er beim Schlagen sprunghafartig gestreckt werden kann. Sicheres lässt sich nicht sagen, bevor der Hasenschwanz genauer untersucht ist.

4. ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION

Unsere bisher erhobenen Befunde sind in der Abbildung 14 etwas schematisiert zusammengefasst. Sie zeigt die beiden hauptsächlichsten Schwanztypen an ausgewählten Beispielen. Der Dritte, den wir bisher nur bei den Hasen festgestellt haben, ist weggelassen. Beim ersten Typus liegt der längste Wirbel etwa 7—13 Einheiten hinter dem Sacrum, beim zweiten ist der erste Wirbel am längsten. Zwischen den beiden Typen sind, wie die Verhältnisse bei den Nagetieren zeigen, Übergänge anzunehmen. In dieser Ordnung wird ihre sonst beobachtete Gruppenspezifität durchbrochen. Bei beiden Typen kommt Schwanzreduktion vor. Sie sind, wie etwa der Vergleich von Löwe und Marder (Typus 1) oder der Vergleich von Hausrind und Steinbock (Typus 2) zeigt, nicht von der absoluten Wirbelgrösse abhängig. Wie aus der Gegenüberstellung von langschwänzigen Nagern und etwa Raubtieren oder Primaten hervorgeht, besteht auch kein Zusammenhang zwischen Typus und Tragart des Schwanzes. Hier macht allerdings der spezialisierte Biberschwanz, der an Land wie ein charakteristischer Nagerschwanz auf der Unterlage nachgeschleppt wird, eine Ausnahme. Langschwänzige Säuger mit der Schwanzwirbelcharakteristik nach Typus 2 haben wir bisher nur bei den Huftieren gefunden. Es handelt sich dabei immer um Schwänze, die hängend getragen werden. Da wir bei den übrigen Ordnungen keine derartigen Hängeschwänze feststellen konnten, lässt sich auch nicht sagen, ob sie auch dort unter Beibehaltung des Typus 1 möglich sind. Unsere mit Hilfe der Wirbellängen festgestellten Schwanzcharakteristiken scheinen für funktionelle Betrachtungen wenig ergiebig zu sein.

Die Schwanzwirbel erweisen sich vielmehr, was ihre Länge betrifft, als sehr konservative Bauelemente, die verschiedenen funktionellen



Erfordernissen gerecht werden. Weitere Untersuchungen sollen zeigen, ob und wie die hier dargestellten Ergebnisse erweitert oder modifiziert werden müssen.

LITERATUR

- ANKEL, F. 1962. *Vergleichende Untersuchungen über die Skelettmorphologie des Greifschwanzes südamerikanischer Affen (Platyrrhina)*. Z. Morph. Oekol. Tiere 52: 131-170.
- BOPP, P. 1954. *Schwanzfunktionen bei Wirbeltieren. Ein Beitrag zur vergleichenden Biologie und Psychologie der Wirbeltiere*. Rev. suisse Zool. 61: 83-151.
- HORNER, E. 1954. *Arboreal Adaptations of Peromyscus, with special reference to use of the tail*. Contrib. from the Lab. of Vertebr. Biol., Ann Arbor 61: 1-84.
- JULITZ, C. 1909. *Osteologie und Myologie der Extremitäten und des Wickelschwanzes vom Wickelbären, Cercoleptes caudivolvulus, mit besonderer Berücksichtigung der Anpassungserscheinungen an das Baumleben*. Arch. f. Naturgesch. 75: 1-50.



Huber, Walter., Graf, U, and Wandeler, I. 1966. "Zur Biometrie des Säugetierschwanzes (Vorläufige Mitteilung)." *Revue suisse de zoologie* 73, 455–467. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.75832>.

View This Item Online: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/126811>

DOI: <https://doi.org/10.5962/bhl.part.75832>

Permalink: <https://www.biodiversitylibrary.org/partpdf/75832>

Holding Institution

Smithsonian Libraries and Archives

Sponsored by

Biodiversity Heritage Library

Copyright & Reuse

Copyright Status: In Copyright. Digitized with the permission of the rights holder.

Rights Holder: Muséum d'histoire naturelle - Ville de Genève

License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Rights: <https://www.biodiversitylibrary.org/permissions/>

This document was created from content at the **Biodiversity Heritage Library**, the world's largest open access digital library for biodiversity literature and archives. Visit BHL at <https://www.biodiversitylibrary.org>.