

# Zeitschrift für Säugetierkunde.

5. Band

10. 11. 1930.

Heft 3/4.

## 4.) Modifikationen im Zusammenhang von Funktion und Gelenkflächenausbildung am Carpalsegment arctoider Carnivoren.

Von RUDOLF LIPS (Berlin).

Mit 126 Abbildungen im Text und auf den Tafeln XV—XIX.

### Inhalt.

	Seite
A) Einleitung und Problemstellung . . . . .	106
B) Die „Hand“ im allgemeinen . . . . .	111
a) Vorbemerkungen . . . . .	111
b) Das Handskelett als Ganzes . . . . .	112
c) Die einzelnen Knochen . . . . .	114
d) Die Muskeln . . . . .	131
C) Die „Hand“ im speziellen . . . . .	133
a) Nomenklatur der Bewegungen, Untersuchungsmethoden . . . . .	133
b) Untersuchungsprotokolle:	
I. <i>Canis familiaris</i> L., <i>Canis lupus</i> L. . . . .	137
II. <i>Meles meles</i> L. . . . .	162
III. <i>Lutra lutra</i> L. . . . .	177
IV. <i>Ursus arctos</i> L. . . . .	189
V. <i>Thalassarctos maritimus</i> L. . . . .	202
VI. <i>Potos flavus</i> SCHREB. . . . .	205
c) Bewegungsvermögen und Gelenkverbindung im Carpalsegment (Vergleich) . . . . .	214
I. Faktoren und Bewegungsarten . . . . .	214
II. Bewegungsvermögen und Gelenkverbindung des „Daumens“ . . . . .	219
III. Über „Festigkeit“ im Carpalsegment . . . . .	220
IV. Betrachtungen über das Handgewölbe . . . . .	221
V. Wirkung von Gebrauch und Nichtgebrauch auf die Form der Gelenkflächen . . . . .	223
VI. Argumente für die Bestätigung des Fick'schen Gesetzes . . . . .	225
VII. Zusammenhang von Dorsalflexion und Trittläche . . . . .	226
D) Der Einfluß der Ausbildung der Incisura semilunaris ulnae auf Pronation und Supination der „Hand“ . . . . .	230
E) Zusammenfassung: Die einzelnen Anpassungen . . . . .	235
F) Literatur . . . . .	237
G) Tafelerklärung . . . . .	239

### A) Einleitung und Problemstellung.

Die klassische Anatomie, die „Zergliederungskunst“ in des Wortes wahrster Bedeutung, mußte mit Ergebnissen rechnen, die genau wie in der mikroskopischen Technik den Verhältnissen *intra vitam* zwar mehr oder weniger nahe kamen, sie aber nie völlig erreichten. Es ist daher verständlich, daß die überwiegende Betonung des rein Morphologischen in der vergleichenden Anatomie nicht selten zu einer gewissen Starrheit führte, ein Zustand, den man in abfälliger Redeweise mit dem Namen „Leichenanatomie“ belegte. Aber schon um die Mitte des vorigen Jahrhunderts befaßte man sich in bewußter Art mit anderen, lebendigeren Grundsätzen in der vergleichenden Anatomie. Es fand eine Wegtrennung statt. Während sich viele vergleichende Anatomen auf Homologienforschung beschränkten, gab es auch einige Gelehrte, die sich mehr mit der funktionellen Seite der vergleichenden Anatomie befaßten (so z. B. A. FICK 1879, HENKE 1863, LUCAE 1872, MEYER 1890, NAGNER 1877, THILO 1899 u. 1900, . . . um einige Namen zu nennen). Auf diesen beiden Straßen, die nebeneinander herlaufen, haben sich die Forscher je nach Neigung und Anlage bewegt.

In neuerer Zeit aber gewinnt der letztere Weg immer mehr an Bedeutung, indem man das lebende Tier stärker in den Vordergrund des Interesses rückt. Man geht von physiologischen Beobachtungen aus, und versucht sie anatomisch zu erklären. Arbeiten u. a. von BERGMANN, LEUCKART, HABERLANDT, W. KÜKENTHAL, R. HESSE u. A. DOFLEIN, A. V. HALLER etc. zeigen uns, wie das Moment des Physiologischen immer tiefer in die Anatomie hineingetragen wurde. So hat die „physiologisch-anatomische“ Betrachtungsweise immer mehr an Geltung gewonnen, und es wird in der neuesten Zeit die Erforschung von Lebensweise und Körperform in ihrem ursächlichen Verhalten zueinander mit einer Anzahl von Arbeiten über funktionelle Anpassung (H. BÖKER u. a.) ständig fortgesetzt.

Jedoch hat jede wissenschaftliche Forschungsmethode ihr Aschenbrödel. In der „physiologischen Anatomie“ — wie ich diese Forschungsrichtung nennen möchte — scheint die Gelenkmechanik zu der Rolle eines solchen verurteilt zu sein. Betrachtet man das Tier in seinem natürlichen Zusammenhange, eingedenk des Grundprinzipes, daß das Ganze nur durch seine einzelnen Teile, aber auch jeder von diesen nur durch das Ganze zum vollen, klaren Verständnis gebracht wird, so wird dem Gelenk mit einer führenden Rolle der physiologisch-anatomischen Betrachtungsweise verliehen. Da wir weder an starre Beständigkeit noch an plötzliche, sprungweise Änderung der Form glauben, erachten wir sie jedenfalls als biegsam und anpassungsfähig. Form und Funktion, — das ist die stillschweigende Voraussetzung

unserer Untersuchungen, — hängen für unser Urteil innig zusammen. Sollten nun alle adaptiven Umgestaltungen im Tierreich an den Gelenken spurlos vorübergehen? Sollten sie nicht vielmehr gerade in ihnen, als der unmittelbaren Unterlage jeder Bewegung, ihren ersten Widerhall finden? Die Antwort kann wohl nicht anders als bejahend gegeben werden (TORNIER 1895). Damit gewinnt aber die Gelenkmechanik für die funktionelle Betrachtungsweise hervorragende Bedeutung.

Die Teile des Skeletts, die wohl am sinnfälligsten Zusammenhänge von Form und Funktion und damit auch von Funktion und Gelenkflächenausbildung zeigen, sind wohl die Extremitäten, die in erster Linie das Tier mit seiner Umgebung verbinden. Ja wir können sogar noch weiter gehen und behaupten, daß Hand<sup>1)</sup> und Fuß in ihren anatomischen Einzelheiten für die Anpassungsfähigkeit der Extremitäten eine besondere Rolle spielen; denn wir müssen uns vor Augen halten, daß wir es mit den verschiedensten Substraten zu tun haben, die zunächst auf die Endabschnitte der Extremitäten ganz bestimmte Reaktionsmöglichkeiten besitzen.

Während nun der Fuß sich stets großer Beliebtheit erfreut hat und in gelenkmechanischer Beziehung eine Reihe wertvoller Arbeiten hervorgebracht hat (z. B. TORNIER 1888 u. 1890, VIRCHOW 1928 u. a.), steht die Hand in der vergleichenden Anatomie — speziell der Gelenkmechanik — bis heute sehr im Hintergrund. Wohl hat die „Medicin“ den Einblick in die Funktion der menschlichen Hand bis an die Grenze des Erreichbaren getrieben. Über Bewegungen jedoch, die in ihr beim Tier vor sich gehen, existieren nur sehr vereinzelte Mitteilungen. Das liegt eben an dem für diesen Teil des Organismus beschrittenen Forschungswege früherer Zeiten, alle anatomischen Tatsachen nur durch Zurückgehen auf homologe Zustände bei primitiveren Wirbeltieren zu erklären (z. B. BAUR 1885, BARDELEBEN 1885 und 1894, EISLER 1896, GEGENBAUR 1864, STIEDA 1893, WYMAN 1867 u. a.). Allenfalls werden in manchen Schriften von den Autoren Gelenkformen morphologisch erwähnt (z. B. ELLENBERGER 1891, JULITZ 1909, MARTIN 1919) oder es werden vergleichende Feststellungen gemacht, daß also gewisse Gelenkflächen in einer Tiergruppe vorhanden sind oder fehlen (Bronn's Klassen und Ordnungen, LUCAE 1872 u. 1873). Angaben über die Bewegungen in den Gelenken, über Eintreten, Aufhören, Verlauf und Ergiebigkeit der einzelnen Gelenkbewegungen fehlen mit einer einzigen Ausnahme, einer Arbeit von KNIEPKAMP 1926, in der aber das lebende

<sup>1)</sup> In den folgenden Ausführungen wird an Stelle des langen Wortes „Terminalsegment der Vordergliedmaße“ oft der Ausdruck „Hand“ gebraucht werden.

Tier gar nicht berücksichtigt wird, sondern lediglich deskriptiv der anatomische Befund niedergelegt ist. Sieht man von den Werken einzelner Anthropotomen ab, die wohl in mancher Hinsicht als Vorbild dienen können, so kann man von einer Vorarbeit im gelenkmechanischen Sinne auf zoologischer Seite kaum sprechen (s. Literaturverzeichnis!).

Mit dieser Arbeit will ich mich bemühen, die Lücke, die durch die stiefmütterliche Behandlung der Hand entstanden ist, wenigstens zu einem kleinen Teile auszufüllen.

Es fragte sich nun, geeignete Untersuchungsobjekte zu finden, nach Möglichkeit aus einer Tierordnung, die durch den exklusiven Gebrauch der Gliedmaßen nach den verschiedensten Richtungen hin sich die verschiedensten adaptiven Umgestaltungen geschaffen hat. Nun sind unter den Carnivoren, insbesondere unter der Sektion der Arctoidea gerade solche Tiere vertreten, die die einzelnen Anpassungen des Laufens, Kletterns, Grabens und Schwimmens in hervorragender Weise zeigen. Aus diesem Grunde wurden sie als Untersuchungsobjekte gewählt. Außerdem hat die Beschränkung auf den Kreis der Arctoidea den Vorteil, daß infolge der engen Verwandtschaft allzugroße äußerliche, morphologische Verschiedenheiten der entsprechenden Knochen nicht auftreten können, so daß also lediglich die Modifikationen der Gelenkflächen im Zusammenhang mit der Funktion deutlich demonstriert werden können.

Aber nicht nur einer gelenkmechanischen Untersuchung obengenannter Typen sollte diese Arbeit dienen. Es kristallisierte sich nämlich bei Bearbeitung dieses Gebietes das Problem heraus, ob denn die knöchernen Bestandteile des Carpalsegmentes der Arctoidea neben den Charakteren der allen gemeinsam zukommenden einfachen Lokomotion für die einzelnen Typen spezifische Charaktere herausgebildet haben, die in den einzelnen Gelenkflächen ihre Fixierung finden müßten. Und so soll die vorliegende Arbeit mit dem Ziele kulminieren, folgende Frage so weit wie möglich der Lösung nahe zu bringen: „Ist es möglich, mit Hilfe von spezifischen Charakteren die verschiedenen Ausbildungsformen der Raubtierhand (plantigrad, digitigrad, Lauf-, Kletterhände etc.) anatomisch zu kennzeichnen?“

Die vorliegender Arbeit zugrunde liegende Untersuchungsmethode ist eine rein biologische, d. h. die Beobachtung des lebenden Tieres — wozu ich im Berliner Zoologischen Garten ausreichend Gelegenheit hatte — ging stets mit der anatomischen Erfassung der verschiedenen Bewegungsvorgänge Hand in Hand. Ich ging also von den gegebenen Fortbewegungsarten aus, um dann erst am Präparat die Bewegungen nachzumachen und somit die anatomischen

(gelenkmechanischen) Unterschiede zu finden. Gewiß konnte ich nicht alle Bewegungen, die ein Tier in seinem Leben auszuführen imstande ist, beobachten, — wie z. B. die Grabbewegungen des Dachses, weil er in einem steinbedeckten Käfig untergebracht war, — und ich bin daher nicht in der glücklichen Lage wie die Mediziner, die ihr Untersuchungsobjekt stets bei der „Hand“ — im wahrsten Sinne des Wortes — hatten. Es wurden daher viele Photographien benutzt, die die untersuchten Tiere in den verschiedensten Stellungen zeigten (u. a. KNOTTNERUS-MEYER 1925, BRAESS 1925). So war es möglich, die Bewegungen, die ich am Tier selbst nicht sehen konnte, am Präparat der Lebendbewegung entsprechend mit ziemlicher Genauigkeit zu rekonstruieren, so daß die anatomischen Verhältnisse den vitalen sehr nahe kamen. Bei dieser Gelegenheit konnte auch untersucht werden, inwieweit von der Möglichkeit der Bewegungen, wie sie der Gelenkmechanismus an sich bietet, im Leben Gebrauch gemacht wird. Film und Zeitlupe wären mir erwünschte Helfer gewesen; ich mußte sie mir aber aus pekuniären Gründen versagen.

Es liegt in der Natur der Arbeit, daß des öfteren von „Anpassung“ gesprochen werden muß. Um von vornherein allem Zweifel die Spitze abzubrechen, ob diese Frage durch direkte äußere Bewirkung im Sinne von LAMARCK oder durch die Kraft der Selektion, wie DARWIN meinte, erfolgt ist, betone ich hier bereits ausdrücklich, daß das Problem in dieser Fragestellung hierbei gänzlich unerörtert bleiben wird.

Ferner bemerke ich zum leichteren Verständnis der folgenden Erörterungen, daß die technischen Ausdrücke, die ich in dieser Arbeit verwenden werde, die von HENLE 1855 in die Anatomie eingeführten und allen Anatomen geläufig sind. Einige von mir kombinierte Begriffe, um mich bei der Ortsbezeichnung der beschriebenen Teile der Hand verständlicher zu machen, bedürfen jedoch der Erklärung. Ich verwende die Ausdrücke proximal, distal, radial, ulnar, dorsal, volar. Der proximale Teil der Hand wird durch die Elle und Speiche, der distale durch die Fingerspitzen begrenzt. Die Daumen- seite heißt radiale, die Kleinfingerseite ulnare. Gelenkflächen und Knochen- teile, die nach den betreffenden Seiten gerichtet sind, heißen proximale, di- stale, oder radiale, ulnare Gelenk- bzw. Knochenteile. Wenn ich zwei dieser Ortsbezeichnungen durch einen Bindestrich verbinde, so will ich damit an- deuten, daß die beiden Begriffe kombiniert gedacht werden müssen. Z. B. soll „die distal-ulnare Ecke der Gelenkfläche“ diejenige Ecke der Gelenkfläche bezeichnen, die durch den Zusammenfluß ihres distalen und ulnaren Randes gebildet wird. Wird eine Ortsbezeichnung mit der anderen durch die Endung „o“ verbunden, so soll damit einfach die Richtung der Bewegung angegeben

werden; heißt es also: „Der Knochen bewegt sich in dorso-volarer Richtung“, so bedeutet dies, daß er sich aus der dorsalen Lage volarwärts bewegt. Alle übrigen Kombinationen der technischen Begriffe dürften nach obigen Erläuterungen ohne Erklärung verständlich sein. Der Vorteil dieser topographischen Bezeichnung liegt darin, daß sie nie zu Mißverständnissen Anlaß geben kann; denn sie ist ganz unabhängig von der wirklichen Stellung des Knochens im Raum angewandt.

Die Arbeit wurde in der Säugetierabteilung des Berliner Zoologischen Museums ausgeführt, wo mir Herr Direktor Prof. Dr. C. ZIMMER einen Arbeitsplatz und die Bibliothek zur Verfügung stellte, wofür ich ihm zu besonderem Danke verpflichtet bin. Außerdem gedenke ich in aufrichtigster Dankbarkeit der in jeder Beziehung bereitwilligsten Unterstützung, die mir Herr Prof. Dr. G. TORNIER stets angedeihen ließ. Ferner sage ich hiermit Herrn Dr. H. POHLE, Kustos der Säugetierabteilung, meinen herzlichsten Dank für das Wohlwollen und die große Bereitwilligkeit, mit der er allen meinen Bitten und Wünschen entgegengekommen ist und mir bei der Beschaffung der Muskelpräparate, die für eine solche Arbeit eine zwingende Notwendigkeit darstellen, und in sonstigen, meine Arbeit betreffenden Dingen mit Rat und Tat zur Seite stand. In gleicher Weise zu besonderem Dank verpflichtet bin ich Herrn Geh. Hofrat Prof. Dr. L. HECK, Direktor des Berliner Zoologischen Gartens, sowie Herrn Geh. Med.-Rat Prof. Dr. R. FICK, Direktor des Medicin.-Anatomischen Institutes der Universität Berlin.

Das Material, das mir zur Verfügung stand, entstammt, soweit es sich um Rohskelette und um Spirituspräparate handelt, ausschließlich der Säugetiersammlung des Zoologischen Museums. Außerdem bekam ich durch die Liebenswürdigkeit des Herrn Dr. F. SCHÖNBERG, für die ich auch ihm an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank ausspreche, frische Hundeextremitäten aus dem Anatomischen Institut der Tierärztlichen Hochschule zu Berlin.

Es wurden lediglich solche Raubtiere untersucht, die als Typen am ausgeprägtesten die verschiedenen funktionellen Differenzierungen des Laufens, Grabens, Schwimmens und Kletterns zeigen, so

*Canis lupus* L. als Lauftyp,

*Meles meles* L. als Gräbertyp,

*Potos flavus* SCHREB. als Klettertyp,

*Thalassarctos maritimus* L. } als Schwimmertypen,

*Lutra lutra* L. }

*Ursus arctos* L. als Typ, der die drei Differenzierungen des Laufens, Kletterns und Schwimmens in gleicher Weise beherrscht.

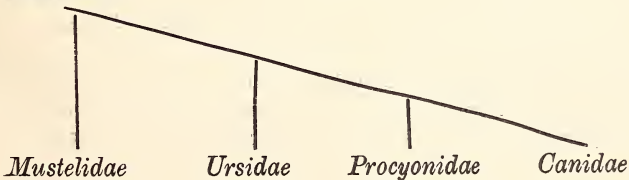
## B) „Die Hand“ im allgemeinen.

### a. Vorbemerkungen.

Die Extremitäten haben eine doppelte Aufgabe: Den Körper fortzubewegen und ihn zu tragen. Auch die Vorderextremitäten dienen vorzugsweise der Lokomotion, außerdem enthalten sie aber noch ein aggressives Element, das sich namentlich im distalen Abschnitt in vielfältigen funktionellen Anpassungen geäußert hat, die dann zu vielseitigen Änderungen der Knochen und der Gelenkformen führen mußten. So dienen sie verschiedenen Gebrauchsmöglichkeiten, wie Graben, Klettern, Greifen, um einige Fähigkeiten zu nennen. Je mehr sie nach diesen Richtungen hin ausgenutzt werden, um so mehr entziehen sie sich schließlich der Lokomotions- und Stützfunktion und gelangen so schrittweise zu einer Annäherung an das Verhalten der Vorderextremität beim Menschen, die den Vorzug des Universellen in sich birgt. Dies hat dazu geführt, dem menschlichen distalen Abschnitt der Vordergliedmaße die Bezeichnung „Hand“ zu geben, wobei also lediglich die Funktion das Ausschlaggebende war.

Stellt man sich nun die Aufgabe, ein Organsystem eines Tieres nach seinen Verrichtungen hin zu untersuchen, so muß zuerst eine morphologische Grundlage für diese geschaffen werden. Da auch nach GEGENBAUR „die physiologische Funktion im gewissen Sinne das Organ beherrscht und darin das Morphologische dem Physiologischen untergeordnet“ ist, so sei die Morphologie des Carpus zuerst behandelt. Da sich die Untersuchungen auf die Sektion der Arctoidea, also einen verhältnismäßig kleinen Teil im großen Gebiet der Säugetiere, beschränken und aus jeder der vier vorhandenen Familien mindestens ein Vertreter infolge charakteristischer Lebensweise gewählt worden ist, so sind von vorn herein große Ähnlichkeiten in der Topographie und der Gestalt der Carpalia zu erwarten, zumal, wenn man sich die Zusammenhänge dieser Familien stammbaumartig klar macht. Nach Untersuchungen von MATTHEW 1909 lassen sich nämlich alle Tiere dieser Familien von einer Gruppe von Raubtierahnen, den Miaciden, herleiten, die im proximalen Abschnitte des Carpus noch vier getrennte Knochen besaßen. Der Stammbaum sieht für die Arctoidea dann folgendermaßen aus:

*Miacidae*



Vorausgeschickt sei noch, daß sich sämtliche Beschreibungen auf die rechte Vorderextremität beziehen, was im folgenden nicht mehr zur Erwähnung gelangt.

### b. Das Handskelett als Ganzes.<sup>2)</sup>

Das Skelett der pentadaktylen Hand der sechs untersuchten Tiere läßt sich in drei größere Abschnitte teilen:

1. Die Handwurzel, Carpus, die aus zwei Reihen von Knochen zusammengesetzt ist;
2. die Mittelhand, Metacarpus, die aus fünf Röhrenknochen besteht, und
3. die Finger, Digiti ossei, von denen der erste zwei Phalangen trägt, die übrigen vier Finger (2.—5.) deren drei besitzen.

Der Carpus stellt die Verbindung mit dem Unterarm, der Ulna und dem Radius her. Da uns hier nur der distale Abschnitt des Unterarmes interessiert, folgt seine nähere Beschreibung (s. Abb. 1):

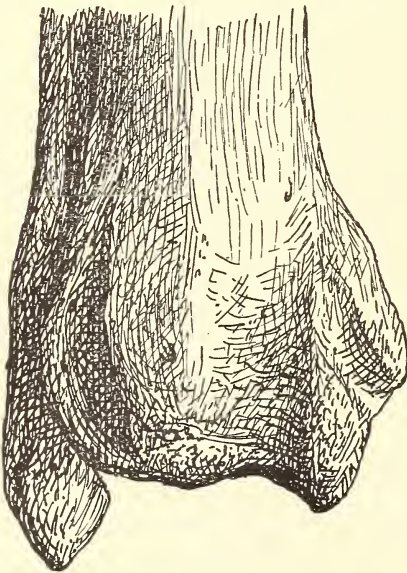


Abb. 1. Der distale Teil des Unterarmes von *Canis* in dorsaler Aufsicht. 1 : 1 nat. Gr.

Die Ulna hat an der Trennungslinie zwischen der unteren Epiphyse und Diaphyse eine kleine Gelenkfläche, capitulum ulnae, für den Radius; ferner, weiter distal gelegen, am ulnaren Rande einen kurzen, zylindrischen, vorspringenden Fortsatz, Processus styloideus ulnae, der am Ende eine Gelenkfläche besitzt und mit dieser am Os Ulnare und am Os Pisiforme artikuliert. Durch das Capitulum und den in den Proc. Styl. ulnae auslaufenden Teil der Ulna kann bei *Canis* und *Meles* eine Rinne begrenzt werden, in der der Musculus extensor digitorum lateralis gleitet. Bei den übrigen Tieren bricht sie entweder vorher ab (*Potos*, *Lutra*) oder ist gar nicht vorhanden (*Ursus*).

<sup>2)</sup> Zu diesem Abschnitt sind Abbildungen nur von *Canis lupus* L. und *Thalassartos maritimus* L. gewählt worden, da diese Tiere am klarsten die morphologischen Gegensätze — soweit man von Gegensätzen überhaupt sprechen kann — zeigen.



Das uns angehende untere Ende des Radius ist breit und dick. An seinem radialen Rande befindet sich ein flach abgerundeter und über den unteren Rand des Knochens hervorragender Fortsatz, Processus styloideus radii. Am ulnaren Rande trägt er eine mit der Konkavität volarwärts gerichtete Gelenkfläche, Incisura ulnaris radii, in der das Capitulum ulnae spielt. Diese seitlichen Gelenkflächen sind entweder ganz flach (*Canis*, *Meles*) oder heben sich stärker hervor (*Lutra*), um bei *Ursus* und besonders bei *Potos* (vgl. Abb. 95) auf gewaltigen Erhöhungen zu liegen. Die Endfläche des Radius, Facies articularis carpea, ist für den Carpus und zwar für das Os Radiale et intermedium (bei *Canis* auch noch für das Os Ulnare) bestimmt. Sie ist stets an der ulnaren Seite breiter als an der radialen, wo sie in eine auf die Distalseite des Processus styloideus übergehende ziemlich schmale Fläche ausläuft. Über den Gelenkcharakter soll an dieser Stelle noch nichts gesagt werden. Er bildet ja die Hauptuntersuchung im nächsten Teile der Arbeit. Das gilt auch für alle übrigen noch zu beschreibenden Knochen.

Auf der oberen, dorsalen Fläche des Radius lassen sich drei (*Canis*, *Potos*, *Lutra*, *Ursus*, *Meles*) tiefe Furchen unterscheiden, in denen von der Incisura ulnaris radii gerechnet, die Endsehnen des Musculus extensor digitorum communis, des Musc. extensor carpi radialis longus et brevis und des Musc. abductor longus et extensor brevis pollicis entlang gleiten (vgl. Abb. 1).

Der Carpus aller untersuchten Tiere setzt sich aus sieben Stammknochen zusammen, die, in zwei Reihen angeordnet, mit dem Unterarm und der Mittelhand und unter sich artikulieren. Es werden für die einzelnen Carpalknochen drei verschiedene Namen verwendet, die ich im folgenden zusammenstellen möchte:

I.	II.	III.
1. Os Radiale et intermedium	Os Naviculare (+ Os Lunare)	Scapho-Lunare
2. Os Ulnare	Os Cuneiforme	Cuneiform
3. Accessorium od. Os Pisiforme	Os Pisiforme	Pisiform
4. Os Carpale I	Os Multangulum majus	Trapezium
5. Os Carpale II	Os Multangulum minus	Trapezoid
6. Os Carpale III	Os Capitatum	Magnum
7. Os Carpale IV + V	Os Hamatum	Unciform

In der ersten Spalte stehen die Namen der vergleichenden Anatomen (wie sie von GEGENBAUR eingeführt wurden), in der zweiten Spalte die Namen, wie sie von amerikanischen und englischen Anatomen gebraucht werden.

Die gegenseitige Lage dieser Knochen zeigt uns Abb. 83, die die rechte Vorderextremität von *Ursus arctos* darstellt. Die proximale Reihe wird aus drei Knochen gebildet, dem sehr breiten Os Rad. et intermed., das mit der ganzen Gelenkfläche des Radius in Verbindung steht, dem Os Ulnare und dem Os Pisiforme, die beide mit der Ulna artikulieren. Die distale Reihe enthält die Carpalia I—IV, von denen der größte das an der ulnaren Seite gelegene Os Carpale IV + V ist, das sich mit dem Os Ulnare und dem Os Rad. et intermed. verbindet; die Carpalia I—III gelenken zusammen am Os Rad. et intermed.. Das Os Rad. et intermed. erscheint demnach als der wichtigste Knochen im Carpus.

Die distale Reihe stellt nun die Verbindung mit den fünf Metacarpalia her. Die Metacarpalia IV und V artikulieren mit dem Os Carpale IV + V, der Metacarpale III mit dem Os Carpale III, der Mc. II mit Os Carpale II und I und der Mc. I mit Os Carpale I. In dieser beschriebenen Gelenkung können nun aber verschiedene Modifikationen stattfinden; da sie im nächsten Kapitel ihre genaue Beschreibung erfahren, wird hier nur die Norm angegeben.

### c. Die einzelnen Knochen.

#### 1. Os Radiale et intermedium, Scapho-Lunare.

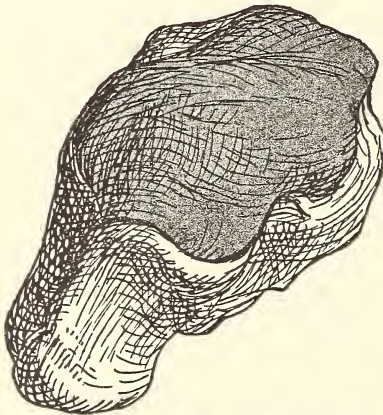


Abb. 2. *Canis lupus* L. Os Radiale et intermedium in proximaler Ansicht.  
Die Fac. art. rad. ist getont.

2 : 1 nat. Gr.

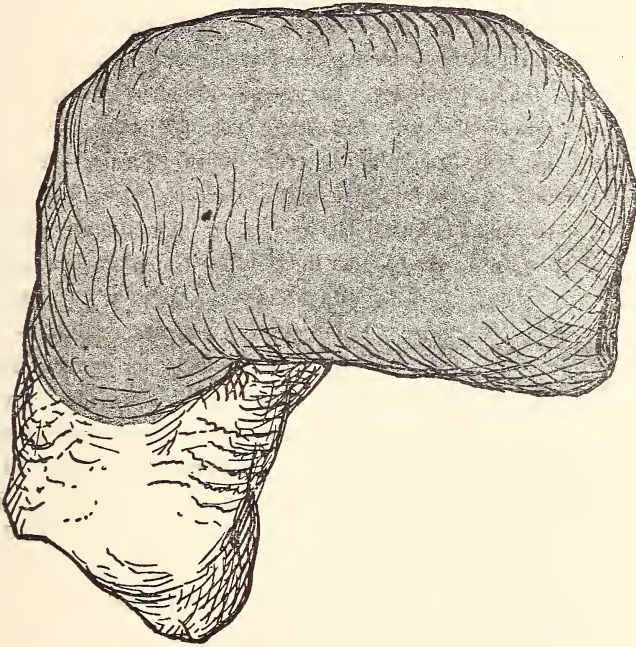
Dieser Carpalknochen liegt an der adialen Seite der Hand und artikuliert mit dem Radius und, mit Ausnahme des Os Pisiforme, mit allen anderen Knochen des Carpus (Ausnahmen: *Meles*, *Lutra*; hier nur mit Carpalia I—IV). Er ist daher auch der größte Knochen des Segmentes.

Am Os Rad. et intermed. treten deutlich zwei Abschnitte hervor, nämlich a) die Hauptmasse des Knochens, Corpus Rad. et intermed., von zum größten Teil rechteckigem bis rhomboiden Querschnitt für einen auf die Proximalseite des Knochens blickenden Beschauer. (s. Abb. 2, 3).

Wenn ich die einzelnen Flächen der Knochen mit geometrischen vergleiche, so ist das nicht so zu verstehen, daß diese so bezeichneten Flächen tatsächlich genau mit den geometrischen übereinstimmen. Vielmehr sind die Vergleiche stets cum grano salis aufzufassen. Wenn sie daher auch oft etwas „hinken“ werden, so

kommt doch der Nachteil einer solchen Beschreibung stets dem besseren Verständnis zugute.

Die volar-radiale Ecke ist b) mit einem mehr (*Ursus*, *Potos*, *Lutra*) oder weniger (*Canis*, *Meles*) kräftig entwickelten Processus carpi radialis versehen (s. Abb. 2—7), der sich in volar-radialer Richtung erstreckt. An der radialen Seite des Processus befindet sich häufig ein kleines radiogenes Knöchelchen (Praepollex BARDELEBEN).



Ab. 3. *Thalassarctos maritimus* L. Os Radiale et intermedium, proximale Ansicht (oben = dorsal, unten = volar, links = radial, rechts = ulnar). 1 : 1 nat. Gr.

Am Corpus Radiale et intermed. erkennt man die proximale Oberfläche als die größte und einheitlichste (Abb. 2, 3, 7). Diese Facies articularis radialis stößt unmittelbar an die Radiusfacette, hat also Gelenkflächencharakter. Sie ist ungefähr rechteckig bis rhomboid, konvex und annähernd zweimal so lang wie breit. Der dorsale Rand setzt sich deutlich mit einer bestimmten Linie von der dorsalen Oberfläche ab (*Canis*, *Lutra*, *Meles*, *Ursus*) oder aber geht ohne eine bestimmte Linie in sie über (*Potos*), so daß die dorsale Oberfläche ebenfalls Gelenkflächencharakter annimmt. Der ulnare Rand wird durch eine Kante von der ulnaren Oberfläche abgesetzt. Der volare

Rand verläuft bei den Tieren sehr ungleich; sein ulnarer Teil kann sich ziemlich weit auf die volare Fläche fortsetzen (*Ursus*). Niemals trägt der Processus carp. rad. eine Gelenkfläche. Die Facies art. rad. verläuft stets nur bis zur Basis desselben.

Die dorsale Oberfläche ist sehr unregelmäßig gestaltet. Man kann sie vielleicht mit der Form eines Trapezes vergleichen, deren Basis an der proximalen Seite des Knochens liegt. Distalwärts ragen mehr (*Ursus*) oder weniger (*Canis*, *Lutra*, *Meles*, *Potos*) zwei Höcker hervor, deren Ränder die Artikulationshöhlen für die Carpalia IV + V und III dorsalwärts abschließen. Die proximale Begrenzung der Dorsalfläche ist der Rand der Facies art. rad., daher leicht gerundet. In diesen Fällen (*Canis*, *Lutra*, *Meles*, *Ursus*) ist die Oberfläche zur Anheftung von Ligamenten angeraut. Bei *Potos* dagegen trägt die Dorsalfläche trotz sonst gleichen Umrisses Gelenkcharakter, ist deshalb ganz glatt und geht allmählich in die Fac. art. rad. über.

Die distale Oberfläche (Abb. 4, 5, 6), dem Umfange nach etwa der proximalen entsprechend, ist in sich in mehrere Gelenkflächen gespalten, die

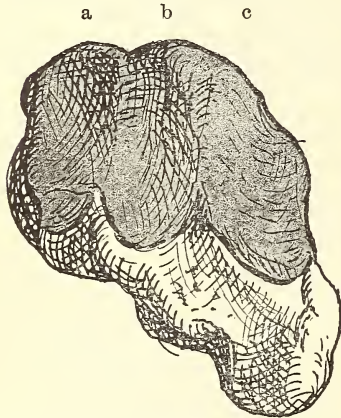


Abb. 4. *Canis lupus* L. Os Rad. et intermed. in distaler Ansicht (a = Fac. art. hamati, b = Fac. art. capitati, c = Fac. art. medialis).

