

## Adaptační znaky na kostře lasicovitých šelem (Mustelidae)

### Adaptive Merkmale an dem Skelett der Marderartigen (Mustelidae)

Utváření kostry savců je ovlivňováno několika činiteli. Jedním z nich je prostředí, v němž zvířata žijí a způsob pohybu, k němuž se specialisovala; takto vzniklé změny jsou označovány většinou jako funkční přizpůsobení a vytvářejí se u živočichů nezávisle na jejich systematické příslušnosti. Intensita těchto adaptačních změn je různá a nedá se posuzovat absolutně; jejich rozsah závisí značně na tom, jaký význam pro daný druh má změněné prostředí nebo způsob pohybu a jak dalece je na nich tento druh závislý. U extrémně specialisovaných druhů nebo skupin jsou adaptační znaky v tělesné stavbě zřetelně patrné, u méně specialisovaných forem jsou však mnohem méně výrazné a dají se zjistit většinou jen srovnáním morfologie několika příslušníků téže systematické skupiny (nejlépe rodu nebo čeledi), kteří se mezi sebou liší způsobem pohybu nebo životem v různém prostředí.

Adaptační změny vznikají jako přizpůsobení k určitým konkrétním změnám životních podmínek, které jsou specifické pro každý živočišný druh nebo skupinu. Od nich je nutno odlišovat proporční změny, které souvisejí s celkovou tělesnou velikostí zvířat a které jsou v podstatě stejné u všech skupin savců; tyto změny mají často charakter mezidruhových alometrií a nelze je považovat za funkční přizpůsobení v tom smyslu, jak tohoto pojmu používá funkční anatomie.

V předkládané práci je z těchto dvou hledisek studováno utváření kostry lasicovitých šelem, především čtyř vybraných druhů (jezevce lesního, vydry říční, kuny lesní a lasice kolčavy), lišících se mezi sebou nejvíce tělesnou velikostí, způsobem pohybu i celkovým způsobem života. Hlavním cílem této studie je ověření zákonitosti ve změnách délkových a šířkových poměrů jednotlivých částí trupu a končetin, k nimž dochází při různých způsobech pohybu a zjištění, nezáviseli-li některé z těchto změn pouze na rozdílech v tělesné velikosti.

#### I. EINLEITUNG

Die Unterschiede in der Skelettbildung der Säugetiere sind sehr mannigfaltig und entstehen als Ergebnis der Wirkung verschiedener Einflüsse; einer davon ist auch die Wirkung der Umweltbedingungen, in denen das Tier lebt, und der verschiedenen Bewegungsformen, auf die sich die einzelnen Arten spezialisiert haben. Diese Veränderungen, die wir meistens als funktionelle Anpassung bezeichnen, sind in keiner Weise von der systematischen Stellung der Tiere abhängig und können konvergent bei

Arten oder Gruppen mit verschiedenster systematischen Zugehörigkeit gebildet werden. Auch ihre Intensität ist ungleich und lässt sich nicht absolut beurteilen. Bei den extrem spezialisierten Arten oder Gruppen sind zwar die Adaptationsveränderungen im Körperbau deutlich sichtbar, bei den weniger spezialisierten Formen dagegen sind sie viel weniger ausgeprägt und lassen sich meistens nur durch den Vergleich der Morphologie einiger Angehörigen derselben systematischen Gruppe (am besten der Gattung oder Familie) feststellen, die sich von einander durch die Fortbewegungsart oder durch das Leben in verschiedener Umwelt unterscheiden.

In der vorliegenden Arbeit wird auf diese Art die Skelettgestaltung unserer marderartigen Raubtiere studiert. Diese Familie habe ich aus einigen Gründen gewählt. Es handelt sich um eine verhältnismässig niedrige systematische Einheit, so dass man bei ihren Angehörigen keine grossen, durch systematische Distanz verursachte morphologische Veränderungen erwarten kann. Die einzelnen Arten unterscheiden sich nicht nur durch ihre Lebensweise (Graben, Schwimmen, Klettern auf Bäumen, Kriechen durch enge Spalten und Gänge), sondern auch durch die Körpergrösse, so dass man gewissermassen die Anpassungsmerkmale von den Veränderungen unterscheiden kann, die den Charakter der Allometrie haben (vergl. Kap. III), und schliesslich, die dieses Thema behandelnden Arbeiten sind nicht besonders zahlreich. Neben den Abhandlungen von FISHER (1942) und PETROV (1958) sind es vor allem die Studien von ONDRIAS über die Längenverhältnisse und die Morphologie des Skeletts einiger marderartiger Raubtiere (1958a, 1958b, 1961a, 1961b), wenn man allerdings die Arbeiten über die Schädelmorphologie nicht miteinschliesst, die eine rein taxonomische Einstellung haben, sowie die allgemein anatomischen Abhandlungen (WEYHE 1875, GIEBEL und LECHE 1900, HUE 1907, MIJSBERG 1920, GROMOVA 1950 u. a.), in denen wir auch einzelne Erwähnungen über die Morphologie des Skeletts der Marderartigen finden. Aus diesen Gründen habe ich die Marderartigen den Nagetieren vorgezogen, trotzdem die Beschaffung des notwendigen Materials viel beschwerlicher war.

Diese Arbeit ist eigentlich keine wirkliche funktionell-anatomische Studie. Um eine richtige Vorstellung über die funktionelle Anpassung einzelner Arten zu erlangen, müsste man nicht nur Feststellungen der Unterschiede in der Bildung ihrer Skelette, sondern auch in der Muskulaturgestaltung und in der Bewegungsmechanik durchführen. Mit diesen Fragen befasst sich jedoch meine Arbeit nicht, obwohl ich an einigen Stellen einerseits meine eigenen Beobachtungen, andererseits Literaturangaben über die Fortbewegungsart einzelner verglichener Arten verwende (BÖKER 1935, MATTHEWS 1952, GERBER 1960, JENSEN 1960).

Die Abhandlung bezweckt vor allem den Vergleich der Erkenntnisse über die funktionelle Bedeutung der Unterschiede bei der Skelettbildung, die bisher von verschiedenen Autoren (BOHMAN 1939, KASJANENKO 1950, MÜLLER 1953, FREYE 1954, KLAPPERSTÜCK 1955 u. a.) beim Studium anderer Arten von Säugetieren erzielt wurden, mit den Ergebnissen, die ich durch das Studium der Skelettmorphologie der Marderartigen erlangt habe. Sie bezieht sich also besonders auf die Überprüfung der



Gesetzmässigkeit der Veränderungen der Längen- und Breitenverhältnisse der einzelnen Teile des Rumpfes und der Extremitäten bei verschiedenen Bewegungsarten und auf die Feststellung, ob manche dieser Veränderungen nicht nur von den Differenzen in der Körpergrösse abhängig sind (siehe Kap. III). Als Grundlage benützte ich grösstenteils die Ergebnisse meiner Kandidaten-Dissertations (HERÁŇ 1961b); diese enthält auch jene Angaben, die ich wegen Platzmangel nicht in diese Abhandlung einreihen konnte.

Für die Unterstützung bei meiner Arbeit spreche ich dem Prof. Dr. J. Kratochvíl, Leiter des Laboratoriums für Wirbeltierforschung der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften in Brno, und dem Doz. Dr. O. Štěpánek, Vorstand der Zoologischen Abteilung des Nationalmuseums in Praha, meinen besten Dank aus; für die Hilfe bei der Beschaffung des nötigen Materials bin ich dem Prof. Dr. L. Borovanský, Vorstand des Anatomischen Institutes der Medizinischen Fakultät der Karls-Universität in Praha, Doz. Dr. W. Černý, Leiter der Abteilung für die Wirbeltier-Zoologie an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Karls-Universität in Praha, Dr. Z. Kux, Leiter der Zoologischen Abteilung des Mährischen Museums in Brno und Dr. R. Musil, Leiter der Diluvial-Abteilung des Mährischen Museums, zu besonderem Dank verpflichtet. Für das aufmerksame Durchlesen meiner Arbeit und für viele wertvolle Hinweise spreche ich Prof. Dr. V. Vrtiš, Leiter des Lehrstuhls für Histologie und Embryologie der Medizinischen Fakultät in Hradec Králové, meinen besten Dank aus.

## II. MATERIAL UND METHODIK

Da die Durchführung dieser Arbeit in ihrem ganzen Umfang bei allen unseren *Mustelidae*-Arten sehr zeitaufwendig wäre, wähle ich vier Arten, die sich durch ihre Lebensweise und vor allem durch die Bewegungsart am stärksten unterscheiden: den Dachs (*Meles meles* L.), den Fischotter (*Lutra lutra* L.), den Baumarder (*Martes martes* L.) und das Mauswiesel (*Mustela nivalis* L.). Die übrigen Arten habe ich nur dann herangezogen, wenn der Vergleich umfangreicheren Materials notwendig war, in erster Reihe bei der Untersuchung der Proportionsveränderungen, die mit den Veränderungen der Körpergrösse zusammenhängen. Zwecks breiterer orientativer Vergleiche wurden ausserdem 5 Angehörige verschiedener Ordnungen von Säugetieren gemessen, die für verschiedene Bewegungsarten spezialisiert sind.

Im ganzen wurden Skelette von 337 zu 15 Arten gehörigen Exemplaren gemessen (davon 10 *Mustelidae*-Arten); bei 118 Exemplaren ganze Skelette, bei 219 nur Schädel. Das Material stammte aus den Sammlungen der Zoologischen Abteilung des Nationalmuseums in Praha (179 Stück) und des Lehrstuhls für systematische Zoologie der Karls-Universität in Praha (73 Stück), aus dem Laboratorium für Wirbeltierforschung der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften in Brno (67 Stück), aus der Diluvial-Abteilung des Mährischen Museums in Brno (12 Stück), aus dem Anatomischen Institut der Medizinischen Fakultät der Karls-Universität

in Praha (8 Stück), aus der Zoologischen Abteilung des Mährischen Museums in Brno (1 Stück) und aus eigenen Sammlerarbeiten (2 Stück). Die genaue Zahl der einzelnen Arten ist in der Tab. I. angeführt.

**TAB. I.** Übersicht der Anzahl der gemessenen Objekte.

Art	Skelette	selbständ. Schädel	zusammen
<i>Meles meles</i>	13	61	74
<i>Lutra lutra</i>	17	54	71
<i>Martes martes</i>	21	11	32
<i>Mustela nivalis</i>	11	54	65
<i>Gulo gulo</i>	2	—	2
<i>Martes foina</i>	13	3	16
<i>Putorius putorius</i>	13	27	40
<i>Putorius evermanni</i>	1	3	4
<i>Lutreola lutreola</i>	3	—	3
<i>Mustela erminea</i>	19	5	24
<i>Otaria stelleri</i>	1	—	1
<i>Phoca sibirica</i>	1	—	1
<i>Priodontes giganteus</i>	1	—	1
<i>Alouatta seniculus</i>	1	—	1
<i>Megalotis zerda</i>	1	—	1

Die Feststellung der adaptiven Veränderungen wurde durch Vergleich der Indexe und der relativen Längen der einzelnen Knochen oder ihrer Gruppen durchgeführt, wobei die verschiedene Bewegungsformen der verglichenen Arten berücksichtigt wurde. Um diese Werte bei verschiedenen grossen Arten mit einander vergleichen zu können, wurde eine Grundeinheit festgesetzt, die den gleichbleibenden Wert 100 hatt; alle Abmessungen wurden dann auf diese Einheit bezogen. Im Einklang mit MÜLLER (1953), der diese Methode zum erstenmal verwendete, benützte ich als Grundlänge die Länge der Wirbelsäule zwischen dem ersten Brustwirbel und dem Schnittpunkt der Verbindungslinie der Acetabula mit der Wirbelsäule. In meiner Arbeit bezeichne ich sie als „Körperlänge“. Diese Begrenzung, die dem von BÖKER (1935) verwendeten System entspricht, ist für die funktionelle Anatomie am zweckmässigsten, da sie im Prinzip die Entfernung zwischen den Vorder- und Hinterextremitäten bestimmt, beziehungsweise zwischen den Stellen, an denen ihre Bewegungsenergie auf den Rumpf übertragen wird. ONDRIAS (1961a) schliesst in diese Grundlänge auch die Länge der Halswirbelsäule ein, was ebenfalls annehmbar ist, da sich dadurch an dem Gesamtwert der „Grundlänge“ praktisch nichts ändert. Weniger geeignet ist allerdings die Methode von PETROV (1958), der als Grundmass die Condylbasallänge des Schädels verwendet. Die CB-Länge steht nämlich in keinem Funktionsverhältnis zu den übrigen körperlichen Organen, z. B. zur Länge der Extremitäten usw., und man kann sich ihrer nicht einmal als Ersatz für die Länge der Wirbelsäule bedienen, da z. B. bei den einzelnen Mustelidae-Arten der Wert ihrer Relativlänge in bezug auf die Länge der Wirbelsäule beinahe im Bereich von 10 % schwankt. (Tab. III/1, Abb. 3, 6).

Die meisten Ausmasse sind in dieser Abhandlung in Prozenten der „Körperlänge“ angeführt; nur in speziellen Fällen wurden andere Massstäbe verwendet, meistens Gesamtlängen jenes Knochens oder Organs, dessen Teile beschrieben wurden (z. B. die CB-Länge des Schädels gilt als Grundlage für sämtliche Schädelmasse usw.)

Im III. Kapitel ist die Beziehung zwischen Beinbreite oder Beinlänge und Körpergrösse des Tieres mittels interspezifischer Allometrie ausgedrückt, in den folgenden Kapiteln sind manche Altersveränderungen in Relativlängen durch ontogenetische Allometrie dargestellt. In beiden Fällen ist das Prinzip dieses Ausdruckes gleich: der geprüfte Wert (Länge, Breite oder Fläche) wird mit einem bestimmten Grundwert verglichen, der am besten die Körpergrösse erfasst; in dieser Arbeit verwende ich zu diesem Zwecke die „Körperlänge“. Die gegenseitigen Proportionsverhältnisse sind dabei im doppeltlogarithmischen Netz durch die Formel  $y = bx^a$  ausgedrückt; hier ist  $x$  der Logarithmus des Grundwertes, der auf die Achse  $x$  aufgetragen ist,  $y$  der Logarithmus des verglichenen, auf die Achse  $y$  aufgetragenen Wertes,  $a$  der sogenannte Regressionskoeffizient und  $b$  die sogenannte Integrationskonstante, die auf der Achse  $y$  die Länge des Abschnitts begrenzt, wo die Gerade ihren Ursprung hat, deren Neigung die Wuchsgeschwindigkeit des verglichenen Organs ausdrückt. Ist der von dieser Geraden und der Achse  $x$  eingeschlossene Winkel grösser als  $45^\circ$ , wächst das verfolgte Organ schneller als der Grundwert (positiv allometrisches Wachstum), gleicht der Winkel  $45^\circ$ , wachsen beide Komponenten gleich (isometrisches Wachstum), ist der Winkel kleiner als  $45^\circ$ , wächst das verfolgte Organ langsamer als der Grundwert (negativ allometrisches Wachstum). Bei den interspezifischen Vergleichen, die nur zur Orientierung dienten, wurde die Neigung der Allometrie-Geraden nur ungefähr ( $\approx$ ) angedeutet. Bei der Feststellung der relativen Geschwindigkeit des Skelettwachstums bei Jungtieren wurde jedoch ihr Wert mittels des Regressionskoeffizienten  $a$  nach der Formel

$$a = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum (x - \bar{x})^2}$$

berechnet, wobei  $\bar{x}$  und  $\bar{y}$  die durchschnittlichen logarithmischen Werte sämtlicher  $x$  und  $y$  darstellen. In dieser Interpretation entspricht der Isometrie der Regressionskoeffizient  $a = 1$ ; ist  $a$  grösser als 1, handelt es sich um ein positiv allometrisches Wachstum, ist  $a$  kleiner als 1, handelt es sich um ein negativ allometrisches Wachstum.

Die Längenwerte wurden mittels einer Schublehre mit Nonius mit einer Genauigkeit von 0,2 mm gemessen. Die Flächenausmasse wurden durch das Planimetrieren der Umrisse der betreffenden Knochen festgestellt, die genau auf Papier nachgezeichnet wurden; zu ihrer Messung wurde das Polar-Kompensationsplanimeter Reiss 3003 benützt.

Die Knochenabbildungen wurden nach dem photographischen Negativ abgezeichnet und der Wirklichkeit entsprechend vergenauert.

Die deutschen anatomischen Benennungen entsprechen der Arbeit von DOBBERSTEIN-KOCH (1953).

### III. THEMATISCHE BEGRENZUNG

Der Begriff „funktionelle Anatomie“ ist bisher noch nicht genau festgesetzt, und wie schon FREYE (1959) aufmerksam macht, unterscheidet sich der Inhalt der einzelnen so benannten Arbeiten manchmal beträchtlich. Dies ist wahrscheinlich dadurch verursacht, dass der Begriff „Funktion“ oft als gleichwertig mit dem physikalischen Begriff „Arbeit“ angesehen wird: da sämtliche Teile des Organismus eine bestimmte Arbeit verrichten, bedeutet das, dass sie funktionell determiniert sind. Demzufolge werden als „funktionell anatomisch“ auch viele rein beschreibende Abhandlungen bezeichnet (QUIRING 1950, LEACH 1952 u. a.). Aber dieser Begriff erfasst nur die allgemeine Funktion der stützenden Strukturen bei den einzelnen Individuen, die bei den meisten Arten praktisch identisch ist. In Wirklichkeit wird die auf diese Weise „determinierte“ Form durch

**TAB. II.** *Beispiel der Änderungen der relativen Länge und Breite gewisser Knochen in Abhängigkeit von der Körpergröße.*

Art	Breite des Humerus	Beckenlänge	Breite der Beckenknochen
	in Prozenten der Körperlänge		
	1.	2.	3.
Gulo gulo	9.5	30.4	5.9
Meles meles	8.7	28.5	6.1
Lutra lutra	7.3	26.0	4.1
Martes martes	5.5	21.9	3.8
Martes foina	5.7	22.3	3.7
Putorius putorius	5.7	21.0	3.4
Lutreola lutreola	5.5	21.4	3.2
Mustela erminea	4.5	18.9	2.9
Mustela nivalis	4.3	18.4	2.1

die veränderliche Lebensumwelt beeinflusst (vergl. SEVERCOV 1949); nur jene Adaptationen, die durch spezifische Lebensbedingungen hervorgerufen wurden, können daher als eine tatsächliche Funktionsanpassung betrachtet werden.

Hier ergibt sich jedoch noch eine Frage, die gelöst werden sollte. Es bestehen nämlich viele Abmessungen, beziehungsweise relative Längen und Breiten, die sich bei den verschiedenen Arten voneinander erheblich unterscheiden und die bisher grösstenteils auch als funktionelle Anpassung erklärt werden. Beim Vergleich der durch Messungen erworbenen Ergebnisse mit der wirklichen Tätigkeit der geprüften Säugerarten stellen

wir jedoch oft gewisse Unstimmigkeiten fest. Ich will an zwei Beispielen zeigen, was ich damit meine.

Beim Vergleichen der Morphologie des Skeletts der Bismartrate, der Wasserratte und der Feldmaus (HERAÑ 1961a) habe ich festgestellt, dass von diesen drei Arten die breiteste distale Epiphyse des

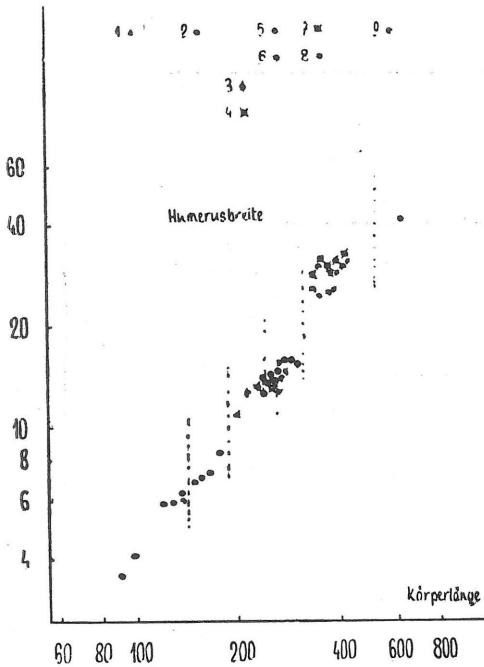


Abb. 1. Humerusbreite in Beziehung zur Körperlänge, doppelt logarithmische Auftragung. 1 - *Mustela nivalis*, 2 - *Mustela erminea*, 3 - *Putorius putorius*, 4 - *Lutreola lutreola*, 5 - *Martes martes*, 6 - *Martes foina*, 7 - *Meles meles*, 8 - *Lutra lutra*, 9 - *Gulo gulo*

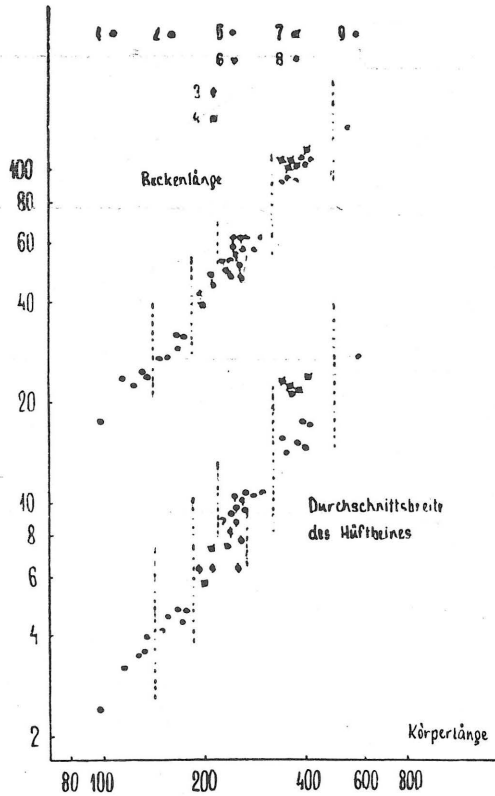


Abb. 2. Beckenlänge und Durchschnittsbreite des Hüftbeines in Beziehung zur Körperlänge, doppelt logarithmische Auftragung. 1 - *Mustela nivalis*, 2 - *Mustela erminea*, 3 - *Putorius putorius*, 4 - *Lutreola lutreola*, 5 - *Martes martes*, 6 - *Martes foina*, 7 - *Meles meles*, 8 - *Lutra lutra*, 9 - *Gulo gulo*

Humerus die Bismartrate besitzt, eine schmalere die Wasserratte und die schmalste die Feldmaus. Ähnlich führt MÜLLER (1953) an, dass diese Epiphyse bei der Bismartrate relativ breiter ist als bei der Wanderratte. Nachdem nach NAUCK (1938) der breite Humerus die Grabanpassung darstellt, würde das bedeuten, dass von diesen vier Arten die Bismartrate am besten an diese Tätigkeit angepasst ist. MÜLLER (1953) erklärt auch seine Feststellung ungefähr auf diese Weise. Da alle diese Nagetiere tatsächlich mehr oder weniger graben, könnte man diese Erklärung akzeptieren. Als ich jedoch die Morphologie des Humerus bei den Marderartigen verglich, stellte ich auch hier bei einzelnen Arten Unterschiede in der Relativbreite

dieses Knochens fest (Tab. XIII/3, 4). Da in dieser Familie praktisch nur der Dachs die Grabtätigkeit in grösserem Ausmasse ausübt, lassen sich diese Unterschiede nicht mehr so leicht erklären. Die Differenzen treten

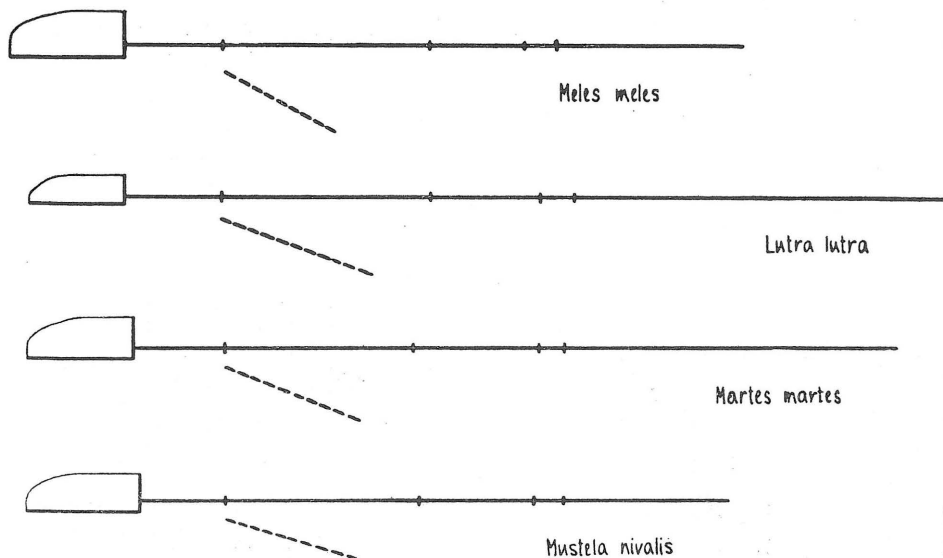


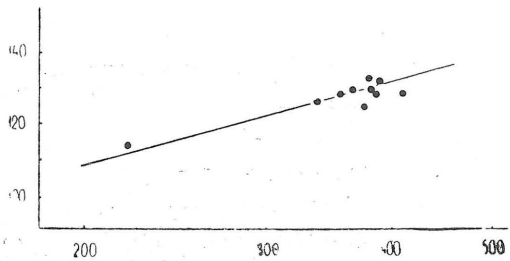
Abb. 3. Graphische Darstellung der Relativlängen des Kopf- und Rumpfskeletts bei den verglichenen Tieren; das Brustbein ist durch eine gestrichelte Gerade dargestellt. Umgerechnet auf einheitliche Körperlänge.

namentlich dann hervor, wenn die Breite des Humerus in bezug auf die Körperlänge ausgedrückt wird; in diesem Falle ist deutlich zu sehen, dass sich die Relativbreite des Humerus mit der zunehmenden Körpergrösse des Tieres vergrössert (Tab. II/1). Ich habe daher versucht, diese Abhängigkeit im logarithmischen Netz auszudrücken und festzustellen, ob es sich nicht um eine interspezifische Allometrie handelt. Ich erhielt ein Diagramm, aus dem ersichtlich ist, dass sich die Breite des Humerus in bezug auf die Zunahme der Körperlänge schwach positiv allometrisch vergrössert (der Winkel der Allometrie-Geraden  $\hat{=} 52^\circ$ ). Diese Verbreiterung ist allerdings nicht absolut regelmässig und bei manchen Arten (Dachs, Fischotter, teilweise auch Nerz) liegen die Breitenwerte des Humerus deutlich oberhalb der Geraden, in die die meisten Punkte fallen (Abb. 1). Meines Erachtens sollte man nur diese, man könnte sagen „abnormale“ Verstärkung des Humerus als eine Funktionsanpassung in dem Sinne betrachten, in dem die funktionelle Anatomie diesen Begriff gebraucht; die übrige Verstärkung halte ich für einen normalen Ausdruck der interspezifischen allometrischen Verhältnisse, der mit den allgemeinen Proportionsveränderungen zusammenhängt und der schon sehr lange bekannt ist (vergl. GALILEI 1628). Es ist allerdings eine andere Frage, die in dieser Arbeit nicht gelöst werden wird, ob auch diese interspezifische Allometrie eine funktionelle Bedeutung hat (vergl. REMANE 1952, RENSCH 1954, KRAMER 1959, MEUNIER 1959, RÖHRS 1959 u. a.).



Das zweite Beispiel sind Veränderungen in der relativen Länge und Breite der Beckenknochen bei den einzelnen *Mustelidae*-Arten. BOHMANN (1939) hält in seiner Arbeit über die Nagetiere die relative Verlängerung des Beckens beim Biber für eine funktionelle Anpassung, die ihm eine rationellere Ausnützung der Muskelkraft ermöglicht. Drückt man diese Werte bei allen Arten unserer Marderartigen wieder auf eine analoge Weise aus wie die Breitenwerte des Humerus, gewinnen wir eine Reihe von Punkten, die ungefähr gleichmässig um die Gerade mit dem Wert des Winkels  $\approx 50^\circ$  für die Beckenlänge und mit dem Wert des Winkels  $\approx 54^\circ$  für die Durchschnittsbreite des Darmbeines, die in diesem Falle die Breite des Beckenbeines repräsentiert, verteilt sind. Dabei kommen bei der Beckenlänge nur geringe, wahrscheinlich durch die kleine Menge des verwendeten Materials verursachte Unregelmässigkeiten vor; bei der Breite des Beckenbeines liegen – abgesehen von geringen Unregelmässigkeiten – auffällig ausserhalb der Geraden nur Werte, die dem Dachsbecken zugeordnet sind. Nur diese Beckenverstärkung beim Dachs, die auch in der Tab. II/3 gut sichtbar ist, halte ich für eine funktionelle Anpassung, wogegen ich mit Rücksicht auf die festgestellten Tatsachen annehme, dass die übrigen Veränderungen „natürliche“ proportionelle Veränderungen sind, die mit der Zunahme der Körpergrösse zusammenhängen.

Auf Grund dessen, was ich hier angeführt habe, bezeichne ich also in dieser Arbeit als „funktionelle Anpassung“ nur jene Veränderungen bei der Skelettbildung, die als Adaptation an eine bestimmte konkrete Art der Bewegung oder Tätigkeit des Tieres entstanden sind und die dabei nicht mit den Veränderungen in seiner Körpergrösse zusammenhängen.



#### IV. DAS KOPF- UND RUMPFESKELETT

Das Kopf- und Rumpfskelett nimmt meistens an der aktiven Bewegung der Tiere keinen direkten Anteil, trotzdem äussert sich auch in der Gestaltung dieser Teile der Zusammenhang mit bestimmten Bewegungs- und Tätigkeitsarten.

Das Gesamtaussehen des Skeletts der geprüften vier Arten ist aus den Abb. 40–43 ersichtlich. Die gegenseitigen Längenverhältnisse der einzelnen Komponenten des Kopf- und Rumpfskelettes sind in der Tab. III angeführt und graphisch auf der Abb. 3 darge-

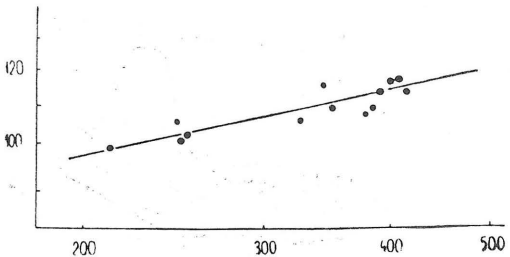


Abb. 4. Proportionsveränderungen im Verlauf des Wachstums des Tieres: Wachstum der Condylobasallänge des Schädels beim Dachs (oben) und beim Fischotter (unten). Abszisse - die Werte der Körperlänge, Ordinate - die Werte der Condylobassallänge. Doppelt logarithmische Auftragung und berechnete Allometrie-Geraden.

*Meles meles*  $a = 0.23740$     *Lutra lutra*  $a = 0.23668$

stellt. Hierzu muss jedoch bemerkt werden, dass während die Relativlänge der einzelnen Teile der Wirbelsäule praktisch konstant ist, in der Relativlänge des Schädels im Laufe des Wachstums des Tieres beträchtliche Veränderungen stattfinden (Tab. IV, Abb. 4). Demzufolge kann die CB-Länge des Schädels als Grundmassstab für den Vergleich nicht einmal bei ungleich alte Individuen ein und derselben Art als Ersatz für die Länge der Wirbelsäule angewendet werden (vergl. mit Kapitel II — Festsetzung der Grundlänge).

## 1. Schädel

Die Schädelform der einzelnen verglichenen Arten ist aus der Abb. 6 ersichtlich, sämtliche nötigen Masse sind in der Tab. V zusammengefasst.

In dieser Arbeit beachte ich nur einige Merkmale der Schädelbildung: Abmessungen, die seinen Umriss bestimmen, die Stellung der Sinnesorgane, die Gestaltung der Occipitalregion und die Bildung des Gebisses.

Die Gesamtform des Schädels kann mittels des gegenseitigen Verhältnisses der drei Masse: Länge, Höhe und Breite (Tab. V/1) ungefähr festgestellt werden. Dabei benützte ich als Länge die CB-Länge, als Höhe die auf der Stelle der *Bulla tympani* gemessene Dimension und als Breite die grössten Entfernungen der Jochbeine. Ausserdem wird die Schädelhöhe

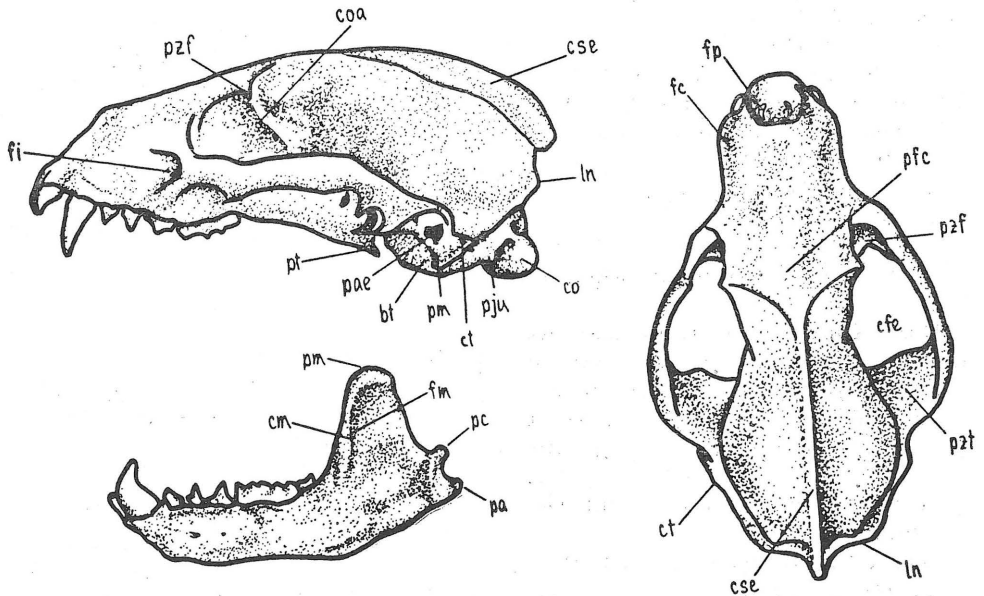


Abb. 5. Schädel des Dachse (Beschreibung).

bt - *Bulla tympani*, cfe - *Crista frontalis externa*, cm - *Crista muscularis*, co - *Condylus occipitalis*, coa - *Crista orbitalis aboralis*, cse - *Crista sagittalis externa*, fc - *Fossa canina*, fia - *Foramen infraorbitale*, fp - *Fissura palatina*, ln - *Linea nuchalis superior*, pa - *Processus angularis*, pae - *Porus acusticus externus*, pc - *Processus condyloideus*, pfc - *Planum frontale calvariae*, pju - *Processus jugularis*, pm - *Processus muscularis*, pma - *Processus mastoideus*, pt - *Os pterygoideum*, pzf - *Processus zygomaticus ossis frontalis*, pzt - *Processus zygomaticus ossis temporalis*

auch ziemlich deutlich durch die Länge der Unterkiefer beeinflusst, namentlich beim Öffnen des Fanges.

Wie aus der Tab. V/2 hervorgeht, unterscheiden sich die geprüften Arten vorerst durch die relative Schädelhöhe (der Dachs und der Baumarder haben einen wesentlich höheren Schädel als der Mauswiesel und namentlich als der Fischotter); die relative Schädelbreite ist bei allen Arten verhältnismässig ausgeglichen, nur beim Mauswiesel ist sie deutlich geringer (Tab. V/3). Beide schwanken bei verschiedenen grossen erwachsenen Individuen derselben Art in bestimmten Grenzen, in ihrer Gesamtheit bleiben sie jedoch stets auf der gleichen Höhe; nur bei den Mauswieseln sind die Indexwerte bei grossen Tieren niedriger als bei kleinen (Abb. 7). Die Relativlänge der Unterkiefer ist ebenfalls bei sämtlichen Arten ausgeglichen; nur beim Mauswiesel ist der Unterkiefer auffallend kürzer.

Ich nehme an, dass die grössten Veränderungen in der Schädelform beim Mauswiesel stattgefunden haben. Obwohl man die Tatsache berücksichtigen muss, dass bei diesem Tiere einen grossen Anteil an der Gesamtgestaltung des Schädels die Verlängerung der Hirnkapsel hat, die ein Ausdruck der interspezifischen Allometrie ist (Abb. 8), findet bei ihm im Vergleich zu den übrigen Arten eine markante relative Verengung und Ab-

TAB. III. Kopf- und Rumpfskelett: Abmessungen in Prozenten der Körperlänge und Wirbelzahl.

Art	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
	CB-Länge	Länge der Halswirbelsäule	Zahl der Halswirbel	Länge der Brustwirbelsäule	Zahl der Brustwirbel	Länge der Lendenwirbelsäule	Zahl der Lendenwirbel	Länge des Kreuzbeines	Zahl der Kreuzwirbel	Länge der Schwanzwirbelsäule	Zahl der Schwanzwirbel	Länge des Brustbeines	Zahl der Sternebrae
<i>Meles meles</i>	34.0	28.9	7	60.8	15	28.0	5	9.8	3	54.9	18	36.9	9 + 1
<i>Lutra lutra</i>	28.2	28.0	7	61.2	14	32.8	6	10.0	3	109.1	25	47.8	9 + 1*
<i>Martes martes</i>	31.7	26.3	7	55.2	14	37.7	6	7.9	3	97.6	20	42.2	9 + 1
<i>Mustela nivalis</i>	33.1	24.5	7	57.1	14	34.0	6	8.3	3	48.8	15	40.1	9 + 1

\*) Beim Fischotter besteht das *Manubrium sterni* oft aus zwei Teilen, so dass das Brustbein scheinbar von 10 *Sternebrae* und dem *Cartilago xiphoidea* (d. h. 10 + 1) gebildet wird.

TAB. IV. Veränderungen der Relativlängen des Kopf- und Rumpfskeletts während des Wachstums.

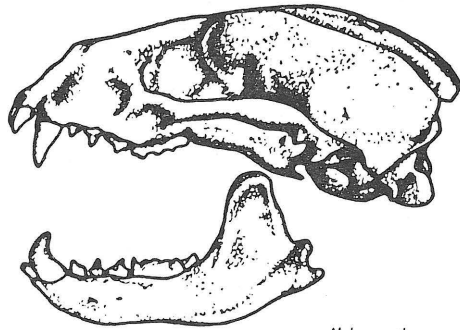
Körperlänge in mm	CB-Länge	Länge der Halswirbelsäule	Länge der Brustwirbelsäule	Länge der Lendenwirbelsäule	Länge des Kreuzbeines	Länge der Schwanzwirbelsäule	Länge des Brustbeines
	in Prozenten der Körperlänge						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Meles meles							
219.0	51.5	30.1	61.2	25.1	10.5	55.0	34.2
335.0	37.5	24.9	57.0	31.8	10.7	50.9	37.7
358.0	35.9	30.1	64.2	26.8	10.8	45.8	32.2
367.0	35.8	28.0	57.7	30.5	9.9	47.6	34.3
375.0	33.1	29.3	60.0	27.2	10.1	54.6	32.5
377.0	34.5	29.9	60.2	27.0	9.0	—	36.3
381.0	33.7	28.3	60.3	28.3	10.2	57.2	44.6
410.0	31.4	27.8	62.4	28.3	9.0	53.1	41.7
Lutra lutra							
212.0	46.9	28.6	—	—	9.4	—	—
245.0	43.4	29.8	58.8	32.8	10.6	109.7	48.1
249.0	40.4	26.4	62.2	32.1	10.4	105.2	47.7
252.0	40.4	27.3	57.4	30.5	10.0	—	45.6
325.0	32.7	29.8	60.3	32.6	11.1	114.1	49.2
344.0	33.8	27.5	58.4	32.7	9.8	94.2	40.4
350.0	31.4	29.1	61.7	33.1	10.1	111.4	46.3
376.0	28.5	28.4	60.1	32.6	10.1	111.2	49.7
383.0	28.7	31.0	63.5	33.7	10.4	95.5	47.0
388.0	26.8	26.2	60.9	32.0	10.0	104.9	47.4
400.0	29.3	25.6	61.0	35.2	10.2	117.0	47.2
409.0	—	28.4	61.1	33.5	9.5	107.8	48.9
409.0	—	27.3	61.1	30.8	9.4	105.3	45.4
415.0	27.8	28.7	60.7	32.0	10.0	103.6	46.5

plattung des Schädels statt; diese offenbart sich im Werte des Breitenindex, in der Verkürzung und Verschmälerung der Unterkiefer und in der Wertveränderung des Höhenindex bei ungleich grossen Individuen. Ich bin nämlich der Ansicht, dass diese Änderungen die Tendenz zur Bildung eines schlanken und niedrigen Körpers ausdrücken, die auch im Bau der sonstigen Skelett-Teile zum Ausdruck kommt und die dem Mauswiesel die Bewegung in engen und niedrigen Räumen erleichtert. Dass es sich tatsächlich um die Verminderung dieser zwei Dimensionen und nicht um eine Gesamtverlängerung des Schädels handelt, darauf weist auch die Tatsache hin, dass die Relativgrösse der CB-Länge des Schädels nicht von den Massen abweicht, die bei den übrigen *Mustelidae*-Arten üblich sind (Tab. III/1). Ich möchte nochmals auf die relative Verringerung der Schädel-

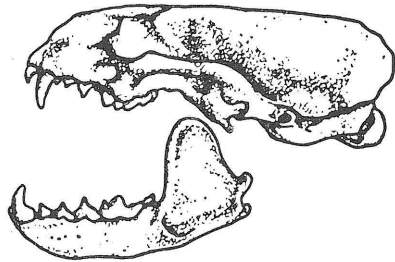
höhe bei grösseren Individuen der erwachsenen Mauswiesel aufmerksam machen, die durch den Stillstand beziehungsweise die starke Verlangsamung des Schädelwuchses in der dorsoventralen Richtung bei Erlangung eines bestimmten absoluten Wertes verursacht wird (Abb. 7). Diese bei den sonstigen Marderartigen ungewöhnliche Erscheinung könnte man vielleicht als eine funktionelle Anpassung im obenangeführten Sinne betrachten, obwohl das Ergebnis dieser relativen Abnahme der Schädelhöhe in absoluten Werten ausgedrückt nicht besonders gross ist (ungefähr 2 mm).

Beim Fischotter stellt die ausdruckvollste Veränderung in der Schädelbildung seine Verflachung dar, das heisst der grosse Unterschied zwischen seiner Breite und Höhe (Tab. V/4), die zur Bildung der keilartigen, für die Bewegung im Wasser vorteilhaften Körperform beiträgt.

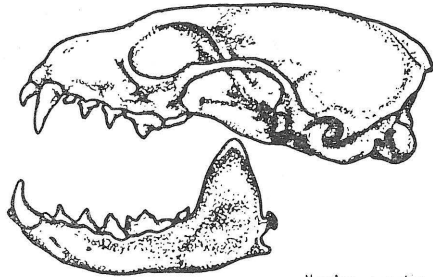
Weitere Unterschiede können in der Stellung der Sinnesorgane beobachtet werden. Das Orbita-Gebiet ist eine der sogenannten „funktionskritischen Zonen“ (nach HINSCHKE 1950); ihre Schädellage und die damit verbundene Augenstellung am Kopf ist namentlich bei Tieren, die im Wasser leben, ein wichtiges Adaptionsmerkmal. Ihre vertikale Lokalisation am Schädel kann, abgesehen von der visualen Beurteilung (s. Abb. 6), am besten nach der Interorbitalbreite der Stirnbeine beurteilt werden. Wie es aus der Tab. V/6 ersichtlich ist, ist diese Breite beim Fischotter am geringsten; dies bedeutet, dass dieses Tier seine Orbita am stärksten zur dorsalen Schädelseite hin verschoben hat. Das ist die Adaptation für das Leben im Wasser, die ihm einerseits gestattet, auch bei ge-



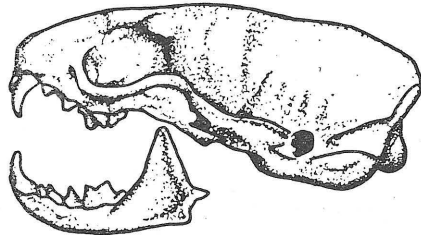
*Meles meles*



*Lutra lutra*



*Martes martes*



*Mustela nivalis*

Abb. 6. Vergleich der Schädelform der einzelnen Arten; laterale Ansicht, umgerechnet auf einheitliche Körperlänge.

ringem Emporheben des Kopfes aus dem Wasser die Umgebung zu beobachten, andererseits erleichtert sie ihm beim Schwimmen unter Wasser das Beobachten des Raumes oberhalb des Kopfes; dieser zweite Faktor ist wahrscheinlich bedeutsamer, weil bei herbivoren Säugetieren eine Einschnürung der Interorbitalbreite viel seltener vorkommt, als bei jenen im Wasser lebenden Säugetieren, die Fleischfresser sind (vergl. FREYE 1959).

Eine ähnliche Anpassung kann man auch in der Stellung der Nasenöffnung feststellen, obwohl man sie in diesem Falle keineswegs irgendwie exakt nachweisen kann. Orientiert man nämlich den Schädel nach der sogenannten „natürlichen Horizontale“ (s. DUERST 1926) und beurteilt man die Stellung des Dorsalrandes der Nasenöffnung nach dieser idealen Linie, stellt man fest, dass er am höchsten beim Fischotter (wozu sicherlich auch die praktisch ganz flache dorsale Schädelseite beiträgt), am tiefsten beim Mauswiesel liegt. Diese Stellung der Nasenöffnung beim Fischotter halte ich für eine analoge Anpassung an das Leben im Wasser wie die Lage der Orbita.

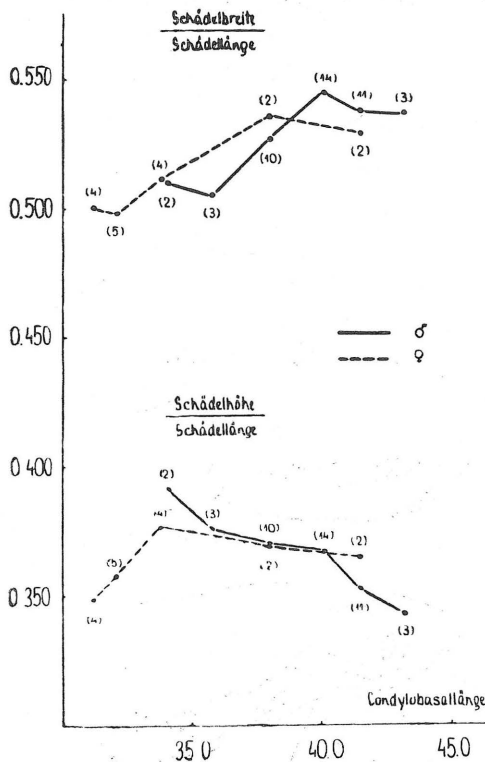


Abb. 7. Veränderungen in Relativhöhe und Relativbreite der Schädel bei Mauswiesel mit verschiedener Körperlänge (resp. Condylbasallänge). Die Zahlen in Klammer bezeichnen die Anzahl der Individuen, von denen die Durchschnittswerte gerechnet wurden.

Das letzte Gebiet, in dem im Zusammenhang mit verschiedenen Bewegungsarten bedeutende Unterschiede am Schädel zum Vorschein kommen, ist die Hinterhauptregion, vor allem die Grösse und die Gestaltung der Hinterhauptshöcker.

Wie aus der Tab. V/7—8 ersichtlich ist, zerfallen in dieser Beziehung die verglichenen Arten in zwei Gruppen: auf der einen Seite der Dachs und der Baumarder mit relativ kleinen Hinterhauptshöckern (*Condyl occipitales*), deren Achsen annähernd einen rechten Winkel bilden, auf der anderen Seite das Mauswiesel und der Fischotter mit grossen Hinterhauptshöckern, deren Achsen einen spitzen Winkel einschliessen.

Nach FREYE (1959) vergrössern die grossen Hinterhauptshöcker die Trag- und Unterstützungsfläche des Schädels und fördern die Überwindung des starken Widerstandes; die Grösse der Hinterhauptshöcker hat also vorerst eine statische Bedeutung. Die Form und der gegenseitige Neigungswinkel der *Condyl occipitales* haben da-



gegen Bedeutung für die Kopfbeweglichkeit in bezug auf den Hals; nach KNESE (1936) ermöglicht nämlich die Winkelverengung zwischen beiden Hinterhauptshöckern eine grössere Beweglichkeit des Kopfes in der Sagittalebene.

Bewertet man von diesem Standpunkt die Bildung der Hinterhauptregion beim Fischotter und beim Mauswiesel, ist klar ersichtlich, dass es sich in beiden Fällen um eine funktionelle Anpassung handelt. Die vergrösserten Hinterhauptshöcker gewähren beim Fischotter dem Schädel eine Stütze bei der Überwindung des starken Wasserwiderstandes beim Schwimmen, beim Mauswiesel erfüllen sie beim Transport der mit Rücksicht auf seine Körpermasse grossen und schweren Beute die Funktion der Schädelstütze. Die Winkelverengung zwischen den *Condylis occipitales* ermöglicht sowohl beim Fischotter als auch beim Mauswiesel eine grössere Kopfbeweglichkeit in der Sagittalebene. Der Fischotter kann beim Schwimmen mit dem Kopfe grosse Sagitalbewegungen machen, ohne dabei den Hals bewegen zu müssen und ohne dadurch die gesamte Körperlage im

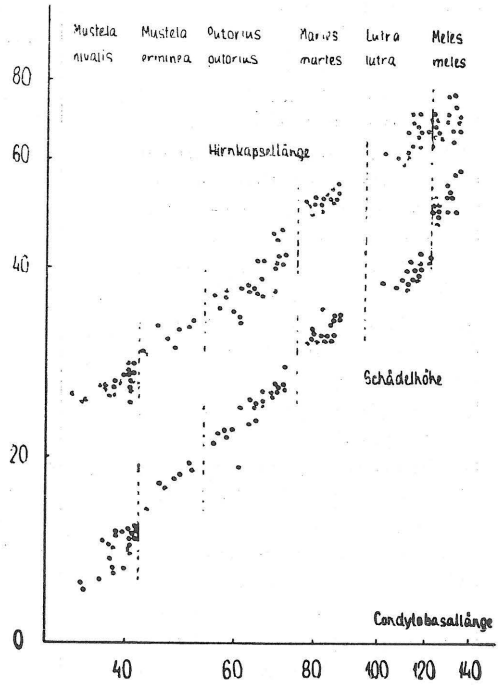


Abb. 8. Hirnkapsellänge und Schädelhöhe in Beziehung zur Condylobasallänge, doppelt logarithmische Auftragung.

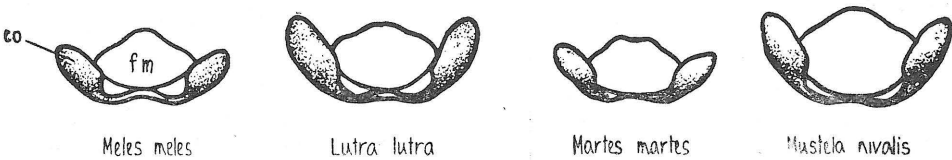


Abb. 9. Vergleich der Hinterhauptshöcker bei den einzelnen Arten; kaudale Ansicht, umgerechnet auf einheitliche Condylobasallänge.  
co - *Condylus occipitalis*, fm - *Foramen magnum*

Wasser zu stören, die für das Schwimmen sehr wichtig ist. Für das Mauswiesel hat sie vor allem beim Durchkriechen sehr niedriger Räume Bedeutung, wo es den ganzen Körper so stark als möglich senken muss; in diesem Falle gleicht die sagittale Kopfbewegung die Änderung der Neigung der Längsachse des Kopfes aus, die durch die Neigung der Halspartie des Körpers verursacht ist.

Eine gewisse, wenn auch mehr oder weniger nur theoretische Bedeutung

für die verschiedene Lebensweise hat der Neigungswinkel des *Foramen occipitale magnum*. Es ist nämlich bekannt, dass die Lage der *Foramen occipitale magnum* von der gegenseitigen Lage des Schädels und der Wirbelsäule abhängt; seine Neigung kann uns also umgekehrt gewissermassen die natürliche Haltung des Vorderendes des Tierkörpers anzeigen. Beurteilen wir den Neigungswinkel des *Foramen occipitale magnum* in bezug auf die Längsachse des Schädels (der Winkel Opisthion-Basion-Prosthion), können wir das geprüfte Material in drei Gruppen teilen. Den kleinsten Neigungswinkel hat der Fischotter, den grössten der Baummarder, zwischen ihnen steht das Mauswiesel und der Dachs (Tab. V/10). Wollen wir beim lebenden Tier den Neigungswinkel des *Foramen occipitale magnum* annähernd kennen lernen, ist es vorteilhafter, ihn in bezug auf die „natürliche Horizontale“ zu beurteilen. Dabei erhalten wir wieder zwei deutlich voneinander getrennten Gruppen: in der ersten ist der Fischotter und das Mauswiesel, in der zweiten der Dachs und der Baummarder (Tab. V/9). Wenn wir voraussetzen, dass sich die Halswirbelsäule oder mindestens ihr proximaler Teil ungefähr zum *Foramen occipitale*

TAB. V. Übersicht der Schädelmasse der verglichenen Tieren.