2:1 nat. Gr.

alle konkav — und zwar stets der ulnare Teil stärker als der radiale — ausgehöhlt sind. Wir können im ganzen drei Abteilungen unterscheiden, die für die vier distalen Carpalknochen Gelenkmöglichkeiten darbieten. Im ulnaren Teil liegt die Fac. art. hamati (Abb. 4 a, 5 a, 6 a, 7 a), die die Verbindung mit dem Os Carpale IV + V herstellt, daneben, nach der radialen Seite zu, die mittlere Gelenkfläche Fac. art. capitati (Abb. 4 b, 5 b, 6 b, 7 b) für das Os Carpale III und endlich im radialen Teil ein Gelenkflächenabschnitt, Fac. art. medialis (Abb. 4 c, 5 c, 6 c), an dem die Carpalia I und II gelenken. Stets sind die Fac. art. hamati und die Fac. art. capitati stärker ausgehöhlt als die Fac. art. medialis. Das ulnar-volare Ende der Fac. art. hamati biegt noch entweder mit einer ziemlich starken Kante in eine dreieckige (*Ursus*, *Potos*) oder halbmondförmige (*Canis*) Artikulationsfläche für das Os Ulnare um, die bei *Canis* und *Potos* sogar ganz auf die ulnare Oberfläche des Knochens herumerückt ist, oder sie bildet gar keine Artikulationsfläche für das Os Ulnare aus (*Meles*, *Lutra*). Im Gegensatz zur proximalen Oberfläche des Knochens gehen hier die Gelenkflächen

auf den Processus Carp. rad. über, lassen aber mehr (*Canis*) oder weniger (*Ursus*, *Potos*, *Meles*, *Lutra*) die volaren Teile des Processus frei.

Die volare Oberfläche enthält an ihrer radialen Seite den Processus Carp. rad.. Ihre Größe variiert bei den untersuchten Tieren. Sie ist auf ihrer ganzen Volarfläche angeraut und enthält auf ihrer ulnaren Seite an ihrer Basis eine breite Rinne für die Sehne des Musc. flexor carpi radialis, die den größten Teil der ulnaren Seite bedecken kann (*Canis*, *Meles*), jedoch bei *Lutra* weniger stark ausgebildet ist. Die übrige ulnar von dem Processus gelegene Volarfläche zieht sich in einem breiten rauhen Streifen über den Knochen und dient bei *Ursus*, *Potos*, *Lutra* wenigstens im ulnaren

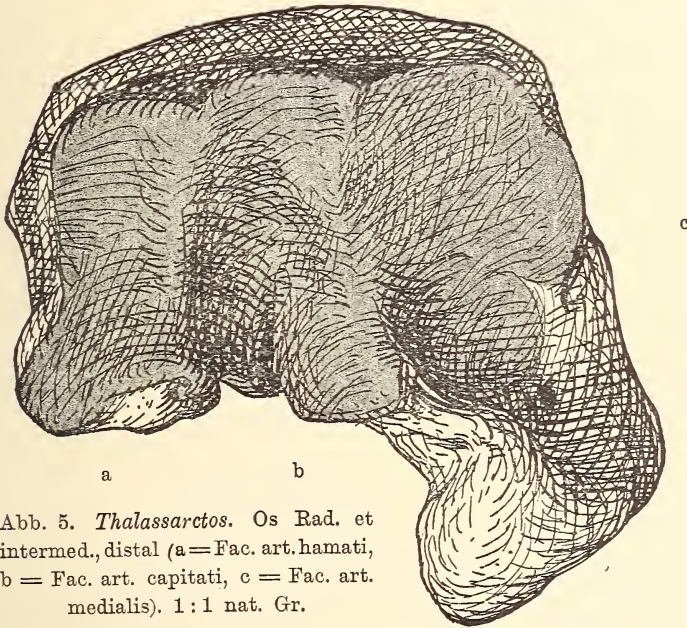


Abb. 5. *Thalassarctos*. Os Rad. et intermed., distal (a = Fac. art. hamati, b = Fac. art. capitati, c = Fac. art. medialis). 1 : 1 nat. Gr.

Teile dieser Ansicht als Fortsetzung der proximalen Gelenkfläche (Fac. art. rad.). Deshalb wird ihre obere, proximale Kante entweder durch den unteren Rand der proximalen Gelenkfläche dargestellt (*Canis*, *Meles*), oder aber sie wird vollkommen durch eine glatte abgerundete „Kante“ der Fac. art. rad. gebildet (*Ursus*, *Lutra*, *Potos*). Die vorhandenen Tuberositäten dienen zum Teil als Ursprungsstellen der Sehnenfasern des Ligamentum carpi transversale. Bei *Ursus* und *Potos*, wo die Sehnenrinne des Musc. flex. carp. rad. fehlt, ist der Processus ebenfalls angeraut und dient in diesen Fällen als Insertionsstelle desselben Muskels.

Die eigentliche radiale Fläche des Os Rad. et intermed. existiert kaum als solche. Sie ist auf eine schmale rauhe Kante reduziert, die auf der distalen Seite von der schräg auf sie zulaufenden Fac. art. medialis und auf der proximalen Seite von der Fac. art. rad. begrenzt wird. Nach unten, also nach der volaren Seite zu, verbreitert sie sich und ihre Ränder verlaufen

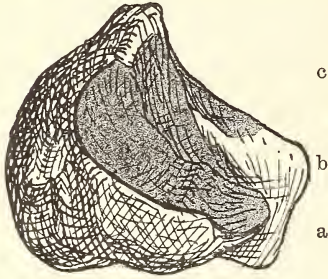


Abb. 6. *Canis lupus* L. Os Rad. et intermedium. (Nach rechts oben zeigend: distale Seite, getont, nach links unten zeigend: proximale Seite, nur die ulnare Kante dieser Fläche ist sichtbar). 2:1 nat. Gr.

volar-distalwärts bzw. volar-proximalwärts, und der Processus setzt in seiner vollen Ausdehnung die Radialfläche volarwärts fort. Es sind also an der radialen Fläche keine eigentlichen Gelenkfacetten festzustellen. Der Processus macht einen abgerundeten Eindruck und besitzt meistens im unteren (volaren) Teile eine von der sonst rauhen Oberfläche absteckende glatte und abgerundete Fläche, die für das schon oben erwähnte radiogene Knöchelchen bestimmt ist, das als eine Verknöcherung in der Sehne des Musc. extensor ossis metacarpi pollicis aufgefaßt wird.

Determination: Richtet man die große konvexe (proximale) Gelenkfläche auf den Betrachtenden so, daß der Processus nach unten zeigt, so erblickt man das Os Radiale et intermedium in seiner natürlichen Lage (Abb. 2).

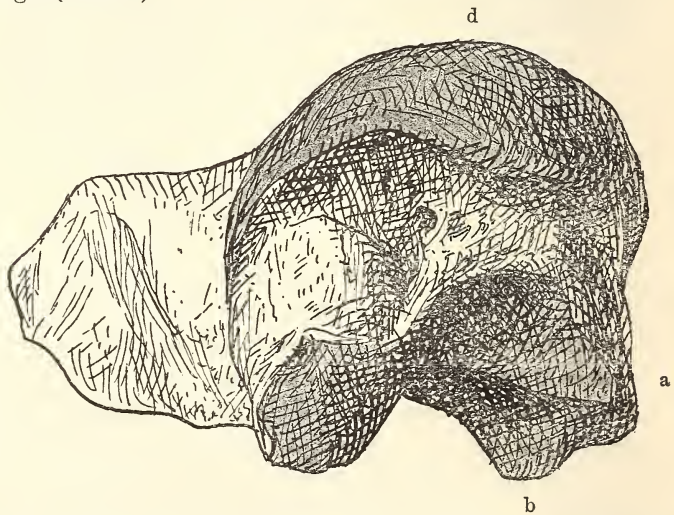


Abb. 7. *Thalassarctos*. Os Rad. et intermed., ulnar (obere getonte Fläche (d) = proximale Fac. art. radialis, a = Fac. art. hamati, b = Fac. art. capitati, links der Processus carpi radialis). 1:1 nat. Gr.

## 2. Os Ulnare, Os Cuneiforme

bildet den ulnaren Abschnitt der proximalen Reihe und kann durch seine viereckige, scheibenförmige Gestalt von den anderen Carpalknochen unterschieden werden, wovon allerdings das Os Ulnare von *Canis* eine Ausnahme macht. Es artikuliert mit der Ulna und dem Os Pisiforme auf der proximalen und mit dem Os Carpale IV + V auf der distalen Seite, außerdem findet bei *Canis*, *Ursus* und *Potos* noch eine intercarpale Gelenkung mit dem Os Rad. et intermed. statt. Es stellt eine flache Scheibe dar, deren Umriß etwa die Gestalt eines Rechteckes hat, das auf seiner ulnar-volaren Seite einen Fortsatz ausgebildet hat, der Höcker- oder sogar Köpfchenform (*Canis*) annehmen kann.

Die proximale Oberfläche (Abb. 8, 9) ist in ihrer ganzen rechteckigen Ausdehnung von zwei konkaven Gelenkflächen in Anspruch genommen, die nur durch einen Wall von der oberen, radialen Seite nach schräg unten zur ulnaren Seite von einander getrennt sind. In der oberen Gelenkfläche spielt der Processus styloideus ulnae, an die untere, die auf den höckerartigen Fortsatz übergeht, gelenkt das Os Pisiforme. Die obere ist stets konkaver als die untere, deren Konkavität äußerst gering ist, aber dafür in radial-ulnarer Richtung leichte Konvexität aufweist.

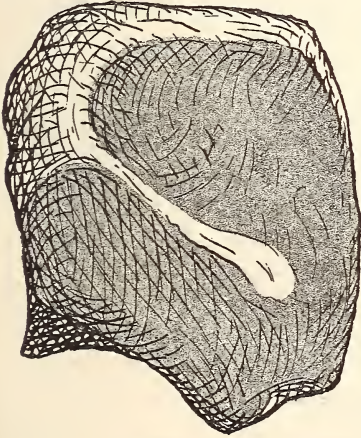


Abb. 8. *Thalassarctos*. Os Ulnare, proximal. 1 : 1 nat. Gr.

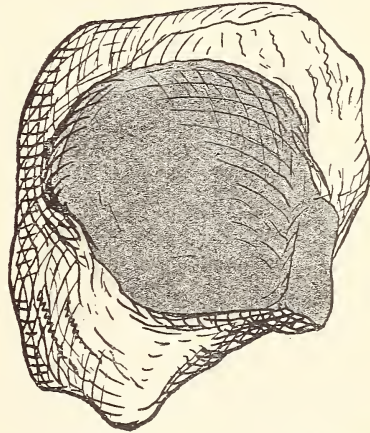


Abb. 10. *Thalassarctos*. Os Ulnare, distal, (die untere rechte getonte Fläche artikuliert an das Os Rad. et intermed.). 1 : 1 nat. Gr.

Gänzlich modifiziert ist die Proximalfläche des Os Ulnare bei *Canis*. (Abb. 9). Auch hier lassen sich zwei Teile an der ganzen Fläche unterscheiden. Jedoch ist die Gestalt der Proximalfläche im Umriß nicht mehr

rechteckig, sondern unregelmäßig viereckig, wobei die Ecken mehr oder weniger gerundet sind. Auch hier verläuft der Wall von radial oben nach ulnar unten, ist hier aber nicht so stark ausgeprägt wie bei den übrigen *Ossa Ulnaria*. Das kommt daher, daß die beiden Gelenkflächen nicht mehr konkav sind, sondern die obere konvexe in einem Winkel an die untere fast ebene Fläche stößt. Auch geht die untere Fläche nicht auf den ulnaren Fortsatz, der hier Köpfchenform hat, über. Durch die eminente Ausbildung dieses Köpfchens wird auch die ganze Gestalt des *Canis*-Ulnare von der bisher beschriebenen verändert.

Die ulnare Oberfläche ist äußerst schmal, der scheibenförmigen Gestalt des Os Ulnare entsprechend. Sie ist entweder rau (*Ursus*, *Potos*) oder aber so schmal, daß man von einer Kante sprechen kann (*Meles*, *Lutra*). In diesem Falle stoßen die proximalen Gelenkflächen und eine schräg nach der distalen Seite zu verlaufende Facette zusammen. Denkt man sich diese schräg distal verlaufende Facette immer mehr auf die distale Seite des Knochens verlagert, so daß sie schließlich ganz senkrecht zur ulnaren Seite aufgerichtet ist, so erhält man einen Zustand, wie ihn das Os Ulnare von *Canis* verkörpert. In diesem Falle ist die Facette relativ auch viel größer und annähernd kreisförmig. So ist auch die große Ausbildung des Köpfchens bei *Canis* zu erklären, die ja diese Gelenkfläche auf der distalen Seite trägt.

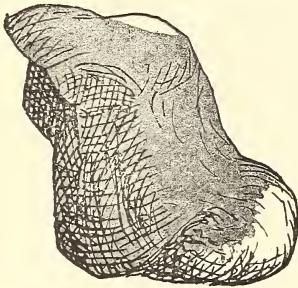


Abb. 9. *Canis*. Os Ulnare, proximale Ansicht. 2:1 nat. Gr.

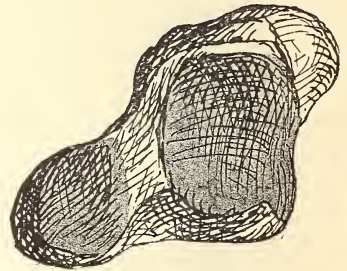


Abb. 11. *Canis*. Os Ulnare, distale Ansicht. 2:1 nat. Gr.

Die distale Fläche (Abb. 10, 11) des Os Ulnare trägt eine konkave Gelenkfläche für das Os Carpale IV + V. Sie nimmt den größten Teil der distalen Ulnarefläche ein. Außerdem tritt an der ulnar-volaren Ecke deutlich der ulnare Höcker (*Ursus*, *Lutra*, *Meles*, *Potos*) oder das Köpfchen (*Canis*) in Erscheinung. Jenes ist bei *Ursus* und *Potos* angeraut, bei *Meles* und *Lutra* mit einer dorsal-volar langgestreckten Gelenkfläche versehen, die sich bei diesen Tieren nicht nur auf den Höcker beschränkt, sondern sich die ulnare



Seite hinaufzieht. Diese Fläche liegt aber zur großen distalen Fläche in einer anderen Ebene, und zwar in einer vertikalen distal-proximal verlaufenden. Nur bei *Canis* ist diese Fläche in Verbindung mit der eminenten Ausbildung des Höckers zu einem Köpfchen ganz in der distalen Ebene gelegen (Abb. 11). Sie artikuliert bei diesen Tieren mit der Basis des Metacarpale V, dauernd (bei *Canis*) oder nur in bestimmten Stellungen der Hand<sup>3)</sup> (bei *Meles*, *Lutra*).

Die radiale Fläche ist, wie ihre Gegenseite, die ulnare, ebenfalls dank der scheibenförmigen Gestalt des Os Ulnare recht schmal. Am volaren Rande ist bei *Ursus* und *Potos* eine ziemlich flache Gelenkfacette vorhanden, die mit dem ulnar-volaren Teil der Fac. art. hamati des Os Rad. et intermed. gelenkt. Bei *Canis* erstreckt sie sich ungefähr zwei Drittel über die ganze Radialfläche, bei *Meles* und *Lutra* ist sie gar nicht vorhanden.

Die dorsale Fläche ist ebenfalls schmal. Ihre Ränder sind nur nach der proximalen und nach der distalen Seite scharf begrenzt. Die beiden anderen, radial und ulnar, sind gebogen und laufen ohne jede scharfe Begrenzung in die beiden letztgenannten Seitenflächen über. Die Fläche selbst ist leicht konvex und für ligamentöse Anheftung angeraut.

Auch die volare Oberfläche des Knochens ist rauh mit Kanten, welche die an jenen Seiten liegende Gelenkflächen begrenzen. Der Höcker ragt über diese Fläche hervor.

Determination: Wird das Os Ulnare so gerichtet, daß der Höcker oder das Köpfchen nach rechts unten zeigt, also die durch den Wall geteilten Gelenkflächen dem Beschauer zugewendet sind, so ist der Knochen richtig gerichtet. Seine natürliche Lage variiert bei den einzelnen Tieren und ist im nächsten Kapitel zu ersehen.

### 3. Os Pisiforme, Accessorium

ist neben dem Os Rad. et intermed. der größte Knochen des Carpus, besitzt bedeutende Länge und nimmt die hintere untere ulnare Abteilung der Hand-

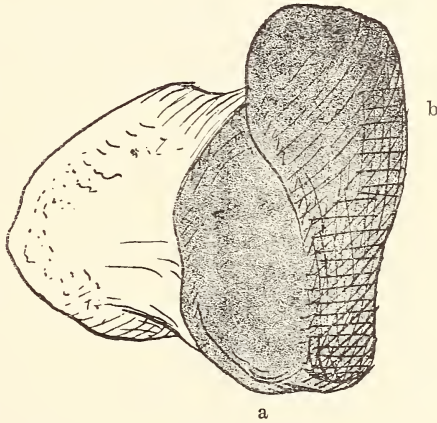


Abb. 12. *Thalassarctos*. Os Pisiforme, dorsal (a = Fac. art. posterior, b = Fac. art. anterior). 1:1 nat. Gr.

<sup>3)</sup> Siehe darüber das nächste Kapitel S. 95 u. 111.

wurzel ein. Man erkennt ihn an seiner länglichen, säulenförmigen Gestalt und an seinem geschwollenen, hakenförmigen Ende. Er ist ca.  $1\frac{1}{2}$  mal so lang als breit. In seiner natürlichen Lage im Carpus liegt sein langer Durchmesser in schräger Richtung von dorsal-distal nach volar-proximal. Man kann an ihm drei Teile beschreiben: Die Basis, den Schaft und einen Kopf.

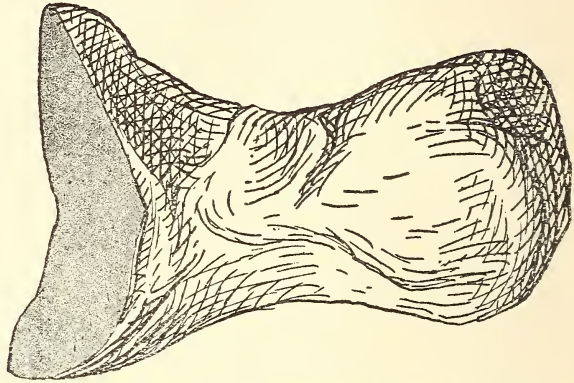


Abb. 13. *Thalassarctos*. Os Pisiforme, distal, auf der Seite liegend, d. h. rechts der Kopf, links die Basis. 1:1 nat. Gr.

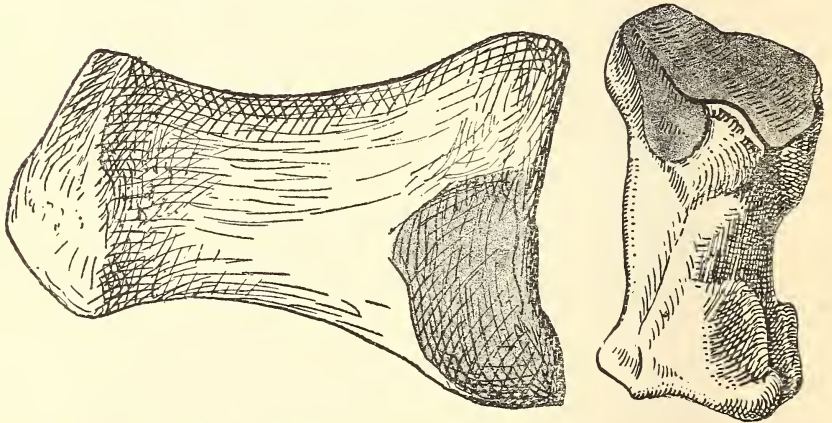


Abb. 14. *Thalassarctos*. Os Pisiforme, proximal; auf der Seite liegend, also links der Kopf, rechts die Basis. 1:1 nat. Gr.

Abb. 15. *Canis*. Pisiforme, ulnar. 2:1 nat. Gr.

Die Basis enthält die Artikulationsfläche für das Os Ulnare (Fac. art. anterior) (Abb. 12 b, 13) und für den Proc. styl. ulnae (Fac. art. posterior) (Abb. 12 a, 14). Sie sind beide schmal (Abb. 12). Der lange Durchmesser verläuft von der radialen nach der ulnaren Seite. Blickt man von oben auf die Basis, so erscheinen die beiden Flächen dachgiebelförmig angeordnet, d. h. der First

läuft in Gestalt einer scharfen Kante von radial nach ulnar. Eine Ausnahme hiervon macht wieder *Canis*, dessen Fac. art. posterior zugunsten der Fac. art. anterior reduziert worden ist. Somit fällt auch bis zu einem gewissen Grade die dachgiebelförmige Gestaltung fort. Die Fac. art. anterior liegt hier ganz horizontal, von der sich in einem rechten Winkel die Fac. art. posterior nach der proximalen Seite zu abzweigt (Abb. 15).

Der Schaft ist seitlich, besonders in der Mitte stark komprimiert und besitzt daher eine schlanke Gestalt. Im untersten volaren Abschnitt verbreitert sich der Schaft und verdickt sich zu einem geschwollenen Köpfchen. Diese Verbreiterung beginnt meist in den ersten Anfängen bereits im mittleren Teil des Schaftes und erstreckt sich besonders auf die distale (*Lutra*, *Potos*, *Ursus*) oder ulnare (*Canis*, *Meles*) und die untere Seite. Ursache dieser Verbreiterung ist der Ansatz verschiedener Muskeln und Carpal-ligamente. So inseriert hier der *Musc. flexor carpi ulnaris*, und der *Musc. abductor digiti V* nimmt hier seinen Ursprung. Auch entspringen verschiedene Sehnenzüge des *Musc. flex. digit. longus sublimis* an dieser Stelle. Bei *Ursus*, *Lutra* und *Canis* trägt die volare Seite des Köpfchens eine breite Rinne von nur geringer Tiefe, die zur Insertion des *Musc. flex. carpi ulnaris* beiträgt.

Determination: Wenn die Basis, die ja durch die beiden Artikulationsflächen festgelegt ist, aufwärts gestellt wird und dabei die ovale Fac. art. posterior an der Basis dem Beschauer zugekehrt ist, so zeigt das geschwollene Köpfchen nach unten und der Knochen liegt somit in seiner natürlichen Lage.

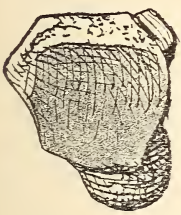


Abb. 16. Distal.

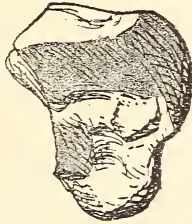
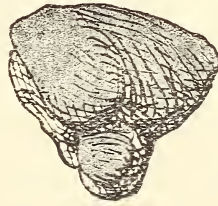


Abb. 18. Radial.



Ab. 20. Proximal.

*Canis*. Os Carpale IV+V 2:1 nat. Gr.

#### 4. Os Carpale IV+V, Os Hamatum.

Dieser Knochen liegt am ulnaren Rande der Hand und ragt in dorsaler Aufsicht auf die Hand keilförmig in die proximale Carpusreihe hinein. Durch seine seitlichen Flächen stellt der Knochen die Verbindung mit dem Os Ul-

nare und dem Os Rad. et intermed, durch seine distale Fläche die Verbindung mit den Basen der Metacarpalia IV und V her. Die distale Knochenfläche ist stets breiter als die proximale, und die dorsale Oberfläche des Knochens hat daher etwa dreieckige Gestalt. Sie ist vollständig rauh.

Die distale Oberfläche des Knochens (Abb. 16, 17) besitzt in ihrer ganzen Ausdehnung vollausgebildeten Gelenkcharakter. Sie hat Trapezform und ist der dorsale Rand stets länger als der volare (Ausnahme: *Potos*, wo zwar quadratische Form vorherrscht). Von dorsal nach volar ist stets Konkavität nachzuweisen. Ein Höcker, der sich an der dorsal-ulnaren Seite befindet, ist bei *Ursus* und *Lutra* rauh, hat aber bei *Meles* und *Canis* Gelenkflächencharakter. Bei *Potos* ist er nicht vorhanden. Außerdem ragt ein Fortsatz über den volaren Rand der distalen Gelenkfläche, der am größten bei *Canis* ausgebildet ist. Er setzt aber nicht die distale Fläche direkt fort, sondern

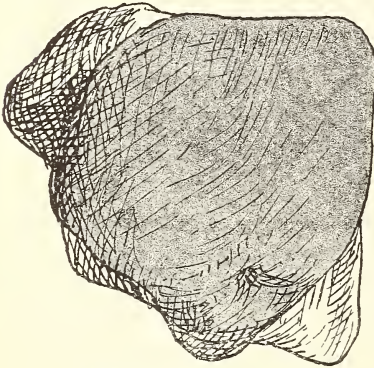


Abb. 17. *Thalassarctos*.  
Os Carpale IV + V, distal.  
1 : 1 nat. Gr.

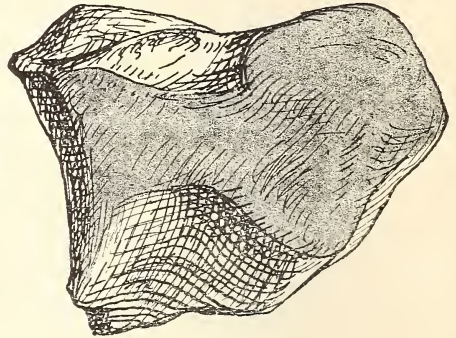


Abb. 19. *Thalassarctos*.  
Os Carpale, IV + V, radial.  
1 : 1 nat. Gr.

ist darunter gelegen. Es ist der Hamulus ossis hamati mit starker Tuberosität. Hier inseriert der *Musc. flexor digiti V brevis* und zum Teil die *Musc. flexores breves profundi*. In seiner vollen Ausdehnung kann man ihn in radialer Ansicht (Abb. 18, 19) betrachten. Hier schließt er volarwärts die radiale Oberfläche, die sehr ungleichmäßig gestaltet ist, ab. Sie ist annähernd viereckig, enthält aber nur zum Teil Gelenkflächencharakter. So zieht sich ein Gelenkstreifen im oberen Teil der Fläche vom distalen zum proximalen Rande. Dieser verbreitert sich an den Rändern und zieht sich ganz an ihnen herunter, rahmt gewissermaßen an den proximalen und distalen Rändern die radiale Fläche ein (*Ursus* und *Meles*). Der Gelenkstreifen kann aber auch distalwärts beginnen und, breiter und breiter werdend, proximalwärts enden, ohne an den Rändern herabzulaufen (*Canis*, *Potos*, *Lutra*). Diese

radiale Gelenkfacette dient der Artikulation mit dem Os Carpale III. An den proximalen Rande der Gelenkfläche setzt sich nun in einem Winkel eine weitere Fläche direkt an. Sie geht allmählich in die proximale Fläche des Knochens (Abb. 20, 21) über. Diese wird hier nicht durch eine in einer einheitlichen proximalen Ebene gelegenen Fläche dargestellt. Vielmehr stoßen hier zwei Gelenkflächen in einer von dorsal nach volar gebogenen Kante zusammen, die genau genommen die ganze proximale Fläche repräsentiert. Sie verursacht aber keine Unterbrechung der Gelenkflächen, sondern besitzt ebenfalls Gelenkflächencharakter. Während diese nun bei *Ursus* und *Potos* noch genau die äußerste proximale Grenze des Knochens darstellt, wird die nach der radial-proximalen Seite schauende Gelenkfläche bei *Meles* und *Lutra* mehr nach der proximalen Seite verlagert, mit anderen Worten, der Winkel, mit dem die beiden Gelenkflächen zusammenstoßen, ist größer als bei *Ursus* und *Potos*. Es schaut die Fläche nach proximal-radial. Bei *Canis* ist der

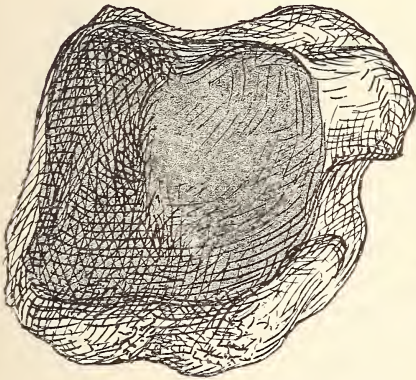


Abb. 21. *Thalassarctos*. Os Carpale  
IV + V, proximal. 1:1 nat. Gr.

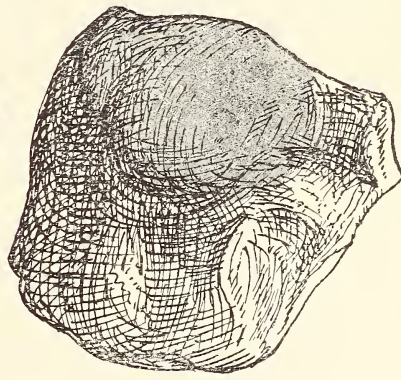


Abb. 22. *Thalassarctos*. Os Carpale  
IV + V, ulnar. 1:1 nat. Gr.

Winkel noch größer, so daß diese Fläche beinahe in die proximale Ebene fällt. Die von der Kante nach der anderen Seite verlaufende Gelenkfläche, bildet die ulnare Oberfläche des Knochens (Abb. 22). Sie liegt nicht in einer zum Beschauer senkrecht verlaufenden Ebene, sondern läuft schräg zur proximalen „Fläche“. Sie ist konvex und kann bis zum distalen Rande verlaufen (*Meles*, *Potos*, *Lutra*), oder aber es liegt ein von Gelenkflächen freier rauher Knochenstreifen zwischen den distalen und ulnaren Gelenkflächen.

Der Knochen läuft, von welcher Seite man ihn auch betrachtet, stets auf der volaren Fläche in den Hamulus ossis hamati aus. Somit ist der

Knochen volar stets schlanker als dorsal und ebenfalls proximal (durch die zusammenstoßenden Gelenkflächen) stets schmaler als distal.

Determination: Zeigt die einzige konkave (distale) Gelenkfläche nach vorn, die rauhe dreieckige Seitenfläche nach oben und der rauhe Hamulus ossis hamati nach unten, so befindet sich das Os Carpale IV + V in seiner natürlichen Lage.

5. Os Carpale III, Os Capitatatum, ist im Carpus der Zentralknochen der distalen Reihe und liegt zwischen dem Os Hamatum und dem Os Carpale II, über dem Os Rad. et intermed. und unter dem Metacarpale III. Man kann ihm zum Zwecke der Beschreibung in zwei Teile trennen, eine schlanke vertikale Säule, die auf der einen Seite die distale Gelenkfläche trägt und in einen vertikalen stark komprimierten Körper, der sich auf der anderen Seite der Säule anschließt.

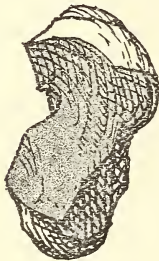


Abb. 23. *Canis*.  
2:1 nat. Gr.

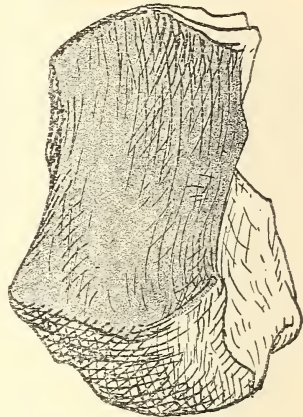


Abb. 24. *Thalassarctos*.  
1:1 nat. Gr.

Die distale Fläche (Abb. 23, 24) hat die Gestalt eines schmalen konkaven Vierecks, dessen langer Durchmesser in dorsal-volarer Richtung und dessen kleiner Durchmesser in radial-ulnarer Richtung liegt. Die Fläche trägt in in ihrer ganzen Ausdehnung Gelenkflächencharakter und kann einen breiteren dorsalen Rand und einen schmaleren volaren Rand besitzen (*Canis*, *Meles*, *Lutra*). Sie stellt die Artikulation mit dem Metacarpale III her.

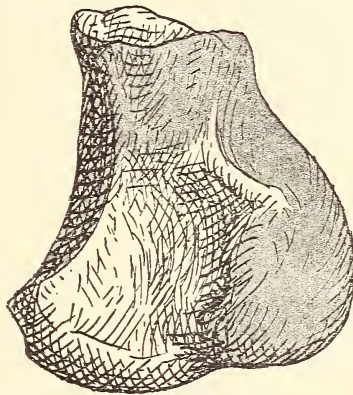
Die dorsale Oberfläche wird nur durch ein viereckiges rauhes Flächenstück, das Obere der „Säule“ angedeutet, an das sich dann stark abwärts neigend die proximale Gelenkfläche anschließt.

Die proximale Seite (Abb. 25) zeigt in deutlichster Weise die Kom-

primiertheit des ganzen Knochens. Nur ein Kamm mit gewölbter Gelenkfläche zieht sich entweder mehr schräg von dorsal-ulnar oben nach volar-radial unten und läßt dadurch an der dorsal-radialen Ecke der Säule eine Gelenkfläche frei, die gegenüber der proximalen Gelenkfläche distalwärts liegt und mit einer Biegung in die Radialseite verläuft (*Ursus*, *Potos*, *Lutra*, *Meles*; bei letzteren ist der Zustand am schwächsten ausgebildet), oder aber der Kamm liegt genau in dorsal-volarer Richtung (*Canis*). Der ganze Kamm trägt Gelenkflächencharakter und bildet die Artikulation für die Fac. art. capitati des Os Rad. et intermed..



Abb. 25. *Canis*.  
2:1 nat. Gr.



Os Carpale III, radial  
Abb. 26. *Thalassarctos*.  
1:1 nat. Gr.