Art	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
	Länge: Höhe: Breite (Schädelhöhe = 100)	Schädelhöhe CB-Länge	Schädelbreite CB-Länge	Schädelhöhe Schädelbreite	Länge des Unterkiefers in Prozenten der CB-Länge	Interorbitalbreite in Prozenten der CB-Länge	Breite der Hinter- hauptböcker in Pro- zenten der CB-Länge	Gegenseitige Neigung der Hinterhauptshöcker	Annähernde Neigung des <i>Foramen occipitale magnum</i> zur natürlichen Horizontale	Annähernde Neigung des <i>Foramen occipitale magnum</i> zur Längsachse des Schädels
<i>Meles meles</i>	100 : 39.5 : 59.3	0.395	0.593	0.666	68.1	22.7	22.7	90°	139°	123°
<i>Lutra lutra</i>	100 : 33.7 : 60.4	0.337	0.604	0.558	65.0	17.3	27.5	60°	130°	117°
<i>Martes martes</i>	100 : 39.3 : 58.0	0.393	0.580	0.677	67.7	25.8	23.3	85°	141°	127°
<i>Mustela nivalis</i>	100 : 35.9 : 52.3	0.359	0.523	0.686	50.9	22.0	26.9	61°	132°	121°

*magnum* an den Schädel ansetzt, bedeutet das, dass sich beim Fischotter und beim Mauswiesel, bei denen das *Foramen occipitale magnum* mehr kaudal gerichtet ist, die Halswirbelsäule in einem stumpferen Winkel an den Schädel ansetzt ( $140^\circ$  und  $138^\circ$  in bezug auf die natürliche Horizontale) als beim Dachs und beim Baummarder ( $131^\circ$  und  $130^\circ$ ), deren *Foramen occipitale magnum* eher ventral gerichtet ist. Diese Einrichtung fördert vielleicht die Erhaltung der gesamten gestreckten Körperform, die sowohl zur Bewegung im Wasser als auch zur Bewegung in niedrigen Räumen nötig ist.

In diesem Teil wäre es vielleicht zweckmässig, in kurzen Zügen auch die Morphologie des Gebisses zu erwähnen. Bei allen verglichenen Arten ist es vollständig heterodont; die Zahnformel ist bekannt, es ist daher nicht notwendig sie hier anzuführen. Wenn wir die Gebiss-Morphologie bei den einzelnen Arten vergleichen (Abb. 44–47), stellen wir fest, dass die kleineren Arten (Mauswiesel und Baummarder) relativ längere Hakenzähne und grössere Reisszähne haben als die grossen Arten. In diesem Falle ist das sicherlich vor allem durch das Grössenverhältnis zwischen diesen Tieren und ihrer Beute begründet. Beim Dachs kommt ausserdem bei der Gebissgestaltung auch zur Geltung, dass er Allesfresser ist; die Reisszähne unterscheiden sich durch ihre Grösse praktisch nicht von den übrigen Zähnen, die Kronen der Backenzähne sind breit und haben nur niedrige stumpfe Höcker. Die verschiedene Art der Nahrung zeigt sich auch im Ausmasse der Abnützung des Gebisses. Während bei den Fischottern und Baumwardern, die hauptsächlich Fleischfressern sind, auch bei sehr alten Tieren sämtliche Höcker erhalten sind, sind bei alten Dachsen namentlich die Backenzahnkronen sehr abgewetzt und die Höcker auf ihrer Aussenfläche abgerieben.

## 2. Wirbelsäule

Im Bau der Wirbelsäule finden wir bei den verglichenen Arten vor allem Unterschiede in der relativen Länge der einzelnen Teile, in der relativen Breite der Wirbel und in der Länge der *Processus spinosi* der Wirbel.

In der Bildung der Halswirbelsäule (Abb. 10–11, Tab. III, VI, VII) zeigen sich bei den einzelnen Arten keine wesentlichen Veränderungen; ihre Relativlänge ist verhältnismässig ausgeglichen, nur beim Mauswiesel ist sie etwas kleiner. Entschieden findet keine ausgeprägte Verkürzung beim Fischotter oder beim Dachs statt, wie man es nach den Verhältnissen erwarten dürfte, die wir z. B. bei den Wassernagetieren oder grabenden Nagetieren kennen (vergl. BOHMANN 1939 oder BÖKER 1935 und RE-MANE 1936). Das lässt sich dadurch erklären, dass eine Verkürzung der Halswirbelsäule in erster Reihe bei jenen Wassersäugetern vorkommt, deren Bewegungsapparat sich in dem hinteren Körperteil befindet (KNESE 1936); da sich der Fischotter im Wasser einerseits durch die Stösse der Vorder- und Hinterextremitäten, andererseits durch laterale Schwanzbewegungen und teilweise auch durch Körperschwingungen fortbewegt (vergl. MATTHEWS 1952, KRUMBIEGEL 1954), könnte man diese Erklärung desto eher anwenden, da wir ähnliche Verhältnisse auch bei Robben vorfinden (die Länge der Halswirbelsäule bei der *Otaria stelleri* bildet z. B. 35,9 %

der Körperlänge, also noch mehr als die Halslänge des Fischotters). Beim Dachs fand meiner Ansicht nach einerseits deswegen keine Verkürzung der Halswirbelsäule statt, da er verhältnismässig lange Vorderextremitäten hat, andererseits da bei ihm der Kopf keinesfalls an der Scharrtätigkeit teilnimmt, wie dies ziemlich häufig bei den Nagetieren vorkommt (OGNEV 1952 u. a.).

Die Halsverkürzung beim Mauswiesel halte ich für eine Verfestigung; das Tier trägt oft eine im Verhältnis zu seiner Körpergrösse ziemlich schwere Beute und da die *Processus spinosi* der Brustwirbel, wo sich die den Kopf und den Hals tragenden Muskeln ansetzen, sehr niedrig sind, verkürzt sich der Hals wie ein Arm eines einseitigen Hebels.

FREYE (1954) verweist in seiner Arbeit über den Biber auf eine starke „Zusammendrängung“ der Halswirbel und auf den Umriss der Halswirbelsäule, der keilförmig mit einer breiten Basis ist. Eine ähnlich geformte Halswirbelsäule haben auch die Bismarckratte (vergl. KOHL 1915, MÜLLER 1953) und etliche andere Wassersäuger. Bei keiner der verglichenen *Mustelidae*-Arten habe ich eine derartige Anordnung festgestellt. Die Form der Halswirbelsäule der Marderartigen ist gedehnter; die Relativbreite schwankt annähernd um 7%

(Tab. VI/1-3), wobei man nur zwischen dem Dachs und dem Fisch-

Abb. 11. Vergleich der Halswirbelsäuleumrisse bei den einzelnen Arten; durch dünne Linien ist der Umriss des Atlas bezeichnet, Dorsale Ansicht, umgerechnet auf einheitliche Körperlänge

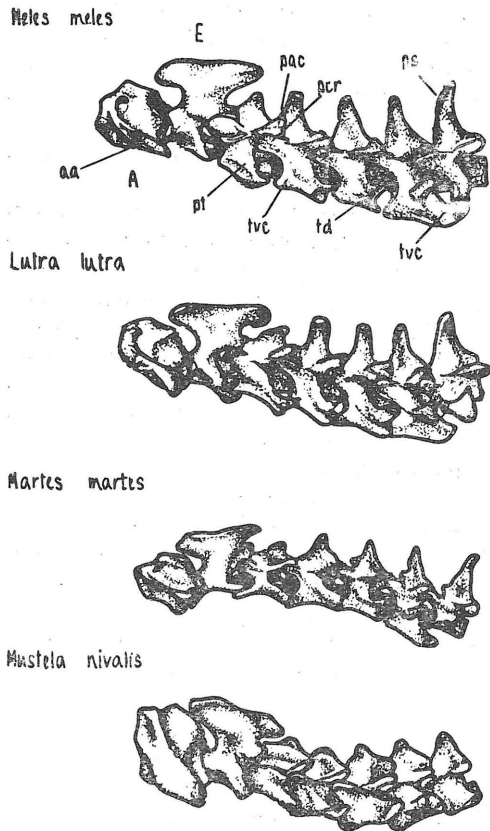
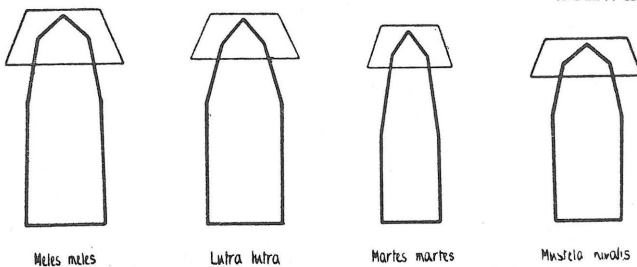


Abb. 10. Vergleich der Halswirbelsäule der einzelnen Arten; laterale Ansicht, umgerechnet auf einheitliche Körperlänge, A - Atlas, aa - Ala atlantis, E - Epistropheus, pac - Processus articularis caudalis, pcr - Processus articularis cranialis, ps - Processus spinosus, pt - Processus transversus, td - Tuberculum dorsale, tvc - Tuberculum ventrale caudale



TAB. VI. Übersicht der am Rumpfskelett der verglichenen Tiere festgestellten Masse.

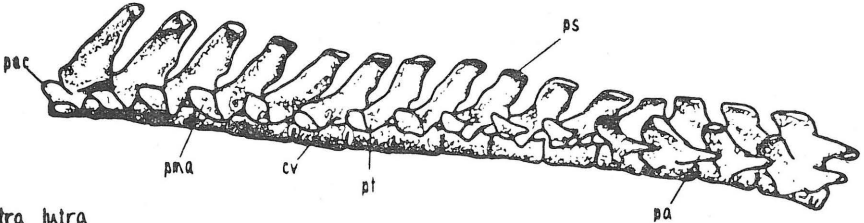
Art	in Prozenten der Länge der Halswirbelsäule ausgedrückt			in Prozenten der Körperlänge ausgedrückt		Steilheit des Brustkorbes (Aufklärung im Text)	Os sacrum Länge : Breite
	Breite des Atlas zwischen den <i>Ala atlantis</i>	Breite des Atlas zwischen den Ausserändern der <i>Foveae articulares craniales</i>	Durchschnittsbreite des 2. — 7. Halswirbels	geringste Höhe des Brustkorbes	grösste Höhe des Brustkorbes		
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Meles meles	52.7	33.4	34.6	7.2	25.9	100:50.7	100:109.1
Lutra lutra	53.3	32.5	36.3	6.7	22.6	100:33.2	100:81.9
Martes martes	44.4	30.6	28.9	5.6	21.1	100:36.7	100:89.5
Mustela nivalis	48.0	35.7	27.2	5.3	17.0	100:29.1	100:70.5

otter einerseits und dem Baumrarder und dem Mauswiesel andererseits grössere Differenzen feststellen kann. Beim Fischotter kann man diese Verstärkung für eine Versteifung halten, welche die Einhaltung der Lage des Kopfes gegenüber dem Rumpf bei der Überwindung des Wasserwiderstandes erleichtert, beim Dachs überwiegt wahrscheinlich die Tragfunktion (Stützelement des verhältnismässig schweren Kopfes). Auffallend sind die relativ breiten Ausmasse des Atlas beim Mauswiesel; si hängen mit der Grösse der *Condyli occipitales* zusammen und dienen wahrscheinlich zur Vergrösserung der Kopfstütze, die beim Tragen der relativ schweren Beute notwendig ist. Zur Unterstützung der Ansicht über die Stützfunktion der Halswirbelsäule können auch Veränderungen angeführt werden, die im Laufe des Wachstums der Tiere eintreten (Tab. VII). Ich habe nämlich bei Fischottern und Dachsen festgestellt (bei den übrigen Arten hatte ich nicht das nötige Material zur Verfügung), dass Jungtiere eine relativ breitere Halswirbelsäule besitzen als erwachsene Tiere; dies hängt wahrscheinlich mit dem negativ allometrischen Wuchs des Schädels zusammen, der bei jungen Tieren relativ viel grösser ist als bei erwachsenen (Tab. IV/1). Besonders auffallend sind diese Unterschiede bei Dachsen, die einen relativ viel grösseren und schwereren Kopf haben als die Fischotter.

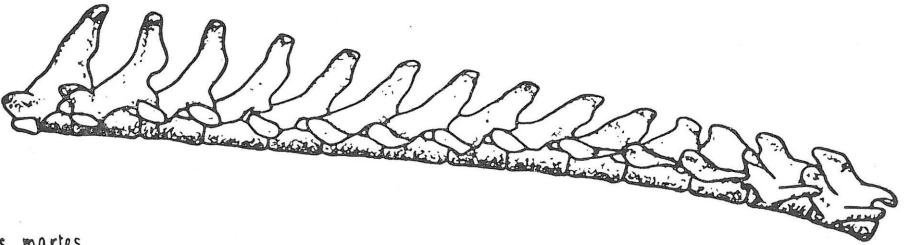
In der Relativlänge der Brustwirbelsäule machen sich bedeutendere Unterschiede beim Fischotter und dem Dachs einerseits und beim Baumrarder und dem Mauswiesel andererseits bemerkbar (Tab. III/4). Beim Dachs ist die Verlängerung dieses Teiles noch dadurch hervorgehoben, dass er um einen Brustwirbel mehr und um einen Lendenwirbel weniger hat als

die anderen untersuchten Arten. BOHMANN (1939) und ASTANIN (1958) halten übereinstimmend die Verlängerung der Brust- und die Verkürzung der Lendenwirbelsäule für eine Rumpffestigung; BOHMANN

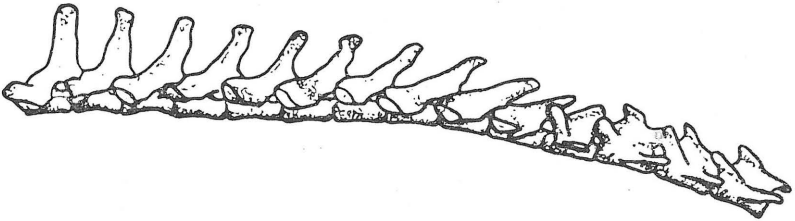
*Meles meles*



*Lutra lutra*



*Maries martes*



*Mustela nivalis*

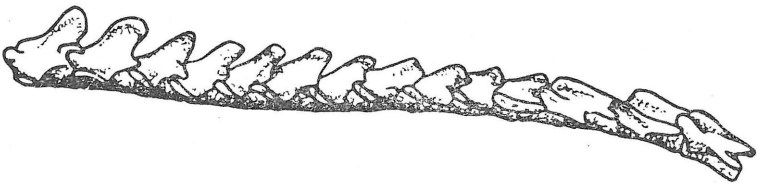


Abb. 12. Vergleich der Brustwirbelsäule bei den einzelnen Arten; laterale Ansicht, umgerechnet auf einheitliche Körperlänge.

cv - *Corpus vertebrae*, pa - *Processus accessorius*, pac - *Processus articularis cranialis*, pma - *Processus mamilloarticularis*, ps - *Processus spinosus*, pt - *Processus transversus*



(1939) hält diese Verfestigung für eine notwendige Anpassung an die Bewegung im Wasser und an das Graben.

**TAB. VII.** Breitenunterschiede der Halswirbelsäule bei jungen und erwachsenen Tieren.

Art	Körperlänge in mm	Breite des Atlas in Prozenten der Halslänge	Durchschnittsbreite des 2.-7. Halswirbels in % der Halslänge
Meles meles	219.0	66.8	44.1
	400.0	52.7	34.6
Lutra lutra	212.0	58.2	38.8
	410.0	53.3	36.3

Das gegenseitige Längenverhältnis der Brust- und Lendenwirbelsäule kommt am besten beim Prozentvergleich der Länge der Lendenwirbelsäule und der Länge der Brustwirbelsäule zum Ausdruck. Kontrollhalber habe ich diesen Vergleich nicht nur bei den *Mustelidae*-Arten, sondern auch bei vier systematisch entfernten, für verschiedene Bewegungsweise ausdrucksvoll spezialisierten Arten vorgenommen (Tab. VIII). Aus diesem Vergleich geht hervor, dass die grössten Unterschiede in der

**TAB. VIII.** Verhältnis zwischen der Länge der Lenden- und Brustwirbelsäule bei Tieren mit verschiedener Bewegungsweise.

Art	Länge der Brustwirbelsäule : Länge der Lendenwirbelsäule	Art	Länge der Brustwirbelsäule : Länge der Lendenwirbelsäule
Meles meles	100 : 45.9	Priodontes giganteus	100 : 27.1
Lutra lutra	100 : 53.3	Otaria stelleri	100 : 39.3
Mustela nivalis	100 : 59.5	Alouatta seniculus	100 : 60.7
Martes martes	100 : 68.3	Megalotis zerda	100 : 79.6

Länge der Brust- und der Lendenwirbelsäule tatsächlich bei grabenden und schwimmenden Tieren existieren. Die deutlichsten Änderungen in dieser Beziehung sind beim Dachs zu beobachten.

Die grösste Beweglichkeit des Rumpfes von allen geprüften Arten ermöglicht die Wirbelsäulenbildung dem Baummarder. Wenn man nach den deutlich spezialisierten Arten urteilt, ist diese Formierung für die sich schnell bewegenden Tiere charakteristisch; beim Baummarder hat jedoch die Rumpfbeweglichkeit wahrscheinlich eine grössere Bedeutung für die Bewegung im Geäst.

Nach manchen Autoren kommen die verschiedenen Bewegungsarten und die allgemeine Lebensweise auch in der Bildung des Brustkorbes zum Ausdruck. Nach FREYE (1954) bedeutet der kurze hohe Brustkorb eine Anpassung zur Bewegung im Wasser und zum Graben. Er erklärt dies dadurch, dass der kurze Brustkorb durch die Tätigkeit des verstärkten Zuges gebildet wird und dass er die Kraft der Vorderextremitäten unter-

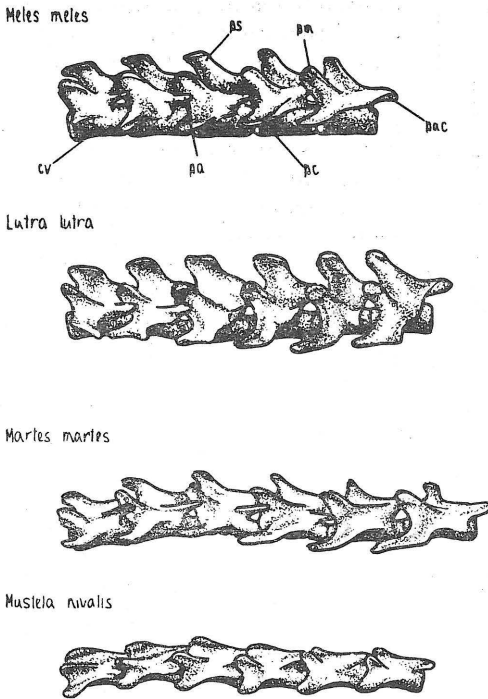


Abb. 13. Vergleich der Lendenwirbelsäule bei den einzelnen Arten; laterale Ansicht, umgerechnet auf einheitliche Körperlänge. cv - *Corpus vertebrae*, pa - *Processus accessorius*, pac - *Processus articularis caudalis*, pm - *Processus mamillaris*, ps - *Processus spinosus*

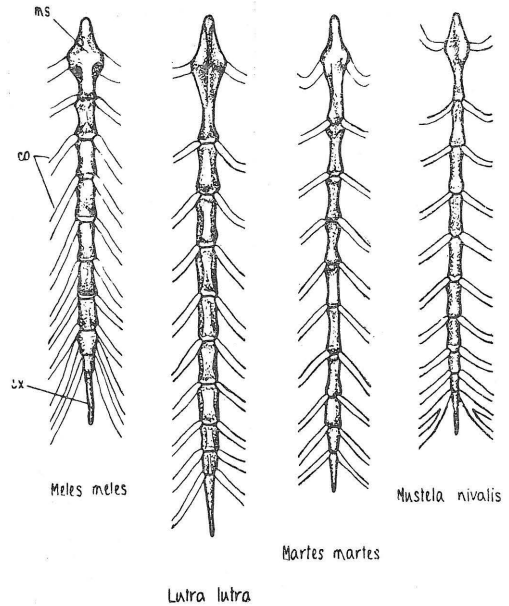


Abb. 14. Vergleich des Brustbeines bei den einzelnen Arten; ventrale Ansicht, umgerechnet auf einheitliche Körperlänge. co - *Rippen*, cx - *Cartilago xiphoidea*, ms - *Manubrium sterni*

stützt. Die erreichten Ergebnisse geben jedoch diesem Autor nur teilweise recht.

Die Werte der kleinsten Brustkorbhöhe (an der Stelle des Ansatzes der ersten Rippe am Brustbein gemessen) und der grössten Brustkorbhöhe (an der Stelle der letzten *Sternebra* gemessen) sind am höchsten beim Dachs, am niedrigsten beim Mauswiesel. Die relative Länge des Brustkorbes, durch die Länge des Brustbeines ausgedrückt, ist zwar am kleinsten beim Dachs, aber am grössten beim Fischotter (Tab. VI/4-5). Genauer als auf Grund dieser Werte erlangen wir jedoch eine Vorstellung

über die Form des Brustkorbes bei den einzelnen Arten durch das Verhältnis

Länge des Brustbeines

(grösste Höhe des Brustkorbes) — (geringste Höhe des Brustkorbes)

das ich als Steilheit des Brustkorbes bezeichne. Wie aus der Tab. VI/6 ersichtlich ist, hat den grössten Steilheitswert des Brustkorbes der Dachs, den geringsten das Mauswiesel. Der Fischotter steht an der vorletzten Stelle. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Ansicht über den Einfluss des Grabens auf die Form des Brustkorbes wahrscheinlich richtig ist; die Steilheit des Brustkorbes beim Dachs unterscheidet sich tatsächlich sehr deutlich von der Steilheit des Brustkorbes bei den übrigen verglichenen Arten. Was die Wassersäuger betrifft, nehme ich an, dass man ihre Bewegungsweise berücksichtigen muss. BÖKER (1935) bezeichnet das Schwimmen beim Fischotter als „Rumpf-Schwanz-Schwimmen“; es wird nicht nur durch die Stösse der Extremitäten und laterale Schwanzbewegungen ausgeübt, sondern auch durch die wellenartige Bewegung des Rumpfes, und erfordert daher eine beweglichere Gestaltung des Vorderteils des Rumpfes als bei den Nagetieren, wo meistens der Körper nur durch die Bewegung der Hinterextremitäten und des Schwanzes vorwärts getrieben wird.

Sehr auffallend ist die geringe Steilheit des Brustkorbes beim Mauswiesel. Man kann sie wieder als eine Anpassung des Körpers an die Bewegung in engen und niedrigen Räumen erklären.

Die Relativwerte des Kreuzbeines (*Os sacrum*) sind am grössten (am längsten und am breitesten) beim Dachs (Abb. 15, Tab. III/8, VI/7); es ist die Anpassung zur Stütze des schweren Körpers sowohl bei der Bewegung als auch beim Graben. Nach dem Dachs hat das relativ längste Kreuzbein der Fischotter, das relativ breiteste der Baummarder. Die Bildung des verhältnismässig engen Kreuzbeines beim Fischotter hängt wahrscheinlich mit der Gesamttendenz zur Bildung einer engen Beckenregion zusammen, wie wir sie bei den meisten Wassersäufern finden (ein ähnliches Verhältnis wie beim Baummarder und beim Fischotter habe ich z. B. auch beim Vergleichen der *Alouatta seniculus* und der *Otaria stelleri* festgestellt). Für die Bedeutung des Kreuzbeines für das Stützensystem des Körpers, der beim Fischotter grösser ist als bei den übrigen Wassersäufern, zeugt einerseits seine relative Länge, andererseits die Bildung der verhältnismässig starken *Cristae* und *Lineae* an diesem Beine. Die Bildung des engen Kreuzbeines beim Mauswiesel ist ein Teil der Gesamtanpassung des Körpers an die Bewegung in engen und niedrigen Räumen.

Die ausdrucksvollsten durch das Leben in verschiedener Umwelt und namentlich durch verschiedene Bewegungsweise verursachten Veränderungen machen sich an der Schwanzwirbelsäule (Abb. 16—17, Tab. III/10—11) bemerkbar, und zwar sowohl in ihrer Relativlänge als auch in ihrer Gesamtbildung. Ihre relative Länge schwankt zwischen 48,8 % der Körperlänge beim Mauswiesel und bis zu 109,1 % der Körperlänge beim Fischotter, wobei diese Unterschiede eher durch die verschiedene Form der Schwanzwirbel als durch ihre Anzahl gebildet sind; der Dachs hat

z. B. nur um zwei Schwanzwirbel weniger als der Baummarder, doch der Unterschied in der relativen Länge beträgt fast 45 %.

Die Verlängerung des Schwanzes ist fast für alle Wasser- und Kletter-säuger typisch und seine Funktion ist aus dem Studium der Bewegungsmechanik bei den einzelnen Säugetieren ersichtlich (vergl. BOHMANN 1939, HORNER 1954, KRUMBIEGEL 1954, HERÁÑ 1961a u. a.). Gerade an

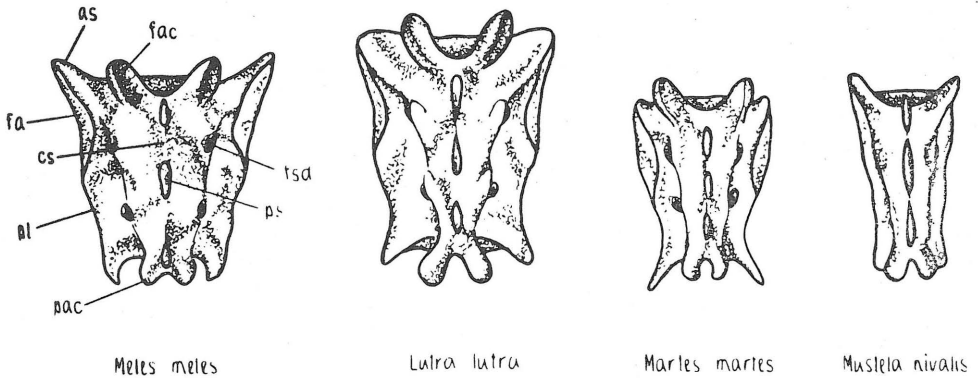


Abb. 15. Vergleich des Kreuzbeines der einzelnen Arten; dorsale Ansicht, umgerechnet auf einheitliche Körperlänge.

as - Ala ossis sacri, cs - Crista sacralis media, fa - Facies auricularis, fac - Facies articularis cranialis, fsd - Foramina sacralia dorsalia, pac - Processus articularis caudalis, pl - Pars lateralis, ps - Processus spinosus

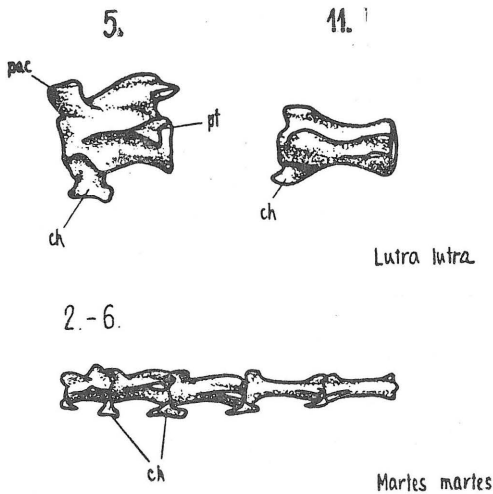


Abb. 16. Hämapophysen an den Schwanzwirbeln beim Fischotter und beim Baummarder. Die Zahlen bezeichnen die Reihenfolge der Wirbel. Laterale Ansicht von links, die Grössenverhältnisse wurden nicht eingehalten.

ch - Arcus haemalis, pac - Processus articularis cranialis, pt - Processus transversus

dem verglichenen Material ist aber sehr gut zu erkennen, wie sich bei diesen beiden Gruppen die Bildung des Schwanzes nach seiner überwiegenden Funktion unterscheidet.

Für den Fischotter hat er vor allem eine Bedeutung als lokomotorisches Organ, das den Körper des Tieres gewissermassen vorwärts „treibt“ und dem im Wasser beträchtlicher Widerstand geleistet wird. Aus diesem Grund sind die Wirbel sehr stark (die Durchschnittsbreite der ersten fünf Wirbel beträgt 8,6 % der Körperlänge) und die Querfortsätze sind lang und breit; denn sie haben die Funktion von Hebeln, an die sich die den Schwanz seitwärts bewegenden Muskeln ansetzen. Auf der

Ventralseite der Wirbel sind fast längs der ganzen Wirbelsäule starke Hämapophysen (*Arcus haemales*, *Ossa en chevron*) ausgebildet; diese Ausläufer sind bei allen Säugern vorhanden deren Schwanz stark beansprucht wird (Wale, Sirenen, manche Beuteltiere u. a.). Sie haben die Funktion eines Hebels, an dem sich der *Musculus sacrococcygicus ventralis medialis* ansetzt, der den Schwanz in der sagitalen Ebene bewegt.

Für den Baumrarder hat dagegen der Schwanz vorerst nur eine Bedeutung als Balance und seine Bewegungen behindert praktisch lediglich der Luftwiderstand. Die Schwanzwirbel sind daher zwar lang, aber schwach, die Querfortsätze sind lang, aber sie sind nur an den ersten vier Wirbeln ausgebildet. Gleichfalls die Hämapophysen sind beim Baumrarder schwächer und annähernd nur im ersten Drittel des Schwanzes ausgebildet. Auch dies muss jedoch als ein bedeutendes Adaptationsmerkmal angesehen werden, da bei den übrigen verglichenen Arten diese Ausläufer überhaupt nicht entwickelt sind.

### 3. Zusammenfassung

In der Bildung des Kopf- und Rumpfskeletts finden wir bei den verglichenen *Mustelidae*-Arten einige bedeutende, mit ihrer allgemeinen Lebensweise verbundene Unterschiede.

Durch die Gesamtform des Schädels unterscheidet sich der Fischotter und das Mauswiesel von den übrigen Arten. Beim Fischotter fand eine ausgeprägte Schädelabplattung statt, die mit der dorsalen Verschiebung der Orbita und der Nasenöffnung als Anpassung an das Wasserleben verbunden ist; beim Mauswiesel entstand eine Senkung der Schädelhöhe und Verengung des Schädels und eine Verkürzung der Unterkiefer als Anpassung an die Bewegung in niedrigen und engen Räumen.

Durch die Grösse und gegenseitige Neigung der Hinterhauptshöcker (*Condylus occipitales*) unterscheidet sich der Dachs und der Baumrarder vom Mauswiesel und vom Fischotter; die Bildung der Hinterhauptshöcker ermöglicht dem Fischotter und dem Mauswiesel eine weitgehende Bewegungen des Kopfes in der sagitalen Ebene und eine feste Stütze des Schädels.

Am Rumpfskelett sind die grössten Unterschiede in der Bildung der Schwanzwirbelsäule. Der Dachs und das Mauswiesel haben diesen Teil der Wirbelsäule relativ kurz, der Fischotter und der Baumrarder beträchtlich länger. Beim Fischotter, bei dem der Schwanz eine bedeutende lokomotorische Funktion hat, ist die Schwanzwirbelsäule sehr stark, beim Baumrarder, bei dem der Schwanz eine Balance-Funktion hat, ist dieser Teil viel schwächer.

Die lange Brust- und die kurze Lendenwirbelsäule beim Dachs und beim Fischotter tragen zur Festigung des Rumpfes bei; beim Baumrarder und beim Mauswiesel sind die Längenverhältnisse dieser beiden Teile viel ausgeglichener.

Die grössten Unterschiede in der Bildung des Brustkorbes sind zwischen dem Dachs und dem Mauswiesel. Der kurze und hohe Brustkorb des Dachses ist charakteristisch für grabende Tiere, der lange und niedrige

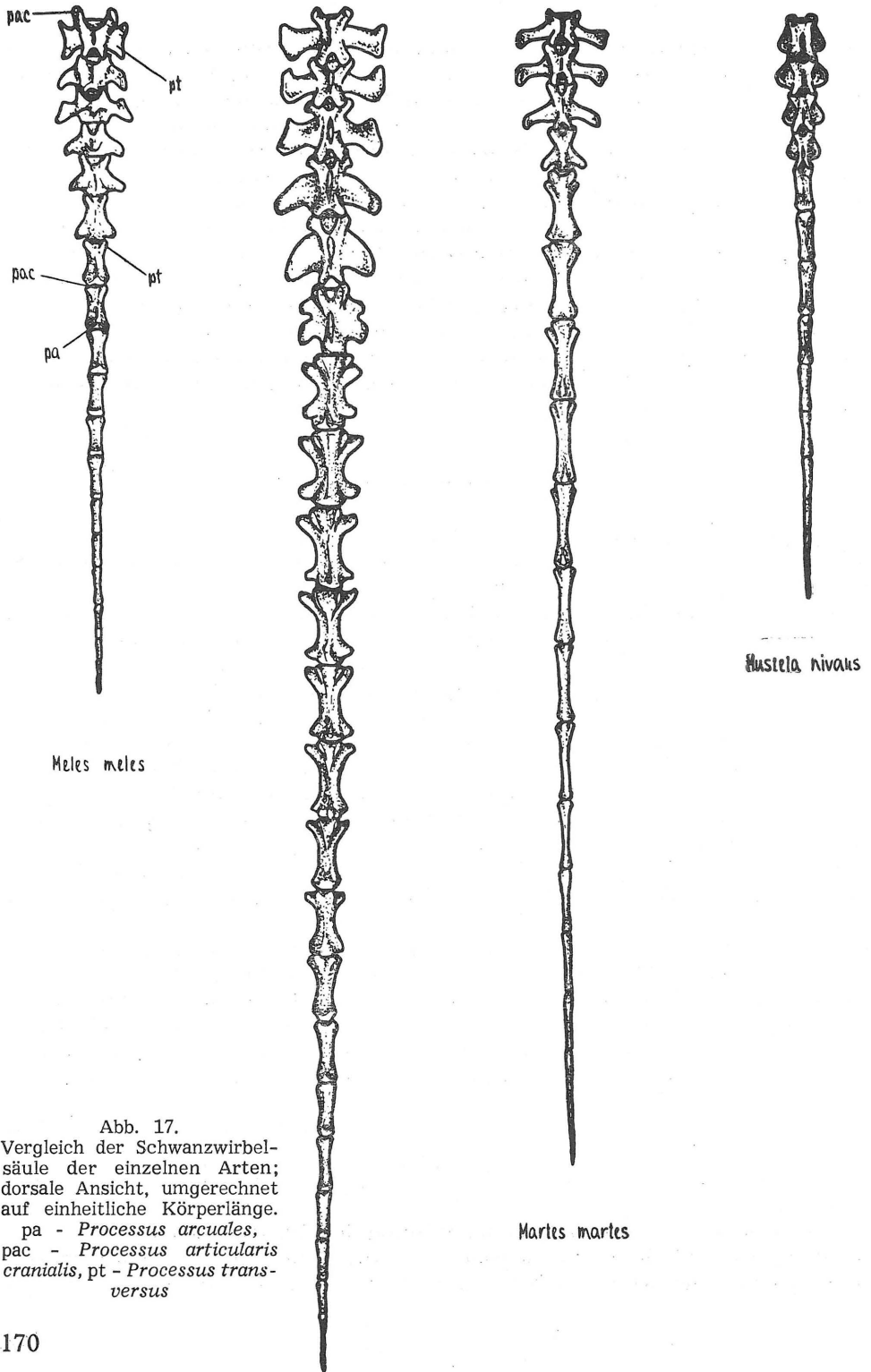


Abb. 17.  
 Vergleich der Schwanzwirbel-  
 säule der einzelnen Arten;  
 dorsale Ansicht, umgerechnet  
 auf einheitliche Körperlänge.  
 pa - *Processus arcuales*,  
 pac - *Processus articularis*  
*cranialis*, pt - *Processus trans-*  
*versus*



Brustkorb des Mauswiesels ermöglicht diesem Tier die Bewegung in engen Räumen.

Das Kreuzbein des Dachses unterscheidet sich von den übrigen Arten durch seine beträchtliche Breite; es vergrößert die Stütze der Hinterextremitäten beim Graben.

Beim Mauswiesel fand — im Vergleich zu den übrigen Arten — eine bedeutendere Verkürzung der Halswirbelsäule statt; dies bezweckt offensichtlich die Versteifung des Halses als Stütze des verhältnismässig grossen Schädels, namentlich beim Tragen der Beute.

#### V. DAS SKELETT DER EXTREMITÄTEN

Die Skelettgestaltung der Extremitäten, die der Hauptbewegungsapparat bei sämtlichen Säugetieren sind (vielleicht mit Ausnahme der *Cetacea* und *Sirenia*), erfährt im Zusammenhang mit den verschiedenen Bewegungs- und Tätigkeitsarten die ausgeprägtesten Veränderungen. Diese äussern sich vor allem in den gegenseitigen Längenverhältnissen der einzelnen Partien der Extremitäten, in der relativen Breite der einzelnen Knochen und in ihrer Gesamtform.

Alle Merkmale müssen allerdings am Skelett der erwachsenen Tiere festgestellt werden, da während der ontogenetischen Entwicklung sehr bedeutende Veränderungen nicht nur in der Gesamtlänge der Extremitäten,

**TAB. IX.** Übersicht der Relativlängen der Vorder- und Hinterextremitäten bei den verglichenen Arten

Art	Gesamtlänge der Vorderextremität in % der Körperlänge	Gesamtlänge der Hinterextremität in % der Körperlänge	Länge der Vorderextremität: Länge der Hinterextremität
	1.	2.	3.
<i>Meles meles</i>	69.3	78.2	88.6 : 100
<i>Lutra lutra</i>	54.1	71.0	76.2 : 100
<i>Martes martes</i>	71.2	90.2	78.9 : 100
<i>Mustela nivalis</i>	49.4	63.0	78.4 : 100

täten, sondern auch in den relativen Längen ihrer einzelnen Teile stattfinden (Tab. X, Abb. 18, 20—21, 30—31). Doch auch diese Wuchsveränderungen tragen in manchen Fällen zur Erkenntnis der Funktionsbedeutung der Adaptationsmerkmale am Skelett erwachsener Tiere bei.

Bei allen verglichenen Arten sind die Hinterextremitäten länger als die Vorderextremitäten (Tab. IX/3). Ihre relative Länge ist am grössten

TAB. X. Veränderungen der Relativlängen der Extremitäten und ihrer einzelnen Teile während des Wachstums.

Körperlänge in mm	Vorderextremität					Hinterextremität					
	Gesamtlänge der Vorderextremität	Länge der Scapula	Länge des Stylopodiums	Länge des Zeugopodiums	Länge des Autopodiums	Gesamtlänge der Hinterextremität	Beckenlänge	Länge des Stylopodiums	Länge des Zeugopodiums	Physiolog. Länge des Autopodiums	Gesamtlänge des Autopodiums
	in Prozenten der Körperlänge										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Meles meles											
219.0	90.6	22.8	34.0	28.4	28.2	101.2	34.4	38.1	33.2	29.7	39.9
335.0	73.9	—	28.1	23.7	22.0	82.7	28.0	31.2	27.2	24.3	39.7
358.0	71.5	21.6	27.5	23.1	20.8	82.5	29.5	30.8	29.0	22.6	30.0
367.0	70.0	20.0	27.2	23.7	19.6	78.6	27.6	30.3	26.8	21.3	28.4
375.0	70.5	20.8	26.1	21.4	22.9	78.7	27.4	29.1	25.2	24.2	28.8
377.0	71.2	20.8	27.6	22.6	20.9	81.8	27.1	31.2	27.9	22.3	30.6
381.0	71.7	22.1	26.6	21.5	23.5	79.0	28.8	29.2	24.3	24.5	29.5
394.0	64.4	20.3	25.9	21.0	17.5	74.7	27.8	29.9	25.0	19.8	25.6
410.0	65.8	21.4	25.4	20.5	19.9	73.0	27.5	27.7	22.9	22.1	25.1
Lutra lutra											
212.0	74.3	18.8	27.0	20.2	27.0	97.4	29.7	27.9	31.2	38.2	48.4
245.0	73.4	18.2	26.3	19.2	27.8	92.3	29.7	25.5	29.8	37.1	44.0
249.0	65.3	15.8	24.0	17.1	24.1	84.4	26.3	23.3	26.8	34.4	38.2
252.0	63.3	16.1	23.7	17.3	22.4	82.1	26.3	23.7	26.6	31.9	39.6
325.0	55.0	16.2	21.2	14.4	19.3	74.8	26.0	20.9	24.6	29.3	32.8
344.0	58.0	15.6	22.6	15.6	19.7	75.8	26.5	22.8	25.5	27.4	34.1
350.0	54.7	16.8	21.8	14.6	18.3	72.5	26.0	22.0	24.5	26.0	29.4
376.0	53.9	16.8	20.8	14.3	18.8	69.2	24.8	21.0	22.7	26.0	30.3
383.0	53.2	16.6	20.9	14.5	17.4	69.4	24.0	21.6	23.1	24.6	29.4
388.0	55.3	17.1	22.5	16.2	16.7	72.3	27.4	23.8	24.6	23.9	29.9
400.0	53.9	17.7	21.7	14.1	18.0	69.2	27.7	22.2	24.2	23.0	29.5
409.0	52.3	17.8	20.5	14.9	17.1	67.8	27.1	21.6	23.1	23.0	28.3
409.0	53.2	15.9	20.8	14.2	18.1	69.5	25.7	20.9	23.5	25.0	28.3
415.0	51.5	16.9	20.6	14.5	16.3	67.7	25.4	21.6	25.2	21.9	28.2

beim Baumarder, am kleinsten beim Mauswiesel (Tab. IX/1—2, Abb. 19, 29); wie bei der Gestaltung des ganzen Skeletts zeigt sich also auch hier eine Tendenz, die auf eine womöglich starke Senkung der Körperhöhe beim Mauswiesel gerichtet ist.

## 1. Die Vorderextremität

Der Gesamtbau der Vorderextremitäten, wenn man die Unterschiede ihrer relativen Länge nicht berücksichtigt, ist grundsätzlich bei allen verglichenen Arten gleich: der längste Teil ist das Stylopodium, der kürzeste in den meisten Fällen das Zeugopodium; nur beim Dachse ist das Autopodium der kürzeste Teil der Vorderextremität. Diese Proportionen gelten jedoch nur für erwachsene Tiere, da während der ontogenetischen Entwicklung ziemlich bedeutende Veränderungen in den Proportionen der Vorderextremitäten stattfinden (Tab. X).

Die Grundform bildet bei allen Arten offensichtlich die der schnellen Bewegung angepasste Extremität; in ihrem Bau finden wir bei den einzelnen *Mustelidae*-Arten mit der Spezialisierung für verschiedene Bewegungsformen zusammenhängende, nicht besonders bedeutende adaptive Veränderungen: eine Gesamtverkürzung sämtlicher Teile als Anpassung an die Bewegung in den niedrigen Gängen beim Mauswiesel, Verlängerung des Autopodiums als Adaptation der Extremität an die Ruderfunktion beim Fischotter. Die deutlichste Veränderung findet beim Dachse statt, bei dem sich das Autopodium stark verkürzt, wodurch eine zum Graben angepasste Extremität entsteht, die durch Verkürzung ihrer Distalteile charakterisiert ist.

Die relativ kleine Spezialisierung der Vorderextremitäten bei den verglichenen Arten ist im grossen und ganzen im Einklang mit den Ansichten von KASJANENKO (1950), der vermutet, dass der Bau der Vorderextremitäten, die grösstenteils nur eine Stützfunktion haben, primitiver ist als der Bau der Hinterextremitäten, die in den meisten Fällen als Hauptbewegungsorgan dienen. Damit stimmt auch die Tatsache überein, dass man die verhältnismässig ausgeprägteste Adaption nur im Bau der Vorderextremität beim Dachse findet, deren Tätigkeit im Vergleich mit den übrigen verfolgten Arten auch am stärksten spezialisiert ist.

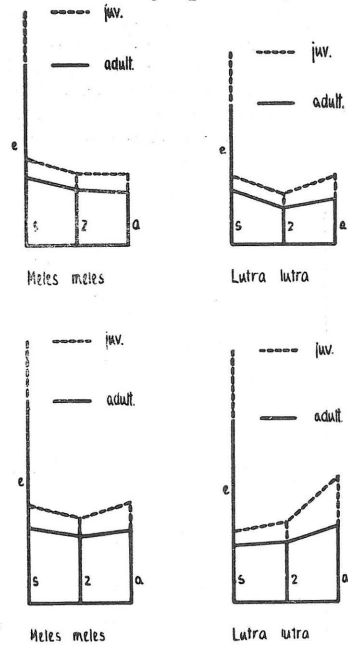


Abb. 18. Die bildlichen Armindizes (oben) und Beinindizes (unten) von jungen und erwachsenen Tieren; die Längeverhältnisse sind in Prozenten der Körperlänge dargestellt (Körperlänge der „jungen Tiere“ stellt annähernd 50 % der Länge der erwachsenen Tiere vor.) e - Gesamtlänge der Vorder- (oben) und Hinterextremität (unten), s - Länge des Stylopodiums, z - Länge des Zeugopodiums, a - Länge des Autopodiums

### a) Zonopodium

Das Zonopodium der Vorderextremität ist bei den Marderartigen in

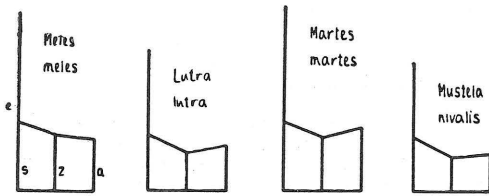


Abb. 19. Die bildlichen Armindizes der einzelnen Arten; die Längenverhältnisse sind in Prozenten der Körperlänge dargestellt. e - Gesamtlänge der Vorderextremität, s - Stylopodium-Länge, z - Zeugopodium-Länge, a - Autopodium-Länge

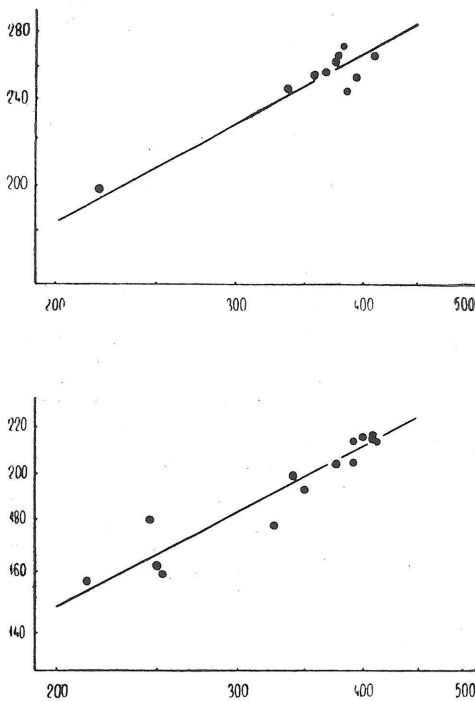


Abb. 20. Proportionsveränderungen im Verlauf des Wachstums des Tieres: Wachstum der Vorderextremität beim Dachs (oben) und beim Fischotter (unten). Abszisse - die Werte der Körperlänge, Ordinate - die Werte der Länge der Vorderextremität. Doppelt logarithmische Auftragung und berechnete Alometrie-geraden.

*Meles meles* a = 0.48870

*Lutra lutra* a = 0.49009

den meisten Fällen lediglich durch das Schulterblatt gebildet; nur bei den beiden Marderarten und beim Dachs ist manchmal auch das rudimentäre Schlüsselbein ausgebildet.

Die Form des Schulterblattes (*Scapula*) und seine relative Länge ist annähernd gleich beim Fischotter, Baummarder und Mauswiesel; beim Dachs ist das Schulterblatt wesentlich länger und in der Richtung seiner Längsachse bedeutend gestreckter (Abb. 22, Tab. XII). Die relative Grösse der Berührungsfläche des Schulterblattes habe ich bei einzelnen Arten als annähernden Prozentwert des Quadrates der Körperlänge bestimmt. Ausserdem versuchte ich festzustellen, ob die Breite des Schulterblattes im Verhältniss zu seiner Länge beständig oder ob sie bei den einzelnen Arten verschieden ist; zum Orientierungsvergleich habe ich das Verhältniss zwischen der Scapulafläche und deren

Länge  $\left(\frac{\text{Scapulafläche}}{\text{Scapulalänge}}\right)$  benützt, das ich als „Breitenindex des Schulterblattes“ bezeichne. In beiden Fällen habe ich ermittelt, dass der Dachs das grösste Schulterblatt hat. Nach AICHEL (1925) gestattet das Schulterblatt mit einer grossen Berührungsfläche nur eine geringe Exkursion und dient vor allem als feste Stütze der Extremität. Seine Streckung findet vor allem in der Richtung statt, in der die grösste Kraft oder Last wirkt (ASTANIN 1958). Die Gestaltung des Schulterblattes beim Dachs dürfte man also von diesem Standpunkt aus als Anpassung zur Stützfunktion des verhältnismässig schweren

TAB. XI. Gegenseitige Längenverhältnisse der einzelnen Teile der Vorderextremität

Art	Stylopodium : Zeugopodium : Autopodium (in Prozenten des längsten Teils ausgedrückt)
<i>Meles meles</i>	100 : 82.3 : 77.8
<i>Lutra lutra</i>	100 : 69.0 : 84.5
<i>Martes martes</i>	100 : 78.7 : 93.5
<i>Mustela nivalis</i>	100 : 65.5 : 70.3

Körpers und zur festen Stütze der Extremität beim Graben betrachten. Mit Rücksicht darauf, dass das Schulterblatt des Vielfrasses, der in Körpergrösse und Gewicht den Dachs übertrifft, formmässig mit den Schulterblättern der übrigen *Mustelidae*-Arten identisch ist, hat an der Gestaltung dieses Knochens beim Dachs wahrscheinlich seine Grabtätigkeit den grössten Anteil. Darauf weisen auch die übrigen Merkmale in seiner Bildung hin.

Während beim Fischotter, beim Baumarder und beim Mauswiesel die *Fossa supra spinam* grösser ist, ist beim Dachs die *Fossa infra spinam* grösser (Tab. XII/3). Dies lässt sich als Anpassung an die erhöhte Anstrengung der Vorderextremität beim Graben erklären, da der *Musculus infra spinam*, der beim Biegen des Schultergelenkes mitwirkt, an der *Fossa infra spinam* seinen Ursprung hat. Beide *Fossae* sind voneinander durch die *Spina scapulae* getrennt, die beim Dachs, Fischotter und mehr oder weniger auch beim Baumarder annähernd die Form eines rechtwinkligen Dreiecks mit einer maximalen Höhe an der Stelle des *Acromion* hat. Von dort senkt sich die Höhe der *Spina scapulae* kontinuierlich in der Kaudalrichtung. Beim Mauswiesel wird die *Spina scapulae* nur durch eine sehr niedrige Leiste gebildet, die sich nur

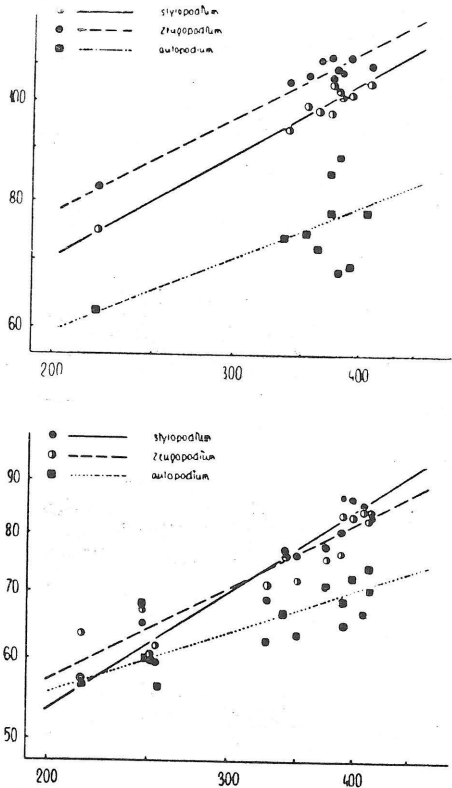


Abb. 21. Proportionsveränderungen im Verlauf des Wachstums des Tieres: Wachstum des Stylo-, Zeugopodium und Autopodium der Vorderextremität beim Dachs (oben) und beim Fischotter (unten). Abszisse — die Werte der Körperlänge, Doppelt logarithmische Auftragung und berechnete Alometrie geraden.