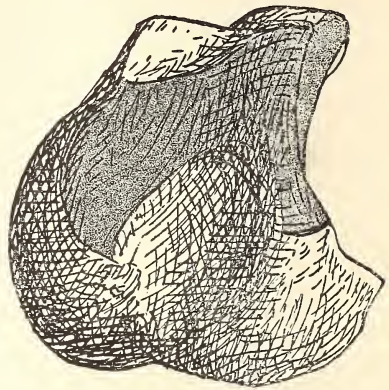
Die volare Fläche ist entsprechend der dorsalen gebaut, bildet also die Basis der Säule. Sie hat eine vollständig rauhe Oberfläche und dient der Insertion volarer Carpalligamente und zum Teil dem Ursprung der *Musc. flexores breves profundi*.

Betrachtet man den Knochen von der radialen Seite (Abb. 25, 26), so läßt sich sein Umriss ohne weiteres mit einem Halbkreise vergleichen. Der Durchmesser des Kreises steht vertikal und wird von der Kante der distalen Gelenkfläche gebildet, die nun allerdings nicht in genau gerader Linie verläuft, sondern leicht (*Ursus*, *Potos*, *Lutra*) oder aber stark (*Canis*, *Meles*) nach der Peripherie des Halbkreises gebogen sein kann. An dieser Kante ist im dorsalen Teile eine schmale Artikulationsfläche für das Os Carpale II vorhanden. Die Peripherie ist bei allen Tieren mit einem breiten Gelenkflächenbande überzogen, das über zwei Drittel des Umfanges einnimmt, und das letzte Drittel bleibt nur als rauhe Kante erhalten. Die Mitte dieser Seitenfläche ist durch zahlreiche Gefäßlöcher rau und unregelmäßig ausgehöhlt.

Die ulnare Seitenfläche (Abb. 27, 28) ähnelt im Umriß ganz der entsprechenden radialen Seite, was sich aus der radial-ulnaren Komprimiertheit



Abb. 27. *Canis*.  
2:1 nat. Gr.



Os Carpale III, ulnar  
Abb. 28. *Thalassarctos*.  
1:1 nat. Gr.

des Knochens ja ohne weiteres ergibt. Auf dieser Seite zieht sich in Form eines breiten Streifens, der bei *Canis* am schmalsten ist, die Gelenkfläche für das Os Carpale IV+V entlang. Er bedeckt ein Drittel der ganzen Fläche und kann an der distalen Kante einen Gelenkflächensaum ausbilden, der bei den untersuchten Tieren verschieden weit nach volar ausgedehnt ist.

Determination: Zeigt die plattenförmige (distale) Gelenkfläche nach vorn und der gebogene „Kamm“ des komprimierten Körpers auf den Beschauer, so daß man auf die kleine viereckige rauhe (dorsale) Fläche sehen kann, dann befindet sich das Os Carpale III in natürlicher Lage.

#### 6. Os Carpale II, Os Multangulum minus.

Es ist der zweite Knochen an der radialen Seite der distalen Reihe. Er ist der kleinste Knochen des Carpus. Er stellt die Verbindung mit dem



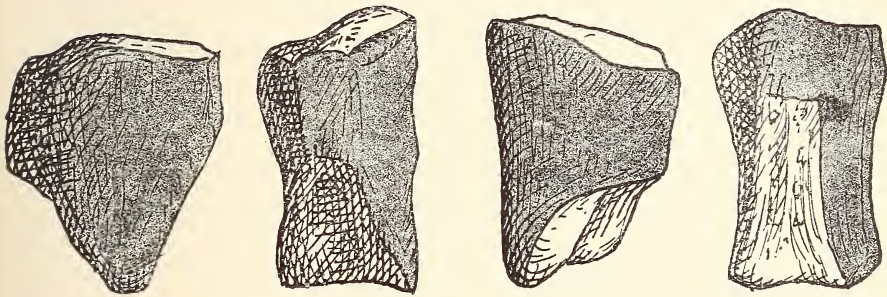
*Canis*, Os Carpale II. 2:1 nat. Gr.  
Abb. 29. Distal. Abb. 32. Proximal.

Os Rad. et intermed. proximalwärts und mit dem Metacarpale II distalwärts her. Er hat den Umriß eines Dreiecks, das auf der Spitze steht, wenn man es von der Frontalseite her betrachtet, und das in distal-proximaler Richtung komprimiert ist.



Die distale Fläche (Abb. 29, 30) zeigt denselben Umriss. Sie dient in ganzer Ausdehnung der Artikulation mit dem Metacarpale II. An der ulnaren Seite hört die Gelenkfläche nicht wie an der radialen Kante auf, sondern ist in der oberen Hälfte nach der ulnaren Seite umgebogen, und zwar geschieht der Übergang allmählich, ohne daß eine trennende Kante entsteht (*Ursus*, *Potos*, *Meles*, *Lutra*). Bei *Canis* dagegen ist zwischen distaler und ulnarer Seite eine scharfe Trennung herbeigeführt. Hier findet keine ulnare Umbiegung statt.

Die ulnare Seitenansicht (Abb. 31) ist auf eine schmale Kante reduziert, die sich im volaren Teile etwas verbreitert. Dies erklärt sich aus der Tatsache, daß die distale Gelenkfläche im dorsalen Teile zur ulnaren Seite umbiegt. Deshalb kann man erst von einer Fläche im volaren Teile reden, die aber frei von Gelenkfläche ist. Nur bei *Canis*, wo sich die distale Gelenkfläche auf die distale Seite beschränkt, können wir eine von dorsal nach volar schmale raue Fläche konstatieren.



*Thalassarctos*, Os Carpale II. 1:1 nat. Gr.

Abb. 30. Distal.    Abb. 31. Ulnar.    Abb. 33. Proximal.    Abb. 34. Radial.

Die proximale Oberfläche (Abb. 32, 33) des Knochens ist im Umriss genau das Spiegelbild zur distalen. Auch sie trägt vollständig Gelenkflächencharakter, nur daß sie bei *Canis* konvex, bei allen anderen Tieren konkav ist.

Die radiale Seite (Abb. 34) hat entsprechend der distal-proximalen Kompression, eine schmale Gestalt und enthält die Gelenkfläche für das Os Carpale I. Sie füllt entweder die ganze Seite aus (*Meles*, *Lutra*) oder sie hat die Gestalt einer 7, der übrige Teil der Fläche ist dann rau. Bei *Canis* liegen besondere Verhältnisse vor. Hier ist die sonst bei den anderen Tieren radiale Seite mehr auf der volaren Seite gelegen. Dies erklärt sich aus einer im Vergleich zu den anderen Tieren gedrehten Lage des Knochens.

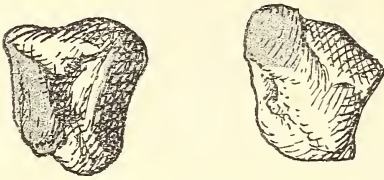
Die dorsale Oberfläche ist vollständig rau und viereckig und liegt bei *Canis* in nach radial geneigter Ebene.

Die volare Fläche bildet eine rauhe Kante und stellt die Spitze des Dreieckes dar.

Determination: Stellt man den dreieckigen Knochen so, daß die Spitze des Knochens nach unten und die breitere (radiale) Seitenkante nach rechts zeigt, so ist der Knochen in seiner natürlichen Lage.

### 7. Os Carpale I, Os Multangulum majus.

Es liegt als erster Knochen ganz an der radialen Seite der distalen Reihe des Carpus und stellt die Verbindung zwischen dem Os Rad. et intermed. und dem Metacarpale I (Pollex) her. Er ist der zweitkleinste Knochen des Carpus. Mit seiner längsten Achse liegt er in dorsalradial-ulnarvolarer Richtung.

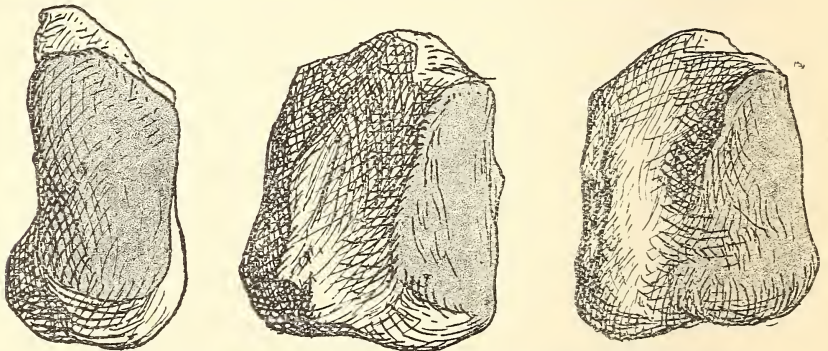


*Canis*, Os Carpale I. 2:1 nat. Gr.  
Abb. 35. Distal-ulnar. Abb. 38. Proximal.

Seine distale Fläche (Abb. 35, 36) enthält die größte Gelenkfläche des Knochens. Sie ist halbmondförmig (*Meles*, *Lutra*, zum Teil auch *Canis*)

und kann bei *Ursus* und *Potos* ovale Gestalt annehmen.

Die ulnare Fläche (Abb. 37) hat eine viereckige Gestalt. Oben und rechts, d. h. also dorsal und proximal zieht in Gestalt einer spiegelbildlichen Gelenkfläche entlang, die bei *Canis* verbreitert sein kann und etwa schräg nach der proximalen Seite zu verläuft. Der andere Teil der Fläche ist konkav und rauh und mit mehreren Gefäßlöchern versehen.



*Thalassarctos*, Os Carpale I. 1:1 nat. Gr.  
Abb. 36. Distal. Abb. 37. Ulnar-distal. Abb. 39. Radial-proximal.

Die proximale Fläche (Abb. 38, 39) enthält eine dreieckige Gelenkfläche, die volarwärts in einen breiten Wulst, der auch Gelenkflächencharakter

trägt, übergeht. Die Spitze des Dreiecks ist dorsal gelegen. Bei *Canis* atrophiert die Gelenkfläche bis auf eine kleine runde Facette. (Abb. 38).

Die radiale Fläche ist vollständig rauh. Sie ist in einem großen stumpfen Winkel von der proximalen Fläche abgebogen.

Die volare Ansicht zeigt uns, daß auch dieser Knochen stark komprimiert ist. Sie wird durch einen schmalen Wulst dargestellt. Dieser kann zu einem großen Teil mit der proximalen herumlaufenden Gelenkfläche bedeckt sein (*Ursus*, *Potos*, *Lutra*, *Meles*). Nur bei *Canis* ist er vollständig frei von Gelenkfläche. Der distale Rand verbreitert sich und ist scharf durch die dort anstoßende breite Distalfläche abgegrenzt. Der Teil, der frei von Gelenkfläche ist, zeigt Tuberositäten und dient als Ursprungsstelle des *Musc. flexor pollicis brevis* und bei *Ursus*, *Potos* und *Lutra* auch noch des *Musc. abductor pollicis brevis*.

Die dorsale Ansicht zeigt einen schräg nach radial verlaufenden, konvexen tuberösen Wulst.

Determination: Zeigt die halbmondförmige bzw. ovale und größte Gelenkfläche nach vorn, und steht der längste Durchmesser des Knochens senkrecht, dann befindet sich das Os Carpale I in seiner natürlichen Lage.

---

Diese Beschreibung der einzelnen Carpalknochen bestätigt uns die in der Einleitung dieses Teiles ausgesprochene Vermutung, große Ähnlichkeit in der Morphologie und in der Topographie des Carpalsegmentes infolge enger Verwandtschaft vorzufinden. Besonders also im äußeren Habitus zeigen sich große Übereinstimmungen. Überall fünffingrige Hände, überall sieben Carpalknochen und vielfach auch gestaltliche Übereinstimmung der Knochen. Wo sie voneinander abweichen, haben wir es lediglich mit verschiedenen Gelenkflächen zu tun. Damit ist aber keine Änderung der carpalen Elemente im Grundbau verbunden, sondern nur in sekundären Charakteren, eben nur in den Gelenkflächen, die im nächsten Teile der Arbeit ihre eingehende Behandlung erfahren sollen.

#### d) Die Muskeln.

Was nun die Muskeln betrifft, so hat außer der Dicke und Länge eines Muskels — worauf einzugehen, hier zu weit führen würde — die Art und Weise seines Ansatzes auf die Ausgiebigkeit und Schnelligkeit der Bewegungen den größten Einfluß. Es sollen hier nur diejenigen Beachtung finden, die direkt am Carpus oder an den Basen der Metacarpalia inserieren.

Dabei gehen wir von der gebräuchlichen Anschauung aus, die Tätigkeit der Muskeln auf die Nähe des Rumpfes als den Ausgangspunkt der Bewegungen zu betrachten. In diesem Falle sind also die Carpalia und die Basen der Metacarpalia die zu bewegenden Teile. Natürlich kann man auch das Punktum fixum in den Carpus selbst verlegen, wobei dann die dort teilweise entspringenden Flexoren der Hand berücksichtigt werden müßten. Da wir uns aber im nächsten Kapitel mit den Bewegungen im Carpalsegment auseinandersetzen haben, so interessieren uns nur die dort inserierenden Muskeln und nicht die entspringenden.

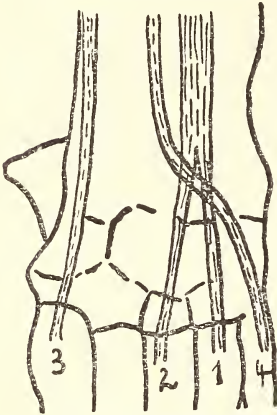


Abb. 40. Extensoren.

Es sind dies insgesamt sechs Muskeln. Sie haben natürlich nicht allein die Aufgabe, die Bewegungen der Hand vorzunehmen. Diese haben vielmehr die weit stärkeren Muskelbündel, deren Sehnen zum Teil in Form von Aponeurosen über den Carpus an die distalen Teile der Hand laufen, (Musc. flexor digitorum longus sublimis und profundus, Musc. extensor digitorum communis) sondern sie interessieren nur als unmittelbare Beuger bzw. Strecker der Carpalgelenke, während die übrigen Muskeln nur mittelbar an den Bewegungen im Carpus beteiligt sind.

Es sind dies die Extensoren: (s. Abb. 40).<sup>4)</sup>

- |                                     |                             |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1. Musc. ext. carp. radialis longus | Insertion am Metacarpale II |
| 2. Musc. ext. carp. rad. brevis     | " " " III                   |
| 3. Musc. ext. carp. ulnaris         | " " " V                     |
| 4. Musc. abd. pollicis longus       | " " " I                     |
- und die Flexoren (s. Abb. 41—44!)

5. Musc. flex. carp. radialis, deren Insertion bei den untersuchten Tieren verschieden ist, nämlich

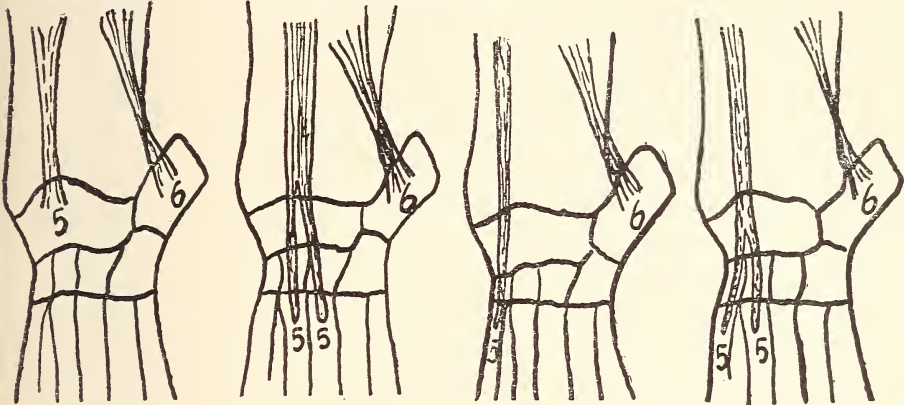
bei <i>Ursus</i>	am Os Rad. et intermed.}	(s. Abb. 41)
" <i>Potos</i>	am Os Rad. et intermed.}	
" <i>Lutra</i>	am Mc I und Mc II (s. Abb. 42)	
" <i>Meles</i>	am Mc I (s. Abb. 43)	
" <i>Canis</i>	am Mc II und Mc III (s. Abb. 44).	

6. Musc. flex. carp. ulnaris Insertion am Os Pisiforme. (Abb. 41—44).

Hierher könnte man noch den Musc. palmaris longus, aber nur zum Teil,

<sup>4)</sup> Die Nummerierung der verschiedenen Muskeln auf den Abbildungen entspricht der Textnummerierung.

zurechnen. Denn während seine Endsehnen allgemein mit den Vaginalligamenten der Metacarpophalangealgelenke verschmelzen, bildet er im Carpalsegment radiale und ulnare Aponeurosen, die sich an dem distalen Ende des Radius bzw. an den Carpalligamenten befestigen.



Flexoren.

Abb. 41. *Ursus, Potos.* Abb. 42. *Lutra.* Abb. 43. *Meles.* Abb. 44. *Canis.*

In diesem Carpusabschnitt ist also kein Muskel, den das eine Tier besitzt, während er dem anderen fehlt. Obige Muskeln sind allgemein vorhanden und inserieren auch an denselben Knochen. Nur die Insertion des *Musc. flex. carp. radialis* variiert bei den einzelnen Tieren. Wir können von den Bären bis zum Hund eine Distalwärtswanderung der Insertion feststellen, deren Zusammenhänge mit den jeweiligen Gelenkflächen uns in einem späteren Kapitel noch eingehend beschäftigen wird. Wenn aber die Bewegungsverhältnisse aller dieser Tiere doch sehr verschieden sind, so hat dieses mehr in der Gestaltung und der Lagerung der Knochen und vor allem der Bildung der Gelenke seinen Grund als in den vorhandenen Muskeln.

Somit weisen uns sowohl die Knochen selbst als auch die sie bewegenden Muskeln auf die Gelenkfläche. Ihr ist der nächste Teil, der Hauptteil der Arbeit, im Zusammenhang mit den verschiedenen Funktionen gewidmet.

### C) Die „Hand“ im speziellen.

#### a) Nomenclatur der Bewegungen, Untersuchungsmethoden.

Bevor ich nun dazu übergehe, die Gelenkformen und die in ihnen möglichen Bewegungen klarzulegen, ist es notwendig, zunächst einmal im Zusammenhang die einzelnen Bewegungen scharf zu charakterisieren und vor allen Dingen eine Übereinkunft über eine zweckmäßige Ausgangsstellung bei der Hand zu treffen, auf die die übrigen Stellungen bezogen werden

können. Ich glaube, mich hier eng an die von R. FICK bei der menschlichen Hand definierte „Normalstellung“ anlehnen zu können und eine Mittelstellung bei der tierischen Hand zugrunde zu legen, bei der die Längsachsen des Unterarmes, der Carpalknochen und der Metacarpalia in ein und derselben Ebene gelegen sind. Aus dieser Mittellage heraus vermag die Hand vier Bewegungen auszuführen, von denen je zwei auf demselben Wege, aber in umgekehrter Richtung stattfinden, und daher als Einheit aufgefaßt werden können. Sie kann erstens Bewegungen in dem Sinne ausführen, daß jeder Punkt der Hand einen in einer dorsal-volaren Ebene liegenden Kreisbogen beschreibt. Wir nennen daher die Bewegungen der Hand nach dorsal ihre Dorsalflexion, und die Bewegungen nach volar ihre Volarflexion. Außer diesen reinen Volar-Dorsal-Flexionen können sehr häufig Beugungen und Streckungen nach der ulnaren und radialen Seite vorkommen. Wir wollen diese Bewegungen, die nach der ulnaren oder radialen Seite abweichen, und nicht in der reinen Volar-Dorsal-Flexionsebene verlaufen, ulnare und radiale Volar-Dorsal-Flexion nennen. Zweitens kann die Hand nach der ulnaren oder radialen Seite abduciert werden, d. h. sie führt Bewegungen in der Horizontal- (ulnar-radialen) Ebene aus und zwar so, daß im ersteren Falle (Ulnarabduction) die Fingerspitzen der Medianebene des Körpers genähert, im zweiten Falle (Radialabduction) von derselben entfernt werden. Man spricht in diesem Falle auch von „Randbewegungen“ der Hand. Außerdem müssen wir Bewegungen nennen, die als Kombination aller übrigen Exkurse möglich sind und um eine distal-proximale Achse stattfinden, wobei jeder Punkt der Hand einen Kreisbogen parallel der Transversalebene des Armes beschreibt. Unter diesen Umständen können wir von Rotationen (Pro-Supination) der Hand sprechen.

Da diese Gesamtbewegungen niemals durch die Hand als einheitliches Organ, sondern durch Kombinationen der Einzelbewegungen ihrer Komponenten erzeugt werden, muß eine genaue Untersuchung am freigelegten Gelenk des Cadavers vorgenommen werden, damit man die Konstruktion des Skelettmechanismus erfaßt. Wenn wir also die Bewegungen des Knochen-systems als Ganzes beobachtet haben — getreu unserer in der Einleitung geforderten Untersuchungsmethode —, dann ist es möglich, die relative Bewegung eines jeden Knochens zu dem nächsten Skeletteil zu untersuchen, der mit ihm durch ein Gelenk beweglich verbunden ist, mit anderen Worten: es muß eine Analyse der Bewegung der ganzen Hand stattfinden. Wie ein Uhrmacher seine Uhr nur dann erst wirklich verstehen kann, wenn er ihre einzelnen Teile kennt, so müssen wir eine Zerlegung unseres Skelettmechanismus vornehmen. Dann erst wird die Art der Funktionierung des lebenden

Organismus, verständlich werden und die Erscheinung in ihrer Totalität zu erkennen sein.

Es fragt sich nun, wie die einzelnen Gelenkbewegungen zu erkennen sind. Dazu sind im zweiten Teile des Handbuches der Anatomie und Mechanik der Gelenke von RUDOLF FICK (1910) mehrere Untersuchungsmethoden eingehend geschildert worden, und ich will daher im Rahmen dieser Arbeit nur kurz darüber referieren, im übrigen muß ich aber auf dieses Kapitel des FICK'schen Handbuches verweisen.

Wenn eine Gelenkbewegung klar gelegt werden soll, so ist es zunächst notwendig, sich über die Gelenkflächenform bzw. deren Krümmungsverhältnisse zu informieren. Dazu kann man sich genaue Abdrücke der Gelenkflächen in Ton, Wachs, Platin oder Bleidraht oder sogar Gipsabgüsse davon herstellen, so daß man, ohne das eigentliche Präparat zu zerstören, die Krümmungsverhältnisse der Gelenkfläche in jeder Richtung untersuchen kann. Um die geometrische Form zu erkennen, schlägt man, wenn es die betreffenden Verhältnisse erlauben, einen spitzen Stift in den einen Gelenkkörper, so daß seine Spitze ein wenig über die Gelenkfläche hervorragt, und wenn man nun das Gelenk bewegt, so erhält man auf der gegenüberliegenden Fläche eine Spur. Durch das Aufsuchen solcher Spurlinien läßt sich die geometrische Form und damit der Gelenkcharakter bestimmen. Es ist im allgemeinen üblich, die Gelenkflächenformen mit geometrischen Körpern zu vergleichen und R. FICK widmet der theoretischen Ableitung der verschiedenen Formen viele Kapitel seines Buches. Es ist aber immer ausdrücklich zu betonen, daß die Gelenkflächen nie ganz mit solchen geometrischen Formen übereinstimmen, sondern stets mehr oder weniger davon abweichen. Es ist aber für die Erkennung und für das Verständnis der mechanischen Eigenschaften der wirklichen Gelenke von dem größten Wert, wenn man sie mit geometrischen Körpern vergleicht, zumal praktisch aus den kleinen Formabweichungen Änderungen der Bewegung kaum erfolgen, da die Gelenkflächen durch den Knorpelüberzug stets deformierbar sind, oder, wie man es genannt hat, eine „trophische Plastizität“ besitzen. Natürlich kommen bei uns auch Gelenkformen vor, die nicht mit einer bekannten geometrischen Form verglichen werden können. Wenn man diese trotzdem mit geometrischen Körperflächen gleichstellen würde, so könnte das nicht ohne erhebliche Verstümmelung der Gelenkflächenform geschehen. Wir müssen daher solche Flächen mit R. FICK zu den „Articulationes irregulares“ rechnen, und diese Formen werden uns nur durch ihren Mechanismus klar werden.

Die Gelenke kann man nun nach den allgemein vorkommenden Bewegungen der Gelenkflächen gegeneinander in 1. Schleifgelenke, 2. Rollgelenke und 3. Mischgelenke aus Schleifen und Rollen einteilen. Bisher wurden in organischen Gelenken nur die erste und dritte Art nachgewiesen. Bei der Schleif- oder Gleitbewegung „kommen bei beiden sich bewegenden aneinanderschleifenden Gelenkflächen nacheinander immer verschiedene Punkte der Gelenkflächen miteinander in Berührung. Unter der Rollbewegung verstehen wir denjenigen Bewegungsvorgang, den wir am Umfang eines Wagenrades, bei dessen Abrollung am Erdboden beobachten. Das Charakteristische ist dabei das, daß beim Rollen in jeder neuen Phase der Bewegung im Gegensatz zur Gleitbewegung an beiden Gelenkkörpern

andere Stellen miteinander in Berührung kommen, auch wenn der andere Körper in Ruhe bleibt.“ Schließlich können aus Gleiten und Rollen kombinierte Bewegungen stattfinden, wie z. B. „beim Ausrutschen einer im Gang befindlichen Wiege oder eines Schaukelpferdes nach vorn oder nach rückwärts“. In der Hauptsache kommen bei meinen Untersuchungen Bewegungen in Schleif- oder Gleitgelenken vor.

Wie nun der Mechanismus ergründet werden kann, auf welche Weise Gelenkbewegungen überhaupt erkannt werden können, dazu gibt es mehrere Untersuchungsmethoden. Im allgemeinen lassen sich nach A. FICK (zitiert nach R. FICK) „die geometrischen Grundbedingungen für die normalen Bewegungen dahin ausdrücken, daß normalerweise in einem Schleifgelenk alle die, aber auch nur die Bewegungen ausführbar sind, bei der der eigentliche Gelenkbinnenraum in seiner Größe unverändert, also gleich null bleibt, und der Bandapparat bzw. die umgebenden Weichteile nicht über die Elastizitätsgrenze hinausgedehnt werden“. Da sich selbstverständlich anatomische Untersuchungen nur am Kadaver vornehmen lassen, so ist vorher unbedingt die Beobachtung der Bewegungen am lebenden Tier unersetzlich; denn selbst das frischeste Material ist für gewisse Bewegungsfragen unbrauchbar, da der beim lebenden Tiere bestehende Muskeltonus der Antagonisten bei den Bewegungen stets berücksichtigt werden muß. Erst dann kann man die beobachteten Vorgänge am toten Tiere nachmachen. Dabei ist es vorteilhaft, sich bestimmte Punkte an den bewegten Knochen zu markieren oder sogar mit den beweglichen Knochen ein Stäbchen zu verbinden, um die Bewegungen in weit vergrößertem Maße am Endpunkte desselben aufzuzeichnen. Auch ist die Fixierung eines Knochens unerlässlich, damit sich das entsprechende Glied allein im Gelenk bewegen kann.

Ferner sind direkte Messungen zu einer Analyse der Gelenkbewegungen notwendig, jedoch haben sie nach meiner Meinung nicht den fundamentalen Wert, der ihnen so oft bei gelenkmechanischen Untersuchungen beigelegt wird. Sie sind doch stets *cum grano salis* hinzunehmen, da von einer Genauigkeit bei den Messungen nie die Rede sein kann; denn es gelingt niemals, an ein und demselben Teil des Gelenkabschnittes genau dieselben Meßpunkte und genau dieselben Richtlinien zu ziehen, wenn man nach einiger Zeit noch einmal mit unbefangenen Augen an die Aufgabe herantritt. Deshalb sind alle Messungen nur von sehr „biegsamem“ Wert. Trotzdem räume ich aber den Messungen dann einen gewissen Wert ein, wenn sie — mit größter Vorsicht — wichtige Schlüsse auf den Bewegungsmechanismus gestatten.

Auch Photogramme, bzw. Momentphotogramme der Bewegungen selbst sind zur Untersuchung der Gelenkstellungen zu benutzen. Eine sehr wertvolle Unterstützung für die Untersuchung von Bewegungen bietet uns die Röntgenmethode, der ich mich dank der aufopfernden Bereitwilligkeit des Herrn Prof. Dr. MOSER und durch Vermittlung des Herrn Oberstudienrat Dr. H. OTTO der I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft (Agfa), wofür beiden Herren an dieser Stelle herzlich gedankt sei, ausreichend bediente. Bezüglich ihrer näheren Beschreibung sei wiederum auf FICK's Handbuch verwiesen.

Alle Bewegungen sind nun in erster Linie abhängig von den Achsen, um welche die Bewegung geschehen kann. So kommt es schließlich bei den speziellen Gelenken auf die Achsenbestimmung an, wovon hier nur eine etwas allgemeinere



Methode geschildert sei. Die Bewegungsachse eines Knochens verläuft stets an den Stellen, die bei Bewegungen ungefähr stillstehen. Schlägt man hier einen Stift ein, so bleibt er, wenn er genau in Achsenrichtung orientiert ist, still stehen und dreht sich nur um sich selbst. Falls das Gelenk überhaupt eine feste Achse besitzt, läßt sich durch permanentes Ausprobieren die Richtung der Achse auf diese Weise feststellen.

Diese Untersuchungsmethoden, die in speziellen Fällen noch ergänzt werden können, ergeben, in ihrer Gesamtheit verwendet, ein vollständiges Bild der Bewegungsmöglichkeiten. Allerdings — und das muß mit Nachdruck betont werden — erhalten wir Resultate, die nicht in allen Fällen mit den Bewegungen beim lebenden Tier übereinstimmen; denn manche Bewegung ist wohl „anatomisch“ am Präparat möglich, jedoch beim lebenden Tier durch physiologische Gründe (Innervationsgewohnheiten) ausgeschlossen“. Deshalb müssen wir stets das lebende Tier beobachten, um die im Leben aktiv ausgeführten Bewegungen von dem am Präparat passiv vorgenommenen unterscheiden zu können. Natürlich bin ich mir bewußt, daß ich nicht alle Bewegungen beim lebenden Tier gesehen habe und so meiner Sache sicher bin, daß ich eine Grenze zwischen „aktiven“ und „passiven“ Bewegungen ziehen kann. Diese Lücke bleibt bestehen. Sie auszufüllen muß die Zeit mit sich bringen und Beobachtern überlassen bleiben, die Gelegenheit haben, die Tiere auch in der freien Natur nach „gelenkmechanischen Richtlinien“ zu sehen. Die Hauptsache aber ist doch wohl, daß das „Handproblem“ überhaupt erst einmal in die gelenkmechanische Interessenssphäre gerückt und dadurch die Aufmerksamkeit der vergleichenden Anatomen erweckt wird.

Da es schwierig war, an dem mir zur Verfügung stehenden bereits stark fixierten Material die Beziehungen besonders der Bänder zu den Bewegungsmöglichkeiten in allen Fällen einwandfrei festzustellen — denn die Isolierung der Bänder ist nur am frischen Material leicht möglich — so mußte leider oft darauf verzichtet werden, wenn nicht Literatur darüber aufklärend Hilfe leisten konnte. Mir wurden nur am Hund von KÖHLER 1902, SÜPPEL 1921 und KNIEPKAMP 1926 Untersuchungen über den Bandapparat bekannt. Dieses nachzuholen muß eben anderen, die in der Erlangung frischen Materials glücklicher sind, vorbehalten bleiben.

Nach Vorausschickung dieses wesentlich Allgemeinen gehe ich nun nachfolgend dazu über, die Untersuchungsprotokolle der sechs untersuchten Tiere zu detaillieren.

## b) Untersuchungsprotokolle.

### I. *Canis familiaris* L., *Canis lupus* L.

#### 1. Lebensweise.

Von den Caniden wurden der Wolf und mehrere schmalpftige Hunde

untersucht. Sie gebrauchen ihre Vorderextremitäten und besonders die für uns in Frage kommenden distalen Abschnitte in der Hauptsache zum Gehen und Laufen. Gerade in dieser ausschließlichen Lokomotionsart sind *Canis lupus* und mehr oder weniger auch die großen Haushunde sehr ausdauernd. So ist es z. B. vom Wolf erwiesen, daß er bei seinen Jagd- und Wanderzügen Strecken von 6 bis 10 Meilen in einer einzigen Nacht zurücklegt. Neben diesen reinen lokomotorischen Bewegungen müssen wir aber auch noch die Tätigkeit des Grabens, oder besser des Scharrens berücksichtigen. Wie ja allgemein bekannt ist, können wir bei unseren Hunden — und wahrscheinlich ist dies auch beim Wolf der Fall — eine grabende oder scharrende Tätigkeit beobachten, um sich ihre Beute aus dem Erdreich auszugraben oder bei Überfluß an Nahrung, diese im Boden zu verbergen. Wenn ich Hunde beim Laufen beobachtet habe, so habe ich stets den Eindruck gehabt, als ob die ganze Vorderextremität einem zusammengesetzten Pendel ähnelt. Besonders die Hand pendelt in einem Winkel von über  $90^{\circ}$ , um den Unterarm, und zwar nicht in reinen Volar-Dorsal-Flexionen, sondern ich konnte stets, wenn ich den Hund von hinten her beobachtete, ein Ausschlagen nach der Medianlinie des Hundekörpers feststellen. Auch beim Graben war diese Konvergenzbewegung zur Mediane deutlich zu sehen, die, wie mir scheint, ausschließlich zu dieser Betätigung vorhanden ist; denn der mit den Händen kräftig weggescharrte Sand fliegt stets unter den Bauch des Hundes und häuft sich dort zu einem kleinen Berge an, der dann, wenn er dem Hunde zu lästig wird, mit den Hinterextremitäten fortgeschoben wird. Bei reinen Volar-Dorsal-Flexionen müßte der Sand in Parallele mit der Mediane des Hundes fortfliegen und sich an der linken und rechten Seite ansammeln. Dies ist aber nicht der Fall. Auch rechtfertigt sich der Ausdruck „Hand“ gewissermaßen schon beim Hund, indem sie nicht nur mechanische Arbeit zu leisten hat, sondern auch dazu benutzt wird, Knochen festzuhalten, von denen das Fleisch abgenagt wird. Die Hand wird dabei so verwendet, daß die gebeugten Finger auf der einen und das ulnare Carpalkissen (siehe unten) auf der anderen Seite den Knochen umfassen.