*Meles meles*: Stylopodium  $a = 0.54666$ , Zeugopodium  $a = 0.49759$ , Autopodium  $a = 0.48907$

*Lutra lutra*: Stylopodium  $a = 0.64178$ , Zeugopodium  $a = 0.49472$ , Autopodium  $a = 0.32562$

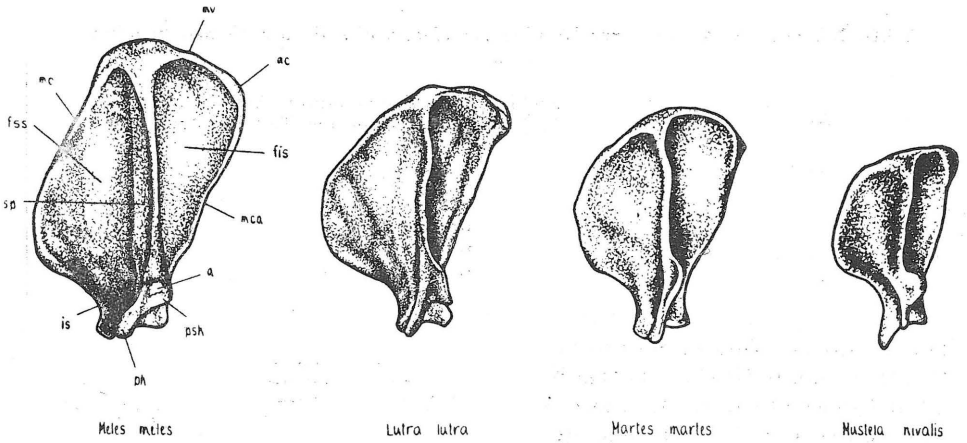


Abb. 22. Vergleich des Schulterblattes bei den einzelnen Arten; Ansicht der Lateralfäche, umgerechnet auf einheitliche Körperlänge.

a - Acromion, ac - Angulus caudalis, fis - Fossa infra spinam, fss - Fossa supra spinam, is - Incisura scapulae, mc - Margo cervicalis, mca - Margo caudalis, mv - Margo vertebralis, ph - Processus hamatus, psh - Processus suprahamatus, sp - Spina scapulae

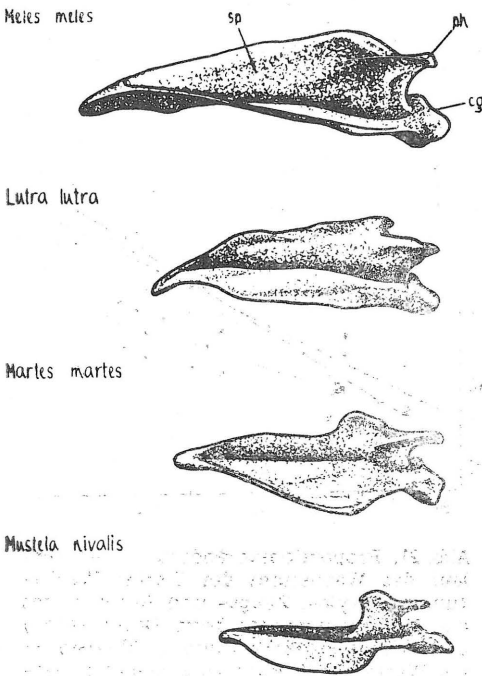


Abb. 23. Vergleich des Schulterblattes bei den einzelnen Arten, Ansicht des Margo cervicalis; umgerechnet auf einheitliche Körperlänge.

cg - Cavitas glenoidalis, ph - Processus hamatus, sp - Spina scapulae

im Gebiet des Acromion deutlich erhöht (Abb. 23). Die Spina scapulae bildet den Ansatz für den Musculus trapezius und für den Musculus deltoideus, die das Biegen des Schultergelenkes und die Vorwärtsbewegung der Extremität bewirken, vor allem jedoch die Scapula und somit auch die Extremität an den Rumpf ansetzen. Deshalb ist die Spina scapulae beim Dach und beim Fischotter stark entwickelt, bei denen die Extremität beim Graben beziehungsweise beim Schwimmen angestrengt wird, und beim Baumarder, bei dem an die Vorderextremitäten beim Klettern grosse Ansprüche gestellt werden. Beim Baumarder ist ausserdem ein langer, schlanker Processus hamatus ausgebildet, der auch beim Mauswiesel verhältnismässig ausgeprägt ist. KLAPPERSTÜCK (1955) betrachtet die Bildung dieses Ausläufers als eine Adaptation für den „Hop-pengalopp“.

Das Vorkommen eines Schlüssel-

TAB. XII. Übersicht der zum Vergleich verwendeten Zonopodiummasse der Vorderextremität.

Art	Länge der Scapula in % der Körperlänge	Fläche der Scapula in % (Körperlänge) <sup>2</sup>	Breite der Fossa <i>supraspinata</i> × 100 Breite der Fossa <i>infraspinata</i>	Scapula-Fläche Scapula-Länge	Länge des Schlüsselbeines in % der Körperlänge
	1.	2.	3.	4.	5.
<i>Meles meles</i>	21.0	2.09	95.6	3.8	4,5
<i>Lutra lutra</i>	16.7	1.44	115.3	3.2	—
<i>Martes martes</i>	15.4	1.19	114.8	2.9	2.7
<i>Mustela nivalis</i>	13.1	0.81	134.6	0.7	—

beines (*Clavicula*) habe ich nur bei Mardern (37,0 % Fälle beim Baummarder, 15,5 % beim Steinmarder) und in einem Falle beim Dachs beobachtet. Selbst wenn man den Mangel an Aufmerksamkeit bei den Präparatoren nicht völlig ausschließen kann, muss man damit rechnen, dass bei einem Teil des Materials dieser Arten das Schlüsselbein überhaupt nicht ausgebildet ist. Aus demselben Grunde ist es jedoch umgekehrt nötig, auch die Möglichkeit in Erwägung zu ziehen, dass sich das Schlüsselbein manchmal auch bei jenen *Mustelidae*-Arten bildet, bei denen ich es nicht gefunden habe. Man kann daher aus dieser Feststellung keine verallgemeinernden Schlüsse ziehen.

Andererseits ist es allerdings interessant, dass ich die Bildung des Schlüsselbeines gerade nur bei Mardern und beim Dachs festgestellt habe. Trotzdem es sich in beiden Fällen um schwache Bildungsarten handelt, die weder bis zum Schulterblatt noch bis zum Brustbein reichen und die, ähnlich wie bei den Hundartigen, „eher ein morphologisches als funktionelles Gebilde“ sind (vergl. HILDEBRAND 1954), ist die Tatsache, dass sie überhaupt erhalten geblieben sind, ein Anzeichen dafür, dass bei diesen drei Arten das Schlüsselbein die grösste funktionelle Bedeutung hat.

Nach den bisher vorherrschenden Ansichten, ist das Schlüsselbein bei jenen Säugetieren ausgebildet, deren Extremitäten durch grosse Beweglichkeit und Bewegungsfreiheit charakterisiert sind (WIEDERSHEIM 1906, ŠIMKEVIČ 1922 u. a.); nach KRÜGER (1958) ist das Schlüsselbein bei grabenden und kletternden Säugetieren gut entwickelt. Unter den Raubtieren haben nach Angaben in der Literatur (GRASSÉ 1955) ein gut ent-

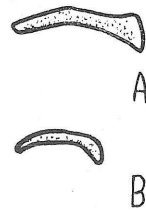


Abb. 24. Vergleich des Schlüsselbeinform von Dachs (A) und Baummarder (B). Die Grössenverhältnisse wurden nicht eingehalten.



TAB. XIII. Übersicht der zum Vergleich verwendeten Humerusmasse.

Art	Länge des Stylopodium in % der Körperlänge	Länge des Stylopodium in % der Länge der Vorderextremität	Humeruslänge : Breite der distalen Epiphyse	Körperlänge : Breite der distalen Epiphyse des Humerus	Caput humeri, Längs Ø : Quer Ø	Längsdurchmesser des Caput humeri in % der Humeruslänge
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
<i>Meles meles</i>	26.6	38.5	100 : 32.9	100 : 8.7	5 : 4.1	19.2
<i>Lutra lutra</i>	21.3	39.6	100 : 34.3	100 : 7.3	5 : 4.0	20.3
<i>Martes martes</i>	26.2	37.0	100 : 21.0	100 : 5.5	5 : 4.7	14.4
<i>Mustela nivalis</i>	20.9	42.4	100 : 20.3	100 : 4.3	5 : 4.5	16.5

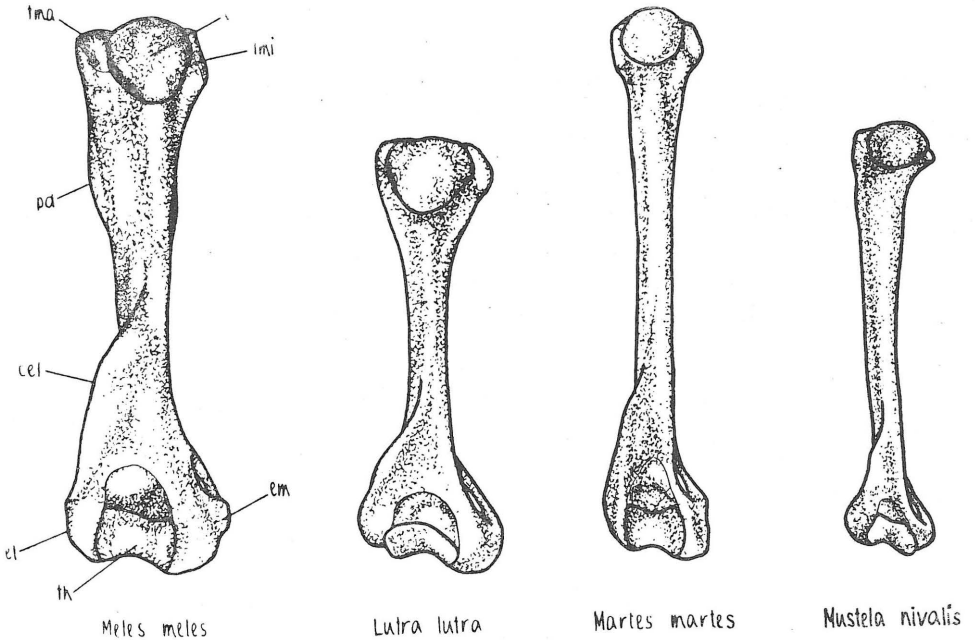


Abb. 25. Vergleich des Oberarmbeines der einzelnen Arten; kaudale Ansicht, umgerechnet auf einheitliche Körperlänge.

c - Caput humeri, cel - Crista epicondylaris lateralis, el - Epicondylus lateralis, em - Epicondylus medialis, pd - Processus deltoideus, tma - Tuberculum maius, tmi - Tuberculum minus, th - Trochlea humeri

wickeltes Schlüsselbein ausschliesslich die Katzenartigen, wogegen es bei den übrigen rudimentär ist oder fehlt. Das würde eher die ersten Ansichten als die Meinung von KRÜGER (1958) unterstützen, da z. B. das

Graben eine den Katzenartigen ganz fremde Tätigkeit ist und umgekehrt die Kletterfähigkeit nicht nur auf diese Familie beschränkt ist. Das von mir bei Mardern und beim Dachs festgestellte rudimentäre Schlüsselbein würde dagegen eher die Ansicht von KRÜGER bestätigen. In diesem Zusammenhang ist interessant, dass beim Steinmarder das Schlüsselbein seltener vorkommt und dass es relativ kürzer ist (1,3 % der Körperlänge) als beim Baummarder; um aus dieser Feststellung irgendwelche Schlüsse ziehen zu können, wäre jedoch eine viel grössere Menge an Material notwendig.

## b) Stylopodium

Das Stylopodium der Vorderextremität wird durch das Oberarmbein (*Humerus*) gebildet. Es ist vorteilhafter, seine Länge ebenso wie die Länge der übrigen Teile der Extremitäten mit Rücksicht auf die Gesamtlänge der Extremität zu beurteilen und nicht im Verhältnis zur Körperlänge, da man auf diese Weise das gegenseitige Verhältnis der einzelnen Teile am besten zum Ausdruck bringen kann.

Von den verglichenen Arten hat das Mauswiesel den relativ längsten stylopodialen Teil der Vorderextremität (Tab. XIII/2); dabei ist jedoch sein Oberarmbein im Verhältnis zur Körperlänge keinesfalls abnormal lang, sondern im Gegenteil unter den verglichenen Arten am kürzesten (Tab. XIII/1). Das kann dadurch erklärt werden, dass die Gesamtverkürzung der Extremitäten, die beim Mauswiesel stattfand, in erster Reihe ihre distalen Teile betroffen hat, wogegen sich die Länge des Stylopodium nicht erheblich veränderte; diese Erklärung ist im Einklang mit den Ansichten von KUMMER (1959), der die Meinung vertritt, dass die Anpassungsveränderungen, die an den Extremität vor sich gehen, um so weniger intensiv sind, je proximaler die Lage des dazugehörigen Extremitätenteiles ist.

Die Anpassung der Vorderextremität an die verschiedenen Tätigkeits- oder Bewegungsarten äussert sich am Oberarmbein in der Hauptsache durch Breiten- respektive Längenveränderungen. Die relative Breite des Oberarmbeines wird hierbei auf zwei Arten ausgedrückt: durch das Verhältnis der Länge des Oberarmbeines zu dessen Breite, gemessen am *Processus deltoideus*, oder durch das Verhältnis zwischen seiner Länge und Breite, die an der distalen Epiphysis gemessene ist. Bei den Marderartigen kann nur diese zweite Art angewendet werden, da der *Processus deltoideus* im allgemeinen sehr schwach ausgebildet ist (Abb. 25). Aus der Tab. XIII/3 geht hervor, dass mit Rücksicht auf die Breite des Oberarmbeines die untersuchten Arten in zwei Gruppen geteilt werden können: ein breites Oberarmbein hat der Dachs und der Fischotter, ein schmäleres der Baummarder und das Mauswiesel.

NAUCK (1938) schreibt in seiner Arbeit, dass ein breites Oberarmbein eine Anpassung zum Graben ist. Die Ursache dafür ist scheinbar vor allem die Verstärkung des Ursprungs der Flexoren und Extensoren des Autopodiums auf der distalen Epiphyse des Oberarmbeines. Ich nehme jedoch

aus diesem Grunde an, dass das Ausdrücken der Breite des Oberarmbeines in Prozenten der Länge dieses Beines nicht zweckmässig ist und dass uns das prozentuelle Verhältnis der Breite des Oberarmbeines zur Körperlänge eine richtigere Vorstellung gibt. Wie es nämlich aus dem Diagramm ersichtlich ist und wie man übrigens voraussetzen kann, sind die Schwankungen in der Breite des Oberarmbeines keinesfalls von den Längenveränderungen dieses Beines abhängig. Das Verhältnis Länge des Oberarmbeines zur Breite des Oberarmbeines zeigt uns zwar annähernd seine Form, allerdings nicht die funktionelle Begründung der Breitenunterschiede.

Wendet man den Ausdruck  $\frac{\text{Körperlänge}}{\text{Breite des Oberarmbeines}}$  an (Tab. XIII/4),

so gelangt man zu dem Ergebnis, dass sich die Breite des Oberarmbeines mit dem steigenden Wert der Körperlänge vergrössert. Als eine Funktionsanpassung betrachte ich jedoch nur die Verstärkung der distalen Epiphyse dieses Beines beim Dachs (vergl. mit Kap. III), bei dem auch diese Adaptation durch die wirkliche Tätigkeit des Tieres begründet ist.

Die *Crista epicondylis lateralis* ist unter den verglichenen Arten beim Fischotter und in erster Reihe beim Dachs am stärksten ausgebildet. Dies kann man für eine Adaptation zur Überwindung der erhöhten Inanspruchnahme der distalen Teile der Vorderextremitäten bei diesen Tieren ansehen, da an dieser Stelle vor allem diese Muskeln ihren Ursprung haben, die eine Dehnung der Extremität im Ellbogengelenk bewirken.

Die Form des *Caput humeri* ist bei allen geprüften Arten oval bis dreieckig, nur beim Baummarder ist sie mehr oder weniger kugelförmig. Diese Einrichtung ermöglicht dem Baummarder eine grosse Beweglichkeit der Vorderextremität im Schultergelenk; je grösser der Unterschied in der Grösse des Quer- und Längsdurchmessers ist, desto mehr ist die Bewegungsmöglichkeit in der Richtung des kleineren Durchmessers beschränkt.

Im Vergleich zu den übrigen Arten ist beim Fischotter eine starke laterale Verflachung des *Corpus humeri* und seine dorsoventrale Krümmung auffallend. PAUWELS hält in seinen Abhandlungen (1950a, 1950b, 1954) diese beiden Anpassungen für eine Einrichtung, die zur Verfestigung des Röhrenknochens beiträgt.

### c) Zeugopodium

Das Zeugopodium wird bei allen untersuchten Arten durch zwei in der ganzen Länge von einander getrennte Knochen gebildet: durch die Elle (*Ulna*) und die Speiche (*Radius*). Ihre Längen- und Breitenverhältnisse sind in der Tab. XIV/3-7 angeführt.

Vom Funktionsstandpunkt aus betrachtet kann man das Zeugopodium mit einem zweiarmligen Hebel vergleichen: der Kraftarm ist der *Processus*

TAB. XIV. Übersicht der zum Vergleich verwendeten Zeugopodiummasse der Vorderextremität.

Art	Länge des Zeugopodiums, in % der Körperlänge	Länge des Zeugopodiums in % der Länge der Vorderextremität	Ulna-Länge in % der Körperlänge	Ulna-Länge Radius-Länge	Processus olecrani, Länge in % der Ulna-Länge	Breite der Ulna in % ihrer Länge	Durchschnittsbreite des Radius in % seiner Länge
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Meles meles	21.9	32.0	28.8	100 : 78.3	17.6	12.2	15.2
Lutra lutra	14.7	27.4	20.9	100 : 72.2	20.0	13.6	17.4
Martes martes	20.6	29.4	24.9	100 : 83.6	9.9	10.6	11.3
Mustela nivalis	13.7	27.8	16.6	100 : 78.4	14.9	11.1	14.1

*olecrani*, der Lastarm die Elle (Ulna), die Stütze das Ellbogengelenk (bzw. die *Trochlea humeri*). Dieser Hebel kann zwei Funktionen haben: die Arbeits- und die Bewegungsfunktion (KASJANENKO, 1950 benutzt statt den Terminus „Schnelligkeitsfunktion“). Bei einer Arbeit, bei der der Lastarm einen grossen Widerstand überwinden muss, ist es vorteilhaft, wenn die Kraft so weit als möglich von der Stütze angreift. Dies bedeutet in unserem Falle, dass der *Processus olecrani*, wo sich die Muskeln ansetzen, die das Antebrachium strecken (vor allem der *Musculus triceps brachii*), am längsten sein wird. Im zweiten Falle, wo der Lastarm vor allem die Bewegung durchführt, ist es dagegen vorteilhaft, wenn der Lastarm am längsten und der Kraftarm kurz ist; bei der Bewegung muss man nämlich nie einen solchen Widerstand wie bei der Arbeit überwinden, so dass es zweckmässig ist, wenn

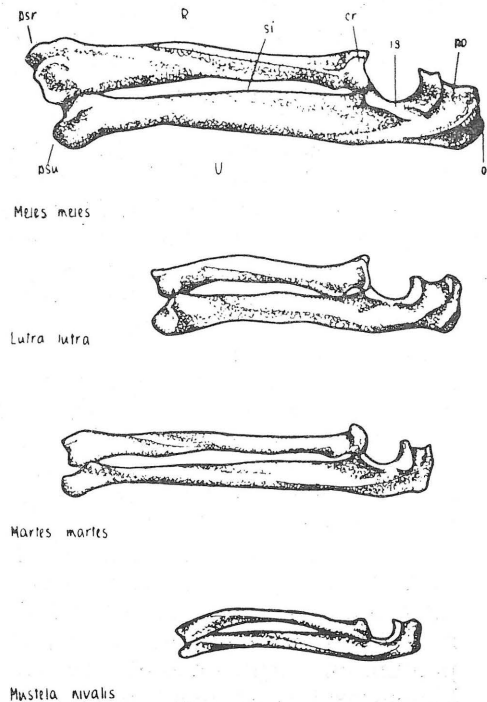


Abb. 26. Vergleich der Knochen des Unterarms der einzelnen Arten; laterale Ansicht, umgerechnet auf einheitliche Körperlänge. R - Radius, U - Ulna, cr - Capitulum radii, is - Incisura semilunaris, o - Olecranon, po - Processus olecrani, psr - Processus styloideus radii, psu - Processus styloideus ulnae, si - Spatium interosseum

man mittels einer kleinen Bewegung des Kraftarmes eine grosse Bewegung des Lastarmes erzielt.

Bei den Marderartigen ist also die Längendifferenzierung des *Processus olecrani* funktionell begründet. Beim Dachse und beim Fischotter, bei denen die Vorderextremitäten einen starken Widerstand (ob beim Schwimmen oder beim Graben) überwinden müssen, findet eine Verlängerung des *Processus olecrani* (Kraftarm) statt, beim Baumarder und beim Mauswiesel überwiegt die Geschwindigkeitskomponente und der *Processus olecrani* ist verhältnismässig kurz. Das Ausdrücken der Länge des *Processus olecrani* in Prozenten der Ulna-Länge ist in diesem Falle begründet, da die gegenseitigen Längenverhältnisse beider Komponenten indirekt proportional sind.

Die Verlängerung des *Processus styloideus ulnae* beim Baumarder kann gleichfalls als Funktionsadaptation gewertet werden, da sie die laterale Bewegung des Autopodium beschränkt und dadurch zu der bei der Bewegung auf den Bäumen notwendigen Versteifung des Karpalgelenkes beiträgt.

#### d) Autopodium

Bei den einzelnen geprüften Arten unterscheidet sich das Autopodium der Vorderextremitäten von allen Teilen der Vorderextremität am stärksten durch seine relative Länge und die Gestaltung einzelner Teile.

Seine Lage ist beim Fischotter supinatorisch, bei den übrigen verschiedenartig pronatorisch; am deutlichsten bemerkt man es beim Baumarder, sehr schwach beim Mauswiesel. Diese Gestaltung hat höchstwahrscheinlich die grösste Bedeutung für den Baumarder bei der Bewegung im Geäst, da sie mehr Sicherheit beim Anhaften des Fusses an der Unterlage ermöglicht.

Das *Os sesamoideum*, das beim Baumarder und beim Fischotter in der Vorderfusswurzel gebildet ist (Abb. 27), vergrössert wahrscheinlich die Ansatzfläche für den *Musculus abductor pollicis longus*, in dessen Sehne es hineinwächst. Seine Bildung bei diesen zwei Arten ist wahrscheinlich die Folge der grösseren Daumenbelastung bei beiden Tieren, die mit den Besonderheiten ihrer Bewegung zusammenhängt. Das starke *Os accessorium* des Dachses ist eine Anpassung zur erhöhten Inanspruchnahme des Autopodium beim Graben, weil es die Ansatzfläche für den *Musculus flexor carpi ulnaris* vergrössert. (Die Form dieses Beines ist auf Abb. 27 nicht gut sichtbar, da es mehr oder weniger eine Volarrichtung hat und deshalb nicht ganz abgebildet ist.)

Die Relativlänge der *Ossa metacarpalia* ist in Beziehung auf die Länge der ganzen Extremität bei den geprüften Arten im grossen und ganzen ausgeglichen; die längsten *Ossa metacarpalia* hat der Baumarder. Vom Funktionsstandpunkt betrachtet hat jedoch die Gesamtlänge der Finger, d. h. die Länge des Metapodium und des Akropodium eine grössere Bedeutung. Das gegenseitige Verhältnis dieser beiden Teile ist bei den einzelnen Arten annähernd ausgeglichen, nur beim Mauswiesel ist das Metapodium im Vergleich zu den übrigen Arten etwas länger (Tab. XV/4). Beim Mauswiesel weist diese Verlängerung des Metapodium, die nach GINSBURG

**TAB. XV.** Übersicht der zum Vergleich verwendeten Autopodiummasse der Vorderextremität.

Art	Länge des Autopodiums in % der Körperlänge	Länge des Autopodiums in % der Länge der Vorderextremität	Zahl der das Basipodium bildenden Knochen	Metapodium-Durchschnittslänge: Akropodium-Durchschnittslänge	Durchschnittsbreite der <i>Ossa metacarpalia</i> in % ihrer Durchschnittslänge
	1.	2.	3.	4.	5.
Meles meles	20.7	29.5	7	40.8 : 59.2	17.5
Lutra lutra	18.0	33.0	8	40.1 : 59.9	18.4
Martes martes	24.5	33.6	8	40.9 : 59.1	11.1
Mustela nivalis	14.7	29.7	7	44.5 : 55.5	11.2

**TAB. XVI.**

	<i>Ossa metacarpalia</i> , Länge ausgedrückt in Prozenten									
	der Körperlänge					der Länge der Vorderextremität				
	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
Meles meles	5.3	6.6	7.5	7.6	6.4	7.7	9.6	10.9	11.0	9.3
Lutra lutra	3.5	5.0	6.5	6.7	4.7	6.4	9.2	12.1	12.5	8.8
Martes martes	5.1	6.9	8.5	9.0	6.7	7.2	9.8	12.0	12.7	9.4
Mustela nivalis	2.9	5.2	6.2	6.1	4.3	5.9	10.6	12.5	12.4	8.7

**TAB. XVII.**

	Gesamtlänge der Finger (Metapodium + Akropodium), ausgedrückt in Prozenten									
	der Körperlänge					der Länge der Vorderextremität				
	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
Meles meles	12.3	17.8	19.3	19.4	16.4	17.7	25.7	27.9	28.0	23.7
Lutra lutra	9.0	13.8	15.9	16.1	12.8	16.8	25.6	29.5	29.8	23.7
Martes martes	11.8	18.6	21.8	22.2	17.0	16.6	26.2	30.7	31.2	23.9
Mustela nivalis	6.4	11.5	13.8	13.6	10.5	12.9	23.4	28.0	27.5	21.2

(1961) ein Zeichen der Digitigradie ist, darauf hin, dass die Adaptation zur schnellen Bewegung bei dieser Art am weitesten fortgeschritten ist. Das Mauswiesel nähert sich dem digitigraden Typus auch dadurch am

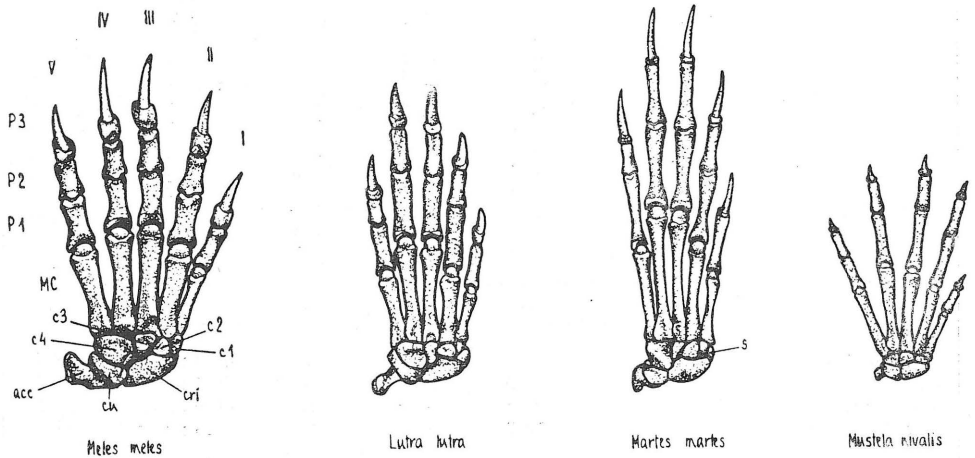


Abb. 27. Autopodium der Vorderextremität bei den einzelnen Arten (Vergleich der Knochenform); dorsale Ansicht, übertragen auf dieselbe Körperlänge.

I-V - 1.-5. Finger, P1-P3 - *Phalanx prima, secunda, tertia*, MC - *Ossa metacarpalia*, acc - *Os accessorium*, cri - *Os carpi radiale et intermedium*, cu - *Os carpi ulnare*, c1-c4 - *Os carpale primum-quartum*, s - *Os sesamoideum phalangis primae pollicis*

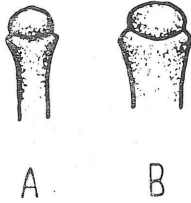


Abb. 28. Vergleich des *Capitulum metacarpi* beim Baummarder (A) und beim Dachs (B), dorsale Ansicht; die Grössenverhältnisse sind nicht eingehalten.

stärksten, dass von allen geprüften Arten bei ihm der grösste Unterschied zwischen der Länge des ersten und des zweiten *Ossa metacarpale* (auch zwischen der Gesamtlänge des 1. und 2. Fingers) ist; das kann man für ein Anzeichen der Rückbildung des ersten Fingers betrachten, was für die digitigraden Tiere typisch ist.

Die Durchschnittsbreite sämtlicher *Ossa metacarpalia* ist am grössten beim Fischotter, was eine Anpassung an die Überwindung des starken Widerstandes ist, den das Wasser den gespreizten Zehen beim Schwimmen entgegensetzt. Die starken *Ossa metacarpalia* des Dachses sind ebenfalls eine Funktionsadaptation an die erhöhte Inanspruchnahme der Finger beim Graben.

Die halbkugelige Form der *Capitula metacarpi* ermöglicht dem Baummarder eine grössere Fingerbeweglichkeit, während die zylindrische Form dieser *Capitula* beim Dachs zu einer beschränkten Beweglichkeit der Finger und somit zu ihrer Versteifung beiträgt.

Das lange und starke Krallenbein und die Gesamtbreite der distalen Phalangen beim Dachs sind eine Anpassung zur festen Verankerung der langen Krallen, die zum Scharren benützt werden. Beim Baummarder sind die Krallenbeine gleichfalls lang, aber schwächer; dies kann dadurch erklärt werden, dass bei diesem Tier die Krallen nur zum Festhalten dienen.



TAB. XVIII.

	Länge der Finger (Phalanges)					Länge der <i>Ossa metacarpalia</i>				
	in Prozenten des längsten von ihnen ausgedrückt									
	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
<i>Meles meles</i>	63.2	91.7	99.6	100	84.6	70.0	87.2	99.1	100	84.5
<i>Lutra lutra</i>	56.3	85.9	95.6	100	79.5	51.2	73.6	96.8	100	70.4
<i>Martes martes</i>	53.2	83.9	98.4	100	76.6	56.6	77.1	94.4	100	74.0
<i>Mustela nivalis</i>	46.0	83.5	100	98.2	75.7	47.2	84.8	100	99.2	69.6

## 2. Die Hinterextremität

In der Skelettbildung der Hinterextremität erfolgt im Vergleich zu der Vorderextremität bei den einzelnen Arten bereits eine grössere Differenzierung und Spezialisierung an verschiedene Bewegungs- und Tätigkeitsarten (Abb. 29). Beim Dachs bildet sich die zum Graben angepasste Extremität mit distal verkürzten Teilen, beim Fischotter findet durch die Verkürzung der Proximalteile die Bildung des Ruderbeines statt. Auf die ursprüngliche Bauart der Hinterextremitäten der Musteliden weisen wahrscheinlich die Hinterextremitäten des Baummarders und des Mauswiesels hin, bei denen der längste Teil das Zeugopodium ist. Beim Mauswiesel findet dabei eine Gesamtverkürzung der Extremitäten als Adaptation zur Bewegung in niedrigen Räumen statt, beim Baummarder werden sie hingegen verlängert, was ein charakteristisches Merkmal für kletternde Tiere ist.

Diese Verhältnisse gelten allerdings wiederum nur für erwachsene Tiere; bei Jungtieren sind die gegenseitigen Längenverhältnisse sehr verschiedenen (Tab. X, Abb. 30–31).

### a) Zonopodium

Das Zonopodium der Hinterextremität besteht aus drei, bzw. vier Knochen (*Os ilium*, *Os ischii*, *Os pubis*, *Os acetabuli*), die jedoch bei erwachsenen Tieren fest zusammengewachsen sind, so dass sie einen morphologisch einheitlichen Knochen — das Hüftbein (*Os coxae*, *Os innominatum*) — bilden. Seine relative Länge ist bei einzelnen Arten verschieden (TAB. XX). BOHMANN (1939) hält die Beckenverlängerung für eine Funktionsadaptation, die eine rationellere Ausnützung der Muskelarbeit ermöglicht, da die Muskeln, die am Aussenrand des Beckens ihren Ursprung haben, sich unter einem grossen Winkel an das *Femur* ansetzen, Entsprechend den Feststellungen, die ich am Material der Marderartigen gemacht habe, nehme ich jedoch an, dass nicht jede Beckenverlängerung eine funktionelle Anpassung in dem Sinne bedeutet, wie man diesen Begriff bisher allgemein anwendet, da diese Änderungen seiner Relativlänge in grossem Ausmass direkt mit der Zunahme der Körpergrösse zusammenhängen (vergl. Kap. III). Ich bin der Ansicht, dass man für tatsächliche funktio-

nelle Anpassung an die erhöhte, im Zusammenhang mit irgendeiner Tätigkeit entstehende Anstrengung nur solche Veränderungen der Relativlänge halten kann, die aus dem Rahmen der „natürlichen Veränderungen“ treten, die mit der Zunahme der Körpergrösse zusammenhängen. Bei dem geprüften Material kann man nur die Beckenverlängerung beim Dachs und in kleinem Ausmasse beim Fischotter für eine derartige Funktionsadaptation halten, für die man die Erklärung von BOHMANN (1939) anwenden kann.

Dies gilt auch von den Werten für die Breite der Beckenknochen. Aus der Abb. 2 ist es ersichtlich, dass diese Werte bei allen Arten regelmässig ansteigen, mit Ausnahme des Dachses, wo sie auffallend höher sind. Nur diesen Anstieg der Werte beim Dachs halte ich für eine funktionelle Anpassung. Drückt man die Breite der Beckenknochen in Prozenten ihrer Länge aus, ist diese Anpassung allerdings nicht so deutlich, da gleichzeitig mit der Verbreiterung der Knochen auch eine Verlängerung stattfindet, so dass dadurch das Prozentverhältniss teilweise verzerrt ist; aus demselben Grunde ist die prozentuell ausgedrückte Breite der Beckenknochen beim Fischotter scheinbar geringer als dieser Wert beim Baumarder, da die Relativlänge der Beckenknochen etwas grösser ist.

Die Grösse des Iliosacralwinkels bewegt sich bei den verglichenen Arten zwischen 38° beim Fischotter und 23° beim Mauswiesel. Nach den Ermittlungen von MIJSBERG (1920) steht der geringste Iliosacralwinkel den schwimmenden und grabenden Tieren zu, da sich bei ihnen in erster Linie die Horizontalkomponenten der vorantreibenden Kraft geltend machen müssen. Beim geprüften Material steht jedoch der Fischotter und der Dachs gerade am entgegengesetzten Ende der Vergleichsreihe.

Beim Dachs kann man den grossen Iliosacralwinkel durch das beträchtliche Körpergewicht erklären. KUMMER (1959) führt an, dass das Becken

TAB. XIX. Längenverhältnisse der einzelnen Teile der Hinterextremität.

Art	Länge des Stylopodiums	Länge des Zeugopodiums	physiolog. Länge des Autopodiums	Gesamtlänge des Autopodiums, in % der grössten Länge von den Kolonen 1.-3. ausgedrückt
	in % des längsten Teils ausgedrückt			
	1.	2.	3.	4.
<i>Meles meles</i>	100	87.5	74.1	95.6
<i>Lutra lutra</i>	89.1	94.7	100	120.6
<i>Martes martes</i>	94.3	100	97.4	112.9
<i>Mustela nivalis</i>	96.7	100	94.4	113.8

TAB. XX. Übersicht der zum Vergleich verwendeten Beckenmasse.

Art	Beckenlänge in % der Körperlänge	Länge der Hüftbeinlängs- achse: Länge des post- acetabulären Hüftbeinteiles	Breite zwischen den Ace- tabula in % der Beckenlänge	Iliosacralwinkel	Durchschnittsbreite des Hüftbeines in % der Beckenlänge	Durchschnittsbreite des Hüftbeines in % der Körperlänge $\times 10$	<i>Acetabulum</i> -Durchmesser in % der Beckenlänge	$\frac{\text{Acetabulumtiefe} \times 100}{\text{Beckenlänge}}$	$\frac{\text{Symphysenlänge}}{\text{Beckenlänge}}$
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Meles meles	28.5	100 : 46.0	52.9	37°	21.3	6.07	15.3	9.84	0.23
Lutra lutra	26.0	100 : 55.0	43.9	38°	15.8	4.10	13.3	10.48	0.21
Martes martes	21.9	100 : 47.6	48.8	32°	17.4	3.81	13.7	8.47	0.31
Mustela nivalis	18.4	100 : 43.0	49.1	23°	11.3	2.07	10.0	7.74	0.26

neben seiner Funktion als schräge Versteifung der Tragkonstruktion des Körpers auch eine Funktion als Stütze der Hinterextremitäten hat. Durch die steilere Beckenstellung verringert sich bei schweren Tieren das Drehmoment des Iliosacralgelenks, da sich das Hüftgelenk der vom Iliosacralgelenk gefällten Senkrechten nähert. Diese Einrichtung trägt zur Verminderung der Verlustkomponente der Kraft bei und ist wahrscheinlich der Grund, warum beim Dachs keine Verringerung des Iliosacralwinkels stattgefunden hat. Beim Fischotter tritt noch eine Erklärung hinzu, die sich auf die Bewegungsmechanik dieses Tieres stützt. Der kleine Iliosacralwinkel ist nämlich bei den Wassersäugetern namentlich dort notwendig, wo als Hauptlokomotionsorgan die Hinterextremitäten fungieren. Dies ist logisch, denn je geringer der Iliosacralwinkel ist, desto grösser wird die Komponente der Bewegungsenergie der Hinterextremitäten sein, die in der Bewegungsrichtung zur Geltung kommt. Beim Fischotter haben jedoch die Hinterextremitäten ihre Bedeutung als Hauptbewegungsapparat verloren und damit hörte auch das Becken auf, für die Übertragung der Hauptbewegungsenergie von den Extremitäten auf den Rumpf Bedeutung zu haben. Dagegen ist beim Seeotter, bei dem der hintere Teil des Körpers, vor allem die Hinterextremitäten, praktisch das einzige Bewegungsorgan sind, der Iliosacralwinkel viel kleiner (BARABAŠ-NIKIFOROV 1962).

Der sehr geringe Iliosacralwinkel beim Mauswiesel kann wiederum dadurch erklärt werden, dass er zur Bildung des niedrigen Körpers beiträgt und dadurch die Bewegung in den niedrigen Räumen erleichtert.

Die geringste Beckenbreite, bzw. die kleinste Entfernung zwischen beiden Hüftgelenkspfannen (*Acetabulum*), ist beim Fischotter, die grösste beim Dachs. Die Beckenverengung ist typisch für alle zum Schwimmen und Tauchen angepassten Säugetiere. Da die Hüftgelenkspfannen nahe beieinander sind, nähern sich auch die Stellen, in denen die Triebkraft der Extremitäten auf den Rumpf übertragen wird und somit verringert sich auch die Verlustkomponente dieser Kraft.

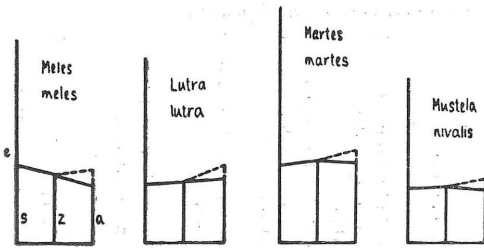


Abb. 29. Die bildlichen Beinindizes der verglichenen Arten; die Längenverhältnisse sind in Prozenten der Körperlänge dargestellt. Die gestrichelte Linie zeigt den Index für den Fuss mit *Calcaneus* (d. h. für die Gesamtlänge des Autopodium) an.  
 e - Gesamtlänge der Hinterextremität, s - Stylopodium-Länge, z - Zeugopodium-Länge, a - Autopodium-Länge

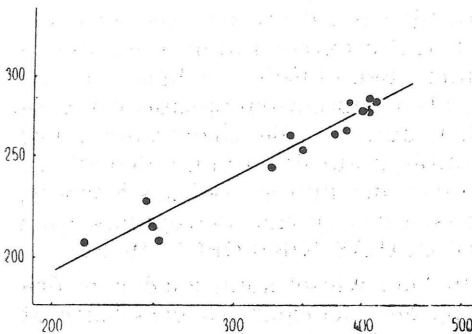
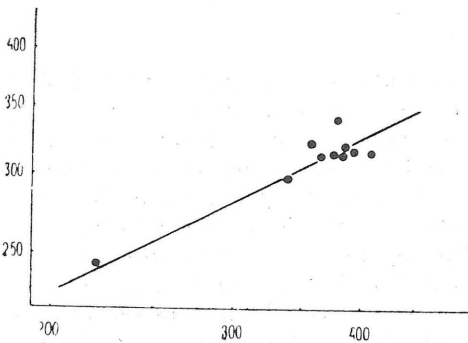


Abb. 30. Proportionsveränderungen im Verlauf des Wachstums des Tieres: Wachstum der Hinterextremität beim Dachs (oben) und beim Fischotter (unten). Abszisse - die Werte der Körperlänge, Ordinate - die Werte der Länge der Hinterextremität. Doppelt logarithmische Auftragung und berechnete Alometrie geraden.

*Meles meles* a = 0.46981 *Lutra lutra* a = 0.50381

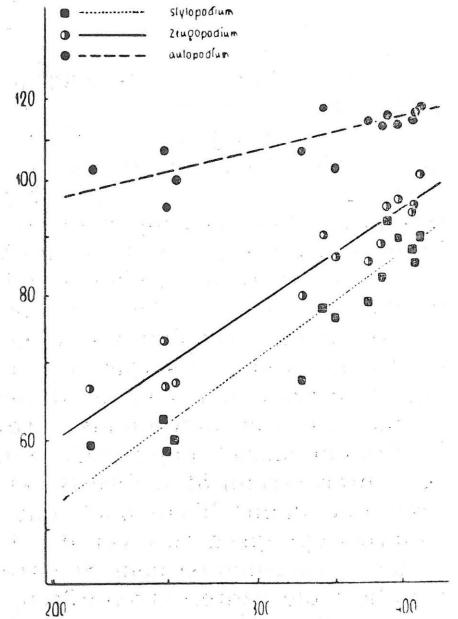
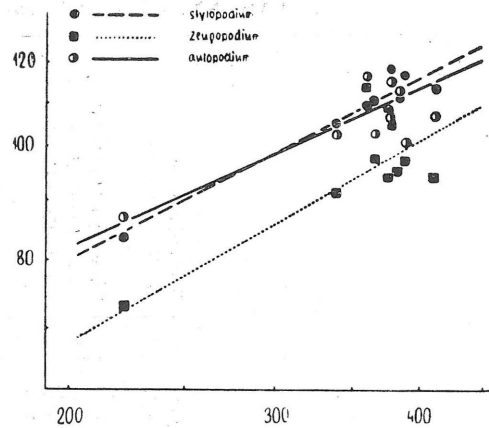


Abb. 31. Proportionsveränderungen im Verlauf des Wachstums des Tieres: Wachstum des Stylo-, Zeugopodium- und Autopodiums der Hinterextremität beim Dachs (oben) und beim Fischotter (unten). Abszisse - die Werte der Körperlänge. Doppelt logarithmische Auftragung und berechnete Alometrie geraden.

*Meles meles*: Stylopodium a = 0.55037, Zeugopodium a = 0.51518, Autopodium a = 0.38740. *Lutra lutra*: Stylopodium a = 0.70851, Zeugopodium a = 0.65447, Autopodium a = 0.25217

Dies bezweckt auch die weitere Anpassung — die Verschiebung der Hüftgelenkpfannen in der Kranialrichtung, die sich am deutlichsten bei den Wassersäufern äussert (z. B. bei der *Otaria stelleri* ist der Verhältniswert der Längsachse des Hüftbeines zur Länge seines postacetabulären Teiles 100 : 65,6, bei der *Phoca sibirica* 100 : 70,3). Von den verglichenen Arten hat das am stärksten in Kranialrichtung verschobene *Acetabulum* der Fischotter, bei dem sich als einzigem unter sämtlichen *Mustelidae*-Arten der kraniale Acetabularrand schon in der vorderen Hälfte des Hüftbeines befindet. Die Verschiebung der Hüftgelenkspfanne in der Kaudalrichtung ist ein Merkmal der Anpassung an die schnelle Bewegung. Unter den geprüften Arten habe ich in diesem Sinne die deutlichste Adaptation beim Mauswiesel gefunden.

Nach FREYE (1954) ist die Grösse der Hüftgelenkspfanne durch den Anzeiger

$$\frac{100 \times \text{Acetabulumtiefe}}{\text{Beckenhöhe}}$$

ausgedrückt und entspricht der Grösse der Ruderfläche des Fusses. Bei den verglichenen Arten ist dieser Anzeiger am grössten beim Fischotter (Tab. XX/8).

Das deutlichste Merkmal der Funktionsadaptation an den Schambeinen ist ihre Verbindungslänge in der *Symphysis*. MIJSBERG (1920) führte zur Veranschaulichung ihrer Relativlänge einen Index an, der im Prinzip der prozentuelle Ausdruck der Symphysenlänge im Verhältnis zur Beckenlänge ist (Tab. XX/9) und die Festigkeit des Beckengürtels zeigt. Dieser Index hat die niedrigsten Werte bei grabenden Tieren; von den verglichenen Arten hat den niedrigsten Index der Fischotter und der Dachs, den höchsten der Marder.

#### b) Stylopodium

Das Stylopodium ist bei allen Arten durch das Oberschenkelbein (*Femur*) gebildet, dessen Form auf der Abb. 34—35 dargestellt ist. Neben den Unterschieden in der relativen Länge und Breite, die auf den vorhergehenden Seiten erklärt wurden, ist bei den einzelnen Arten an diesem Beine der Unterschied in der Gestaltung beider Umdreher auffallend, namentlich des *Trochanter maior femoris*; beim Dachs und beim Fischotter ist er verhältnismässig niedrig, aber sehr stark, beim Baumarder schwächer jedoch deutlich länger. Ich mache auf diese Unterschiede deshalb besonders aufmerksam, weil sie wahrscheinlich nicht zufällig

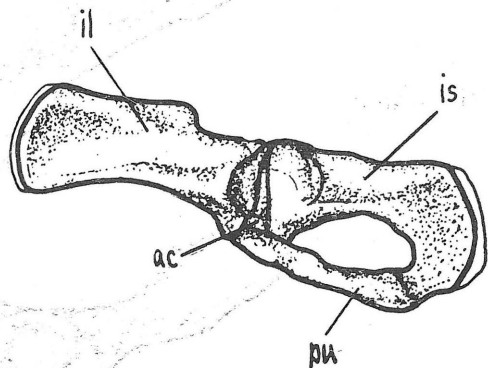


Abb. 32. Hüftbein des jungen Fischotters.

ac - *Os acetabuli*, il - *Os ilium*, is - *Os ischii*, pu - *Os pubis*

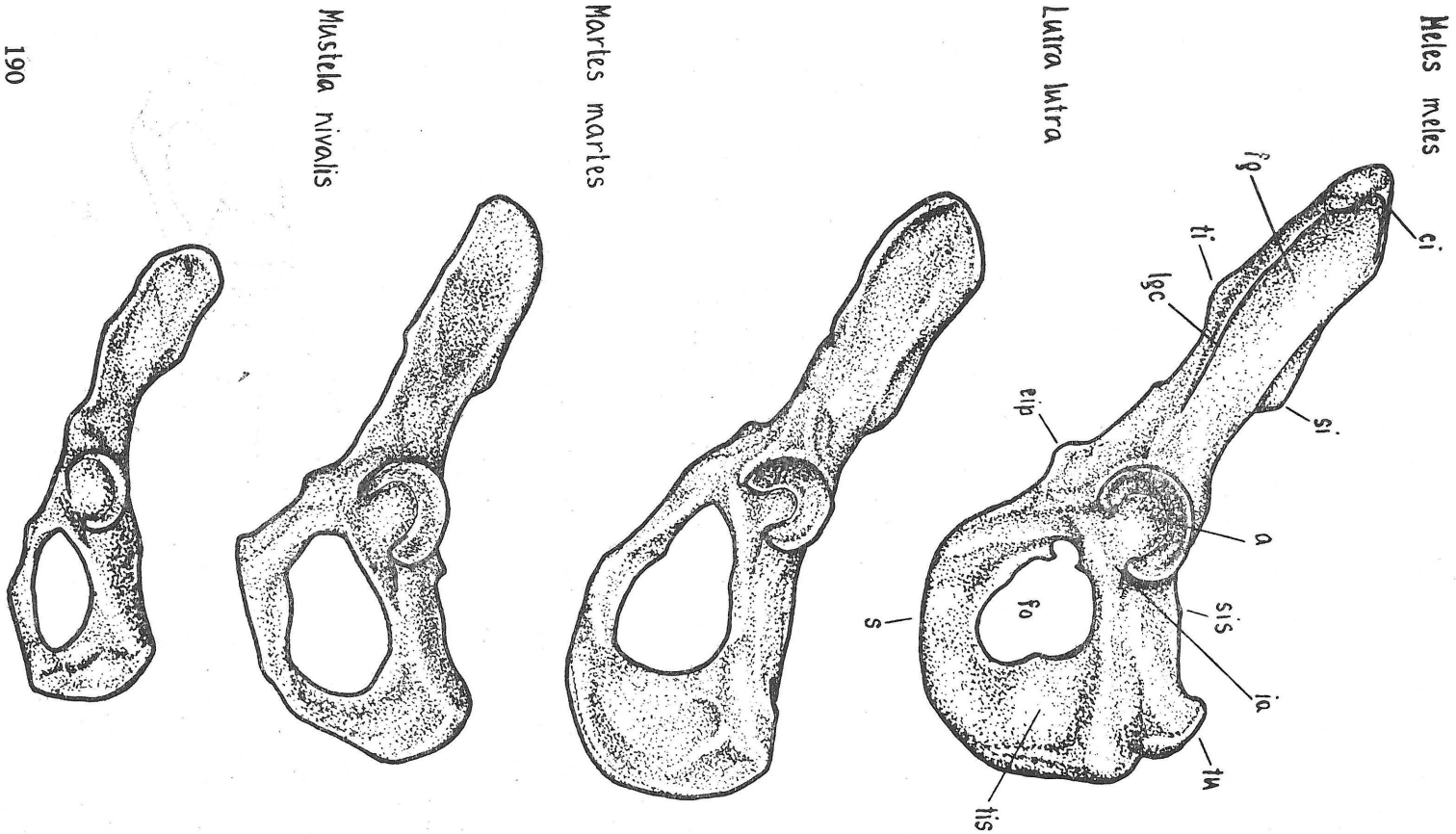


Abb. 33. Vergleich des Hüftbeines der einzelnen Arten; laterale Ansicht, umgerechnet auf einheitliche Körperlänge. Der Wert des Iliosacralwinkels ist durch Neigung des Hüftbeines gegenüber der Waagerechten veranschaulicht.

a - Acetabulum, ci - Crista iliaca, eip - Eminentia iliopectinea, fg - Facies glutaea, fo - Foramen obturatum, ia - Incisura acetabuli, lgc - Linea glutaea cranialis, s - Symphysis ossium pubis, si - Spina ilica dorsalis caudalis, sis - Spina ischiadica, ti - Tuberculum ilicum, tis - Tabula ischiadica, tu - Tuber ischiadicum.