## 2. Trittkissen.

Die Trittfläche des Hundes ist relativ klein (Abb. 45). Auf der Ulnarseite der Volarfläche der Handwurzel ist ein für sich stehendes kegelförmiges Carpalkissen vorhanden, das unbehaart ist und von dem Os Pisiforme gestützt wird. Es berührt bei der Fortbewegung nicht den Erdboden und wird beim Umklammern von Knochen etc. (siehe oben) benutzt. Außerdem werden die Metacarpophalangealgelenke der vier ulnaren Finger mit einem großen,

herzförmigen Trittkissen bedeckt, und die Basen der Endphalangen enthalten je einen Fingerballen, von denen der des ersten Fingers erheblich kleiner ist als die übrigen.

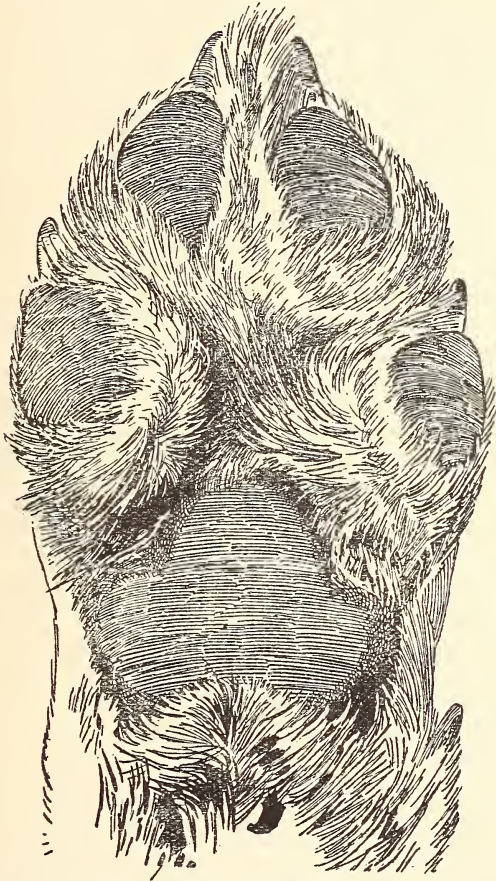


Abb. 45. *Canis lupus* L. Trittkissen der rechten Vordergliedmaße. Etwas verkleinert. (Nach BRANDT 1914).

### 3. Gesamtform der Hand.

Betrachten wir das Terminalsegment der Vordergliedmaße in dorsaler Aufsicht, so fällt an ihm seine Schlankheit und beträchtliche Streckung besonders auf (Abb. 46), beides ja Eigentümlichkeiten, die allen guten Läufern gemeinsam sind. Es wirken nämlich Handwurzel und Zwischenhand wie eine unmittelbare Verlängerung des Unterarmes. Der Radius artikuliert mit dem Os Radiale et intermed. und dem Os Ulnare, die Ulna, die hier ganz —

immer in dorsaler Aufsicht — hinter dem Radius liegt, nur mit dem Os Ulnare und dem Os Pisiforme, dessen Längsachse senkrecht zur Längsachse der Ulna steht.

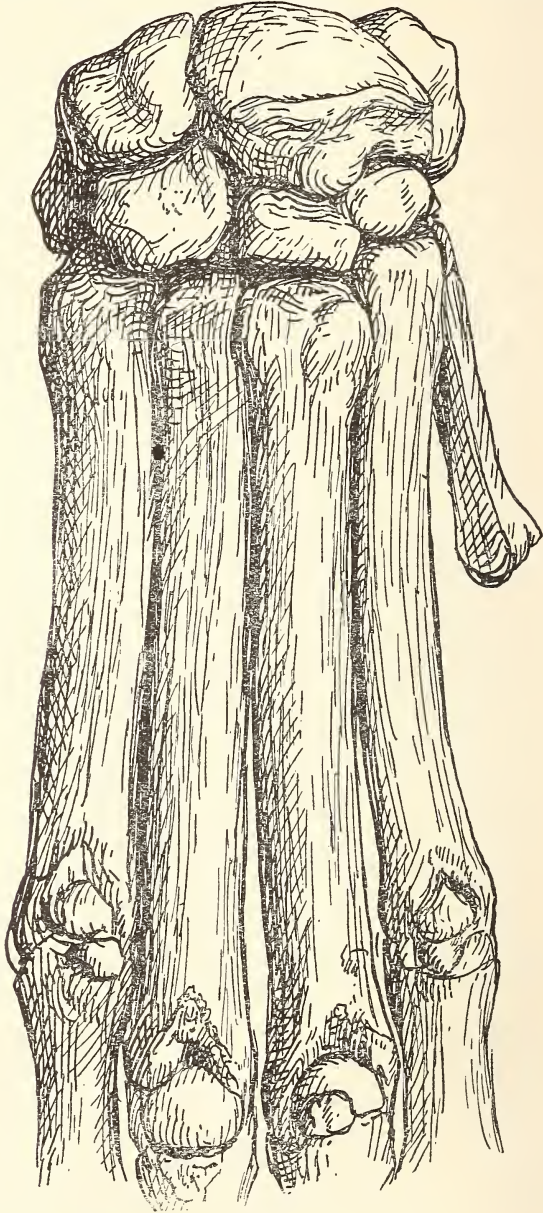


Abb. 46. *Canis lupus* L. Übersichtsbild der „Hand“, (dorsale Aufsicht). 1,2 : 1 nat. Gr.

Der Carpus zeigt die für Carnivoren normale Zahl der Knochen, die in beinahe rechteckiger Gestalt angeordnet sind. Daran gelenken der Metacarpus mit den Fingern, von denen der erste Finger sehr schwach entwickelt ist, so daß er den Boden gar nicht mehr erreicht. In der dorsalen Aufsicht ist er nur zum Teil sichtbar. Er liegt fast gänzlich unter den anderen Fingern. Von diesen sind der dritte und vierte am längsten, ungefähr gleich kräftig und überragen daher den zweiten und fünften Finger ein wenig. Die Handachse läuft zwischen dem dritten und vierten Finger hindurch, die Hand ist also paraxonisch.

Das Handskelett des Hundes ist nach der volaren Seite sehr stark eingerollt, d. h. es ist in proximaler Aufsicht eine starke Bogenbildung der einzelnen Knochen vorhanden; daher wird es u. a. erklärlich, daß der erste Finger in dorsaler Aufsicht fast gänzlich unter den anderen Fingern verschwindet.

#### 4. Articulatio antebrachioarpea.

a) Gelenkflächen der Art. antebrachioarpea (Abb. 47, 48).<sup>5)</sup>

An der Articulatio antebrachioarpea beteiligen sich die Ulna und der durch Syndesmose an sie befestigte Radius, ferner die Handwurzelknochen Os Radiale et intermed., Os Ulnare und Os Pisiforme.

α. Radius: Die distale Gelenkfläche des Radius (Abb. 47) bildet zwei Teile: 1. Eine eischalenförmige Pfanne, die sich nach der radialen Seite zu auf dem Proc. styloideus radii verjüngt, und 2. eine Sattelfläche am volar-

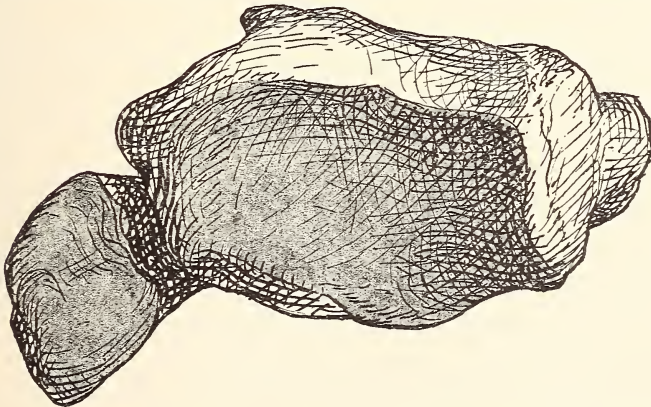


Abb. 47. *Canis lupus* L. Profil der proximalen Reihe der Art. antebrachioarpea (rechte Extremität). 2:1 nat. Gr.

<sup>5)</sup> Um in den Abbildungen die Gelenkflächen deutlicher von den übrigen Knochenflächen hervortreten zu lassen, sind dieselben getönt worden.

radialen Teile der oben bezeichneten eischalenförmigen Pfanne. Die „große Achse“ in der Konkavität verläuft senkrecht zur Unterarm längsachse und annähernd ulnar-radial. Die Senkrechte auf der großen Querachse ist ganz leicht volarwärts geneigt, d. h. also, die Pfanne schaut ein wenig volarwärts, was auch daraus hervorgeht, daß wenigstens der ulnar-dorsale Rand der Radiusfläche etwas weiter vorsteht als der volare. — Was nun das Sattelgelenk angeht, so steht es entsprechend seiner Lage schräg zur Längsrichtung der Speiche. Die große Querachse der eiförmigen Fläche bildet mit der Längsrichtung des Sattelrückens einen nach ulnar offenen Winkel, dessen Scheitelpunkt ca. 0,5 cm radialauswärts vom Proc. styloideus radii liegt. Der Sattelrücken verläuft außerdem nicht in derselben Ebene wie die konkave Pfanne, sondern schräg von ulnar-proximal nach distal-radial.

β. Ulna: Die Ulna (Abb. 47), die mit dem Os Ulnare und dem Os Pisiforme artikuliert, besitzt eine für das Os Ulnare konkave, schräg radial-distale Fläche, die ganz auf dem Proc. styloideus ulnae liegt und nach schräg innen, also radialwärts schaut und außerdem am volar-radialen distalen Ende des Griffelfortsatzes eine Fläche, die in allen Richtungen konvex ist, und daher einen Gelenkkopf darstellt. Dieser gelenkt mit dem Os Pisiforme.

γ. Os Radiale et intermedium: Die für diesen Gelenkabchnitt (Abb. 48) wichtige Fac. art. radialis hebt sich sehr deutlich vom eigentlichen Knochen ab. Ihren dorsalen Rand begrenzt gleichzeitig in einer Wellenform die dorsale Oberfläche des Knochens, wobei der ulnare Wellenberg bedeutend größer ausgebildet ist als der radiale und einen Teil der dorsalen Oberfläche einnimmt. Radial biegt dann der Rand der Gelenkfläche in einen rechten Winkel um, doch bildet er dabei keine Kante, sondern ist abgerundet. Die Peripherie der Gelenkfläche verläuft nun zunächst in Richtung auf den Processus carpi radialis, biegt dann mit einem konvexen Bogen nach der volaren Seite des Knochens ab und verläuft längs der volaren Oberfläche auch in Wellenform, aber in entgegengesetzter Richtung wie am dorsalen Rande. Wir haben also, streng schematisiert und von den Erhabenheiten in der Fläche abgesehen, ein Bild einer Gelenkfläche, das einer liegenden 8 gleicht, in der man sich die Verbindung vom oberen und unteren Kreis fortdenken muß und nur der Umriß erhalten bleibt. Diese in ihren Umrissen beschriebene Gelenkfacette weist nun deutlich eine den größeren Teil, annähernd zwei Drittel der Fac. art. radialis einnehmende Konvexität und am radial-volaren Teil der Gelenkfläche ein Sattelgelenk, genau entsprechend der Radiusfacette auf. Die große Wölbung ist in der Hauptsache dorsal-volar konvex und in ulnar-radialer Richtung nur ganz wenig ebenfalls konvex.

d. Os Ulnare. Das Os ulnare (Abb. 48) artikuliert einerseits an das Os Rad. et intermed. mit halbmondförmiger Gelenkfläche und außerdem proximalwärts an den Radius, die Ulna und das Os Pisiforme. — Im morphologischen Teile wurde schon erwähnt, daß das Os Ulnare des Hundes gestaltlich ganz von

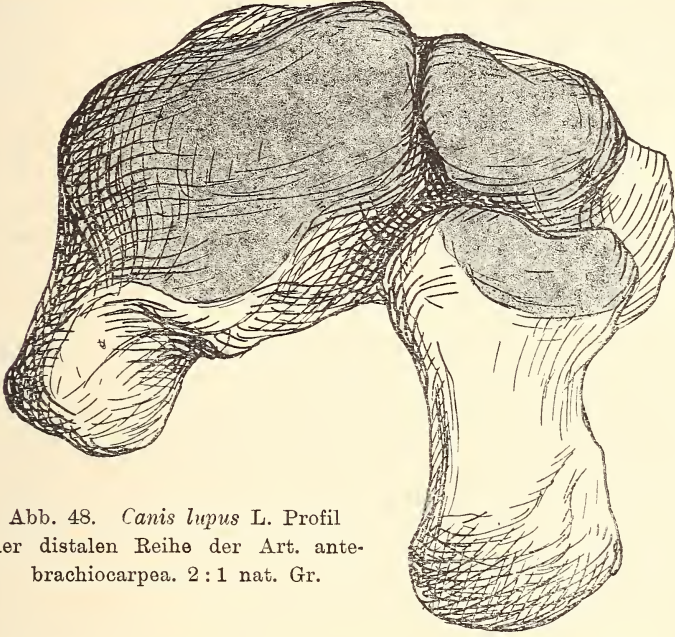


Abb. 48. *Canis lupus* L. Profil der distalen Reihe der Art. antebrachioarpea. 2:1 nat. Gr.

dem Os Ulnare der anderen untersuchten Tiere abweicht. Das hängt lediglich mit der Ausbildung der Gelenkfläche zusammen. So wird zunächst, im radialen Teile des Os Ulnare, die Konvexität des Os Rad. et intermed. in denselben Krümmungsintensitäten fortgesetzt. Es ist der Teil, der noch an die Radiusfacette gelenkt. Außerdem ist eine Fläche für die Ulna-Artikulation vorhanden, die sich ulnarwärts im volaren Teile an die obige Gelenkfläche ohne Unterbrechung anschließt. Sie liegt in einem rechten Winkel zu derselben und ist leicht dorsal-volar konvex. Am ulnaren Rande des Knochens biegt sie distalwärts um und bildet hier eine konkave pfannenförmige Vertiefung, in die der Proc. styl. ulnae hineingreift. Diese soeben beschriebene Artikulationsfläche zeigt nun eine auffallende Inkongruenz mit der Ulna-Gelenkfläche. Es erklärt sich dies daraus, daß das Os Ulnare in natürlicher Lage auffallend weit von der Ulna entfernt ist und es somit gar nicht zu einer innigen Berührung der Artikulationsflächen kommen kann. Diese Inkongruenz der Flächen wird aber durch eine diskusartige Bildung der zwischen Elle und Speiche gelegenen Gelenkklippe ausgeglichen. — Unmittelbar

an die für die Ulna-Artikulation bestimmte Fläche schließt sich die Gelenkfläche für das Os Pisiforme an, die annähernd flach und überhalbkreisförmig ist.

e. Os Pisiforme: Es besitzt eine ganz dem Os Ulnare entsprechende große, flache Facette (Abb. 48), die ebenfalls im Umriß überhalbkreisförmig ist und außerdem proximal-ulnarwärts eine längliche Fläche, die in proximal-radial-distalulnarer Richtung leicht konkav ist, und in der der Gelenkkopf des Proc. styl. ulnae spielt.

Wie das Röntgenbild und auch die Präparation zeigte, ist das Os Ulnare und das Os Rad. et intermed. sehr dicht aneinandergerückt, (Abb. 46, 48), ohne einen großen Gelenkspalt offen zu lassen. Im Gegenteil ist die Berührung beider Knochen durch die beiderseits zur Mediane hin ausgebildete halbmondförmige Gelenkfläche sehr innig.

b) Bandverbindungen in der Art. antebrachioarpea.

Wie oben schon erwähnt wurde, konnten Banduntersuchungen infolge stark fixierten Materials nur sehr mangelhaft durchgeführt werden. Da aber beim Hund eingehende Darstellungen des Bandapparates von KÖHLER 1902, SÜPPEL 1921 und KNIEPKAMP 1926 vorhanden sind, so sollen sie an dieser Stelle zur Vervollständigung unserer gelenkmechanischen Untersuchungen mit berücksichtigt werden.

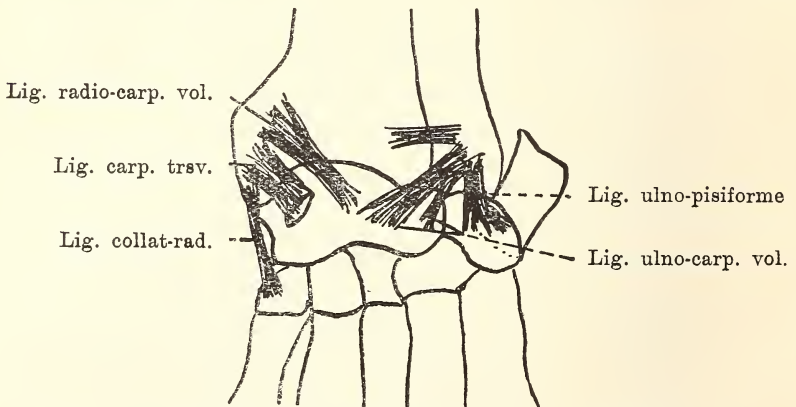


Abb. 49. *Canis lupus* L. Volare Bänder der Art. antebrachioarpea.

a) Volare Bänder (Abb. 49). Während beim Menschen die an der Elle und Speiche entspringenden Bänder sich über beide Carpalreihen erstrecken, gehen sie im Gegensatz dazu beim Hund nur an die erste Carpal-



reihe. Und zwar haben wir bei den volaren Bändern zwei Schichten übereinander zu unterscheiden. Zunächst die Ligamentum radio-carpeum vol., Lig. carpi trsv. und Lig. collat. radiale, die alle vom Proc. styl. radii entspringen. Während die ersten beiden Ligamente in der Hauptsache in der

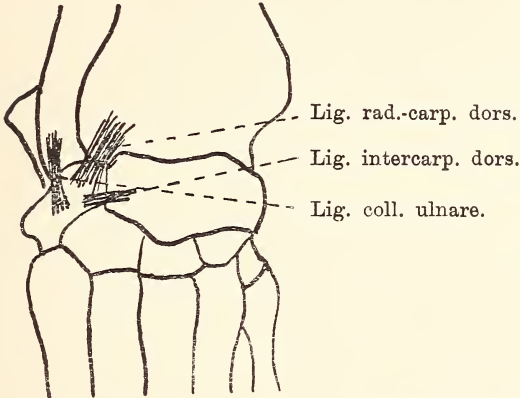


Abb. 50. *Canis lupus* L. Dorsale Bänder der Art. antebrachio-carpea.

Mitte des Os Rad. et intermed. endigen, und, was sehr wesentlich für unsere Untersuchungen ist, das Lig. radio-carpeum einen zur Längsachse des Radius fast queren Verlauf hat, gehen „Kantenfasern“ des Lig. carpi trsv. noch bis zum Os Pisiforme, und das Lig. collat. rad. endigt sogar ganz an dem Proc. carpi radialis.

Die andere Gruppe von Ligamenten entspringt von der Epiphyse der Ulna. Und zwar haben wir ein sehr starkes Band, Lig. ulno-carpeum vol., das auch schräg zur volaren Fläche des Os Rad. et intermed. verläuft und außerdem ein Lig. ulno-pisiforme, das eine schwache Verbindung der Ulna zum Os Pisiforme darstellt.

Neben diesen Bändern existiert noch das Lig. radiocarpeum interarticulare. Dieses Band, im Querschnitt einen dreieckigen Strang darstellend, entspringt an der ulnarvolaren Radiusgelenkflächenkante und endet in einer Grube der ulnaren Körperfläche des Os Rad. et intermed. Es hat nach KNIPEKAMP die Aufgabe, die Biegung des Carpus gegen den Vorderarm zu begrenzen. Außerdem aber hat es für uns Interesse, da es nach PARSONS einen Rest einer vollständigen Scheidewand darstellt, die die Art. antebrachio-carpea in eine ulnare und radiale Hälfte teilt, und die uns später noch beim Dachs und bei dem Fischotter beschäftigen wird.

β) Dorsale Bänder (Abb. 50). Von den dorsalen Bändern sind im

ganzen drei bekannt, die aber alle nur das Os Ulnare sichern, während das Os Rad. et intermed. dorsal vollkommen frei von Bändern bleibt.

1. Das Lig. radio-carpeum dors. Es entspringt am distalen, dorsal-ulnaren Rande des Radius und verläuft in einem Strang zum Proc. styl. ulnae, in einem anderen Bündel zur dorsalen Oberfläche des Os Ulnare.

2. Das Lig. collaterale ulnare breve verläuft am Rande des Carpus von der Elle zum Os Ulnare.

3. Das Lig. intercarpeum trsv. dors., das sich als sehr kurze, aber kräftige Verbindung von der dorsal-ulnaren Kante des Os Rad. et intermed. zum dorsal-radialen Rande des Os Ulnare hinzieht.

#### c) Bewegungen in der Art. antebrachioarpea.

In der Art. antebrachioarpea des Hundes sind am Os Rad. et intermed. bzw. am Radius zwei Gelenktypen zu konstatieren, über die mir zunächst einige allgemeine Bemerkungen gestattet seien, die besonders auch für unsere späteren Schlußfolgerungen von großer Bedeutung sein werden.

Es ist zunächst ein Eigelenk vorhanden, das sich uns im Os Rad. et intermed. offenbart und als dorsal-volar sowie ulnar-radial konvex beschrieben wurde. In einem solchen Gelenktyp sind zwei Achsen vorhanden, die sich senkrecht überkreuzen, aber nicht schneiden, und ferner auf nur einer Seite des Gelenkes liegen. Die Entfernung dieser beiden Achsen richtet sich nun nach den Krümmungsverhältnissen der Eifläche in der Längs- und Quer-richtung. Gehen wir von einem „Idealeigelenkkörper“ aus, wie ihn O. FISCHER konstruiert hat, dessen Formen ungefähr in der Mitte zwischen den zwei möglichen Eigelenkkörpern liegt, nämlich dem „Spindel“-Körper, der entsteht, wenn man einen Kreisbogen um dessen Sehne als Achse rotieren läßt und dem „Ringwurst“-Körper, dessen Entstehungsweise uns an anderer Stelle noch beschäftigen muß (pg. 152), so liegen die sich überkreuzenden, aber nicht schneidenden Achsen in einer bestimmten nach der Krümmung der Eifläche sich richtenden gegenseitigen Lage. Denkt man sich nun z. B. die vertikale Achse allmählich immer weiter sich von der Fläche entfernen, bis schließlich ins Unendliche, so wird die zugehörige Krümmung immer geringer werden, bis sie schließlich gleich Null geworden ist. Wir haben dann nur noch eine Wölbung um die andere, horizontale Achse zu konstatieren, d. h. aus dem Eigelenk ist ein Zylindergelenk geworden (Abb. 51, 52).

Andererseits können aber auch die beiden Eigelenkachsen aufeinander zurücken, bis sie sich schließlich in einem Punkt schneiden, d. h. daß die Krümmungsverhältnisse in beiden senkrecht aufeinanderstehenden Richtungen gleich geworden sind, daß der bei der Eifläche vorhandene Krümmungsunter-

schied weggefallen ist. Die Eifläche ist in eine Kugelfläche übergegangen. (Siehe Abb. 52, 53).

Vergleichen wir diese allgemeinen Verhältnisse mit den im Os Rad. et intermed. des Hundes vorhandenen, so haben wir in diesem Eigelenk einen

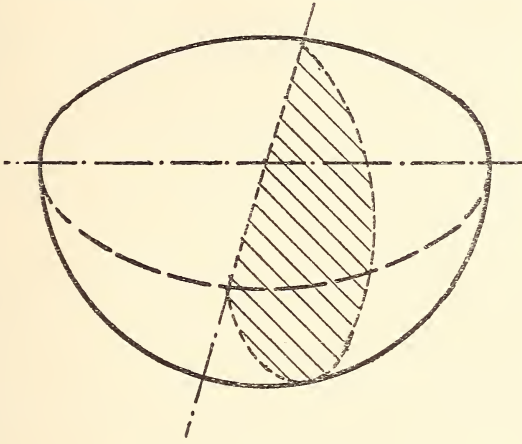


Abb. 53. Kugelgelenk.

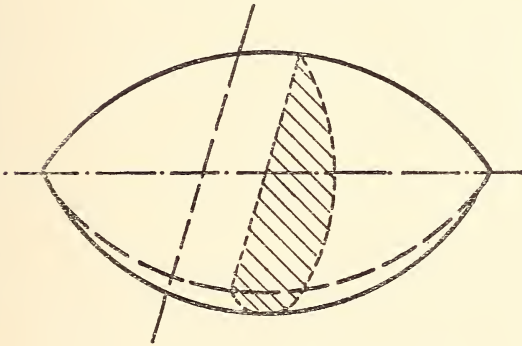


Abb. 52. Eigelenk.

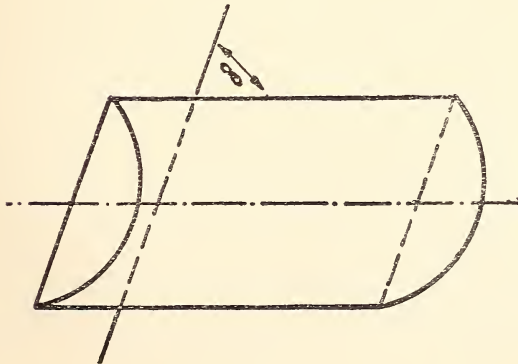


Abb. 51. Cylindergelenk.

Zustand, bei dem die vertikale Achse zwar noch nicht ganz unendlich weit von der Fläche abgerückt ist, aber immerhin so weit, daß die Krümmung der Fläche in ulnar-radialer Richtung äußerst gering ist. Wir haben also noch ein Eigelenk vor uns, das aber kurz vor dem Übergang in ein Zylindergelenk steht. Somit modifizieren sich auch die Bewegungen, die in einem Idealeigelenk möglich sind. Sie sind hier zu Gunsten der horizontalen Achse verschoben, wie wir unten noch genauer sehen werden.

Ferner haben wir einen Gelenktyp, der als Sattelgelenk identifiziert wurde. Wie schon A. FICK zeigte, besitzt ein Sattelgelenk zwei sich senkrecht überkreuzende auf verschiedenen Seiten des Gelenkspaltes gelegene Achsen, so daß für die eine Bewegung dasselbe Gelenkende einmal Gelenkkopf, für die andere Gelenkpfanne ist.

Diese beiden Gelenktypen vereinigt das Os Rad. et intermed. bzw. entsprechend der distale Abschnitt des Radius. Für die Bewegungen in diesem Knochen ist es nun für uns von großer Bedeutung, die Lage der Achsen dieser beiden Gelenke zueinander klar zu stellen. Die eine Eigelenkachse verläuft genau horizontal (radial-ulnar), während die andere dazu senkrechte schon sehr weit von der proximalen Seite des Os Rad. et intermed. abgerückt ist. Außerdem haben wir zwei senkrecht sich überkreuzende Achsen im Sattelgelenk an der radial-volaren Seite des Os Rad. et intermed., von denen die Achse des Sattelrückens ulnardorsal-radialvolar — also genau senkrecht wie der Sattelrücken im Radius — die andere senkrecht dazu auf verschiedenen Seiten verlaufen. Die Achse der Sattelpfanne (siehe Längsrichtung des Sattelrückens im Radius) bildet also in proximaler Aufsicht mit der horizontalen Eigelenkachse einen nach ulnar offenen Winkel, dessen Schenkel sich aber nicht schneiden, da sie in verschiedenen Ebenen liegen. Da das Os Rad. et intermed. bei weitem der größte Knochen der Art. antebrachio-carpea ist, so beherrscht er auch in seinen Bewegungen den ganzen Gelenkabschnitt. Die Bewegungen des Os Ulnare, sowie des Os Pisiforme stehen ganz unter seinem Einfluß. Gehen wir von der extremsten Streckstellung aus, so können wir konstatieren, daß sie durchaus der am Anfang dieses speziellen Teiles definierten Mittelstellung entspricht, eine Dorsalflexion der proximalen Reihe also vollständig ausfällt. In dieser Stellung — die beim Hund stets in der Ruhe, beim gewöhnlichen Stehen eingenommen wird — werden die dorsalen Ränder der Radiusfacette und die dorsalen Teile des Os Rad. et intermed. und des Os Ulnare aneinandergedrückt, während die volaren Ränder der artikulierenden Flächen voneinander abgehoben werden. Allerdings läßt die Betrachtung der Os Rad. et intermed. Gelenkfläche, die nach der Dorsalseite hin weiter überknorpelt ist, den Gedanken aufkommen,

daß eine geringe Dorsalbewegung dieses Knochens möglich sei. Bestärkt wird man durch das asymmetrische Verhalten der Radiusfläche, deren oberer Radiusrand (in der Seitenansicht) dorsalwärts weiter über die Os Rad. et intermed. Fläche hinübergreift als volarwärts. Dies trifft aber durchaus nicht zu, denn ein solches Verhalten entspricht lediglich der eigentümlichen Pfannenbildung des Radius, die ja leicht volarwärts geneigt ist. (S. Seite 142). In dem beigegefügtten Röntgenbilde (Tafel XV, Abb. 115) kommt diese Tatsache leider nicht so zum Ausdruck, denn wir haben das Bild eines jungen russischen Barsois vor uns, dessen Epiphysenbildungen in dieser Richtung variieren. Wolf und große Schäferhunde zeigen diese Dinge besser. Die Ulna tangiert in dieser Stellung nur mit dem distalsten Teile ihres Proc. styloideus den radialen Teil der fast ebenen Os Pisiforme-Facette; ihre Gelenkflächen stehen also in einem rechten Winkel zueinander.

Tritt nun Beugung des Gelenkes ein, so ist es praktisch, die wirklich stattfindende Bewegung in zwei Bewegungsarten zu zerlegen: 1) Volarbeugung, 2) Radiale Seitenverschiebung im supinatorischen Sinne. Beide Bewegungen sind jedoch zum Schluß der Beugung nicht mehr voneinander zu trennen. Es kann dann die eine Bewegung nicht ausgeführt werden, ohne daß zugleich die andere mehr oder weniger stark eintritt.

1. Die Volar-Beugung erfolgt um eine radialulnare Achse, die entsprechend den Krümmungsverhältnissen der proximalen Carpalia quer durch die distale Carpusreihe verläuft. Diese Bewegung ist nur im ersten Teil der Beugung als reine Volarflexion möglich. Sie hat in dieser reinen Form ein Ende, wenn im Verlauf der Beugung die Sattelflächen berührt werden. Dann erfolgt

2. radiale Seitenverschiebung im supinatorischen Sinne. Dies läßt sich dadurch erklären, daß wir ja in einem Sattelgelenk zwei einander senkrecht sich überkreuzende Achsen haben, die hier einmal von ulnarproximal nach distal-radial, das andere Mal senkrecht dazu (ulnardorsalradialvolar) verlaufen. Bewegungen wären also jeweils getrennt um eine dieser beiden Achsen ausführbar. Bei *Canis* aber werden diese Bewegungen kombiniert, da wir ja außerdem noch das Eigelenk berücksichtigen müssen, das volarflektorisch einwirkt. Wir erhalten somit die zunächst paradoxe Tatsache, daß sich das Os Rad. et intermed. gleichzeitig um mehrere Achsen bewegt, die verschiedenen Ebenen angehören. Nach Analogie des Satzes vom Parallelogramm der Kräfte läßt sich aber eine Achsenkomposition vornehmen, und es resultiert eine Achse, um die eine schraubenförmige Bewegung stattfindet. Um diese neue Achse wird die Beugung fortgesetzt und es findet außerdem ein Vergleiten längs dieser Achse nach radial statt, das seine

Begrenzung durch das Lig. radio-carpeum interarticulare erfährt. So stellt also der eine Teil der Gelenkfläche die Hemmfläche für den anderen dar. Sattelgelenk und Eigelenk sind voneinander abhängig. Beugung um eine neue Achse und gleichseitige radiale Seitenverschiebung ergeben eine Beugung im supinatorischen Sinne, d. h. eine schraubende Bewegung, wie wir diese Seitenverschiebung im supinatorischen Sinne auch nennen können. Bei dieser Beugung mit gleichzeitigem Vergleiten kippt am Ende der Bewegung das Os Rad. et intermed. um die schrägstehende volare Kante der Radiusfacette herum, so daß dorsalwärts ziemliches Klaffen des Gelenkspaltes eintritt, was uns auch das Röntgenbild (Tafel XV, Abb. 116) sehr deutlich zeigt.

Die Bewegungen in dem Os Ulnare und dem Os Pisiforme werden, wie schon oben erwähnt wurde, vollständig von den Bewegungen des Os Rad. et intermed. beeinflusst. Das Os Ulnare dreht sich mit seiner dorsal-volaren Konvexität in der mit einer diskusartig verbreiterten Bandmasse versehenen entsprechenden Hohlfäche der Ulna. Während das Zentrum der im Anfange vorhandenen Volarflexion zwischen Os Rad. et intermed. und Os Ulnare liegt, wird es im übrigen Teil der Bewegung unter die Volarante des Os Rad. et intermed. in die Nähe des Proc. carpi rad. verlegt und das Os Ulnare folgt der Beugung im supinatorischen Sinne.

Das Os Pisiforme Gelenk zeigt in der Ausgangsstellung mit dem Proc. styl. ulnae einen rechten Winkel und kommt im Laufe der Bewegung immer mehr zum Schließen, was nur dadurch erreicht werden kann, daß es die Seitenverschiebung mitmacht und bei gleichzeitiger Beugung an der Ulna vorbeigezogen wird.

Intercarpale Bewegungen der Knochen der ersten Reihe unter sich sind im äußerst beschränkten Maße möglich. Besonders hervorzuheben ist, daß das Gelenk zwischen Os Pisiforme und Os Ulnare, das ja fast ebene Gelenkflächen aufweist, auch nur ganz geringe Verschiebungen zuläßt. Beide Knochen werden durch den Bandapparat fest aneinandergedreht, so daß sich der Zug des Musc. flex. carp. ulnaris ohne weiteres auf das Os Ulnare und damit auf die erste Carpalreihe fortsetzen kann.

Es wurde beim Os Rad. et intermed. immer von einer Eigelenkfläche gesprochen. Wir haben aber nur Bewegungen um die eine radial-ulnare Achse konstatieren können. Theoretisch muß aber ein Eigelenk auch Bewegungen um die dazu senkrechte, dorsal-volare Achse gestatten, d. h. also Bewegungen im ad- bzw. abduktorischen Sinne. Nun verläuft aber diese dorsal-volare Achse bei *Canis* — wie schon des öfteren hervorgehoben wurde — in ziemlicher Entfernung von der Gelenkfläche, d. h. die Krümmung der Fläche ist sehr gering, so daß geringe Seitenbewegungen nach der Beschaffenheit der

Fläche durchaus möglich sind. Aber das lebende Tier und auch das Präparat zeigen solche Bewegungen garnicht. Sie werden durch die Handwurzelbänder gehemmt, die ja (s. o.) auf der volaren Seite des Handgelenkes einmal vom Radius, das andere Mal von der Ulna nach der ersten Gelenkreihe konvergieren und diese Carpalknochen in abduktorischer Beziehung total fixieren. Somit verhält sich das Eigenknochen des Os Rad. et intermed. praktisch wie ein Zylindergelenk, es führt nur Bewegungen im vorlarfektorischen Sinne aus. (Die Flexionen im supinatorischen Sinne werden vom Bandapparat zugelassen, da sie ja mehr Rotationen um eine proximo-distale Längsachse gleichen). Ein weiteres „Verdienst“ der Gelenkbänder ist noch die schon oben konstatierte Ausschaltung der Dorsalflexion der Proximalreihe.

### 5. Articulatio intercarpea.

a) Gelenkflächen der Art. intercarpea (Abb. 56, 57).

Die proximale Reihe der Carpalia (Os Rad. et intermed. und Os Ulnare) wendet der Gelenkspalte ausschließlich konkave Gelenkflächen zu.

α) Os Rad. et intermed.: Wir haben in diesem Knochen drei Flächen, die schon im morphologischen Teile der Arbeit mit Fac. art. medialis, Fac. art. capitati, und Fac. art. hamati bezeichnet wurden (Abb. 56).

Die Fac. art. medialis, für die Ossa Carpalia I und II Artikulation bietend, hat ellipsoidförmige Gestalt. Ihr langer Durchmesser verläuft von

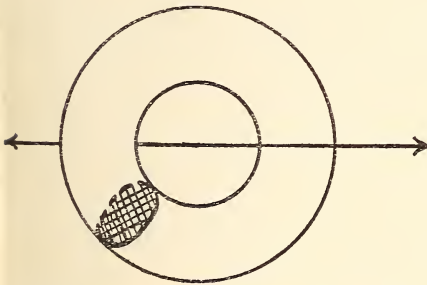


Abb. 54. (nach R. FICK 1910).

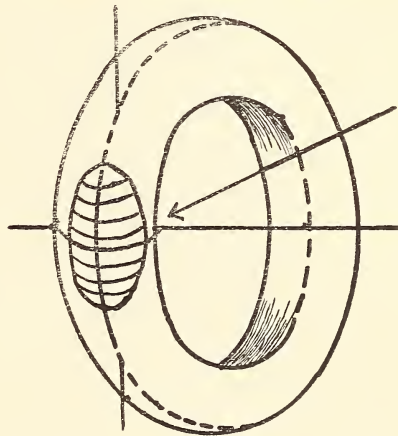


Abb. 55.

ulnardorsal nach radialvolar, ihr kurzer Durchmesser senkrecht dazu. Sie ist konkav. Nur der ulnare und zwar im dorsalen Teile des Knochens gelegene Rand begrenzt mit einer deutlichen Kante die mittelste Gelenkfläche, die Fac. art. capitati. Auch sie ist eine Eifläche, die man als Teilstück einer

„Ringwurstfläche“ auffassen kann. Dazu sei erläuternd bemerkt, das man zu solchen Eiflächen, wie W. HENKE es vorgeschlagen hat, folgendermaßen gelangen kann: „Man denke sich einen Kreis (in Abb. 54 schraffiert) um eine außerhalb desselben aber in seiner Ebene liegenden Achse rotieren, dann erhält man einen ringförmigen Körper (eine zu einem Ring zusammengelegte Wurst oder einen aufgeblasenen Fahrrad- oder Kraftwagenumring)“ (zitiert nach R. FICK). Schneidet man nun aus einer solchen Ringwurst einen Teil der Oberfläche, die man oval begrenzt hat, heraus, so erhält man eine Eigelienfläche, die, wenn man sie von innen her (siehe Pfeilrichtung in Abb. 55) betrachtet, unserer Fac. art. capitati durchaus ähnelt, wobei ich auf das mutatis mutandis meiner einleitenden Bemerkungen dieses Teiles nochmals hinweisen möchte (Seite 135). Ihr langer Durchmesser liegt genau dorsal-volar, ihr kleiner senkrecht dazu (radial-ulnar). Sie ist sehr stark konkav ausgehöhlt. Nur der dorsale Rand verläuft nicht im Sinne der Eigelienkrümmung, sondern hebt sich flach vom übrigen Teile ab.

Die — nur durch eine Kante getrennt — sich unmittelbar anschließende Fac. art. hamati ist ebenfalls eine Eigelienfläche. Auch sie läßt sich durchaus als ein Teil einer „Ringwurstfläche“ auffassen, wobei sie aber breiter und

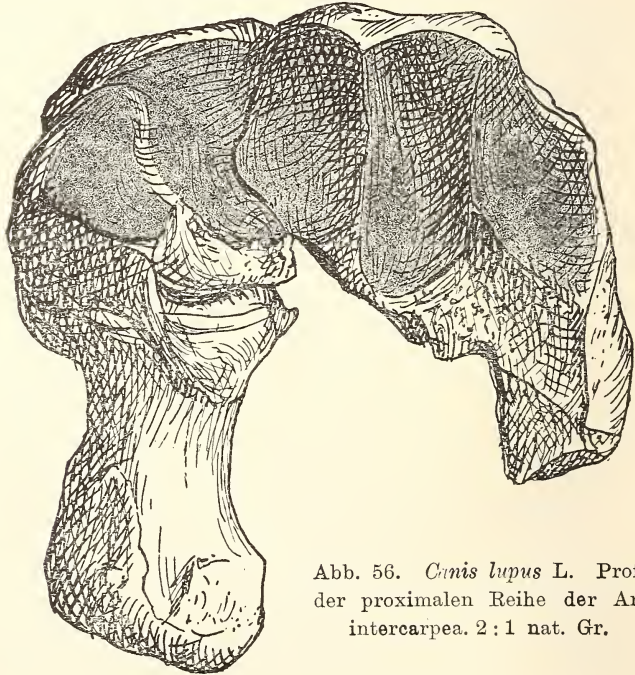


Abb. 56. *Canis lupus* L. Profil der proximalen Reihe der Art. intercarpea. 2 : 1 nat. Gr.



in beiden Richtungen flacher konkav ist als ihre Nachbarfacette. Ihr dorsal-volarer langer Durchmesser ist ungefähr ein Drittel kürzer als der der Fac. art. capitati. Am volaren Rande geht sie in eine starke Abflachung über, die zur Fac. art. hamati-Fläche in schräger distal-proximaler Ebene liegt. Sie ist dreieckförmig ausgebildet. Die eine Seite zieht sich radialwärts am äußeren Rande der Fac. art. capitati hinauf. Dadurch erhält sie ulnar-radial konkaven Charakter. Sie dient, wie wir unten sehen werden, dem Hamulus ossis hamati zur Artikulation. Außerdem schaut die ganze Fac. art. hamati ein wenig ulnarwärts, der kleine Durchmesser verläuft also proximalulnar-distalradial.

β. Os Ulnare: Die distale Oberfläche des Os Ulnare enthält zwei getrennte Gelenkflächen (Abb. 56), die beide radial einwärts gerichtet sind. Die größere von ihnen, die mit dem Os Carpale IV + V artikuliert, schließt sich unmittelbar an die Fac. art. hamati mit einem stumpfen, distal offenen Winkel an. Sie setzt die dorsalen und volaren Ränder der Hamatifläche fort, ist im Umriß halbkugelförmig (Peripherie ulnarwärts), hat aber sonst ähnlichen Eigelenkcharakter wie die Fac. art. hamati. Sie bildet mit ihr eine gelenkmechanische Einheit. Zu erwähnen ist noch ein leicht sattelförmiges Gebilde im dorsalen Teile dieser Gelenkfläche.

Die andere Gelenkfläche, die wesentlich kleiner ist, liegt ganz im ulnar-volaren Teil des Knochens auf dem Os Ulnare-Köpfchen und hat kreisförmige Gestalt.

γ. Ossa Carpalia: Es sind hier ausschließlich konvexe Flächen vorhanden, die in ihrer Gestalt ein vollständiges Abbild der Gelenkflächen der Proximalreihe darstellen.

Die Ossa Carpalia I und II artikulieren gemeinsam in die Fac. art. medialis, und zwar liegt das Os Carpale I direkt volar von Os Carpale II.

Das Os Carpale I besitzt eine oval bis runde Fläche von leicht konvexer Krümmung, die nur den dorsalen Teil des Os C. I bedeckt. Daran schließt sich unmittelbar nach dorsal die dreieckige (Spitze dorsal, Basis volar) ebenfalls konvexe Gelenkfläche des Os C II. Diese beiden Carpalia bilden zusammen ein Ganzes und haben zusammen den entsprechenden ellipsoidförmigen Gelenkcharakter.

Das Os Carpale III gelenkt in die Fac. art. capitati des Os Rad. et intermed. Der an sich stark komprimierte Knochen enthält auf seiner Proximalseite eine der Capitati-Ringwurstfläche entsprechende Gelenkfläche, die sich im dorsalen Teile verbreitert und nicht mehr im Sinne der Krümmung weiter verläuft, sondern flach nach der proximalen Seite umbiegt.

Das Os Carpale IV + V enthält zwei winklig durch eine von dorsal-radial- nach volar-ulnar verlaufende schräge Kante aneinanderstoßende Gelenkflächen, die für die Fac. art. hamati im Os Rad. et intermed. und für die größere Os Ulnare-Fläche bestimmt sind. Beide Gelenke besitzen denselben eiförmigen Charakter wie ihre entsprechenden Flächen. Ebenfalls ist im dorsalen Teile der ulnaren Gelenkfläche eine sattelförmige Bildung, ganz der des Os Ulnare entsprechend, vorhanden. An der anderen für die Fac. art. hamati bestimmte Gelenkfläche ist gewissermaßen als Fortsetzung der Gelenkfläche ein ziemlich stark ausgeprägter Hamulus ossis hamati vorhanden,

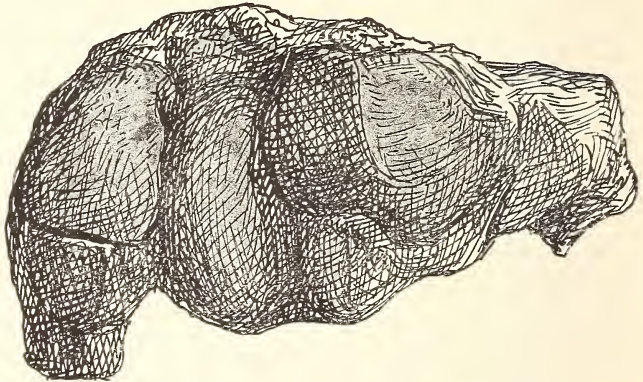


Abb. 57. *Canis lupus* L. Profil der distalen Reihe der Art. intercarpea. (Beachte besonders die subordinierte Lage des Os C I unter dem Os C II!) 2:1 nat. Gr.

der in der ganzen proximalen Ansicht Gelenkflächencharakter trägt und in die kleine dreieckige Facette, die sich volar von der Fac. art. hamati befindet, artikuliert.

#### b) Bandverbindungen der Art. intercarpea.

a. Volare Bänder (Abb. 58). Von den volaren Bändern interessieren uns besonders die Ligg. carpometacarpea ulnaria longa, die vom volaren Teile des Os Pisiforme entspringen und zum Metacarpale IV und V verlaufen. Sie bilden die Fortsetzung der Sehne des Musc. flex. carp. ulnaris, der an das Os Pisiforme inseriert. So kommt den Bändern die funktionelle Aufgabe zu, einerseits den Zug dieses ulnaren Beugemuskels auf den Metacarpus zu übertragen, andererseits aber auch die Dorsalflexion des vierten und fünften Metacarpale zu verhindern. — Ferner existieren Bandverbindungen zwischen Os Pisiforme und Os Rad. et intermed., und Os Ulnare und Os Rad. et intermed..

β. Dorsale Bänder (Abb. 59). Auf der Handrückenseite existieren Bandverbindungen zwischen Os Ulnare und dem Os Carpale IV + V und zwischen dem Os Rad. et intermed. und den Ossa Carpalia II und III, die mit dem gemeinsamen Namen Lig. intercarp. dorsalia bezeichnet werden.

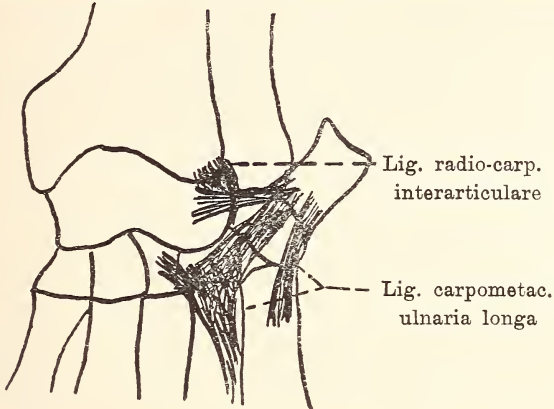


Abb. 58. *Canis lupus* L. Volare Bänder der Art. intercarpea.

c) Bewegungen in der Art. intercarpea.

Wie in der Art. antebrachioarpea, so spielt auch hier in der Art. intercarpea das Os Rad. et intermed. die Hauptrolle. Gerade durch seine

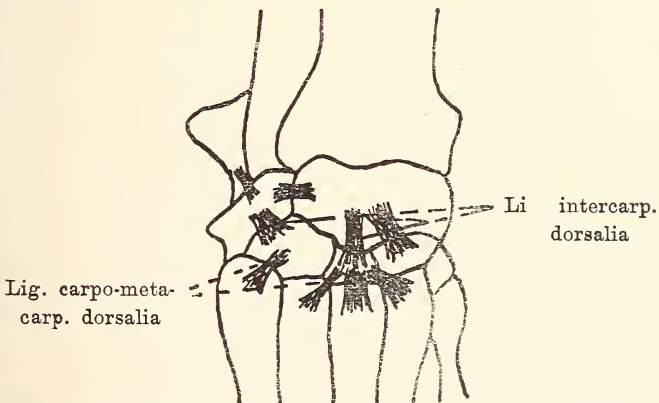


Abb. 59. *Canis lupus* L. Dorsale Bänder der Art. intercarpea.

ausgiebige Artikulation mit der zweiten Carpusreihe wird es für die hier stattfindenden Bewegungen gangbestimmend.

Wie es sich herausgestellt hat, läuft die Hauptdrehungsachse genau ulnar-radial. Die Bewegungen sind lediglich Volarflexionen. Ausgangspunkt

der Bewegung ist wieder, wie in der Art. antebrachioarpea, die „Mittelstellung“, in der die dorsalen Gelenkränder aller beteiligten Carpalknochen vollständig schließen. Eine Dorsalflexion ist nicht möglich. Sie wird verhindert durch die Ligg. carpometacarpea ulnaria longa und zwar in der Art. intercarpea indirekt, da die Bänder an die Metacarpalia IV und V ansetzen. Eine Verhinderung dieser Mittelhandknochen an der Dorsalflexion hat aber auch eine Verhinderung des Os C IV + V an der Dorsalflexion zur Folge. Ferner bildet der dorsale Teil des Os C III mit seiner flachen, proximalwärts umgebogenen Gelenkfläche eine Hemmfläche für die Dorsalflexion aus. (Vgl. Röntgenaufnahme Tafel XV u. XVI, Abb. 114 u. 115).

Die in diesem Gelenkabschnitt stattfindenden Bewegungen sind also, wie gesagt, nur volarflektorischer Art um eine ulnar-radiale Achse. Diese Flexionen sind besonders stark in den drei radialen Carpalknochen (Os C I, Os C II, Os C III). Das Os C IV + V hat im Verhältnis zu seinen benachbarten Carpalknochen eine relativ kleinere Excursionsbreite. Es ist dies auch ohne weiteres aus der Lage der Gelenkflächen zu erklären. Das Os C IV + V besitzt nämlich am volaren Rande eine für die Volarflexion mächtig ausgebildete Hemmfläche, die die Proximalfläche des Hamulus ossis hamati trägt. Wenn diese also in Kontakt mit der entsprechenden Facette des Os Rad. et intermed. kommt, ist ein weiteres Fortschreiten der Volarflexion des Os C IV + V unmöglich gemacht. Die anderen Carpalia können dann aber noch weiter flektieren, bis die Gelenkspalte am Os C II leicht klappt (siehe Röntgenaufnahme Taf. XVI, Abb. 116) und das kleine Os C I vollständig auf die ellipsoidförmige Fac. art. medialis gerückt ist, was sie in der „Mittelstellung“ nur zum Teil tut. Deswegen muß dafür gesorgt sein, daß die sonst eng zusammenhängenden Carpalknochen aneinander entlang gleiten können. So ist es in diesem Zusammenhange zu verstehen, daß zwischen den Ossa C III und C IV + V eine Artikulationsfläche ausgebildet ist, die sich in einem breiten distal-proximalen Streifen über den ganzen dorsalen Teil der artikulierenden Flächen zieht, und der sich am proximalen Rande sogar noch verbreitert. Diese Gelenkfacette, die noch einen Unterstützungspunkt im volaren Teil der artikulierenden Flächen erhält, gestattet das Vorbeigleiten der Ossa C III und C IV + V. Damit soll nun aber nicht behauptet werden, daß der ulnare Teil der Hand weniger gebeugt werden könnte als der radiale. Wie wir im nächsten Abschnitt sehen werden, wird dieses „Minus“ an Bewegungen im Os C IV + V durch die Metacarpalia IV und V ausgeglichen. Die übrigen Carpalia, wobei ich die Ossa C I und C II, die miteinander eine Artikulationsfläche besitzen, vom funktionellen Standpunkte aus als eine Einheit betrachten muß, denn sie liegen untereinander und bilden in der Fac. art. medialis eine

gelenkmechanische Einheit — haben unter sich keine Artikulationsflächen ausgebildet und wirken somit unbeweglich zusammengeschlossen, als ein einheitliches System.

Gänzlich vermißt werden auch ulnare, bzw. radiale Abduktionsbewegungen. Dies mag zunächst merkwürdig erscheinen, da wir doch eiförmige Gelenkflächen konstatiert haben, und wir aus vorigen Erörterungen wissen, daß in solchen Gelenken Bewegungen mindestens um zwei sich senkrecht überkreuzende Achsen stattfinden. Die Eiflächen in diesem Gelenkabschnitt entsprechen aber zum größten Teil sogenannten Ringwurstflächen. In diesen sind kongruent gleitende Bewegungen um die „Erzeugungssachse“ AA durchaus möglich. Nun müßte aber auch um die dazu senkrechte Achse A'A' (siehe Abb. 60) eine Bewegung stattfinden können. Das ist aber, wie wir sehen werden, nicht möglich; denn — ich zitiere R. FICK — wie man sich am

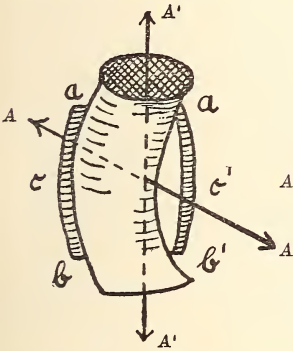


Abb. 60. (n. R. FICK 1910).

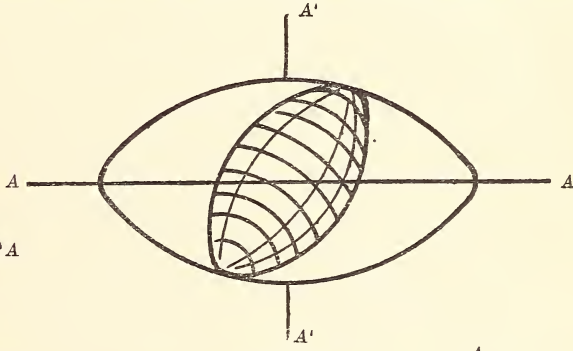
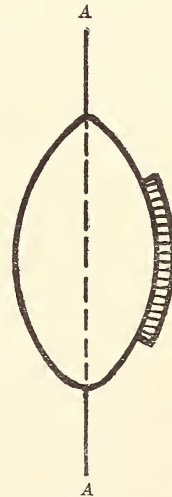


Abb. 61.

besten auf einem Längsschnitt durch das Elementenpaar klar macht, (siehe Abb. 60) zeigt „der Durchschnitt a c b der Eischale der Außenseite der Ringwurst zugewendet, eine konkave Höhlung. Würde die hohle Eischale um 180 Grad um die vertikale Achse A'A' herumgedreht, so käme a c b in die Stellung a' c' b'. Man erkennt auf den ersten Blick, daß in diesem Falle ein klaffender Spalt zwischen den Elementen eintreten würde, weil die Konkavität a' c' b' sich natürlich nicht der ebenfalls konkaven Innenseite der Ringwurst anschmiegen kann. Eine Inkongruenz der Elemente tritt aber natürlich auch schon bei kleinen Drehungen um die vertikale Achse A'A' auf, (nicht erst bei der eben betrachteten Drehung von 180 Grad) und kann daher auch da nur durch eine beträchtliche

Abb. 62.  
(n. R. FICK 1910).

Deformierung des Knorpels einigermaßen ausgeglichen werden.“ Da eine solche, beträchtliche Knorpeldeformation in unserem Gelenkabschnitt gar nicht möglich ist, kann eine Bewegung um eine vertikale Achse also auch nicht stattfinden. Dies trifft für die Eifläche an der Radialseite des Os C IV + V und an der proximalen Seite des Os C III zu.

Es wäre aber noch denkbar, daß die eine Einheit bildenden Ossa C I und C II Bewegungen um eine vertikale Achse ausführen könnten. Hier spricht aber eine ähnliche Überlegung dagegen. Die ellipsoidförmige Fac. art. medialis verkörpert uns eine Eifläche, die uns einen ellipsoidförmigen Ausschnitt aus einem „spindelförmigen“ Eikörper (siehe Abb. 61) darstellt.

Die Krümmungsverhältnisse liegen daher einmal dorsal-volar, einmal radial-ulnar, nicht wie es bei oberflächlicher Betrachtung scheinen könnte im Sinne des Durchmessers des Ellipsoids bzw. senkrecht dazu.

Auf einem solchen „spindelförmigen“ Körper, der — wie auf Seite 146 dargestellt — durch Umdrehung eines Kreisabschnittes um die Achse A' A' entstanden gedacht werden kann, läßt sich eine entsprechend gekrümmte „Eischale“ wohl „um die vertikale Achse A' A' kongruent gleitend verschieben, (Abbildung 62) während sie in der Längsrichtung des Vollkörpers, d. h. um eine horizontale, senkrecht zur Achse A A stehende Achse nur bei Inanspruchnahme der Knorpeldeformierbarkeit noch einigermaßen gleitend verschoben werden kann.“

Eine Knorpeldeformierbarkeit ist aber auch hier in den verlangten Ausmaßen unmöglich, so daß also nur eine Bewegung um eine ulnar-radiale Drehungsachse (A A in Abb. 61, 62) stattfindet.

Randbewegungen im Sinne der radialen oder ulnaren Abduktion sind somit in der Art. intercarpea ausgeschaltet. Es finden einzig und allein nur Volarflexionen statt.

Im Vergleich mit dem Bewegungsumfang der ersten Carpusreihe, ist die einzig vorhandene Volarflexion der zweiten Carpusreihe sehr viel geringer.

## 6. Articulatio carpometacarpeae.

### a. Gelenkflächen der Art. carpometacarpeae.

#### I. Proximale Flächen. (Abb. 63).

Die vier distalen Flächen der Carpalia sind alle dorsal breiter als volar. Dadurch kommt, besonders auf der radialen Seite, wo das Os C I vollständig unter dem Os C II liegt, eine starke Gewölbekonstruktion der Hand zustande. Die Flächen selbst haben alle keine einfache, gleichmäßig gekrümmte Gestalt. Man kann sie demnach mit keinem bekannten Gelenkkörper vergleichen. Sie gehören zu den „Art. irregulares“ R. FICK's.

$\alpha$ . Os Carpale I: Das Os C I hat eine ungefähr halbmondförmige distal-radial-volar gerichtete Gelenkfläche für den ersten Finger. Sie ist annähernd sattelförmig gestaltet. Außerdem befindet sich auf der ulnaren Seite des Knochens eine ulnar-dorsale Fläche für das Metacarpale II.

$\beta$ . Os Carpale II: Dieser Knochen schließt sich unmittelbar mit einer dreieckigen Gelenkfläche (Spitze volar) an das Os C I an. Es liegt von allen Carpalknochen am weitesten proximal, d. h. seine distale Fläche liegt nicht in derselben Ebene wie die übrigen Carpalfächen, sondern tiefer, proximalwärts. Dadurch rückt das hieran artikulierende Metacarpale II in den Carpus hinein. In der Mitte des Os C II zieht sich in dorsal-volarer Richtung eine Gelenkleihte hin. Dadurch ist die Fläche nicht nur dorsal-volar konkav, sondern auch radial-ulnar konkav.

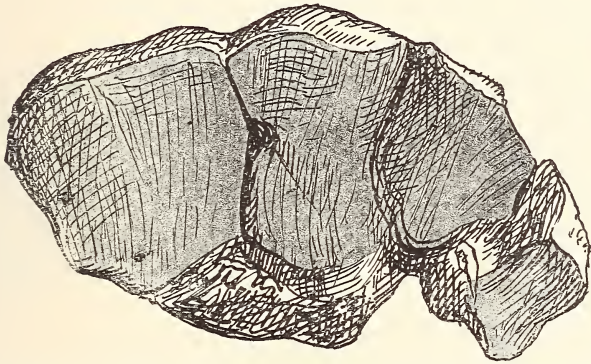


Abb. 63. *Canis lupus* L. Profil der proximalen Reihe der Art. carpometacarpeae. 2:1 nat. Gr.

$\gamma$ . Os Carpale III: Das Os C III hat die Gestalt eines unregelmäßigen Vierecks. Es ist dorsal breiter als volar, dorsal-volar konkav, teilweise, besonders in der Mitte, aber gleichzeitig konvex. Mit Ausnahme eines ulnar-volaren Teiles dient es der Artikulation des Metacarpale III. Besonders bemerkenswert sind an dieser Fläche die dorsal-radiale Ecke, die leicht nach der proximalen und die dorsal-ulnare Ecke, die nach der distalen Seite eingebogen sind. Es sind, wie wir sehen werden, Hemmflächen, dazu da, Bewegungen des Metacarpale III nur in einer Richtung zu gestatten.

$\delta$ . Os Carpale IV + V bietet mit seiner großen Fläche den Metacarpalia IV und V Artikulationsgelegenheit. Daher ist seine Gelenkfläche bei weitem die größte der distalen Carpalknochen. Auch sie ist volar schmäler als dorsal und ist in der Hauptsache dorsal-volar konkav. In der Mitte zieht

sich eine Erhebung von dorsal nach volar, die die Begrenzung der beiden zusammenstoßenden Metacarpalia IV und V angibt.

## II. Distale Flächen (Abb. 64).

Die proximalen Flächen an den Basisenden der Metacarpalia sind denen der Carpalia ganz analog ausgebildet.

Besonders hervorzuheben sind die tiefen, keilförmigen Einschnitte der Metacarpalia I, II und III. Ferner ist auffallend, daß drei Metacarpalia nicht nur mit einem zugehörigen Carpalknochen artikulieren, sondern mit zwei, bzw. drei Carpalknochen zugleich, also eine doppelte bzw. dreifache Eingelenkung im Carpus vorhanden ist. So artikuliert der Mc II in der Hauptsache mit dem Os C II, tangiert aber außerdem an der radialen Seite in radialer Front das Os C I, und an der ulnaren Seite in ulnarer Front das Os C III. Dadurch ist das Mc II mit seiner proximalen Basisfläche tief in

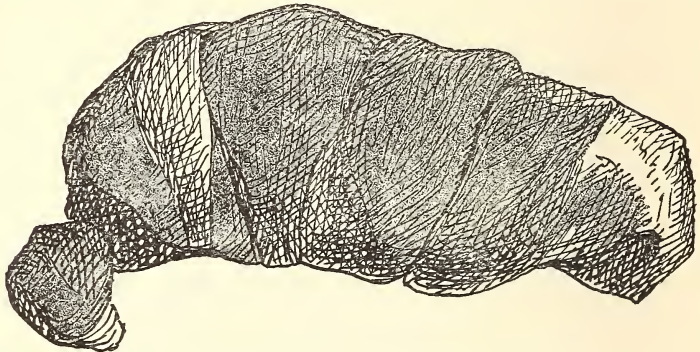


Abb. 64. *Canis lupus* L. Profil der distalen Reihe der Art. carpometa-carpeae. 2:1 nat. Gr.

den Carpus hineingerückt. Auch die Metacarpalia IV und V haben außer ihrer gemeinsamen Gelenkung mit dem Os C IV + V noch eine weitere Verbindung und zwar Mc IV mit dem ulnar-volaren Teile der distalen Os C III-Fläche, und das Mc V noch mit dem köpfchenförmigen Gebilde des Os Ulnare (vgl. hierzu Abb. 46).

Diese Art der Gelenkung gibt dem Gelenkspalt eine ungeheure Festigkeit, außerdem aber dienen einige Flächen dazu, seitliche Bewegungen zu verhindern (siehe Teil c).

### b) Bandverbindungen der Art. carpometa-carpeae.

α. Volare Bänder (Abb. 58). Diese sind bereits beim vorigen Gelenkspalt erwähnt worden: Es sind die Ligg. carpometa-carpeae, die vom Os Pisiforme zu den Basen der Metacarpalia IV und V laufen und dadurch auch für den vorigen Gelenkabschnitt Bedeutung haben.



β. Dorsale Bänder (Abb. 59). Es sind die Ligg. carpometacarp. dorsalia, die einmal vom Os C III zu den Metacarpalia II, III und IV verlaufen, ferner von Os C IV + V zum Mc V einen Bandzug entsenden.

c) Bewegungen in der Art. carpometacarpeae.

In den Handwurzel-Mittelhandgelenken sind nur wenige ausgiebige Bewegungen möglich. Trotz großer unregelmäßiger Gestaltung der Gelenkflächen sind nur Bewegungen in einer Richtung ausführbar. In der „Mittelstellung“ des Gelenkabschnittes, von der wir wiederum ausgehen können, sind die dorsalen Ränder der Carpalia und der Metacarpalia aufeinandergepreßt. Tritt jetzt Beugung ein, so heben sich die dorsalen Ränder voneinander ab, und die Metacarpalia gleiten nur wenig an den Carpalia entlang. Die Bewegung ist lediglich eine Volarflexion um eine radial-ulnare Achse. Jetzt wird uns auch die unregelmäßige Gestaltung der Gelenkflächen klarer. Sie haben die Aufgabe, nur diese Bewegung zu unterstützen. Die tiefen Furchen in den Metacarpalia I, II und III, die alle genau dorsal-volar verlaufen, ferner die seitlichen Einbiegungen am Os C III machen diese Volarflexion zu einer reinen zwangsläufigen Scharnierbewegung (s. Röntgenaufnahme Tafel XVI, Abb. 115, 116).

Es bedarf jetzt noch eines Blickes auf die Bewegung im Os C IV + V-Gelenk. Im vorigen Abschnitt wurde darauf hingewiesen, daß das Os C IV + V geringere Bewegungsmöglichkeit besitzt als die benachbarten Carpalknochen der distalen Reihe. Dies würde also bedeuten, daß das Mc IV + V nicht so weit gebeugt werden kann wie die übrigen Carpalia. Wir sehen nun aber in dem Carpometacarpalgelenk diesen Nachteil in der Bewegung ausgeglichen: Wie Messungen ergaben, ist die Exkursionsbreite der Mc IV und V um ca. 8 Grad größer als die der anderen Metacarpalia. Eine Dorsalflexion findet nicht statt. Ebenso fehlen Seitenbewegungen im Sinne der radialen oder ulnaren Abduktion. Zur Verhinderung dieser Bewegungen sind die senkrecht zur ulnar-radialen Richtung verlaufenden Gelenkflächen am Os C III und am Os C I, ferner die auf dem köpfchenförmigen Teil des Os Ulnare gelegene, radialwärts schauende Gelenkfläche als Hemmflächen ausgebildet.