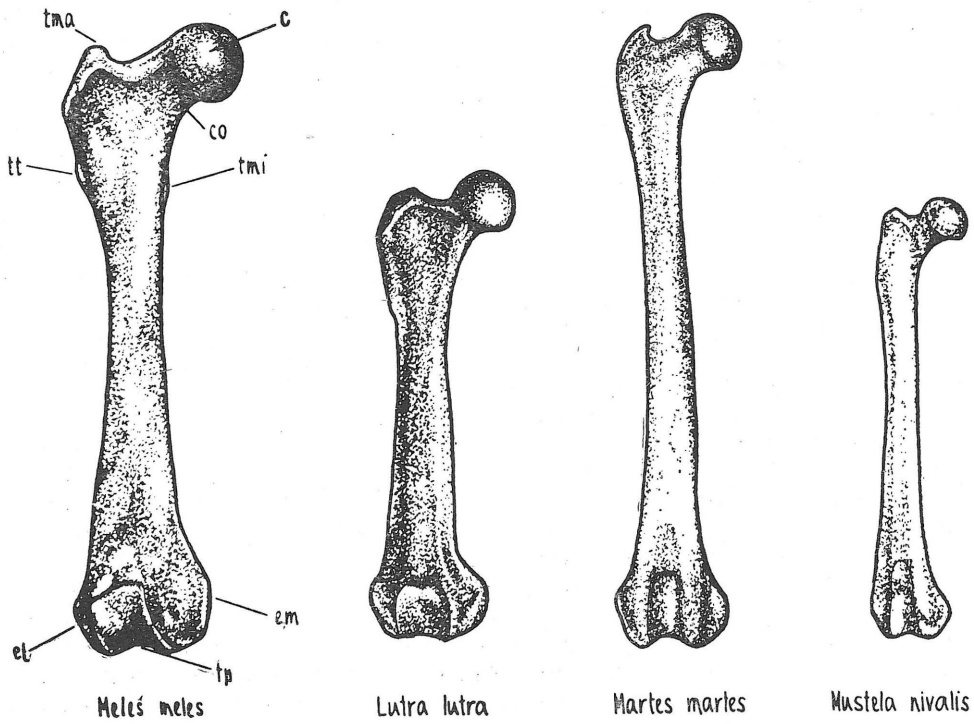


Abb. 34. Vergleich des Oberschenkelbeines der einzelnen Arten; kraniale Ansicht, umgerechnet auf einheitliche Körperlänge.  
 c - Caput femoris, co - Collum femoris, el - Epicondylus lateralis, em - Epicondylus medialis-, tma - Trochanter maior, tmi - Trochanter minor, tp - Trochlea patellaris, tt - Trochanter tertius

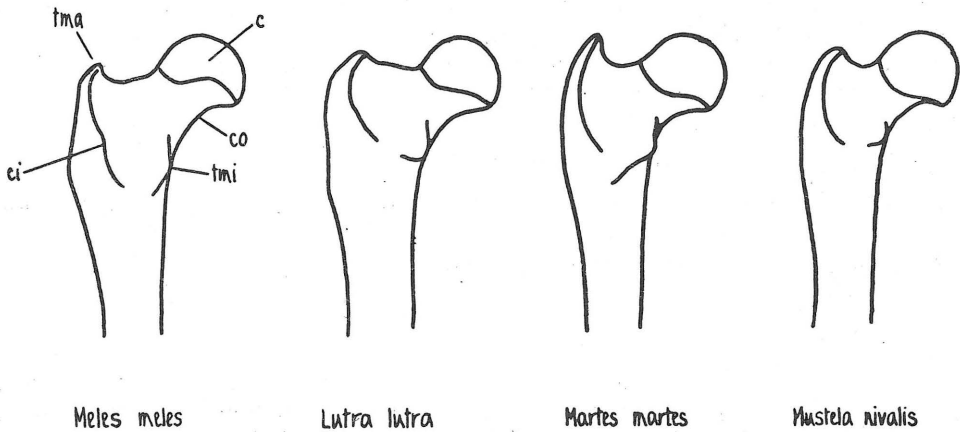


Abb. 35. Vergleich des proximalen Teiles des Oberschenkelbeines der einzelnen Arten, kaudale Ansicht. Auf einheitliche Grösse umgerechnet.  
 c - Caput femoris, ci - Crista intertrochanterica, co - Collum femoris, tma - Trochanter maior, tmi - Trochanter minor



sind. Ähnliche Verhältnisse findet man nämlich auch beim Eichhörnchen einerseits und bei grabenden Nagetieren andererseits (vergl. BOHMANN 1939, DOBRORUKA 1960). Ich bin der Ansicht, dass diese Unterschiede durch die Funktion der Muskeln zu erklären sind, die sich an den *Trochanter maior* ansetzen; es sind vor allem der *Musculus gluteus (superficialis, medius et profundus)* und *Musculus piriformis*, deren Hauptfunktion das Rückwärts- und Seitwärtsführen der Extremitäten ist. Beim Dachs und beim Fischotter, bei denen die Hauptfunktion der Hinterextremitäten Graben event. Rudern ist, wo es sich vor allem um die Überwindung eines grossen Widerstands handelt, ist ein festes Ansetzen der mächtigen Muskeln notwendig, die an den *Ala ossis ilium*, event. am Kreuzbein ihren Ursprung haben. Bei diesen Arten ist der *Trochanter maior* sehr breit und hat einen stark ausgebildeten Kamm. Dagegen ist beim Baummarder die grosse Reichweite der Hinterextremität von höherer Bedeutung als die Überwindung des Widerstands der Umgebung und neben der Bewegung in der Sagitalebene kommt beim Klettern viel mehr auch die laterale Bewegung der Hinterextremitäten zur Geltung. An dieser lateralen Bewegung sind jedoch am stärksten die Muskeln beteiligt, die am Kreuzbein und an der *Spina ischiadica* ihren Ursprung haben, d. h. verhältnismässig sehr kurze Muskeln. Da ihre Ursprungs- und Ansatzstellen nicht in der gleichen Ebene liegen, kommt es zur Spaltung der Muskelkraft in eine Wirksamkeits- und Verlustkomponente; die Wirksamkeitskomponente ist dabei umso grösser, je geringer die Höhendifferenz zwischen der Ursprungs- und Ansatzstelle des Muskels ist. Somit kann wahrscheinlich beim Baummarder die Verlängerung des *Trochanter maior* begründet werden, der bei eingelenktem Oberschenkelbein gerade die Höhe der *Spina ischiadica* erreicht.

Ausser diesen Merkmalen ist bei den verglichenen Arten der Unterschied in der Gestaltung der *Facies patellaris*, besonders in ihrer Breite auffallend. Beim Dachs und beim Fischotter ist sie breit und im wesentlichen flach, beim Baummarder und beim Mauswiesel ist sie eng und ausgehöhlt. Nach GINSBURG (1961) gelten diese Unterschiede als Anzeiger der Bewegungsart: plantigrade Säuger haben eine breite, flache *Facies patellaris*, die Digitigraden eine enge und tiefe *Facies patellaris*.

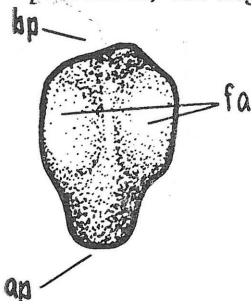


Abb. 36. Kniescheibe des Dachses, kaudale Ansicht.

ap - *Apex patellae*,  
bp - *Basis patellae*, fa  
- *Facies articularis*

#### Kniescheibe

Die Kniescheibe (*Patella*) hat bei allen verglichenen Arten annähernd die gleiche Form eines Dreiecks mit der Spitze am distalen Teil (Abb. 36).

#### c) Zeugopodium

Das Zeugopodium ist aus zwei, nach der Länge voneinander getrennten Knochen gebildet: dem Schienbein (*Tibia*) und dem Wadenbein (*Fibula*), die zusammen den Unterschenkel (*Crus*) bilden.

Die Knochengestaltung des Unterschenkels ist grundsätzlich bei allen verglichenen Arten gleich.

TAB. XXI. Übersicht der zum Vergleich verwendeten Stylopodium- und Zeugopodiummasse der Hinterextremität.

Art	Länge des Oberschenkelbeines in % der Körperlänge	Länge des Oberschenkelbeines in % der Länge der Hinterextremität	Breite der distalen Epiphyse des Oberschenkelbeines in % seiner Länge	Länge des Zeugopodiums in % der Körperlänge	Länge des Zeugopodiums in % der Länge der Hinterextremität	Tibia-Länge: Fibula-Länge	Durchschnittsbreite der Tibia in % ihrer Länge	Breite der Fibula auf den Epiphysen in % ihrer Länge	Breite der Diaphyse der Fibula in % ihrer Länge
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Meles meles	29.8	38.5	23.2	26.1	33.2	100 : 91.1	26.6	10.3	5.1
Lutra lutra	22.1	30.7	25.2	23.5	33.8	100 : 92.2	23.5	13.6	4.8
Martes martes	29.8	32.0	18.5	31.6	34.2	100 : 94.5	16.7	8.6	3.2
Mustela nivalis	20.9	32.6	20.0	21.6	33.6	100 : 95.2	19.8	11.3	0.4

Das Zeugopodium des Mauswiesels ist leicht verkürzt, beim Dach und Baumarder verlängert. Die *Crista tibialis* ist beim Baumarder schwächer. Nach PAUWELS (1954) ist die *Crista tibialis* sowie der im allgemeinen dreieckige Querschnitt des Schienbeines eine Anpassung an die erhöhten Festigkeitsansprüche.

Das sehr schwache Wadenbein des Mauswiesels ist wahrscheinlich eine Adaptation an eine schnelle „unspezialisierte“ Bewegung (KRÜGER 1958), da man eine ähnliche Schwächung auch bei anderen, sich rasch fortbewegenden Säugetieren findet.

Der ausgeprägt verlängerte *Malleolus medialis* beim Baumarder dient wahrscheinlich als Vergrößerung der Stütze für das Rollbein sowie als Verfestigung des Tarsalgelenkes beim Klettern.

#### d) Autopodium

Das Gesamtaussehen des Autopodiums ist aus der Abb. 38 ersichtlich. Die Unterschiede bei den verglichenen Arten zeigen sich nicht nur in seinen Distalteilen, sondern auch in der Bildung des Basipodiums, vor allem in der Gestaltung des Fersen- und des Rollbeines.

Das grösste Fersenbein (*Calcaneus*) hat der Dach, das kürzeste der Baumarder; das Längenverhältnis des Fersenbeines zum Autopodium ist beim Dach geringer als beim Stachelschwein und Biber (0,33, KLAPPERSTÜCK 1955), aber grösser als beim Aguti (0,27, KLAPPERSTÜCK 1955). Der Wert dieses Verhältnisses ist beim Fischotter der gleiche wie beim Sumpfbiber, bei den übrigen verglichenen Arten ist er viel geringer. Die relative Länge des Postartikularanteiles des Fersenbeines ist beim Dach und Fischotter am grössten, beim Mauswiesel und Baumarder ist sie viel geringer.

Ich bin der Meinung, dass die Verlängerung des Fersenbeines beim Dach und beim Fischotter auf ähnliche Weise erklärt werden kann, wie

TAB. XXII. Übersicht der zum Vergleich verwendeten Autopodiummasse der Hinterextremität.

Art	Gesamtlänge des Autopodiums in % der Körperlänge	Gesamtlänge des Autopodiums in % der Länge der Hinterextremität	physiolog. Länge des Autopodiums in % der Körperlänge	physiolog. Länge des Autopodiums in % der Länge der Hinterextremität	Gesamtlänge des <i>Calcaneus</i> in % der Autopodiumlänge	postartikuläre Länge des <i>Calcaneus</i> in % der Autopodiumlänge	Metapodium-Durchschnittslänge: Akropodium-Durchschnittslänge	Durchschnittsbreite der <i>Ossa metatarsalia</i> in % ihrer Länge
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
<i>Meles meles</i>	28.5	36.5	22.1	28.3	29.2	12.8	49.8 : 50.2	14.0
<i>Lutra lutra</i>	29.9	43.1	24.8	35.5	24.3	11.0	47.7 : 52.3	13.9
<i>Martes martes</i>	35.7	39.0	30.8	33.8	15.9	7.2	49.8 : 50.2	9.5
<i>Mustela nivalis</i>	24.6	39.4	20.4	33.8	19.7	7.6	47.3 : 52.7	10.1

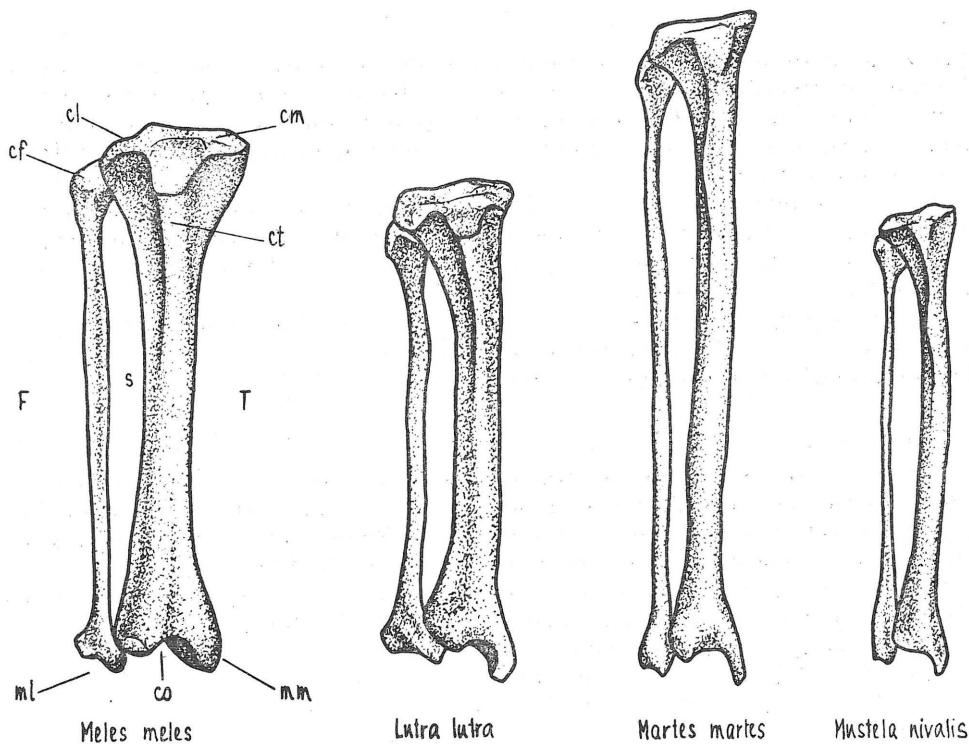


Abb. 37. Vergleich der Unterschenkelknochen der einzelnen Arten. Kraniale Ansicht, umgerechnet auf einheitliche Körperlänge.

cf - *Capitulum fibulae*, cl - *Condylus lateralis*, cm - *Condylus medialis*, co - *Cochlea tibiae*, ml - *Malleolus lateralis*, mm - *Malleolus medialis*, s - *Spatium interosseum cruris*, F - *Fibula*, T - *Tibia*

die Verlängerung des *Processus olecrani*. Auch das Autopodium der Hinterextremität kann mit einem zweiarmigen Hebel verglichen werden, wo die Artikulationsfläche des Schien- und Wadenbeines als Stütze, der Postartikularteil des Fersenbeines als Kraftarm und die „physiologische Länge“ des Autopodium, d. h. die Länge vom Tarsalgelenk proximal bis zu den Krallen, als Lastarm dient.

Da der Dachs und der Fischotter beim Graben beziehungsweise beim Schwimmen durch die Bewegung des Autopodiums einen grossen Widerstand überwinden muss, ist es vorteilhaft, wenn sich die Muskeln, die eine Extension bewirken (*Musculus soleus*, *Musculus gastrocnemius*), am Fersenbein so weit als möglich von der Stütze ansetzen. Die Verlängerung des Fersenbeines trägt also beim Dachs und beim Fischotter zu einer Verringerung der Anstrengung der Extensoren des Autopodium bei. Einer ähnlichen Ansicht bezüglich der Funktionsbedeutung der Fersenbeinverlängerung ist auch KASJANENKO (1950) und FREYE (1954). Nach GINSBURG (1961) dagegen ist die Verlängerung des postartikularen Teiles des Fersenbeines ein Merkmal für die digitigraden Raubtiere. Mit Rücksicht auf die übrigen Merkmale, die ich bei den geprüften Arten festgestellt habe, kann man mit dieser Ansicht nicht übereinstimmen, was auch den Äusserungen verschiedener Autoren (z. B. KASJANENKO 1950) entspricht, welche die ausgesprägten Schwankungen der Länge des Fersenbeines bei verschiedenen ausgesprochen digitigraden Arten beschreiben.

Am Rollbein (*Talus*) des Baummarters und des Fischotters ist der Lateralrand der *Trochlea tali* leicht erhöht. Nach DOBRORUKA (1960) stellt die Erhöhung des Lateralrandes der *Trochlea* eine Vergrösserung ihrer Gelenksfläche dar, die eine grössere Lateralbeweglichkeit der Tatze ermöglicht. Ich meine jedoch, dass diese Ansicht nicht richtig ist, da gerade bei diesen beiden Arten die laterale Bewegung der Tatze durch die Bildung eines langen *Malleolus medialis* sowie eines verhältnismässig grossen *Malleolus lateralis* stark eingeschränkt ist.

Die relative Länge der *Ossa metatarsalia* bei den verglichenen Arten ist, mit Bezug auf die Länge der Extremität am grössten beim Baummartener und beim Mauswiesel, was man auch für eine Adaptation zur schnellen Bewegung halten kann. KÜKENTHAL (1891) betrachtet die Verlängerung der *Ossa metatarsalia* als Anpassung zum Leben im Wasser und als Vorstufe der Hyperfalangie der Wale (*Cetacea*). Diese Ansicht dürfe jedoch wahrscheinlich nicht ganz richtig sein. Bei den Wassersäugetern findet zwar infolge einer allgemeinen Verlängerung des Autopodiums auch eine relative Verlängerung des Metapodiums in bezug auf die Körperlänge statt. An der Verlängerung des Autopodiums beteiligt sich jedoch am meisten die Verlängerung der Zehen, d. h. des Akropodium und nicht des Metapodium. Darauf weisen auch einerseits die Verhältnisse hin, die wir bei Robben (*Pinipedia*) vorfinden, andererseits die Feststellung, die ich anlässlich des Vergleichens der *Mustelidae*-Arten gemacht habe.

Bei der *Otaria stelleri* ist z. B. die Durchschnittslänge der Metapodiumbeine bezogen auf die Länge der ganzen Extremität bei der Vorderextremität 10,8 %, bei der Hinterextremität 12,6 %, was beinahe dasselbe ist, wie beim Fischotter (11,2 %). Vergleichen wir jedoch, wie das Verhältnis zwischen der Durchschnittslänge des Metapodiums und des Akropodiums

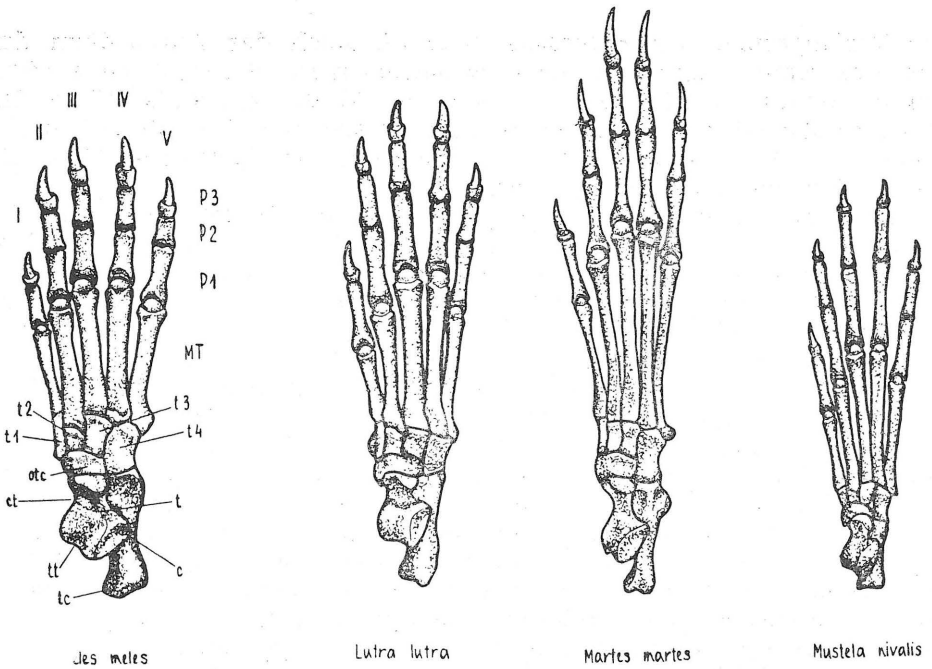


Abb. 38. Autopodium der Hinterextremität der einzelnen Arten (Formvergleich der Knochen); dorsale Ansicht, übertragen auf dieselbe Körperlänge. I-V - 1.-5. Zehe, P1-P3 - Phalanx prima-tertia, MT - Ossa metatarsalia, c - Calcaneus, ct - Collum tali, otc - Os tarsi centrale, t - Talus, tc - Tuber calcanei, tt - Trochlea tali, t1-t4 - Os tarsale primum-quartum

bei diesen beiden Arten ist, so gelangen wir zu folgendem Resultat:

		Metapodium : Akropodium
<i>Otaria stelleri</i>	Vorderextremität	38,6 : 61,4
	Hinterextremität	33,7 : 66,3
<i>Lutra lutra</i>	Vorderextremität	40,1 : 59,9
	Hinterextremität	47,7 : 52,3

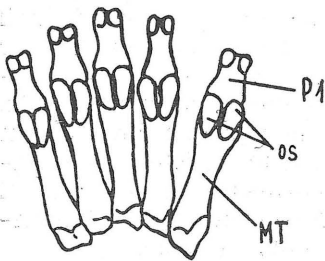


Abb. 39. Ossa sesamoidea an der Plantarseite des Autopodiums beim Dach, os - Os sesamoideum, P1 - Phalanx prima, MT - Os metatarsale

Wenn wir auf diese Weise auch die einzelnen Arten der Marderartigen vergleichen, stellen wir fest, dass das relativ längste Metapodium nicht der Fischotter besitzt, sondern das Mauswiesel, wogegen der Fischotter erst an der letzten Stelle steht, das heisst, er hat von allen geprüften Arten das längste Akropodium im Verhältnis zum Metapodium. Ich nehme daher an, dass die Metapodium-Verlängerung eher eine Adaption der Extremität an die schnelle Bewegung als zum Schwimmen ist. Davon zeugen noch zwei Feststellungen: das Verhältnis Metapodium-Akropodium auf dem ersten Finger des Fisch-

Abb. 40

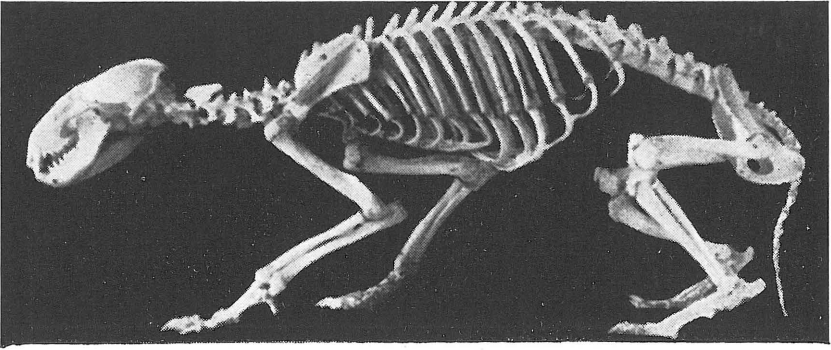


Abb. 41

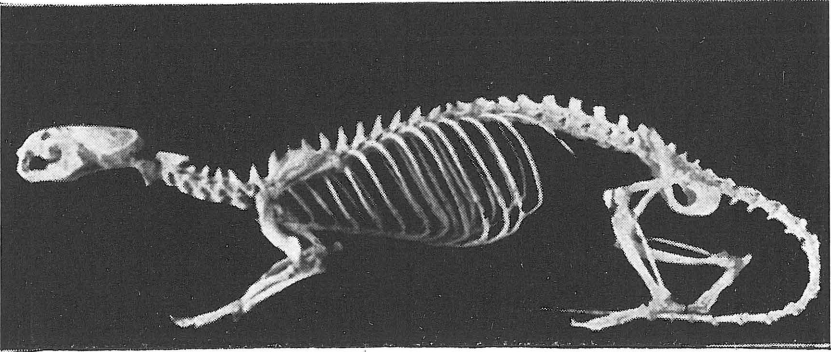


Abb. 42

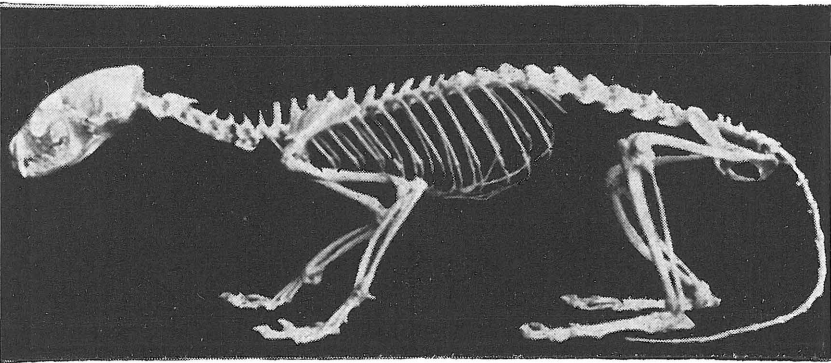


Abb. 43

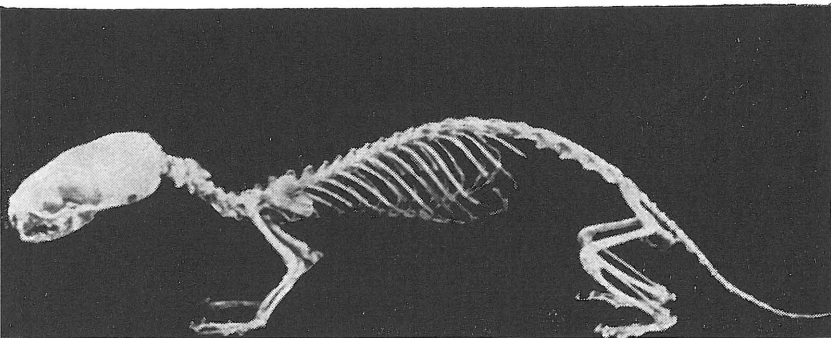


Abb. 40—43. Skelette der verglichenen Arten: Dachs (40), Fischotter (41), Baummarder (42) und Mauswiesel (43). Die Grössenverhältnisse sind nicht eingehalten.