So können wir also die an diesem Gelenkabschnitt vorhandenen Unregelmäßigkeiten der Gelenkflächen ganz durch den „Mechanismus“ der Art. carpometacarpeae erklären. Die gleichzeitige Verwendung von Flächen zu Hemm- und Stützflächen — zu letzteren kann auch noch die bisher funktionell nicht erwähnte ulnar-volare Fläche am Os C III gerechnet werden — und das Ineinandergreifen dieser in die Flächen, die Volarflexion hervorrufen, diese Tatsachen sind es, die ein solches Konglomerat von Unregelmäßigkeit erzeugen.

## 7. Zusammenfassende Übersicht über die Bewegungen.

Betrachten wir nun zum Schluß die Gesamtbewegungen des Terminalsegmentes der Vordergliedmaße, so läßt sich besonders hervorheben, daß zwei Gelenkabschnitte (Art. intercarpea, Art. carpometacarpeae) reine Volarflexionen ausführen, also Bewegungen in nur einer Ebene um radial-ulnare Drehungsachsen. Nur in der Art. antebrachioarpea ist noch außer diesen ginglymischen Bewegungen eine schraubenförmige Bewegung (im supinatorischen Sinne) am Ende der Volarflexion vorhanden. Die Exkursionsbreiten der einzelnen Artikulationen nehmen distalwärts ab, d. h. also in der Art. antebrachioarpea ist sie am größten, wobei sogar starke Klaffung des Gelenkspaltes eintritt (siehe Röntgenaufnahme Tafel XVI, Abb. 116), in der Art. intercarpea wesentlich kleiner und in der Art. carpometacarpeae am geringsten.

Dadurch, daß durch Bänder und Hemmflächen, durch starke Wölbung der Hand und doppelte, ja sogar dreifache Gelenkung der einzelnen Knochen eine besondere Festigkeit und Stützkraft des ganzen Carpalsegmentes und außerdem eine scharniermäßige Zwangsbewegung erreicht ist, ergibt sich die Einseitigkeit des Terminalsegmentes des Hundes vollkommen. Aber auch die gelegentliche Scharrbewegung, wobei die Erdmassen unter den Bauch des Tieres fliegen, findet ihre Erklärung in der schraubenförmigen Bewegung des ersten Handgelenkes, die das Terminalsegment der Vordergliedmaße in supinatorischem Sinne dreht. Die kolossalen mechanischen Leistungen lassen sich also gänzlich aus der anatomischen (gelenkmechanischen) Konstruktion ablesen.

## II. Meles meles L.

### 1. Lebensweise.

Der Dachs ist als Typ eines ausgesprochenen Gräbers untersucht worden. Bei ihm kommt neben der natürlich bei allen Tieren vorhandenen einfachen Lokomotion, die, wie im BREHM behauptet wird, „schleppend“ und „schwerfällig“ erscheint, und deshalb bei schnellstem Lauf kaum fördert, so daß ihn bequem „ein guter Fußgänger einholen könne“, noch die grabende Tätigkeit vor. Es scheint gerade so, als ob diese meisterhaft beherrschte „Kunst“ auf Kosten des Laufens ausgebildet ist. Wie alle grabenden Mammalia bedient er sich beim Graben der Vorderextremitäten, die kurz und plump erscheinen und mit den Endabschnitten des Vorderarmes, den „Händen“, konvergieren. Besonders letztere bilden mit starken Krallen bewaffnet den eigentlichen „Schaufelapparat“. Da ich leider die Tätigkeit dieses „Apparates“ am Tier selbst nicht beobachten konnte — die Tiere im hiesigen Zoologischen Garten taten mir den Gefallen nicht, zu graben — so entnehme ich diesbezügliches

aus der Schilderung im BREHM: „Seine Stärke macht es ihm leicht, Höhlen auszuscharren, und wie einige andere unterirdisch lebende Tiere ist er imstande, sich in wenigen Minuten vollkommen zu vergraben. Dabei kommen ihm seine starken mit tüchtigen Krallen bewaffneten Vorderfüße vortrefflich zustatten. Schon nach sehr kurzer Zeit bereitet ihm die aufgegrabene Erde Hindernisse; nun aber nimmt er seine Hinterfüße zu Hilfe und wirft mit kräftigen Stößen das Erdreich weit hinter sich. Wenn die Aushöhlung weiter fortschreitet, schiebt er, gewaltsam sich entgegenstehend, die Erde mit seinem Hinterteil nach rückwärts, und so wird es ihm möglich, auch aus der Tiefe sämtliche Erde herauszuschaffen“.

Obgleich über die Bewegung der Hände an sich nichts gesagt ist, so glaube ich jedoch, aus dieser Darstellung eine Übereinstimmung mit der Scharrbewegung des Hundes zu konstatieren. Denn der Dachs benutzt auch sekundär und alternierend die Hinterbeine zum Wegschaffen der gelockerten Erdmassen, ganz ähnlich wie der nur gelegentlich scharrende Hund. Daraus entnehme ich, daß auch der Dachs mit seinen Händen die Erde unter seinen Bauch schaufelt, zumal er beim Graben der Röhren seines Baues wohl kaum so viel Platz haben dürfte, die Erde in der Parallele mit der Mediane seines Körpers, oder sogar nach außen hin anzuhäufen.

Wenn ich den Dachs beim Herumgehen in seinem Käfig beobachtet habe, so konnte ich stets, auch bei den langsamsten Bewegungen, ein relativ schnelles Beugen der Hände erkennen. Auch wurde die Hand nie in reinen Volar-Dorsal-Flexionen, sondern immer nach einwärts bewegt. Da ich, so oft ich auch den Dachs beobachtete, niemals andere Bewegungsarten gesehen habe, so dürfte diese Bewegungsrichtung auch stets beim Graben in forcierterem Maße ausgeführt werden.

## 2. Trittkissen (Abb. 65).

Auf der Volarseite der Handwurzel ist nur das Os Pisiforme mit einem ovalen Kissen bedeckt. Dann folgt über die Handwurzel und die proximalen Teile des Metacarpus eine unbehaarte Furche, die bis zu den Metacarpophalangealkissen reicht. Letzteres legt sich quer über die Metacarpophalangealgelenke und ist ulnar breiter als radial. Es ist deutlich in drei Teile geteilt, die durch schmale Furchen aneinandergrenzen und zwar ist das auf der radialen Seite gelegene dreiecksförmig gestaltet, mit der Spitze nach der distalen Seite zeigend; das mittlere Kissen ist ebenfalls dreieckig, aber mit der Spitze nach der proximalen Seite zu gelegen, und das an der ulnaren Seite befindliche Kissen schließlich legt sich rhombenartig an das mittlere Kissen an. Eine tiefe Furche trennt diese zusammenhängenden Teilkissen

von den Fingerballen, die länglich oval auf je einer Endphalange eines Fingers sitzen.

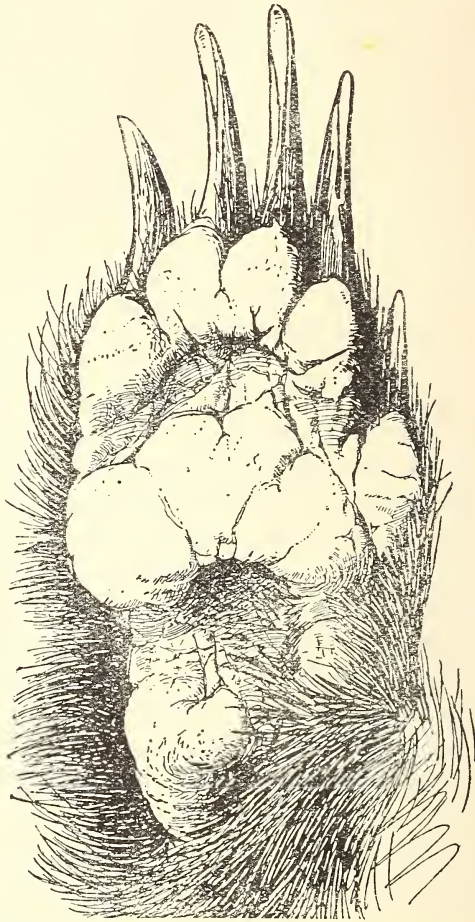


Abb. 65. *Meles meles* L. Trittkissen der rechten Vordergliedmaße (nach BRANDT 1914).

### 3. Gesamtform der Hand (Abb. 66).

Die „Hand“ ist im Gegensatz zur *Canis*-„Hand“ nicht eine geradlinige Fortsetzung des Unterarmes, sondern die Mittelachse des Unterarmes bildet mit der Mittelachse der „Hand“ einen nach der ulnaren Seite zu offenen Winkel (Taf. XVII, Abb. 119). Der Radius artikuliert nur mit dem Os Rad. et intermed., und die Elle mit dem Os Ulnare und dem Os Pisiforme. Im übrigen sind wieder sieben Carpalknochen vorhanden, die sich proximalwärts halb-

kreisförmig, distalwärts gradliniger zusammensetzen. Daran schließen sich die fünf Metacarpalia, deren distale Enden einen Halbkreis bilden; der am weitesten distalwärts hervorragende Teil des Bogens wird vom Capitulum des Metacarpale III gebildet. Die Handachse läuft zwischen dem dritten und vierten Finger hindurch. Die Hand ist also, wie bei *Canis*, paraxonisch. Besonders auffallend ist die Mächtigkeit der ulnaren Metacarpalia. Der fünfte Finger übertrifft an Mächtigkeit bei weitem die anderen, so daß der Daumen

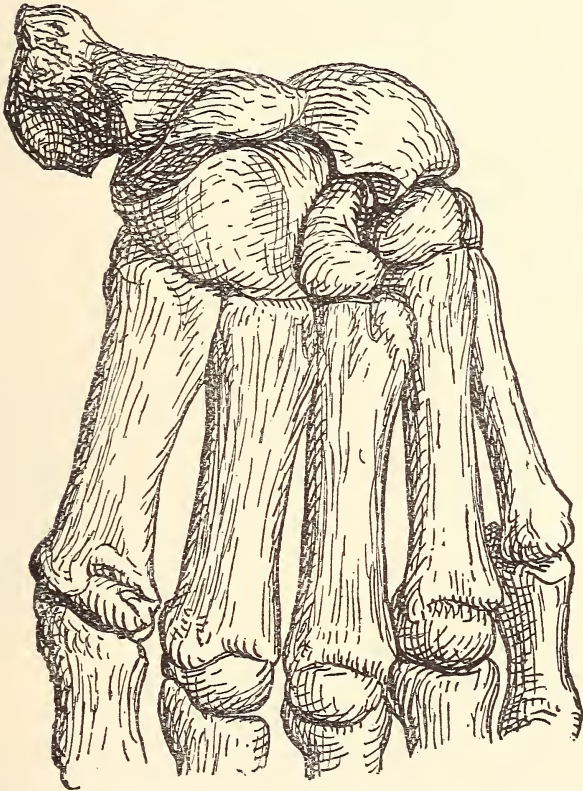


Abb. 66. *Meles meles* L. Übersichtsbild über die rechte „Hand“ (dorsale Aufsicht).

am schlanksten erscheint. An den Endphalangen hat die Hand, besonders an den vier ulnaren Fingern, ca. 2 cm lange Grabkrallen.

Eine Bogenbildung der Vola ist gut ausgeprägt. Die Hand gleicht somit ihrem äußeren Habitus nach einer Schaufel.

## 4. Articulatio antebrachioarpa.

Am proximalen Handgelenk sind die beiden Unterarmknochen, Radius und Ulna, sowie drei Handwurzelknochen beteiligt. Radius und Ulna nehmen direkt an der Gelenkbewegung teil und zwar artikuliert der Radius mit dem Os Rad. et intermed., die Ulna mit dem Os Ulnare und dem Os Pisiforme.

## a) Gelenkflächen der Art. antebrachioarpa (Abb. 67, 68).

α. Radius: An der distalen Gelenkfläche des Radius kann man zwei Teile unterscheiden. In der Hauptsache besteht sie aus einer in dorsalulnar-volarradialer Richtung ausgehöhlten eiförmigen Fläche, woran sich am Übergang der volaren Gelenkflächenkante zum Griffelfortsatz eine sattelförmige Gelenkfläche anschließt. Es findet eine scharfe Abgrenzung von Speichenfortsatz und dem übrigen Facettenteil statt. Letzterer enthält in der Hauptsache die starke Konkavität. In der Aufsicht auf die Radiusfläche haben wir also ein Bild, als ob wir in die Höhlung einer Eischale sehen würden, die an der radialen Seite durch den Speichenfortsatz verlängert ist; und zwar befindet sich an der Übergangsstelle in der dorsalen Kante eine tiefe Cäsur.

Die „große Achse“ liegt zur Längsachse der Speiche in einem Winkel von ca. 60 Grad und verläuft außerdem nicht horizontal, sondern von dorsalradial nach volarulnar. Eine Senkrechte auf der Mitte der Gelenkpfanne (d. h. auf dem langen Durchmesser der Eifläche, auf der sogenannten „großen Achse“) errichtet, weicht von der Verlängerung der Unterarm längsachse distalwärts nicht nur nach der Ellenseite, sondern auch volarwärts ab, d. h. die Pfanne schaut außer distal-ulnarwärts gleichzeitig auch volarwärts.

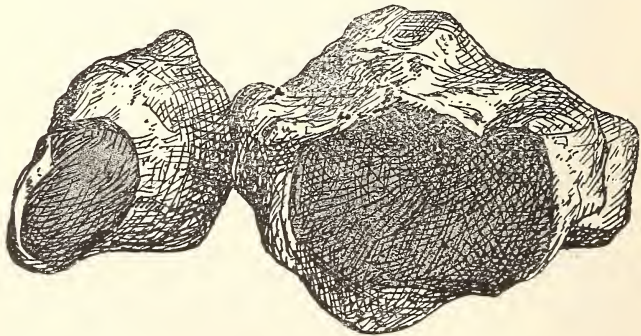


Abb. 67. *Meles meles* L. Profil der proximalen Reihe der Art. antebrachioarpa. 3,3:1 nat. Gr.

Die Längsrichtung des Sattelrückens an der radialvolaren Kante des Radius läuft mit der „großen Achse“ des konkaven Anteiles der Radiusfläche parallel, bildet also ebenfalls einen Winkel von 60 Grad zur Längsachse der Speiche. Ferner ist die Längslinie des Sattelrückens ein Teil einer Schraubenlinie. Denkt man sich nämlich ihr radiales Ende weiter fortgeführt, so würde sie volarwärts unter dem Speichenfortsatz verschwinden. Es sind für diesen Teil der Radiusfacette die Bedingungen für eine Schraubenfläche gegeben; denn sie verläuft einmal dorsal-volar schräg, ferner ist sie nach distal-radial gebogen und schießlich noch in sich geschwungen.

β. Ulna: Sie beteiligt sich an der Art. antebrachioarpea mit einer Fläche, die, einen Gelenkkopf darstellend, ganz am Ende des Griffelfortsatzes liegt (Abb. 68). Sie zieht sich von dorsal nach volar stark gebogen herum und wird durch eine Gelenkflächencharakter besitzende stumpfe „Schneide“ in eine radialwärts schauende und eine volar-ulnarwärts schauende Fläche geteilt.

γ. Os Radiale et intermedium: Dieser Knochen (Abb. 68) zeigt eine Fac. art. radialis, die die ganze Proximalseite des Knochens mit Ausnahme des hier kleinen Processus carp. rad. bedeckt. Ganz entsprechend der Radiusfacette ist auch

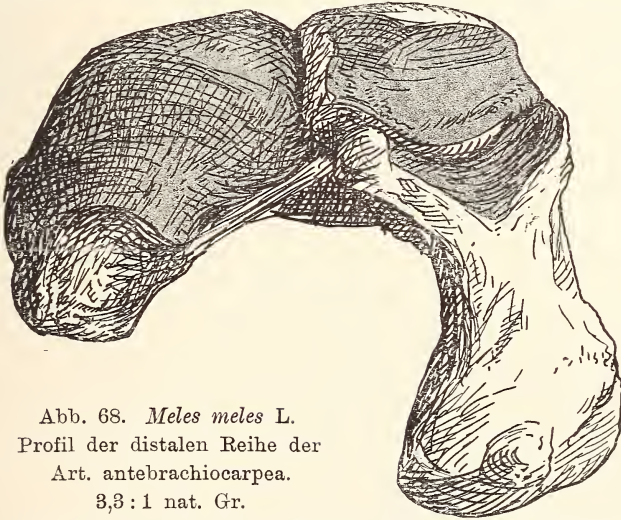


Abb. 68. *Meles meles* L.  
Profil der distalen Reihe der  
Art. antebrachioarpea.  
3,3 : 1 nat. Gr.

hier eine Zweiteilung der Fläche wahrzunehmen. Ein großes eiförmiges Gelenk, dessen Konvexität in dorsal-volarer Richtung so stark ist, daß der dorsale Teil dieser Facette ganz auf die dorsale Seite des Knochens übergeht, hat den Hauptanteil an der Gesamfläche. Durch die äußerst starke Konvexität erscheint die Dorsalfläche des Knochens wesentlich verlängert. Ein Bild über diese starke Wölbung erhält man, wenn man den Knochen

in radialer Aufsicht betrachtet. Sie ragt dann keilförmig in die Radiusfacette hinein (siehe Röntgenaufnahme Tafel XVI, Abb. 117). Im Gegensatz dazu ist die Krümmung in radial-ulnarer Richtung nicht sehr groß.

Außerdem ist in der radial-volaren Ecke der Eifläche, dort, wo sie mit einer herzförmigen Spitze auf dem *Processus carp. rad.* grenzt, ein Sattelgelenk ausgebildet, das in bezug auf Ausdehnung weit hinter der eiförmigen Fläche zurücksteht.

d. *Os Ulnare*: Das *Os Ulnare* (Abb. 68) enthält zwei durch einen Wall getrennte Gelenkflächen. Die obere, in die der *Proc. styl. ulnae* gelenkt, ist der Gestalt nach ein Ellipsoid, das konkav ausgehöhlt ist. Die untere ist annähernd dreieckig mit der Spitze an der ulnaren Seite und in radialvolar-ulnardorsaler Richtung leicht konvex. Diese Fläche ist zur *Os Pisiforme*-Gelenkung bestimmt.

e. *Os Pisiforme*: Das *Os Pisiforme* (Abb. 68) besitzt eine distale, genau der unteren *Os Ulnare*-Fläche entsprechende *Fac. art. anterior* und eine nach proximal-dorsal schauende *Fac. art. posterior* für den *Proc. styl. ulnae*, die am radialen Ende eng beginnend, sich halbkreisförmig am ulnaren Rande erweitert und konkav ausgehöhlt ist.

In diesem Gelenkspalt ist das *Os Ulnare* nur durch Bandmassen an das *Os Rad. et intermed.* befestigt. Gelenkflächen zwischen beiden Knochen sind nicht ausgebildet. Beide Knochen bilden miteinander einen distalwärts offenen stumpfen Winkel. In der Mitte dieser *Art. antebrachioarpea* ist durch die gegenseitige Stellung der Knochen ein großer Spalt bedingt, der aber zum größten Teil mit einer breiten Bindegewebsmasse ausgefüllt ist (siehe Röntgenaufnahme Taf. XVII, Abb. 118). Da sich diese sowohl an das *Os Rad. et intermed.* als auch an das *Os Ulnare* festheften, wird der Gelenkspalt der *Art. antebrachioarpea* in zwei getrennte Kapseln geteilt.

#### b) Bewegungen in der *Art. antebrachioarpea*.

Da Dorsalflexion vollständig ausfällt, so ist extremste Streckung erreicht, wenn die „Hand“ sich in „Mittelstellung“ befindet. Von ihr wollen wir wieder ausgehen. Wie schon bemerkt wurde, ist der weitaus größte Teil der *Fac. art. radialis* des *Os Rad. et intermed.* ein Eigelenk, das besonders in dorsal-volarer Richtung stark gekrümmt, während die dazu senkrechte Krümmung äußerst gering ist, und außerdem ist ein kleiner radial-volarer Abschnitt vorhanden, der den Charakter einer Schraubenfläche besitzt. Somit sind durch diese beiden verschiedenen Gelenkcharaktere zwei Arten von Bewegungen bedingt, die auf den ganzen Gelenkabschnitt gangbestimmend wirken.

1. *Radiale Volarflexion* wird durch den großen eigelenkförmigen Abschnitt bedingt. Die Achse, um die sich das *Os Rad. et intermed.*



dabei dreht, verläuft genau parallel der „großen Achse“ der Radiusfacette, d. h. in dorsalradialer-volarulnarer Richtung durch die distale Carpusreihe. Da in der äußersten Streckstellung die dorsalen Gelenkränder des Os Rad. et intermed. und des Radius zusammenfallen, und da ferner die Fac. art. radialis als der bewegende Teil größer ausgebildet ist, so bleibt bei extremster Streckung das volare Ende der proximalen Fläche des Os Rad. et intermed. unbedeckt, und der Radius drückt nur auf den dorsalen Teil der Os Rad. et intermed.-Gelenkfläche. Dabei liegt der stark gebogene Teil der Os Rad. et intermed.-Fläche, der eine so starke Krümmung aufweist, daß man von einem „Rücken“ sprechen kann, mit seiner oberen Rückenfläche der Radiusfacette an. Nur am dorsalen Rand derselben greift der Griffelfortsatz auf die untere Rückenfläche über, so daß der Rücken am radialen Teil durch die Cäsar an der Radiusfacette geht. Es läßt sich diese Tatsache auch so darstellen, daß die Radiusfacette mit ihrem Proc. styloideus die stark konvexe Os Rad. et intermedium-Gelenkfläche am radialen Teile wie eine Klammer umgreift. Obgleich nun der Proc. styl. radii volar vom Rücken der Os Rad. et intermedium-Fläche zu liegen kommt, berührt er noch nicht die an seiner Seite gelegene Schraubenfläche, sondern läßt noch einen großen Teil der Fac. art. radialis frei. Bei der nun eintretenden Beugung findet reine Flexion statt, die aber nach der radialen Seite abweicht, infolge der dorsalradial-volarulnaren Drehungsachse, soweit bis der Speichenfortsatz die sattelförmige Gelenkfläche im Os Rad. et intermed. erreicht. Hervorzuheben ist, daß diese radiale Volarflexion sprunghaft ausgeführt wird. Würde das Os Rad. et intermed. langsam am Radius entlanggleiten, so müßte einmal der Zustand eintreten, wo der Rücken der Os Rad. et intermed.-Facette auf der Radiusfacette „balanciert“. Dies könnte aber nur durch äußerst vorsichtige Flexion erreicht werden, sonst kippt der Knochen sofort um diese Rückenkante herum. Da beim Graben die Erwägung einer so äußerst langsamen Beugung eo ipso fortfällt und beim Gehen des Tieres solche vorsichtigen Bewegungen kaum ausgeführt werden dürften — es wurden auch niemals solche langsamen Flexionen beobachtet — so wird ein langsames Hinübergleiten über diese Fläche gar nicht möglich sein. Verstärkt wird diese sprunghafte Bewegung dadurch, daß der Speichenfortsatz des Radius eine „klammerartige“ Umfassung der Os Rad. et intermed.-Fläche verursacht. Dadurch ist volarflexorisch eine zwangsläufige Bahn geschaffen, die z. B. irgendwelche Drehbewegungen in diesem Teil der Facetten ausschließen, obgleich theoretisch in einem Eigelenk Bewegungen um andere als die zwei „Hauptachsen“ durchaus möglich sind. Auch Randbewegungen im Sinne der radialen und ulnaren Abduktion um eine senkrecht zur dorsalradial-volarulnaren Achse des Eigelenkes finden

nicht statt, denn wir haben hier, wie wir es bei *Canis* bereits konstatieren konnten, eine so geringe Krümmung, daß die Achse bereits sehr weit von der Gelenkfläche abgerückt ist, und somit das Gelenk praktisch wie ein Zylindergelenk wirkt und daher nur volarflexorische Bewegungen auszuführen vermag.

Erst wenn der Speichenfortsatz die sattelförmige Gelenkfläche berührt und somit auch die Schraubennatur dieser zusammenstoßenden Flächen sich auswirken kann, beginnt die zweite Art der Bewegung, eine 2. Bewegung im supinatorischen Sinne. Diesen Vorgang kann man so darstellen, daß das Os Rad. et intermed. in seiner Sattelfläche um die schräg stehende volare Kante der Radiusgelenkfläche herumkippt. Natürlich kann diese Bewegung nur um eine neue Achse erfolgen, die durch Komposition der räumlich verschiedenen Teilachsen des Sattelgelenkes konstruiert werden kann. Die Folge ist eine schraubenförmige Bewegung im supinatorischen Sinne. Am Ende der Gesamtbewegung ragt der größte Teil der Fac. art. radialis über den dorsalen Rand der Radiusfacette hinaus, und es kommt der Gelenkspalt auf der dorsalen Seite zum Klaffen (siehe Röntgenaufnahme Tafel XVIII, Abb. 121). Das Os Ulnare führt durch Übertragung der Bewegungen vom Os Rad. et intermed. ganz ähnliche Exkursionen aus. In der „Mittelstellung“ stoßen der oberste Rand der radialwärts schauenden Gelenkkapsel des Proc. styl. ulnae und der radiale Teil der Ulnare-Fläche zusammen. Bei nun eintretender Beugung wird der obere Gelenkkopfrand der Elle abgehoben und das Os Ulnare gleitet um diesen herum, wobei auch der ulnare Teil der Os Ulnare-Facette unter Druck gerät. Auch hier kann eine solche Beugung, die ebenfalls um eine dorsalradial-volarulnare Achse erfolgt, nur sprunghaft stattfinden; denn der Ellengriffelfortsatz besitzt einen sehr stark gekrümmten Gelenkkopf, der von der ulnaren Seite betrachtet in einen äußerst starken Bogen um den Processus herumläuft, so daß man bei ihm fast von einer stumpfen „Schneide“ sprechen möchte. Diese teilt ihn in einen radialwärts schauenden und einen volarulnarwärts schauenden Gelenkflächenteil. Bei vorsichtiger langsamer Beugung müßte also ein Zustand eintreten, wo diese „Schneide“ die Os Ulnare-Fläche allein berührt. Dieses würde uns aber einen äußerst labilen Zustand repräsentieren, der niemals durch schnelle Bewegungen erreicht werden kann. Es ist also ganz ähnlich wie in der Radius-Os Rad. et intermed.-Artikulation. Da die „Hand“ niemals so fein balancieren kann, wird das Os Ulnare mit einer plötzlichen Bewegung um die „Schneide“ herumkippen. Hierbei kommt auch die für den Ellenfortsatz bestimmte Os Pisiforme-Gelenkfläche, die in der „Mittelstellung“ der Hand in einem rechten Winkel zu demselben steht, mehr und mehr in Berührung mit dem

Processus. Erst im letzten Teil der Bewegung überhaupt, bei der supinatorischen Schraubenbewegung, kommt das Gelenk zwischen Ulna und Os Pisiforme zum Schließen.

Bewegungen im Os Pisiforme-Os Ulnare-Gelenk sind sehr gering, da diese Knochen durch den Bandapparat fest aufeinandergepreßt werden. Damit wird aber eine Transmission für den Zug des kräftigen *Musc. flex. carp. ulnaris* geschaffen, der an seiner Insertionsstelle am Os Pisiforme eine Bandverknöcherung enthält, die bei dem Dachs allein beobachtet wurde.

### 5. *Articulatio intercarpea*.

Die Artikulation entspricht ganz den allgemeinen Verhältnissen. Es sind in diesem Zwischenhandgelenk deutlich zwei Flächensysteme zu unterscheiden: 1) ein ulnares stark gewölbtes und 2) ein radiales mit sehr flachen Gelenkfacetten.

#### a) Gelenkflächen der *Art. intercarpea* (Abb. 69, 70).

*α. Os Rad. et intermed.:* An diesem Knochen, der sich mit allen vier distalen Carpalknochen verbindet, kann man diese Zweiteilung ebenfalls beobachten. Ungefähr in der Mitte seiner distalen Fläche trennt eine Leiste zwei in ihrer Zeichnung ganz voneinander verschiedene Gelenkflächensysteme.

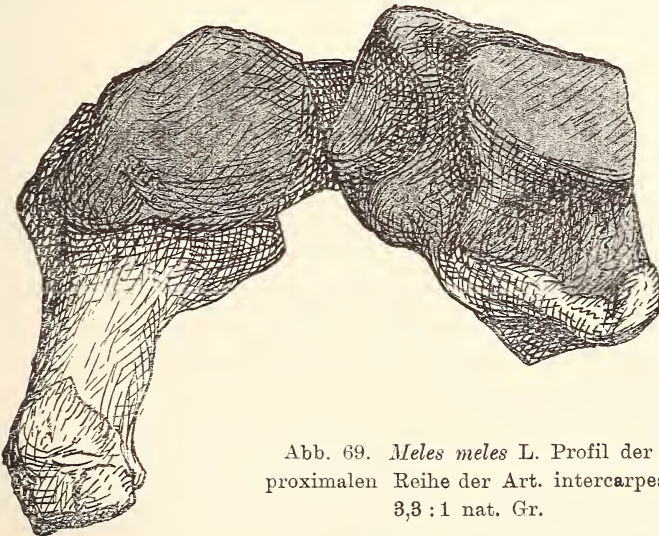


Abb. 69. *Meles meles* L. Profil der proximalen Reihe der *Art. intercarpea*.  
3,8 : 1 nat. Gr.

Radial von der Leiste liegt ein Flächensystem, das zur Hälfte beinahe eben, zur Hälfte konkav ist. Die Leiste, die von volarradial schräg nach dorsal-ulnar verläuft, liegt in einem Winkel von ca. 70 Grad zur Längsachse des

Knochens. Sie geht nach der radialen Seite in zwei angrenzende Flächen über, von denen die konkave volare für das Os C I, die beinahe ebene dorsale mitsamt der Leiste für das Os C II und für den dorsalen Teil des Os C I bestimmt ist.

Der ulnar von der Leiste gelegene Anteil der distalen Fläche am Os Rad. et intermed. stellt ein zweites durchaus konkaves Flächensystem dar, das aus zwei Hohlfächen besteht. Es sind dies die Fac. art. capitati und hamati. Die erstere ist stark ausgehöhlt und läßt sich durchaus mit einer eiförmigen Ringwurstfläche vergleichen. Ferner besitzt sie noch eine von dorsal nach volar allmählich zunehmende Krümmung, so daß die Begrenzungslinie eines Schnittes, der von dorsal nach volar vollzogen wird, durch diese Gelenkfläche eine Spirale darstellt, d. h. also die Krümmung der Fläche nimmt volarwärts zu. Außerdem hat sie Schraubenflächencharakter. Wenn man nämlich diese Fläche in entsprechendem Sinne weiterformen würde, so würde sie sich nicht nur um eine radial-ulnare Achse spiralig aufdrehen, sondern noch längs dieser Achse gleichmäßig fortschreiten, so daß wir einen wendeltreppenähnlich gewundenen Körper erhalten. Ein Zeiger, der senkrecht zur Achse an ihr befestigt wurde, zeigte mir, daß ein wenn auch geringes Fortschreiten längs der Drehungsachse vorhanden ist, wir also in der Tat eine Schraubenfläche mit geringer „Ganghöhe“, wie man den Abstand zweier Schraubenwindungen zu nennen pflegt, vor uns haben.

Die Fac. art. hamati ist in ulnar-radialer Richtung etwas breiter als die vorige Fläche, teilt aber mit ihr den Charakter einer Ringwurstfläche, die zugleich spiralig gekrümmt und ein Teil einer Schraubenfläche mit geringer Ganghöhe ist.

β. Os Ulnare: Die distale Fläche dieses Knochens schaut radialeinwärts (Abb. 69). Sie ist ausgehöhlt und gehört somit zum konkaven Flächensystem dieses Gelenkschnittes. Am dorsal-ulnaren Rande ist sie ein wenig sattelförmig gebogen. Darunter, am ulnaren Rande des Os Ulnare, zieht sich eine fast ebene zungentörmige Gelenkfläche entlang, die im Anfange schmal ist und breit nach volar ausläuft. In diese artikuliert in bestimmter Stellung der Metacarpale V.

γ. Ossa Carpalia: Auch bei diesen Knochen sind in der proximalen Aufsicht zwei Systeme zu erkennen, die aber fest miteinander verbunden sind und somit mechanisch als ein einziger Gelenkkörper betrachtet werden können (Abb. 70).

Die Carpalia I und II stellen zusammen das flachere Flächensystem dar und bilden genau das Gegenstück zu den Artikulationsflächen am Os Rad. et intermed.. In die stärker ausgehöhlte Fläche des Os Rad. et intermed.

gelenkt die volare breite, einen zylinderförmigen Wulst enthaltende Fläche des Os C I, die dann in den übrigen Teilen dorsalwärts beinahe eben wird. Die Gestalt ist dreieckig, mit der Spitze nach dorsal gerichtet. Das Os C II, das sich unmittelbar an das Os C I anlegt, kommt auf die fast ebene Fläche des Os Rad. et intermed. zu liegen. Es besitzt ebenfalls eine dreieckige Artikulationsfläche, ist aber im volaren spitzen Teil konkav ausgehöhlt. Dadurch, daß die Ossa Carpalia I und II eng zusammenliegen, die Spitze des Os C I

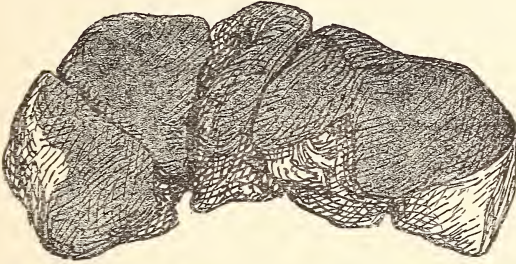


Abb. 70. *Meles meles* L. Profil der distalen Reihe der Art. intercarpea. 3,3:1 nat. Gr.

an der Basis des dreieckförmigen Os C II, bilden sie ein Viereck, das von dem volaren zylinderförmigen Wulst des Os C I überragt wird. Dadurch gehört auch der ausgehöhlte Teil der volaren Os C II-Fläche zu der Übergangsregion zum Wulst.

Die Ossa Carpalia III und IV + V bilden zusammen das konvexe Flächensystem. Die schmale, konvexe Os C III-Fläche verläuft von dorsalulnar nach volarradial, steht also in einem Winkel zur dorsal-volaren Längsachse des Knochens. Die Gelenkfläche bedeckt aber nicht nur den proximalen Teil des Knochens (wie bei *Canis*), sondern geht auch auf die radiale Fläche über. — Das Os C IV + V besitzt zwei Gelenkflächen, die, beide konvex, winkelig aufeinander zulaufen, aber nicht in einer Kante zusammenstoßen, sondern durch eine Gelenkbrücke verbunden sind. Die größere ulnare Fläche, die im dorsal-ulnaren Teil eine leichte Sattelfläche ausgebildet hat, gelenkt in die Hohlfläche des Os Ulnare.

#### b) Bewegungen in der Articulatio intercarpea.

Die Bewegungen in diesem Gelenkabschnitt sind im Vergleich zum vorigen äußerst minimal. Dorsalflexion sowie Ab- und Adduktionsbewegungen sind ausgeschaltet. Dafür sind wohl charakterisierte neue Bewegungen, für die in erster Linie das Gelenksystem maßgebend ist, vorhanden.

Die Achse, um die Bewegungen ausgeführt werden, läuft von dorsal-

radial nach volarulnar. Um diese finden nun aber nicht reine Volarflexionen statt, sondern, entsprechend dem Bau des konkaven Flächensystems, schraubenförmige Drehungen. Das Charakteristische einer solchen Bewegung ist der Umstand, daß bei Drehungen um eine Achse gleichzeitig ein Fortschreiten längs dieser Achse erfolgt. Der Natur des Schraubengelenkes entsprechend findet also bei Beugung des Gelenkes eine Parallelverschiebung der Carpalia in radialer Richtung statt, bei Streckung in ulnarer. Außerdem existieren in diesem Gelenkspalt fast ebene Gelenkflächen, in denen theoretisch in allen möglichen Richtungen parallele Verschiebungen miteinander vorgenommen werden können. Hier sind sie aber abhängig von dem zylinderförmig gestalteten Wulst des Os C I, der sich ebenfalls um eine schräge (dorsalradial-volarulnare) Achse leicht schraubenförmig bewegt.

Tritt also Beugung des Gelenkes ein, so werden auch die ebenen Gelenkflächen mitgenommen, die infolge besonders engen Zusammenhalts eine Drehung um die Zylinderachse machen. Dadurch muß eine Entfernung der Verschiebflächen voneinander zustande kommen, und es tritt Klaffen des Gelenkspaltes an dieser Stelle ein (siehe Röntgenaufnahme Tafel XVIII, Abb. 121, 122). Da der Bewegungsumfang in dieser Art. *intercarpea* aber nur klein ist, so ist der absolute Betrag des Klaffens nicht zu groß.

Besonders klar werden die Bewegungen in diesem Gelenkspalt, wenn man sie sich beim Übergang von der Volarflexion in die Streckstellung ansieht. Dann finden Drehungen schraubenförmiger Natur des ganzen Spaltes gemeinsam statt, bis die ebenen Flächen der Ossa Carpalia I und II, auf denen des Os Rad. et intermed. vollkommen aufliegen. Dann ist die Ausgangsstellung wieder erreicht.

## 6. *Articulatio carpometacarpeae*.

a) Gelenkflächen der Art. *carpometacarpeae* (Abb. 71, 72).

Die vier Carpalia gelenken mit den fünf Metacarpalia in Flächen von wechselnden Formen. (Siehe Abb. 71).

α. Os Carpale I: Das Os Carpale I besitzt eine Fläche für den Daumen, die nach radial außen gerichtet ist. Ihre Gestalt ist schmal oval, ist aber kein Ellipsoidgelenk, denn im volaren Teil ist die Fläche von radial nach ulnar konvex gebogen. Außerdem ist eine kleine Artikulationsfläche für das Mc II an der oberen ulnaren Seite des Knochens vorhanden.

β. Os Carpale II: Das Os Carpale II hat eine breite dreieckige, mit der Spitze volarwärts zeigende Fläche für das Mc II und ist dorsal-volar konkav und außerdem ulnar-radial konvex.

γ. Os Carpale III: Das Os Carpale III hat eine distale etwas hohle Fläche für das Mc III.

δ. Os Carpalia IV + V artikuliert mit den Metacarpalia IV und V in einer gleichmäßig gekrümmten Fläche, deren dorsaler Rand länger ist als der volare. Richtung der Gesamtfläche ist schräg nach ulnar auswärts.

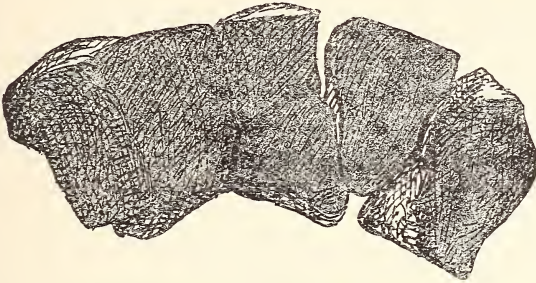


Abb. 71. *Meles meles* L. Profil der proximalen Reihe der Art. carpometacarpeae. 3,3:1 nat. Gr.

ε. Metacarpalia (Abb. 72). Die proximalen Basisflächen der Mittelhandknochen haben den Ossa Carpalia ganz entsprechende Flächen. — Die Metacarpalia I und II haben außer ihren konvexen Krümmungen noch von dorsal nach volar ziemlich tiefe Einschnitte, was besonders gut am Mc I ausgeprägt ist. Das Metacarpale V läßt außer seinem gleichmäßig gekrümmten Teil an seinem ulnar-volaren Rande einen Wulst proximalwärts hervorspringen, an dem sich ulnar-volar ein Gelenkkopf ausgebildet hat, der in bestimmter Stellung mit der ulnaren Facette des Os Ulnare gelenkt.

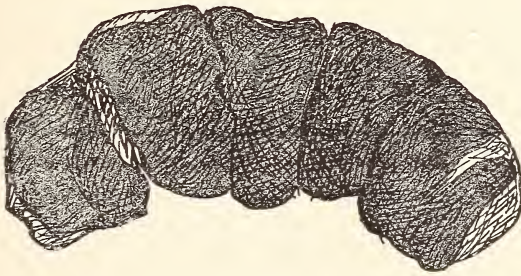


Abb. 72. *Meles meles* L. Profil der distalen Reihe der Art. carpometacarpeae. 3,3:1 nat. Gr.

Der ulnare Basisrand des Metacarpale II artikuliert selbständig außer mit dem Os C II noch mit dem Os C III, und zwar so, daß der ulnare Basisrand an die radiale Seitenfläche des Os C III anstößt. Außerdem gelenkt der radial-dorsale Seitenrand mit einer kleinen Fläche am Os C I.

Dadurch rückt das Mc II ganz in den Carpus hinein, während die anderen Metacarpalia alle eine Richtung einhalten. In dorsaler Aufsicht sind sie alle halbkreisförmig (aber großer Kreisradius!) angeordnet (siehe Röntgenaufnahme Taf. XVII, Abb. 118).

b) Bewegungen in der *Articulatio carpometacarpeae*.

Wieder haben die vorhandenen Bewegungen äußerst geringen Umfang. Es sind lediglich Volarflexionen zu konstatieren. Die Metacarpalia I und II mit ihren tiefen Einschnitten, ferner das Hereinrücken des zweiten Metacarpale und seine dadurch geschaffene seitliche Verbindung mit den Ossa Carpalia I und II lassen, man kann beinahe sagen, zwangsläufig nur diese Bewegung zu.

Während im ganzen Gelenk Schleifbewegungen um eine annähernd horizontale Drehungsachse stattfinden, glaube ich im Metacarpale V in den proximal vorstehenden Gelenkkopf eine Rollbewegung feststellen zu können. Dafür spricht hier folgendes: Die artikulierenden Flächen sind im Metacarpale V konvex und im Os Ulnare fast eben, im volaren Teil sogar auch leicht konvex. Es findet keine kongruente Berührung ausgedehnter Flächenstücke statt, sondern es sind nur zwei Punkte der beiden gegeneinander bewegten Gelenkflächen in Berührung miteinander. Dies sind aber die charakteristischen Voraussetzungen für eine Rollbewegung.

Wie durch Röntgen des Muskelpräparates festgestellt wurde, berührt der Mc V die Os Ulnare-Fläche in Streckstellung nicht (siehe Röntgenaufnahme Taf. XVII, Abb. 118). Erst bei eintretender Volarflexion beginnt der Gelenkwulst des Mc V sich auf der sich volarwärts verbreiternden Os Ulnare-Facette abzurollen. In Beugstellung ist inniger Kontakt vorhanden. Bei jeder Teilbewegung des Mc V kommen also andere Stellen an den beiden Gelenkflächen in Berührung, was bei einer Gleitbewegung nicht der Fall ist. Allenfalls besteht die Möglichkeit, daß der Mc V-Gelenkkopf dorsalwärts „ausrutscht“. Dann würde eine Mischbewegung aus Schleifen und Rollen stattfinden. Letzteres konnte aber nicht einwandfrei — schon infolge allzu kleinen Bewegungsumfanges — festgestellt werden.

## 7. Zusammenfassende Übersicht über die Bewegungen.

Die Bewegungen des Terminalsegmentes der Vordergliedmaße finden in der Hauptsache um schräge Achsen statt, die mit der Horizontalen einen nach radial offenen Winkel bilden. Außerdem sind in der Art. antebrachioarpea, wo die größte Exkursionsbreite vorherrscht, sprunghafte, plötzliche Bewegungen vorhanden, denen im letzten Teil eine schraubenförmige Bewegung (im supinatorischen Sinne) folgt. Auch die *Articulatio intercarpea* induziert



die Volarflexionen um eine schräge Achse im supinatorischen Sinne durch Ausbildung von Schraubengelenken. In dieser und in der Art. *carpometa-carpeae* sind die Bewegungsgrenzen sehr klein.

Dorsalflexionen und radiale bzw. ulnare Abduktionen finden nicht statt. Es sind somit ziemlich strenge scharniermäßige Bewegungen körpereinwärts festzustellen.

So läßt sich die „Hand“ durchaus mit einer Schaufel vergleichen, die durch ulnar kräftig entwickelte und leicht divergierende Finger — letzteres hervorgerufen durch halbkreisförmige Anordnung der distalen Carpalfächen — und rein scharniermäßige Bewegungen in radialer Volarflexion verbunden mit supinatorischen Drehungen (als Folge der Schraubenflächen) imstande ist, Erdmassen unter die Körpermitte zu befördern. Nur diese Bewegungen sind ausführbar und werden gleichzeitig, wenn auch sehr unzweckmäßig, in den „Dienst“ des Laufens gestellt.

### III. *Lutra lutra* L.

#### 1. Lebensweise.

Die Lebensweise des Fischotters, die keinem anderen Tier der Carnivoren auch nur in ähnlicher Form eigen ist, ist die eines ausgesprochenen „Wassermarders“. Er entfernt sich nur gezwungen vom Wasser, und auch dann bloß in der Absicht, ein anderes Gewässer aufzusuchen. Er ist als ein meisterhafter Schwimmer und Taucher bekannt. Seine Hauptnahrung besteht aus Fischen. Der Otter verfolgt sie im Wasser und versteht es, mit seiner großen Schwimmkunst seine Beute gewandt zu erjagen. Dabei schwimmt er mit an den Leib angezogenen Extremitäten in den graziösesten Schlangenumwindungen mittels seines langen Schwanzes und der großen Torsionsfähigkeit seiner Brust- und Lendenwirbel. Seine Extremitäten werden mehr zum Steuern benutzt. Besonders die Vorderläufe gebraucht er dazu; doch beim langsamen Schwimmen paddelt er mit seinen Händen, indem er mit ausgebreiteter Schwimmhaut auf das Wasser tritt. Andererseits ist der Fischotter auch auf dem Lande sehr geschickt. Er ist imstande, weite Strecken zurückzulegen, wenn ihn der Nahrungsmangel zur Aufsuchung neuer Jagdreviere zwingt. Bekannt ist weiterhin, mit welcher Geschwindigkeit die Ottern auch auf dem Lande ihren Verfolgern entgehen und auf dem schnellsten Wege das schützende Wasser zu erreichen suchen.

Außerdem benutzt er seine „Hand“ zum Festhalten der Beute. Die „Hände“ sollen auch zum Graben verwendet werden, denn nach BÖVING, PETERSEN und DREYER soll das Tier sich Gänge an den Flußufern graben (zitiert nach KAJAVA 1918).

Über die Bewegungen der „Hand“ waren die Beobachtungen sehr schwierig, da die Ottern äußerst flinke Tiere sind und alle Bewegungen mit wunderbarer Geschmeidigkeit spielend schnell ausführen. In der Ruhestellung zeigt die Dorsalseite des Carpus ulnarwärts und die Flexionen wurden stets, wenn auch schwach, nach der Mediane des Körpers zu ausgeführt. Außerdem kann die „Hand“ besonders in der Streckstellung, gut ad- und abduziert werden.

## 2. Trittkissen (Abb. 73).

Die vorhandenen Trittkissen — auf eine Anwendung der „Hand“ bei der Lokomotion auf dem Lande hindeutend — sind gut entwickelt. Die Vola ist unbehaart und erstreckt sich radialwärts weiter nach proximal als

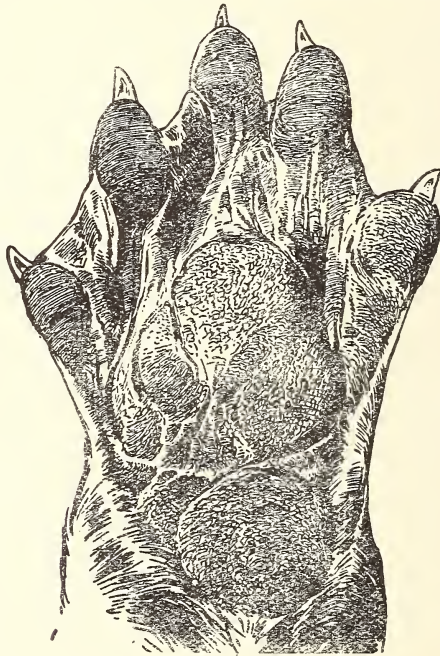


Abb. 73. *Lutra lutra* L. Trittpolster der linken „Hand“  
(nach BRANDT 1914).

ulnarwärts. Sie endet ulnarwärts mit einem eminierenden Trittkissen auf dem Os Pisiforme. Außer diesem Trittpolster ist auf den Metacarpophalangealgelenken ein V-förmiges Kissen vorhanden. Die Begrenzung dieses Trittkissens ist proximalwärts genau an der Art. carpometacarpeae, und nur das eminierende Os Pisiforme-Kissen liegt auf der ulnaren Seite auf der Art. ante-

brachiocarpea. Zwischen dem großen V-förmigen Trittkissen und den auf den Endphalangen gelegenen ovalen Polstern ist eine breite Furche wahrzunehmen.

### 3. Gesamtform der Hand (Abb. 74).

Die „Hand“ des Otter hat Fächerform. An den kurzen Unterarm schließt sich ein breiter viereckiger Carpus mit insgesamt sieben Carpalknochen und daran Metacarpus und die Finger. Der vierte Finger ist der längste und außerdem derjenige, welcher die Längsachse des Vorderarmes in



Abb. 74. *Lutra lutra* L. Übersichtsbild über die rechte „Hand“ (dorsale Aufsicht). (nach LUCAE, 1872/73).

seiner Achse fortsetzt. Die übrigen Finger verkürzen sich nach der „Daumen“-Seite mehr und mehr und besitzen eine ausgesprochene Divergenz. Deshalb hat die Schwimmhaut der peripherischen Finger eine größere Spann-

weite als an den Capitula der Metacarpalia, wo sie beginnt. Die Endphalangen tragen kräftige krumme Krallen.

Die Hand besitzt nur eine schwache Einrollung. Sie ist flach „brettförmig“ gestaltet und eignet sich daher besonders gut als Steuer- und Ruderorgan.

#### 4. Articulatio antebrachio-carpea.

##### a) Gelenkflächen der Art. antebrachio-carpea (Abb. 75, 76).

Es beteiligen sich wiederum Radius und Ulna und außerdem drei Handwurzelknochen: Os Rad. et intermed., Os Ulnare, Os Pisiforme. Die Verbindung des Vorderarmes mit dem Carpus vollzieht sich durch zwei getrennte Gelenkkapseln. Eine starke Bandmasse tritt nämlich aus den Berührungsrändern von Radius und Ulna heraus und zieht sich zwischen das Os Rad. et intermed. und das Os Ulnare.

$\alpha$ . Radius (Abb. 75): Die distale Epiphyse des Radius enthält eine seichte Pfanne von ziemlich runder Gestalt. Die senkrecht aufeinanderstehenden horizontalen und vertikalen Durchmesser differieren nur um ca. 0,2 Millimeter (der horizontale größer als der vertikale), so daß als Gesamtform eine eiförmige Gelenkfläche zu konstatieren ist. Die ganze Facette ist volarwärts geneigt, so daß sie nicht nur distal, sondern auch gleichzeitig nach volar schaut.

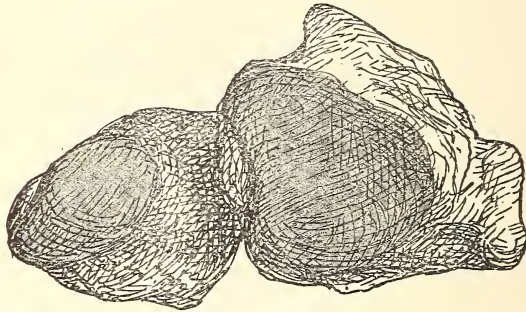


Abb. 75. *Lutra lutra* L. Profil der proximalen Reihe der Art. antebrachio-carpea. 3,3:1 nat. Gr.

$\beta$ . Ulna (Abb. 75): Sie artikuliert mit dem flach abgeplatteten Proc. styl. ulnae auf das Os Ulnare. Die Gelenkfläche liegt auf diesem Griffelfortsatz und zwar beginnt sie am äußersten distalen Rande desselben und zieht sich, volar-radialwärts gewendet als flacher konvexer Gelenkstreifen hin. Die Fläche ist in ihrem nierenförmigen Gesamtbilde nur in volar-radialer Aufsicht zu sehen. Von der ulnaren Seite aus erkennt man nur die distaldorsale Begren-

zung am Ende des Processus. Der dorsale, etwas stärker konvexe Teil artikuliert mit dem Os Ulnare, der viel flachere volare Teil mit dem Os Pisiforme.

γ. Os Rad. et intermed. (Abb. 76): Der Knochen gleicht in proximaler Aufsicht einem langgestreckten Viereck mit einem kleinen Processus an seiner volar-radialen Ecke. Die Gelenkfläche bedeckt die ganze Knochenfläche, doch nicht den Processus. Sie ist in Längsrichtung (radial-ulnar) ein wenig schwächer gekrümmt, als in der darauf senkrechten Richtung. Wir haben es also mit einer eiförmigen Gelenkfläche zu tun. Was den Krümmungsradius in dorsal-volarer Richtung angeht, so ist er relativ groß, d. h. wir haben eine recht flache eiförmige Gelenkfläche auf dieser proximalen Knochenfläche.

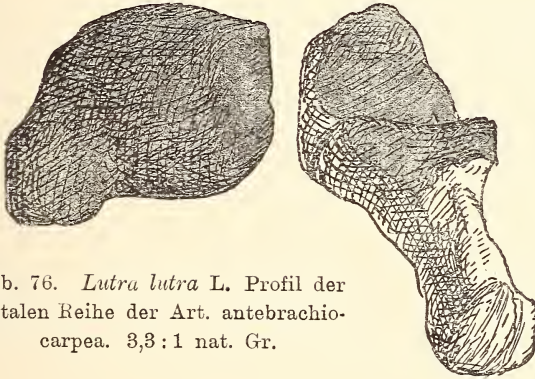


Abb. 76. *Lutra lutra* L. Profil der distalen Reihe der Art. antebrachio-carpea. 3,3:1 nat. Gr.

δ. Os Ulnare (Abb. 76): Seine proximale Fläche wird von zwei Flächen, die durch eine kräftige Kante, in der beide Flächen zusammenstoßen, getrennt werden, eingenommen. Die obere zur Artikulation des Proc. styl. ulnae dienende Fläche ist auffallend stark dorsal-volar konkav. In ihr spielt der dorsale Teil des Proc. styl. ulnae.

Ganz im Gegensatz hierzu steht die volare Gelenkfläche des Os Ulnare, die zur Artikulation mit dem Os Pisiforme dient. Sie ist in schräger (dorsal-ulnar-volarradial) Richtung leicht konvex.

ε. Os Pisiforme (Abb. 76): Dieser Knochen wendet dorsal-distalwärts eine leichte konkave halbmondförmige Fläche zur entsprechenden volaren Os Ulnare-Fläche, und schräg ulnarwärts eine zungenförmige annähernd flache Facette zum Proc. styl. ulnae.

#### b) Bewegungen in der Art. antebrachio-carpea.

In der „Normalstellung“ der Hand, in der hier bei *Lutra* die Längsachse des Unterarmes mit der des Metacarpale IV in eine gerade Linie fällt, ist die Dorsal-Flexion am Ende. Es ist am Präparat allerdings

möglich, das Os Rad. et intermed. noch minimal zu strecken, bis die dorsalen Ränder des Radius und des Os Rad. et intermed. sich berühren. In diesem Gelenk stoßen ziemlich flache Facetten aufeinander. Außerdem herrscht hier eine eiförmige Gelenkartikulation vor, deren Form mindestens dem von O. FISCHER dargestellten „idealen Eikörper“ entspricht (siehe Seite 146).

Hierzu sei noch allgemein bemerkt, daß in einem „idealen Eigelenk“ Bewegungen um beide Hauptachsen, die sich senkrecht überkreuzen, aber nicht schneiden, und auf der gleichen Seite des Gelenkspaltes liegen, unter gleich starker Inanspruchnahme der Knorpeldeformierbarkeit in beiden Richtungen möglich sind. „Und zwar ist die Deformierung bei keiner der zwei Hauptbewegungen des „Idealeigelenkes“ so stark in Anspruch genommen, wie sie es bei dem „Ringwurstkörper“ und dem „spindelförmigen“ Körper jeweils in der einen von beiden Richtungen wäre.“ (R. FICK, siehe auch Seite 150—152, 157/58 dieser Arbeit). Außer den Bewegungen um diese beiden Hauptachsen sind nun auch solche ohne stärkere Gestaltveränderung des Knorpels möglich, die um Achsen in allen möglichen einander parallelen

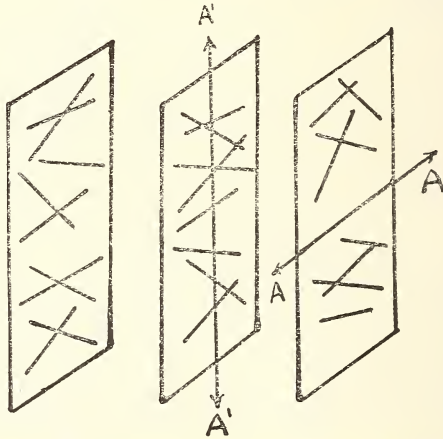


Abb. 77. Hauptachsenebenen für die Eigelenkbewegungen (nach FICK 1910).

Ebenen parallel der Tangentialebene an den Mittelpunkt der Eioberfläche ausgeführt werden können (siehe Abb. 77). „Kreiselungen“ = Drehungen um Achsen, die senkrecht auf den Gelenkflächen stehen, sind auch beim Idealeigelenk nur unter Klaffen ausführbar. Dies konnte bei *Lutra* nicht festgestellt werden. Es sind nur die Bewegungen vorhanden, die ein Idealeigelenkkörper in oben beschriebener Art und Weise zuläßt.

Die Hauptachsen des Eigelenkes auf dem Os Rad. et intermed. ver-

laufen einmal von volarradial nach dorsalulnar, ein anderes Mal senkrecht dazu. Erstere ist die Achse, um welche die Beugung zwischen Hand und Vorderarm erfolgt. Wir haben demnach eine ulnare Volarflexion. Um die senkrecht zur Flexionsachse verlaufende Hauptachse des Gelenkes finden Ad- und Abduktionen statt. Und schließlich können Bewegungen um Achsen stattfinden, die parallel zur Tangentialebene an den Mittelpunkt der Eioberfläche gelegt werden können (s. o.). Da sie während einer Beugung stets ihre Richtungen ändern können und um eine andere Achse stattfinden können, so können in diesem Gelenk Rotationen ausgeführt werden.

Im Os Ulnare-Ellengelenk finden die im Os Rad. et intermed.-Radiusgelenk stattfindenden Flexionen und Ad- und Abduktionen Unterstützung. Die stark konkave Gelenkfläche kann mit einem Teil einer Zylinderfläche verglichen werden. Damit ergeben sich bei geräumiger Gelenkkapsel, wie sie hier vorhanden ist, außer den ginglymischen Bewegungen um eine Achse, die die Flexionsachse des Os Rad. et intermed.-Gelenk fortsetzt, also volar-radial-dorsalulnar, noch Verschiebungen in ad- bzw. abduktorischen Sinne längs dieser Achse.

Die Rotationen, die in der Os Rad. et intermed.-Radiusartikulation möglich sind, fallen hier fort. Sie können in der Art. intercarpea kompensiert werden (s. u.). Es liegt durchaus im Bereich der Möglichkeit, daß die vorhandene Trennung der Gelenkkapsel in zwei Teile in diesem Abschnitt in einem Zusammenhang mit diesen auf beiden Seiten verschieden ausgebildeten Bewegungsmöglichkeiten steht.

Im Os Ulnare-Os Pisiforme-Gelenk sind die Facetten dicht aufeinander gepreßt. Wenn das Os Pisiforme durch den Zug des *Musc. flex. carp. ulnaris* gebeugt wird, nimmt es das Os Ulnare mit, so daß keine großen Bewegungen stattfinden.

Das Gelenk zwischen Ulna und Os Pisiforme kommt erst am Ende der Beugung zum Schließen; in Streckstellung findet Klaffen des Gelenkes statt.

## 5. Articulatio intercarpea.

a) Gelenkflächen der Art. intercarpea (Abb. 78, 79).

α. Os Rad. et intermed.: Wieder sind zwei Systeme von Gelenken vorhanden: Ein stark konkaves und ein weniger stark ausgehöhltes System. Eine Kante, in der Mitte vom Os Rad. et intermed. liegend, trennt beide Systeme. Die Radialhälfte ist die weniger stark konkave. Hier artikulieren die Ossa C I und C II. Wir haben eigentlich wieder zwei Höhlungen, eine dorsale mehr zylinderförmige und eine volare beinahe kugelförmige.

Auf der ulnaren Hälfte sind zwei Hohlflächen für die Ossa C III und

C IV + V ausgebildet, jedoch ist die Trennungslinie zwischen beiden Facetten sehr wenig scharf. Sie sind dorsal-volar konkav und außerdem radial-ulnar konkav, die für das Os C III stärker als für das Os C IV + V. Außerdem

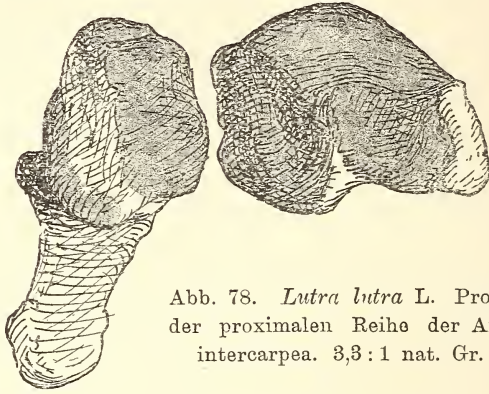


Abb. 78. *Lutra lutra* L. Profil der proximalen Reihe der Art. intercarpea. 3,3:1 nat. Gr.

ist die Fläche für das Os C III spiralg gekrümmt, d. h. die Krümmung nimmt volarwärts zu, und außerdem auch noch geschraubt. Dasselbe, doch im abgeschwächten Maße, gilt für die Os C IV + V-Facette.

β. Os Ulnare (Abb. 78): Die distale Fläche ist etwas radial einwärts gerichtet. Sie artikuliert nicht mit dem Os Rad. et intermed. und ist durch ein starkes Band von ihm getrennt. Die Fläche, die die distale Seite bis auf einen volar-ulnaren Processus ganz bedeckt, ist flach ausgehöhlt. Der Processus enthält eine volarwärts tropfenförmig sich verbreiternde Gelenkfacette, die ähnlich wie bei *Meles* nur in bestimmten Phasen der Bewegung mit dem Metacarpale V artikuliert.

γ. Os Carpale I: Die proximalen Gelenkflächen aller vier Carpalia (Abb. 79) entsprechen den Gelenkfacetten der Proximalreihe. Das Os Carpale I hat einen Gelenkkopf, der annähernd kugelförmig im volaren Teile seiner Proximalseite ausgebildet ist und im dorsalen Teile ebenfalls eine konvexe Fläche.

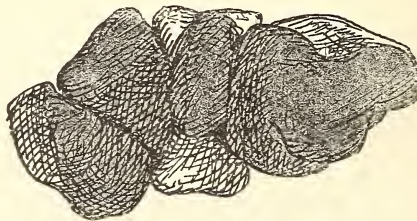


Abb. 79. *Lutra lutra* L. Profil der distalen Reihe der Art. intercarpea. 3,3:1 nat. Gr.



Jedoch liegt zwischen beiden eine Furche, die abgerundet ist und ebenfalls Gelenkcharakter trägt. Daneben artikuliert

δ. das Os Carpale II. Es hat eine in dorsal-volarer Richtung konvexe Gelenkfläche und zwar hat sie den Anschein einer zylinderförmigen Gelenkfläche.

ε. Das Os Carpale III bildet einen Wulst aus, der Gelenkflächencharakter trägt und dorsal auf der radialen Seite in eine Fläche senkrecht zur bisherigen ausläuft. Seine ulnare Fläche ist zu zwei Drittel mit einer ebenen Gelenkfacette bedeckt, die an eine entsprechende des

ζ. Os Carpale IV + V gelenkt. Das Os C IV + V hat mehr würfelähnliche Gestalt und enthält proximalwärts zwei ineinander übergehende Facetten, die für das Os Rad. et intermed. und das Os Ulnare bestimmt sind. Beide können als Teile eines Kugelausschnittes betrachtet werden.

#### b) Bewegungen in der Art. intercarpea.

Wieder fehlt die Dorsalflexion. Äußerste Streckstellung ist die „Mittelstellung“. Von dieser sind nur äußerst geringe Bewegungen ausführbar. Ja, es hat den Anschein, daß die vorhandenen minimalen Flexionen nur als „Ausgleichbewegungen“ aufzufassen sind, die bei Unebenheiten des Bodens in Frage kommen. Beim Steuern oder Schwimmen trägt dieser Abschnitt mit dazu bei, die Hand bretartig zu versteifen, damit sie als ein Ganzes bewegt werden kann.

Nur die Os Ulnare-Os Carpale IV + V-Artikulation läßt relativ viel größere Exkursionen zu, die dank der kugelförmigen Gelenkfacetten Rotationen zulassen. Hier vollzieht sich also die Kompensation für die im Os Ulnare-Ulna-Gelenk fehlenden Bewegungen.

### 6. Articulatio carpometacarpeae.

#### c) Gelenkflächen der Art. carpometacarpeae (Abb. 80, 81).

Die proximalen Basisflächen der Metacarpalia sind den distalen der Ossa Carpalia sehr gleichförmig.

α. Das Os Carpale I besitzt eine halbmondförmige Fläche für den ersten Finger. Sie ist distal-radial gerichtet und von dorsal nach volar äußerst langgestreckt und in sich etwas geschraubt, d. h. der dorsale Teil der Fläche liegt in einer anderen Ebene als der volare Teil. Von einer Krümmung ulnar-radialwärts ist sehr wenig zu erkennen. Außerdem hat es am ulnar-dorsalen Rande der halbmondförmigen Fläche eine Facette zur Artikulation mit der radialen Kante der Basis des Metacarpale II.

β. Das Os Carpale II hat zur Artikulation mit dem Metacarpale II wohl die ausgeprägteste sattelförmige Fläche. Sie bekleidet den ganzen

dreieckigen Knochen (Basis dorsal, Spitze volar), ist einmal dorsal-volar konvex, ein anderes Mal radial-ulnar. Die Krümmungsradien sind beide von annähernd gleicher Größe.

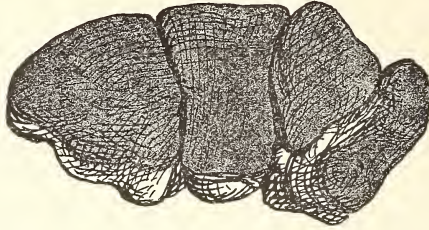


Abb. 80. *Lutra lutra* L. Profil der proximalen Reihe der Art. carpometacarpeae. 3,3:1 nat. Gr.

γ. Das Os Carpale III besitzt eine annähernd viereckige, dorsal-volar konkave Fläche für das Metacarpale III. Außerdem ist auch eine leichte Krümmung radial-ulnarwärts zu erkennen, die allerdings im dorsalen Abschnitt der Gelenkfläche in eine leicht konvexe Wölbung übergeht.

δ. Das Os Carpale IV + V artikuliert mit den Metacarpalia IV und V. Es hat eine trapezförmige Fläche im Umriß; es ist dorsal-volar konkav. Der ulnare Teil ist mit seinem dorsalen Teile weiter nach distal gebogen als der volare Rand, während dies im Radialteile annähernd gleich ist. Im übrigen gehen beide Flächen ineinander über.