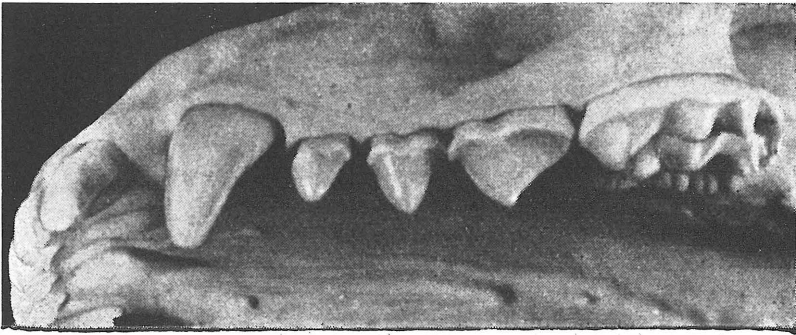


Abb. 44

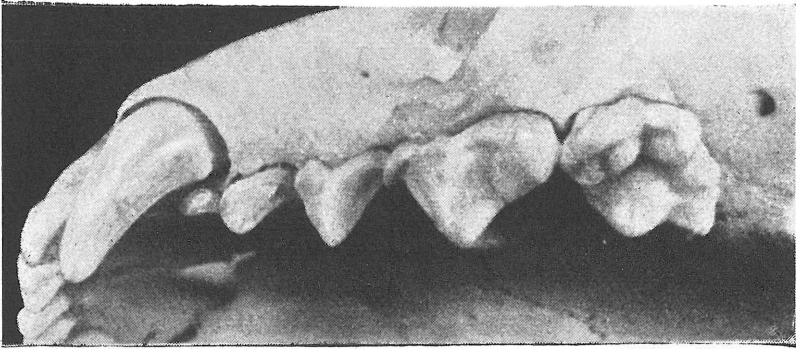


Abb. 45

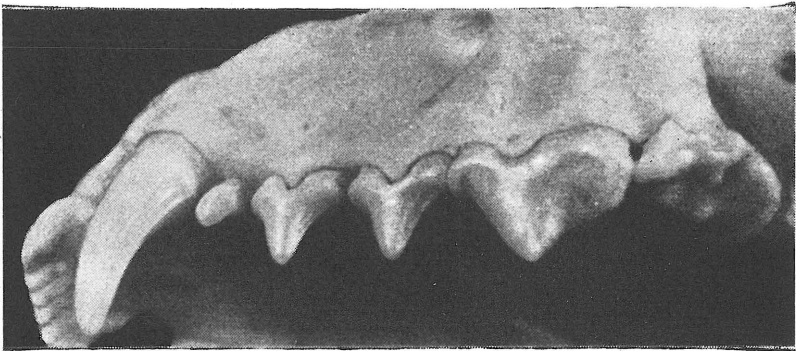


Abb. 46



Abb. 47

Abb. 44–47. Gebiss der verglichenen Arten (linke Hälfte des Oberkiefers): Dachs (44), Fischotter (45), Baummarder (46) und Mauswiesel (47). Die Grössenverhältnisse sind nicht eingehalten.



otters ist 38,7 : 61,3, auf der ersten Zehe 44,9 : 55,1; das ist, insbesondere im Falle der Finger der Vorderextremitäten, die grösste Verlängerung des Akropodiums bei allen verglichenen Arten. Dies halte ich für eine Funktionsanpassung in dem Sinne, dass das verlängerte Akropodium den Längenunterschied zwischen der ersten und zweiten Zehe ausgleicht (diese Differenz ist beim Fischotter am geringfügigsten), wodurch es zur Gesamtvergrösserung der Autopodiumfläche beiträgt. Auch das Verhältnis Metapodium-Akropodium, das sich erst bei erwachsenen Fischottern zu Gunsten des Akropodiums verbessert (wogegen bei Dachsen dieses Verhältnis bei jungen und erwachsenen Tieren fast gleich ist) weist darauf hin, dass an der Verlängerung der Zehen als Anpassung zum Schwimmen in erster Reihe das Akropodium teilnimmt.

Die breitesten *Ossa metatarsalia* hat wiederum der Dachs und der Fischotter, was eine Anpassung an die erhöhte Anstrengung des Autopodiums der Hinterextremität ist.

Beim Baummarder ist das Krallenbein lang und schmal, beim Dachs ist es viel kleiner als an den Fingern der Vorderextremität; dies lässt sich dadurch erklären, dass für den Baummarder die Hinterextremitäten beim Klettern dieselbe Bedeutung haben wie die Vorderextremitäten, wogegen für die Scharrtätigkeit des Dachses die Finger der Vorderextremitäten die grösste Bedeutung haben.

TAB. XXIII.

	<i>Ossa metatarsalia</i> , Länge ausgedrückt in Prozenten									
	der Körperlänge					der Länge der Hinterextremität				
	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
<i>Meles meles</i>	5.5	8.1	8.5	8.8	7.9	7.0	10.3	10.8	11.2	10.1
<i>Lutra lutra</i>	4.9	7.9	9.5	9.8	8.0	6.9	11.1	13.3	13.8	11.2
<i>Martes martes</i>	7.8	11.0	12.5	13.0	11.1	8.6	12.2	13.8	14.4	12.3
<i>Mustela nivalis</i>	5.0	6.9	8.3	8.8	8.0	7.9	10.9	13.2	13.9	12.7

### 3. Zusammenfassung

Im Gesamtbau der Extremitäten findet beim Dachs und beim Fischotter eine verhältnismässig grössere Spezialisierung statt: beim Dachs die Spezialisierung zum Graben, beim Fischotter zum Schwimmen. Bei beiden Arten kommt diese Spezialisierung an den Hinterextremitäten deutlicher zum Ausdruck als an den Vorderextremitäten. Die gesamte Bauart der Extremitäten beim Mauswiesel ist im Prinzip dieselbe, wie bei den Extremitäten der übrigen *Mustelidae*-Arten, sie sind jedoch ausgeprägt kürzer; dies ist die Adaptation an die Bewegung in niedrigen Räumen.

Das Schulterblatt des Dachses unterscheidet sich vom Schulterblatt der

TAB. XXIV.

	Länge der Zehen (Metapodium + Akropodium), ausgedrückt in Prozenten									
	der Körperlänge					der Länge der Hinterextremität				
	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
Meles meles	10.4	16.6	17.7	18.1	15.6	13.3	21.2	22.6	23.1	19.9
Lutra lutra	10.9	17.0	19.0	19.7	16.4	15.3	23.9	26.7	27.7	23.1
Martes martes	14.5	22.1	26.3	26.4	22.7	16.0	24.5	29.1	29.3	25.1
Mustela nivalis	10.6	16.2	18.3	17.9	15.5	16.8	25.7	29.0	28.4	24.6

TAB. XXV.

	Länge der <i>Ossa metatarsalia</i>					Länge der Phalanges				
	in Prozenten des längsten von ihnen ausgedrückt									
	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
Meles meles	62.5	92.0	96.6	100	89.8	52.7	91.4	98.9	100	82.8
Lutra lutra	50.0	80.6	96.9	100	81.6	60.6	91.9	95.9	100	84.8
Martes martes	60.0	84.6	96.1	100	85.3	48.6	80.4	100	97.2	84.0
Mustela nivalis	56.8	78.4	94.3	100	90.9	56.0	93.0	100	91.0	75.0

übrigen verglichenen Arten durch grössere Masse und durch eine gestrecktere Form; seine grosse Berührungsfläche vergrössert die Stütze der Vorderextremität beim Graben.

Beim Dachs und beim Baumarder sind im Gegensatz zum Fischotter und zum Mauswiesel rudimentäre Schlüsselbeine vorhanden.

Am Oberarmbein des Dachses und des Fischotters ist zum Unterschied von den übrigen Arten eine starke *Crista epicondyli lateralis* ausgebildet und die distale Epiphyse ist erweitert; beides hängt mit der erhöhten Beanspruchung der Vorderextremität bei diesen Arten zusammen. Beim Fischotter fand ausserdem eine starke laterale Verflachung und Krümmung des Oberarmbeines statt.

Das fast kugelförmige *Caput humeri* ermöglicht unter den verglichenen Arten dem Baumarder die grösste Beweglichkeit der Vorderextremität im Schultergelenk.

Im Vergleich zu den übrigen Arten ist beim Fischotter und beim Dachs der *Processus olecrani* erheblich verlängert; dadurch vergrössert sich der Kraftarm und verringert sich die Muskelanstrengung beim Strecken des Unterarmes.

Der *Processus styloideus ulnae* des Baumarders ist im Vergleich zu

den übrigen Arten verlängert; damit ist die laterale Bewegung des Autopodiums beschränkt.

Beim Fischotter und beim Baumrarder ist im Basipodium der Vorderextremität ein *Os sesamoideum* gebildet; es vergrössert wahrscheinlich die Ansatzfläche für den *Musculus abductor pollicis longus*.

Beim Mauswiesel kam es zu einer Verlängerung des Metapodiums im Verhältniss zum Akropodium; bei ihm ist auch, im Vergleich zu den übrigen Arten, der grösste Unterschied zwischen der Länge des 1. und des 2. Fingers. Diese beiden Merkmale bedeuten eine Anpassung zur schnellen Bewegung.

Beim Fischotter und beim Dachs sind die *Ossa metacarpalia* verstärkt; das ist eine Adaptation an die erhöhte Anstrengung des Autopodiums beim Graben und Schwimmen.

Beim Baumrarder sind die *Capitula metacarpi* kugelförmig, beim Dachs mehr oder weniger zylindrisch; dem Baumrarder ermöglichen sie eine grössere Fingerbeweglichkeit, dem Dachs schränken sie sie ein.

Die Krallenbeine der Vorderextremität sind beim Dachs und beim Baumrarder lang; beim Dachs, dem sie zum Graben dienen, sind sie stark, beim Baumrarder schwächer, da sie ausschliesslich zum Festhalten gebraucht werden.

Die Anpassung in der Beckenbildung äussert sich am deutlichsten beim Fischotter; zum Unterschied von allen übrigen *Mustelidae*-Arten ist das *Acetabulum* in der vorderen Beckenhälfte angeordnet und auch die Beckenbreite zwischen den Hüftgelenkspfannen ist bei ihm sehr gering. Beides ist typisch für Wassersäugetiere.

Der Iliosacralwinkel ist beim Mauswiesel von allen verglichenen Arten am kleinsten; er trägt zum niedrigen Körperbau dieses Tieres bei.

Das Becken des Dachses ist im Vergleich zu den übrigen Arten relativ länger und breiter; dies weist auf die Anpassung an die Grabtätigkeit hin.

Der *Trochanter maior femoris* ist beim Baumrarder lang und schlank, bei den übrigen geprüften Arten niedrig und breit. Beim Baumrarder handelt es sich wahrscheinlich um eine Einrichtung, die zur Vergrösserung der Beweglichkeit der Extremität dient.

Die *Facies patellaris* des Dachses und des Fischotters ist breiter und flacher, als bei den übrigen zwei Arten; diese Gestaltung ist für plantigrade Säugetiere charakteristisch.

Die *Crista tibialis* ist beim Dachs und beim Fischotter bedeutend stärker als beim Baumrarder und beim Mauswiesel. Sie dient zur Verfestigung des Schienbeines.

Das Wadenbein ist beim Mauswiesel im Vergleich zu den übrigen Arten sehr schwach; diese Gestaltung ist für die schnellbeweglichen Säugetiere charakteristisch.

Beim Baumrarder ist der *Malleolus medialis* wesentlich länger als bei den übrigen Arten; er schränkt die Lateralbewegung des Autopodiums ein und festigt es dadurch.

Das Fersenbein ist beim Dachs und beim Fischotter relativ länger als beim Baumrarder und beim Mauswiesel; es trägt zur Herabsetzung der Anstrengung der Extensoren des Autopodiums dieser beiden Arten bei.

Das relativ längste Akropodium im Vergleich zum Metapodium hat der

Fischotter; dies weist darauf hin, dass bei Wassersäugetieren die Fingerverlängerung den beträchtlichsten Anteil an der Vergrößerung des Autopodiums hat. Das beweist auch das lange Akropodium des 1. Fingers des Fischotters und die Verlängerung des akropodialen Teiles der Extremität im Laufe der ontogenetischen Entwicklung.

Beim Dachs und beim Fischotter sind im Vergleich zu den übrigen Arten sehr breite *Ossa metatarsalia*, die eine Verfestigung des Autopodiums als Anpassung an die erhöhte Anstrengung darstellen.

Die längsten Krallenbeine sind an der Hinterextremität des Baumarders; sie haben als Krallenstütze eine Funktion beim Festhalten des Tieres.

## VI. SCHLUSSFOLGERUNGEN

In der Skelettbildung der einzelnen Arten der Marderartigen können Unterschiede beobachtet werden, die als Anpassung an die verschiedenen Bewegungs- und Tätigkeitsarten entstanden sind. Diese Unterschiede sind jedoch meistens nicht besonders ausgeprägt, da es sich einerseits um sehr nahe verwandte Formen handelt, andererseits weil die Spezialisierung auf eine bestimmte Bewegung oder Tätigkeit bei ihnen nie ganz eindeutig ist.

Unter den verglichenen Arten fand die deutlichste Spezialisierung beim Mauswiesel statt, dessen Lebensweise im Skelettbau Veränderungen hervorgerufen hat, die auf eine niedrigere Stellung und Verschmälerung des ganzen Körpers gerichtet sind. Diese Änderungen zeigen sich in der Bildung des Schädels (Verminderung der Schädelhöhe, Verschmälerung, Verkürzung der Unterkiefer), des Brustkorbes (sehr geringe Steilheit), des Beckens (kleiner Iliosacralwinkel) und der Gliedmassen (ihre Gesamtverkürzung). Ausserdem zeigen sich bei dieser Art auch einige für schnelle Tiere charakteristische Merkmale (Verlängerung der Metapodialteile der Extremitäten, Verkürzung des 1. Fingers, schwache *Fibula*) und eine Adaptation zur Jagd und zum Tragen relativ grosser und schwerer Beuten (lange Hakenzähne, grosse Reisszähne, mächtige *Condyli occipitales*, breiter *Atlas*, ein verhältnismässig kurzer Hals).

An zweiter Stelle kann man nach dem Ausmasse der Adaptationsveränderungen den Fischotter einreihen. Neben der Anpassung an das Wasserleben (in erster Reihe die Verschiebung der *Orbita* und der Nasenöffnung näher an die dorsale Kopfseite) bildete sich bei ihm eine Reihe von Adaptationen zum Schwimmen und Tauchen aus. Diese Anpassungen entstanden am Schädel (seine Abplattung, grosse *Condyli occipitales*), an der Wirbelsäule (lange und breite Schwanzwirbelsäule, Rumpfversteifung durch die Verkürzung der Lenden- und Verlängerung der Brustwirbelsäule), am Becken (geringe Entfernung zwischen den Hüftgelenkspfannen, Verschiebung der Hüftgelenkspfanne in den vorderen Beckenteil), sowie an dem Skelett der Extremitäten (Gesamtbau der Extremitäten, vor allem der hinteren, Verstärkung der Knochen des Autopodiums, des Oberarmbeines und des Oberschenkelbeines, Verlängerung des *Processus olecrani* und des Fersenbeines, eine starke *Crista epicondylaris lateralis* und *Crista*

*tibiae*, die Bildung des *Os sesamoideum phalangis primae pollicis* und die Verlängerung des 1. Fingers.)

Beim Dachs kommt die Grabanpassung vor allem in der Bildung der Extremitäten zum Ausdruck. Einerseits in deren Gesamtbau (einzelne Teile verkürzen sich in distaler Richtung), andererseits in der Bildung einzelner Knochen (langgestrecktes Schulterblatt mit grosser Berührungsfläche, breites Oberarmbein, starke *Crista epicondylis lateralis*, langer *Processus olecrani*, Verstärkung der Knochen des Autopodiums bei den Vorder- und Hinterextremitäten, lange Krallenbeine an der Vorderextremität, Verlängerung und Verstärkung des Beckens, starke *Crista tibialis*, langes und starkes Fersenbein). Am Rumpfskelett äussert sich diese Anpassung in der grossen Steilheit des Brustkorbes, in der Verlängerung der Brust- und Verkürzung der Lendenwirbelsäule und in der Verstärkung des Kreuzbeines.

Das Skelett des Baummarters zeigt wahrscheinlich am besten die allgemeine Bauart des Skeletts bei den Marderartigen, von dem er sich nur durch einige Adaptationen zum Leben auf Bäumen unterscheidet. Dies ist in erster Reihe die allgemeine Verlängerung der Extremitäten, die Verlängerung der Schwanzwirbelsäule und ferner einige kleinere Anpassungen, wie die Vergrösserung der Extremitätenbeweglichkeit im Schulter- und Hüftgelenk, Verlängerung der Finger, Versteifung des Autopodiums der Vorder- und Hinterextremitäten durch Verlängerung des *Processus styloideus ulnae* und des *Malleolus medialis*, Vergrösserung der Fingerbeweglichkeit (kugelförmige *Capitula metacarpi et metatarsi*), Bildung des *Os sesamoideum carpi* und Bildung langer Krallenbeine.

## LITERATUR

- Aichel, O. (1925): Über Abhängigkeit von Form und Funktion beim Schulterblatt und über eine der menschlichen sehr ähnliche Scapula eines niederen Affen. — Anat. Anz., Erg. — H. zum 60. Bd., 133–150.
- Astanin, L. P. (1958): Organy těla mlekopitajůščich i ich rabota. — Izdat. Sov. nauka, Moskva.
- Barabaš-Nikiforov, I. I. (1962): Der Seeotter oder Kalan. — Die neue Brehm-Bücherei 290, Wittenberg-Lutherstadt, 92 S.
- Bohmann, L. (1959): Die grossen einheimischen Nager als Fortbewegungstypen. — Z. Morph. u. Ök. Tiere 35, 317–338.
- Böcker, H. (1935): Einführung in die vergleichende biologische Anatomie der Wirbeltiere I. — Jena, Verlag G. Fischer.
- Dobberstein, J. und Koch, T. (1953): Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere, I, II. — S. Hirzel Verlag Leipzig.
- Dobroruka, L. (1960): Ueber einige durch verschiedene Lebensbedingungen verursachte Unterschiede bei dem Eichhörnchen und Ziesel. — Acta soc. zool. Bohemoslov. Praha, XXIV: 2, 97–104.
- Duerst, M. (1926): Vergleichende Untersuchungsmethoden am Skelett bei Säugern. — Hdb. d. biol. Arbeitsmethoden, Berlin, 125 S.
- Fisher, E. M. (1942): The osteology and myology of the California River Otter. — Stanford Cal. (Univ. Press), V + 66.
- Frey, H. A. (1954): Beiträge zur funktionellen Anatomie des Biberskelettes. — Wiss. Z. Univ. Halle, Jahrg. 3, 5, 1101–1136.
- Frey, H. A. (1959): Schädelstudien an heimischen Wassernagern. — Morph. Jahrbuch, 100, 2, 322–374.
- Galilei, G. (1838): Discorsi e Dimostrazioni matematiche intorno à due nuove scienze ... — Leida, Elsevirii, Dial. II., Mechanic, dialog. 1.
- Gerber, R. (1960): Die wildlebenden Raubtiere Deutschlands. — Die neue Brehm-Bücherei, Wittenberg-Lutherstadt, 40–92.
- Giebel, C. G. und Leche, W. (1874–1900): Säugethiere; Mammalia. Dr. H. G. Bronn's Klassen und Ordnungen des Thier-Reichs. — Leipzig.
- Ginsburg, L. (1961): Plantigradie et digitigradie chez les Carnivorves fissipedes. — Mammalia 25; 1, 1–21.
- Grassé, P. (1955): Traité de zoologie. Anatomie, systématique. — Paris, Masson, 2300 S.
- Gromova, V. (1950): Opređilitel' mlekopitajůščich SSSR po kostjam skeleta I. — Trudy komissii po izučeniju četvertiĉnogo perioda AN SSSR. Moskva.
- Heráň, I. (1961 a): Beitrag zur funktionellen Anatomie der Wasserratte (*Arvicola terrestris* L.). — Acta soc. zool. Bohemoslov. XXIV: 1, 28–38.
- Heráň, I. (1961 b): Adaptační znaky na kostě lasicovitých šelem. — Disertationsarbeit, unpubl., 211 S.
- Hildebrand, M. (1954): Comparative morphology of the body skeleton in recent Canidae. — Univ. Calif. Pubs. Zool., vol. 52 (5), 399–470.
- Hinsche, G. (1950): Funktionskritische Zonen am Wirbeltierkörper. — Zool. Anz. 145: 7/8, 170–180.
- Hornier, B. E. (1954): Arboreal adaptations of *Peromyscus*, with special reference to use of the tail. — Contr. from the Laboratory of Vertebrate Biology Univ. Of Michigan, No. 61, 85 S.
- Hue, E. (1907): Musée ostéologique I., II. — Paris, Schleicher Frères, éditeurs.
- Jensen, P. V. (1959): Lidt om graevlingen. — Natur. verden., 289–320.
- Kasjanenko, V. G. (1950): Funkcional'nyj analiz sustavov tazovoj konečnosti někotorych mlekopitajůščich. — Trudy inst. zool. AN USSR, V, 3–23.
- Klapperstück, J. (1955): Vergleichend anatomische Untersuchungen am Achsen- und Extremitätenskelett von *Myocastor coypus* Mol. — Wiss. Z. M. Luther Univ. Halle-Saale. Mat.-naturwiss. Reihe 5, 2, 251–284.
- Knese, K. H. (1936): Das Kopfgelenk der aquatilen Säugetiere. — Morph. Jahrb. 78.
- Kohl, F. (1915): Beiträge zur Naturgeschichte der Bismarrratte. — Sbor. zool., Praha, I., 16–26.
- Kramer, G. (1959): Die funktionelle Beurteilung von Vorgängen relativen Wachstums. — Zool. Anz. 162, 245–255.
- Krüger, W. (1958): Der Bewegungsapparat. — Künk. Hdb. d. Zool. 8, (13–14.), 1–176.
- Krumbiegel, I. (1954, 1955): Biologie der Säugetiere. I., II. — Agis-Verlag, GmbH Krefeld, Baden Baden.
- Küenthal, W. (1891): Über die Anpassungen von Säugetieren an das Leben im Wasser. — Zool. Jb. Syst., 373–399.
- Kummer, B. (1959): Biomechanik des Säugetierskelettes. — Kük. Hdb. d. Zool. 8, 6 (2), 1–80.
- Leach, J. W. (1952): Functional Anatomy of the Mammal. (Second edition). — Mc Graw-Hill Book Company, New York, Toronto, London.
- Matthews, L. H. (1952): British mammals. — Collins London, 212–253.
- Meunier, G. (1959): Diskussionsbeitrag zur Kramer 1959. — Zool. Anz. 162, 255–257.
- Mijsberg, W. A. (1920): Die Anatomie der Verbindungen der Beckenknochen bei den Säugetieren, in bezug auf die statischen Einflüsse, denen das Becken ausgesetzt ist. — Anat. Hefte 58: 176, 454–615.
- Müller, G. (1953): Beiträge zur Anatomie der Bismarrratte (*Ondatra zibethica*). — Wiss. Z. Univ. Halle-Salle, II: 11, 817–835.
- Nauck, E. T. (1938): Das Extremitätenskelett der Tetrapoden. (In Bolck-Göppert-Kallius-Lubosch: Handbuch d. vergl. Anat. d. Wirbeltiere, Berlin-Wien, Bd. 5).
- Ogněv, S. I. (1951): Očerki ekologij mlekopitajůščich. — Izd. mosk. obšč. isp. prir. Moskva, 252 S.
- Ondrias, J. C. (1958 a): Study of the body skeleton of the family Mustelidae. Dissertation 56 S.
- Ondrias, J. C. (1958 b): Analysis of osteometric rations of the family Mustelidae. — Arch. Hel. Biol. Soc.
- Ondrias, J. C. (1961 a): Secondary sexual variation and body skeletal proportions in European Mustelidae. — Arkiv för zoologi 12: 36, 577–583.
- Ondrias, J. C. (1961 b): Comparative osteological investigations of the front limbs of European Mustelidae. — Arkiv för zoologi, serie 2, Bd. 13: 15, 311–320.
- Pauwels, F. (1950 a): Die Bedeutung der Bauprinzipien des Stütz- und Bewegungsapparates für die Beanspruchung der Röhrenknochen. I. Beitrag zur funktionellen Anatomie und kausalen Morphologie des Stützapparates. — Z. Anat. 114, 129.
- Pauwels, F. (1950 b): Die Bedeutung der Muskelkräfte für die Regelung der Beanspruchung des Röhrenknochens während der Bewegung der Glieder. III. Beitrag zur funktionellen Anatomie und kausalen Morphologie des Stützapparates. — Z. Anat. 117, 497.
- Pauwels, F. (1954): Die statische Bedeutung der *Linea aspera*. IV. Beitrag zur funktionellen Anatomie und kausalen Morphologie des Stützapparates. — Z. Anat. 117, 497.

- Petrov, O. V.** (1958): K ocenke prisposobitelnych priznakov v strojenii konečnosť gornostaja. — Věst. Leningr. un-ta, 21, 73–78.
- Quiring, D. P.** (1950): Functional Anatomy of the Vertebrates. — New York, XI + 624.
- Remane, A.** (1936): Wirbelsäule und ihre Abkömmlinge. (In Bolck-Göppert-Kallius-Lubosch: Hdb. d. vergl. Anat. d. Wirbeltiere, Bd. IV, 1–206.
- Remane, A.** (1952): Die Grundlagen des Natürlichen Systems, der vergleichenden Anatomie und der Phylogenetik. Leipzig.
- Rensch, B.** (1954): Neuere Probleme der Abstammungslehre. 2. Aufl. — Stuttgart.
- Röhrs, M.** (1959): Diskussionsbeitrag zum Kramer 1959. — Zool. Anz. 162, 262–263.
- Severcov, A. N.** (1949): Morfologičeskie zakonoměrnosti evoljucii. — Sobranie sočinėnij V. Moskva.
- Šimkevič, V.** (1922): Kurs sravnitel'noj anatomii pozvonočnych životnych. — Leningrad.
- Weyhe** (1875): Übersicht der Säugetiere nach ihren Beckenformen. — Z. ges. Naturw., Neue Folge XI.
- Wiedersheim, R.** (1906): Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. — Jena.

Anschrift des Verfassers: Dipl.Biol. Ivan Heráň CSc., Zoologische Abteilung des Nationalmuseums, Václavské nám. 1700, PRAHA (Tschechoslowakei)



SBORNÍK NÁRODNÍHO MUZEA V PRAZE — ACTA MUSEI NATIONALIS  
PRAGAE

Redaktor:  
Dr. JIŘÍ KOUŘIMSKÝ

- K. Tuček: Poznámky k charakteristice nových nálezů zeolitů z oblasti Českého masivu —  
Notes on the character of new finds of zeolithes from the Bohemian Massif
- I. Heráň: Adaptační znaky na kostře lasicovitých šelem (Mustelidae) — Adaptive Merk-  
male an dem Skelett der Marderartigen (Mustelidae)

V listopadu 1962 vydalo svým nákladem v počtu 600 výtisků Národní muzeum v Praze.

Cena brožovaného výtisku 8,80 Kčs