ε. Das Metacarpale I (Abb. 81) zeigt entsprechend der Os C I-Fläche eine halbmondförmige Facette, die proximal-ulnarwärts zeigt.

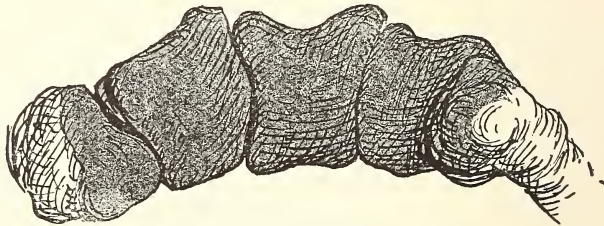


Abb. 81. *Lutra lutra* L. Profil der distalen Reihe der Art. carpometacarpeae. 3,3:1 nat. Gr.

ζ. Die Metacarpale II Fläche hat die ausgeprägteste Sattelform in diesem Abschnitt. Sie ist viereckig, volar etwas schmaler als dorsal, in ulnar-radialer Richtung stark konkav, so daß eine ziemlich tiefe Rinne entsteht und außerdem in dorsal-volarer Richtung schwach konvex.

η. Das Metacarpale III ist im dorsalen Teil leicht sattelförmig,

im volaren Teil dorsal-volar konvex, radial-ulnar sehr schwach konkav, fast eben, aber nach der proximal-radialen Seite gewendet.

9. Metacarpale IV. Die Basisränder der Metacarpalia IV und V gelenken zusammen an das Os C IV + V in sehr gleichmäßig gekrümmten Flächen. Das Metacarpale IV, von viereckiger Gestalt, dorsal-volar konvex, auch radial-ulnar leicht konkav, hat also eine sattelförmig angedeutete Gelenkfläche.

10. Das Metacarpale V läuft von der dorsalen Spitze nach (ventral) volar breit konvex aus, bildet also eine ellipsoidförmige gekrümmte Fläche.

Zu erwähnen ist von allen Metacarpalia gemeinsam, daß ihre Artikulationsflächen ziemlich weit auf die Dorsalseite der Epiphysen der Metacarpalia, wenn diese genau horizontal gerichtet sind, übergehen. Das Metacarpale II ist etwas in den Carpus eingerückt und gelenkt daher noch selbständig mit dem Os C III auf der ulnaren und mit dem Os C I auf der radialen Seite.

#### b) Bewegungen in der Art. carpometacarpeae.

Auch in diesem Abschnitt sind nur geringe Bewegungen vorhanden, die jedoch an Umfang die der Art. intercarpea übertreffen.

Die bereits in fixierter Abduktion stehenden Metacarpalia können einmal um eine horizontale, leicht von radialdistal nach ulnarproximal geneigte Achse flektiert werden, dann aber auch noch ad- bzw. abduziert werden, was als Folge unregelmäßiger Sattelflächen zu deuten ist.

Nur das Grundgelenk des ersten Strahles zeigt Volarflexion. Durch seine Lage ist es schon so fixiert, daß eine Abduktion, wie bei den anderen Metacarpalia, fortfallen kann. Da außerdem das Os C I-Gelenk in sich geschraubt ist, so findet bei der Volarflexion gleichzeitig ein Fortschreiten des Metacarpale I um die Beugungsachse statt, was praktisch auf eine Einwärtsbewegung nach der Ulnarseite hin herauskommt.

Außer Volarflexionen ist auch noch eine geringe Dorsalflexion vorhanden. Die Metacarpalia können noch über die sogenannte „Mittelstellung“ hinaus gebeugt werden, was damit zusammenhängt, daß die proximalen Basisflächen der Metacarpalia auf die Dorsalseite der Knochen übergehen. Auch im Röntgenbild (siehe Tafel XIX, Abb. 123) entsteht durch diese Dorsalflexion ein stumpfer Winkel mit der Längsline des Unterarmes und des Carpus.

Bei der Volarflexion scheint ähnlich wie bei *Meles* (siehe Seite 176) in der letzten Phase der Bewegung das Metacarpale V-Gelenk auch mit der tropfenähnlichen Facette des Os Ulnare-Processus zu tangieren, wobei ganz ähnlich wie bei *Meles* Rollbewegungen auftreten dürften. Infolge zu geringer

Ossifizierung des Präparates konnte ein genauer Nachweis dieser Bewegung im Röntgenbilde bedauernswerter Weise nicht erbracht werden.

## 7. Zusammenfassende Übersicht über die Bewegungen.

Der Fischotter hat demnach einen flachen „brettartigen“ Carpus, der Exkursionen besonders an seiner proximalen Seite, weniger an seiner distalen Seite zeigt. In der *Articulatio intercarpea* sind nur ganz geringe Ausgleichbewegungen vorhanden. Trotzdem findet sich eine reiche Kombination von Bewegungsmomenten vor. Es zeigen sich Bewegungen in jeder Richtung. Volarflexionen sind in allen drei Artikulationen vorhanden. Dorsalflexion dagegen nur in der *Articulatio carpometacarpeae*; dadurch wird eine Verlängerung der Handfläche bis zur *Art. carpometacarpeae* und damit eine möglichst große volare Oberfläche für das Steuern oder Schwimmen geschaffen.

Dadurch, daß die Flexionsachsen in der *Art. antebrachioarpeae* und der *Art. carpometacarpeae* auf der Kleinfingerseite gegeneinander laufen, kommt es, daß die Flexionen der *Metacarpalia* zugleich mit einer Rotation der ersten Fingerseite nach der ulnaren Seite verbunden sind. Besonders durch die geneigte Achsenlage der *Art. antebrachioarpeae*, die ja mit der Horizontalen einen nach ulnar offenen Winkel bildet, gehen die Volarflexionen ulnarwärts, die Extensionen radialwärts. Da nun aber die für die Volarflexion maßgebende resultierende Achse im Carpus mit der Längsachse des Vorderarmes annähernd einen rechten Winkel bildet, der Carpus aber durch die  $\frac{3}{4}$  Pronation des Vorderarmes (s. Kap. D.) ulnarwärts zeigend fixiert ist und daher einen nach der Mediane des Körpers offenen Winkel bildet, so wird das Wasser nach hinten und nach der Mediane des Körpers geschaufelt, gerade nach der Seite, nach der es bei einer Bewegung der Hand an sich an einem vollständig pronierten Vorderarm nicht möglich wäre.

Dann sind ulnare bzw. radiale Abduktionen vorhanden, die wieder am stärksten in der *Art. antebrachioarpeae*, aber auch in der *Art. carpometacarpeae* (mit Ausnahme von *Mc I*, wo Flexionen mit verbundenem Fortschreiten längs der Achse statthaben) ausgebildet sind. Durch die nochmalige Spreizung der an sich schon in fixierter Abduktion stehenden Finger wird eine breite Ruderfläche geschaffen.

Auch Rotationen sind ermöglicht, woran besonders stark die radiale Kapsel der *Art. antebrachioarpeae* und als Kompensation das *Os Ulnare-Os Carpale IV + V*-Gelenk auf der ulnaren Seite beteiligt ist. So sehen wir eine Hand vor uns, die durch fächerförmige (als Folge fixierter Abduktion) Vergrößerung der Oberfläche für das Schaufeln des Wassers besonders geeignet ist. Da sie außerdem beim schnellen Schwimmen zum Steuern

gebraucht wird, ist eine große Kombinationsmöglichkeit der Bewegungen geschaffen. (So erklären sich besonders die Rotationen, die im Carpus vorhanden sind.) Aber auch der Lokomotion auf dem Lande werden die Hände gerecht. Sie dienen hier als Unterstützungsorgane, indem sie nach beiden Seiten den Körper vor einem seitlichen Umfallen bewahren. Hierbei bilden die Carpometacarpalgelenke den Scheitelpunkt eines sehr stumpfen dorsalen Winkels (s. Röntgenaufnahme Taf. XIX, Abb. 123). Die Bewegungen auf festem Substrat müßten an sich durch die  $\frac{3}{4}$  Pronation der Hand erschwert sein; hier aber machen sich die vielseitigen Bewegungsmöglichkeiten — besonders auch die Ausgleichbewegungen in der Art. intercarpea — besonders „verdient“, so daß die Vola stets dem Erdboden vollständig anliegt und die Finger krampfhaft gegen die Erde gekrallt werden. In diesem Zusammenhang ist es interessant, festzustellen, daß die Phalangealgelenke — im Gegensatz zur Art. carpometacarpeae — nur volar flektiert werden können. Diese Eigenschaft dürfte sich gut mit dem Gehen auf der Vola als auch mit dem Schwimmen, bzw. Steuern (wobei ein Ausweichen der Endphalangen dorsalwärts nicht zweckentsprechend wäre, denn die „brettartige“ Wirkung der Hand würde hierunter leiden) vereinigen lassen.

#### IV. Ursus arctos L.

##### 1. Lebensweise.

Der braune Bär ist von den arctoiden Raubtieren wohl das vielseitigste in seinem Bewegungsvermögen. „Doch sehen seine Bewegungen ungeschickter aus, als sie wirklich sind. Er ist ein Paßgänger, bewegt also beim Gehen wie beim Traben die Beine der nämlichen Körperseite gleichzeitig, wodurch seine Gangweise ungeschlacht schaukelnd und bummelhaft erscheint. Bei beschleunigter Gangart fällt er in einen recht fördernden Galopp, holt mit Leichtigkeit einen Menschen ein und entwickelt auch sonst jedenfalls eine Raschheit und Gewandtheit, die man ihm kaum zutraut. Bergauf geht sein Lauf verhältnismäßig noch schneller als auf der Ebene, weil ihm seine Hinterbeine hier trefflich zustatten kommen. Außerdem versteht er vortrefflich zu schwimmen und geschickt zu klettern, pflegt jedoch im Alter, wenn er groß und schwer geworden ist, nicht mehr Bäume zu besteigen, wenigstens nicht astreine, glatte Stämme. Die gewaltige Kraft und die starken harten Nägel erleichtern dem Bären das Klettern ungemein. Er vermag selbst an sehr steilen Felsenwänden emporzusteigen. Außerdem werden die Hände auch beim Graben benutzt“. (Nach BREHM 1922).

Wir haben demnach im braunen Bären ein Tier vor uns, das die Fähig-

keiten des Gehens, Schwimmens und Kletterns in annähernd gleichem Maße ausgebildet hat.

Beobachtet man einen Bären in seinem Käfig, so wirkt sein Benehmen geradezu menschlich. Dazu trägt im höchsten Maße die ausgeprägte Vielseitigkeit seiner „Hand“ bei. Wie oft hat man Gelegenheit, zu sehen, wie er auf seinen Hinterbeinen sitzend, mit halb supinierten Unterarmen und damit auch der Hände um ein Stück Zucker bittet, es dann mit der „Hand“ aufhebt, es in seinen Rachen wirft und dann militärisch für diesen Leckerbissen dankt. Oder wenn er in seinem „Waschbecken“ auf dem Rücken liegt, und sich mit seinen Händen das erfrischende Naß über Kopf und Brust spritzt und sich wäscht. Alle diese Bewegungen ermöglicht ihm besonders die sehr gut ausgeprägte Pro- und Supinationsfähigkeit des Unterarmes. Aber auch die Hand, die „zwangsläufig“ mit diesen Bewegungen verbunden ist, bewahrt sich eine große Beweglichkeit. Sehr gut konnte ich radiale und ulnare Abduktionen der ganzen Hand beobachten. Eine Fingerspreizung konnte ich dagegen niemals wahrnehmen. Beim Gehen wird die Hand am Schluß der Beugung stets leicht einwärts gedreht. Dies ist schwierig festzustellen und ich wurde darauf erst aufmerksam, als ich am anatomischen Präparat diese Möglichkeit der Bewegung ausgeprägt fand. Beim Klettern hat er die Hände in  $\frac{3}{4}$  Pronation und läuft, den Ast seitlich umfassend, sehr sicher auf diesem entlang. Wie der Bär sich beim Schwimmen verhält, konnte ich leider nicht beobachten, da kein größeres Schwimmbassin für ihn zur Verfügung stand.

## 2. Trittkissen (Abb. 82).

Auf der Volarfläche der Hand liegt ein starkes Trittpolster quer über den Metacarpophalangealgelenken der Finger, das die Tendenz hat, immer breiter zu werden, je näher es der ulnaren Kante der Vola kommt. In sich ist es durch kleine Furchen, die die Lage der Finger angeben, in fünf Teile geteilt. Auch die Enden jedes Fingers sind mit starken ovalen Polstern versehen. Außerdem liegt noch ein starkes, ulnares Carpalkissen auf dem Os Pisiforme. Zwischen diesen drei Gruppen von Polstern findet sich starke Haarbedeckung.

## 3. Gesamtform der Hand (Abb. 83).

Die Hand ist flach und breit. Radius und Ulna, die nebeneinander liegen, sind durch einen großen Antebrachialraum getrennt und ihre distale Oberfläche wird durch hervorspringende Capitula an den inneren Rändern von Elle und Speiche vergrößert. Der Carpus, der sich hieran ansetzt, ist

im ganzen eiförmig gestaltet und wird an den Seiten von den kräftig entwickelten Processi styloidei des Unterarmes umklammert. Dann folgen fünf leicht divergierende starke Finger, von denen jedoch der erste etwas schwächer

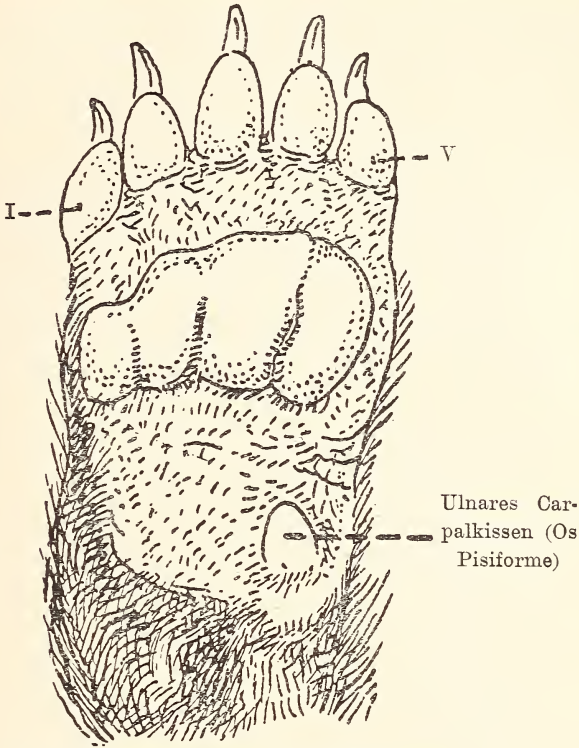


Abb. 82. *Ursus arctos* L. Trittfläche der linken Vorderextremität (nach POCOCK 1914).

ausgebildet ist als die übrigen und auch etwas höher als diese im Carpus entspringt. Alle Finger sind mit kräftigen, nicht allzu krummen Krallen ausgerüstet.

#### 4. Articulatio antebrachio carpea.

Die in den gelenkmechanischen Untersuchungen angegebenen Abbildungen (Abb. 84—87, 90, 91) gehören zu *Thalassarctos maritimus*. Es können ohne Bedenken diese Abbildungen des Eisbären benutzt werden; denn die Bewegungen beider Tiere sind — mit Ausnahme ganz weniger Abweichungen (s. Protokoll VI) — sich äußerst ähnlich. Deshalb wurden Abbildungen von *Ursus arctos* nicht angefertigt.

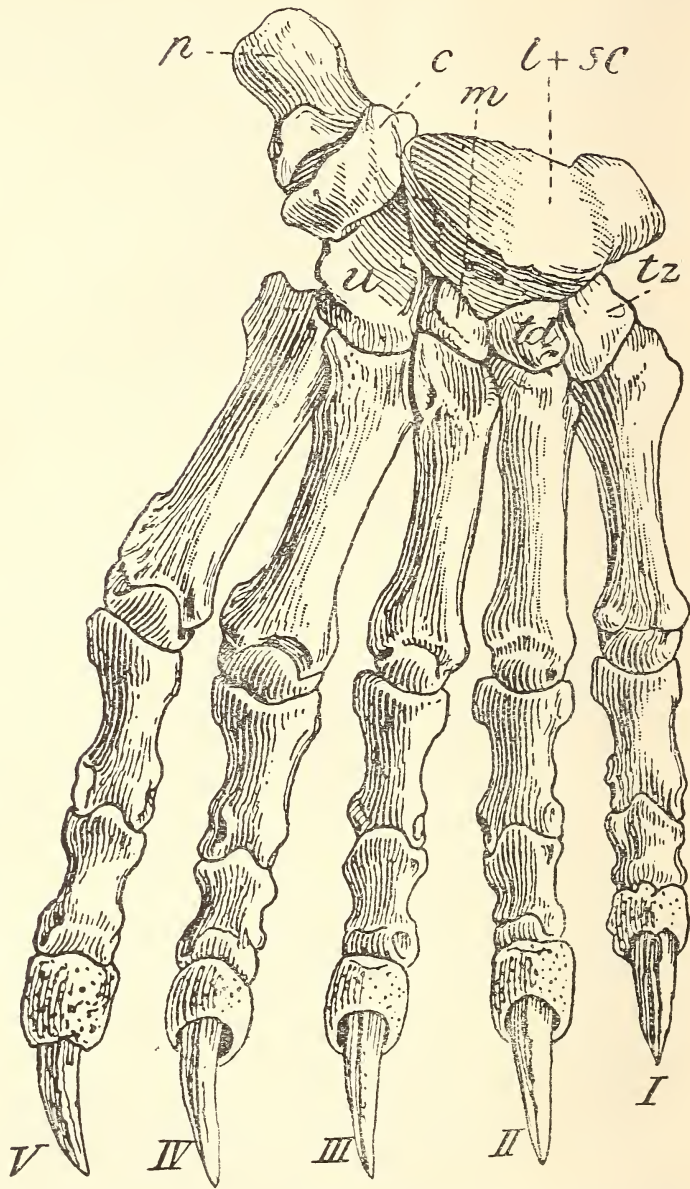


Abb. 83. *Ursus arctos* L. Übersichtsbild über die rechte „Hand“.  
 (l + sc = Os Rad. et intermed., c = Os ulnare, p = Os Pisiforme, u = Os Car-  
 pale IV + V, m = Os Carpale III, td = Os Carpale II, tz = Os Carpale I).



a) Gelenkflächen der Art. antebrachioarpea (Abb. 84, 85).

α) Radius: Die distale Radiusfläche zeigt zwei Teile, 1. eine eiförmige, schwach konkave Gelenkfläche und 2. als Fortsetzung dieser Fläche radialwärts eine bei weitem schmalere, aber sattelförmige Gelenkfläche auf dem Proc. styl. radii. Der Sattel ist hier nicht so ausgeprägt wie beim Hund und beim Dachs.

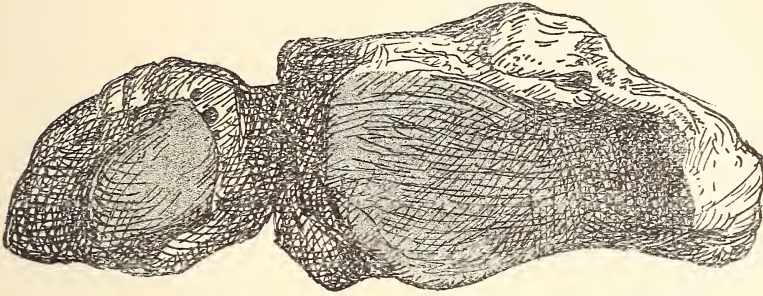


Abb. 84. *Thalassarctos maritimus* L. Profil der proximalen Reihe der Art. antebrachioarpea. 0,6 nat. Gr.

Die „große Achse“ der distalen Fläche ist quer zur Unterarm-längsachse ulnar-radialwärts gestellt. Da sich der Proc. styl. radii etwas weiter distal herabzieht, steht die Achse nicht senkrecht zur Unterarm-längsachse, sondern etwas schräg von radialdistal nach ulnarproximal, oder mit anderen Worten, die Fläche schaut ein wenig ellenwärts. Die Längsrichtung des Rückens der Sattelfläche bildet die Fortsetzung der „großen Achse“.

β. Ulna: Sie artikuliert mit dem Os Ulnare und dem Os Pisiforme durch ihren mächtig ausgebildeten Processus styloideus. Die Gelenkfläche ist ein Gelenkkopf von breiter ovoider Gestalt, der schräg distal-radial-volarwärts gerichtet ist. Die dorsale Fläche des Proc. styl. ist vollkommen frei von Gelenkfläche.

γ. Os Radiale et intermedium (Abb. 85): Er ist in proximaler Aufsicht ein mächtiger viereckiger Knochen, an dem am deutlichsten von den untersuchten Tieren ein kräftiger Processus carp. rad. ausgebildet ist. Die Gelenkfläche nimmt den ganzen proximalen Knochenkörper ein, hat daher annähernd viereckige Gestalt, jedoch läuft sie im ulnar-volaren Teile in einen breiten Vorsprung auf die Vorlarseite des Knochens aus. Die Fläche selbst ist dorsal-volar konvex und besitzt im radialen Teile eine andeutungsweise vorhandene Sattelfläche, in die der Griffelfortsatz des Radius spielt. Außerdem ist sie noch radial-ulnar konvex, besitzt also im größten Teil seiner Fläche eiförmigen Charakter.

d. Os Ulnare: Der zur Längsline der Hand schräg stehende Knochen bildet mit dem Os Rad. et intermed. einen distal offenen Winkel und artikuliert nur mittels einer relativ kleinen auf der schmalen radialen Knochen-seite gelegenen volaren Fläche mit diesem. Auf seiner ulnar-proximalwärts

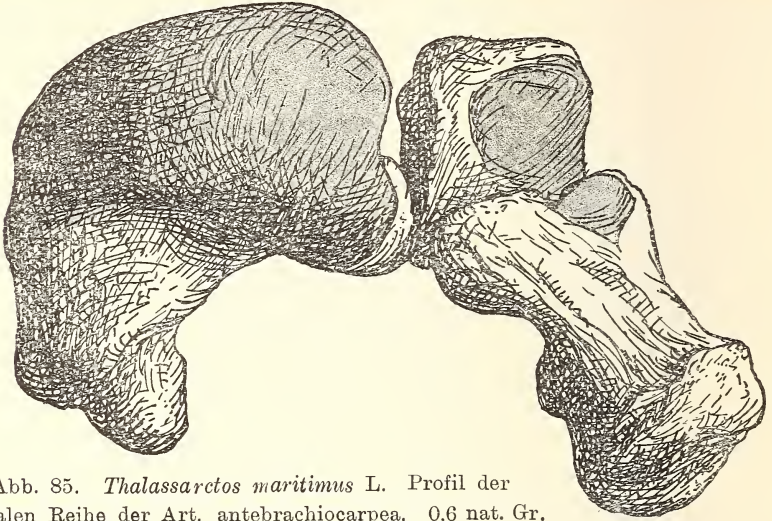


Abb. 85. *Thalassarctos maritimus* L. Profil der distalen Reihe der Art. antebrachioarpea. 0,6 nat. Gr.

gerichteten Fläche befinden sich zwei durch einen Wall getrennte Artikulationsflächen. Die dorsale ist ellipsoidförmig und konkav. In ihr spielt der Proc. styl. ulnae. Die volare, für das Os Pisiforme bestimmt, ist fast eben und nur in sich etwas schraubenförmig gedreht.

e. Os Pisiforme: Es wendet eine große etwa dreieckige Fläche schräg ulnarwärts zum Ellenfortsatz, und eine distal-dorsale zum Os Ulnare.

Durch das abgebogene Os Ulnare, das nur volar an das Os Rad. et intermed. gelenkt, entsteht zwischen Unterarm und proximaler Reihe ein vom Knochen freier Zwischenraum, der durch Bindegewebsmassen ausgefüllt ist.

b) Bewegungen in der Art. antebrachioarpea.

Ausgangspunkt der Bewegung ist die „Mittelstellung“. Eine Dorsalflexion findet von hier nicht statt, wohl aber Volarflexion um eine ulnar-radiale Drehungsachse. Die dorsalen Ränder vom Os Rad. et intermed. und vom Radius, die in der Mittelstellung aufeinanderstoßen, heben sich bei eintretender Beugung mehr und mehr ab. Da die Radiusfacette nur sehr leicht ausgehöhlt ist, so gleitet das Os Rad. et intermed. an ihr vorüber und ist am Ende der Volarflexion mit seinem Dorsalrande ziemlich weit vom ent-

sprechenden Radiusrande entfernt; jedoch möchte ich hier nicht von einem direkten Klaffen des Gelenkes sprechen, da man ein „Klaffen“ immer als Kippbewegung um eine andere als die typische Achse annimmt. Die viel größere Gelenkfläche gleitet an der an Ausdehnung kleineren Radiusfläche vorbei. Die sich im radialen Teile, genau in der Mitte des Os Rad. et intermed. befindliche, andeutungsweise vorhandene Sattelfläche hat auf die Volarflexion zunächst keinen Einfluß. Erst wenn die Flexion gleichmäßig so weit fortgeschritten ist, daß sich die unteren (volaren) radialen Gelenkränder vom Os Rad. et intermed. und vom Radius decken, dann ist am unteren ulnaren Rande der Rad. et intermed.-Fläche immer noch ein Gelenkstreifen vorhanden, der auf die ulnare Volarseite des Os Rad. et intermed. umbiegt und in diesem Teile noch eine weitere Flexion ermöglicht. Dies kann aber nur geschehen, wenn das Os Rad. et intermed. seitlich und zwar nach der radialen Seite zu gleichzeitig verschoben wird. In diesem Moment tritt auch das vorhandene Sattelgelenk in Funktion und wir erhalten eine Bewegung im letzten Teile der Flexion um eine schräge distalradial-proximalulnare Achse mit gleichzeitigem Vergleiten längs dieser Achse.

Die Bewegung im Os Ulnare schließt sich der im Os Rad. et intermed. vollkommen an, was durch eine ellipsoidförmige Fläche, die nach ulnar auswärts zeigt, ermöglicht wird. Außer der Bewegung im volarflektorischen Sinne bietet das Elementenpaar der Art. antebrachioarpea die Möglichkeit einer radialen bzw. ulnaren Abduktion um eine dorsal-volare Drehungsachse, die in den Gelenken des Os Rad. et intermed. als auch im Os Ulnare vorhanden ist. Besonders das Os Rad. et intermed.-Gelenk wahrt sich dadurch den Charakter eines ausgesprochenen Eigelenkes.

Im Gelenk zwischen Os Ulnare und Os Pisiforme berühren sich zwei fast ebene Gelenkflächen, die in sich ein wenig geschraubt erscheinen. Bewegungen sind so gut wie ausgeschlossen.

Die Os Pisiforme-Fläche, die zur Artikulation mit dem Proc. styl. ulnae bestimmt ist, ist durch ihre ausgehöhlte dreieckförmige Gestaltung imstande, die Volarflexionen mit zum Schluß leichter Einwärtsschraubung sowie Abduktionsbewegungen des ganzen Gelenkabschnittes zu unterstützen.

## 5. Articulatio intercarpea.

a) Gelenkflächen der Art. intercarpea (Abb. 86, 87).

α. Os Rad. et intermed.: Die distale Fläche dieses Knochens zeigt mächtige Flächen für die Ossa Carpalia. Sie enthält einmal ein flacheres Gelenksystem, die Fac. art. medialis, die nur im volaren Teile eine kugelförmige Fläche ausgebildet hat, und ein stark ausgehöhltes Gelenksystem,

die mächtigen Fac. art. hamati und capitati. Die Fac. art. capitati enthält an ihrem ulnar-volaren Ende eine Artikulationsfacette für das Os Ulnare.

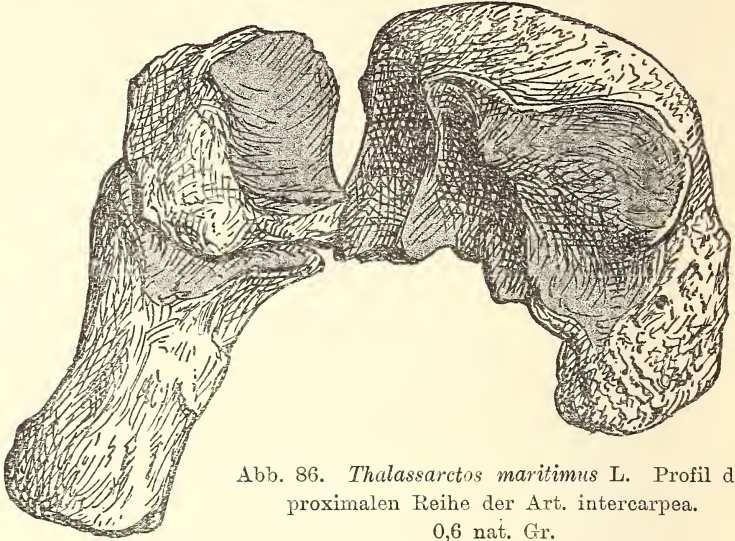


Abb. 86. *Thalassarctos maritimus* L. Profil der proximalen Reihe der Art. intercarpea. 0,6 nat. Gr.

β. Os Ulnare: Es artikuliert mit seinem unteren radialen Rande an die Fac. art. capitati des Os Rad. et intermed., im übrigen ist ein großer Spalt zwischen beiden Knochen vorhanden. Die Berührungsfläche mit dem Os Carpale IV + V zeigt carpuswärts, also distal-radial; sie ist oval und konkav ausgehöhlt.

Ossa Carpalia (Abb. 87): Alle vier Knochen sind in Verbindung mit dem Os Rad. et intermed., und wir haben somit ein getreues Abbild der Gelenkflächen dieses Knochens. Das flachere Gelenksystem wird radialwärts durch die Ossa Carpalia I und II gebildet.

γ. Das Os Carpale I zeigt dorsal eine leicht konvexe Gelenkfläche, die sich im volaren Teile stark verbreitert und wulstförmig nach der volaren Seite des Knochens umgebogen ist. Dieser Wulst paßt genau in die annähernd kugelförmige Os Rad. et intermed.-Fläche. Beim Übergang zum Wulst ist ein Tal in der sonst eben verlaufenden Fläche zu konstatieren.

ε. Die Os Carpale II Fläche schließt sich gewissermaßen als Fortsetzung der Os CI-Fläche an. Sie ist leicht dorsal-volar gewölbt und am ulnaren Rande schmaler als am radialen. Nach volar zu findet auch, wenn auch nicht so ausgeprägt, wie am Os CI, eine wulstförmige Bildung der Fläche statt, die einen geringen Anteil an die Hohlfläche im Os Rad. et intermed. hat. Zwischen beiden Knochen zieht sich eine breite Gelenk-

fläche hin. Es dürften daher hier, obgleich beide Knochen als ein System den übrigen Knochen gegenüberstehen, geringfügige Eigenbewegungen möglich sein.

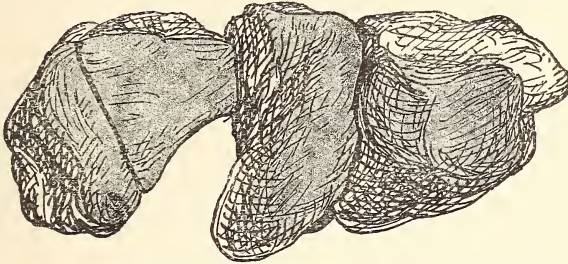


Abb. 87. *Thalassarctos maritimus* L. Profil der distalen Reihe der Art. intercarpea. 0,6 nat. Gr.

ζ. Das Os Carpale III besitzt einen Gelenkkopf, der zur Längsrichtung der distalen Fläche des Knochens in einem Winkel von ca. 40 Grad steht. Gelenkcharakter trägt die Frontseite, außerdem aber greift die Gelenkfläche im volaren Teile stark auf die radiale Knochenseite herum und erscheint somit volar stark verbreitert. Dorsalwärts verschmälert sich der Gelenkkopf und biegt distalwärts um. Auch sorgt eine ebenfalls dorsal-radialwärts umgebogene Fläche für einen guten Verschluss mit dem Os Rad. et intermed.-Rande. Der Knochen tangiert also nicht mit seinem stark gewölbten Gelenkkopf das Os Rad. et intermed., sondern legt sich auch noch mit seiner radialen Fläche in die Fac. art. capitati hinein. So ist die Mächtigkeit der zugehörigen Os Rad. et intermed.-Fläche verständlich.

η. Das Os Carpale IV + V hat zwei Artikulationsflächen, für das Os Rad. et intermed. und das Os Ulnare. Beide für diese Knochen bestimmten Artikulationsflächen stoßen in einer Kante zusammen. Diese Kante ist der äußerste proximale Rand des Knochens. In dorsaler Aufsicht liegen die beiden Artikulationsflächen in einem Winkel von ca. 70 Grad gegeneinander. Sie sind das getreue Abbild ihrer zugehörigen Os Rad. et intermed.- und Os Ulnare-Flächen. Hervorzuheben ist, daß die an das Os Rad. et intermed. gelenkende Fläche ein Teil einer Schraubenfläche ist. Für sie und die Os Rad. et intermed.-Fläche gilt dasselbe wie für die entsprechende Fläche beim Dachs auf Seite 172.

#### b) Bewegungen in der Art. intercarpea.

Die Bewegungen, die in diesem Abschnitt vorhanden sind, sind äußerst gering. Besonders das ulnare Gelenksystem, zu dem die Ossa C III und

C IV + V gehören, ist sehr sparsam in seinen Exkursionen. Beweglicher ist das radiale Gelenksystem, aus den Ossa Carpalia I und II bestehend.

Ausgangspunkt der Bewegung ist wieder die äußerste Streckstellung, eine Lage, die wiederum unserer definierten Mittelstellung entspricht. Dorsalflexion kann nicht stattfinden, da bereits in dieser Stellung die dorsalen Ränder der beteiligten Knochen aufeinandergedreht sind. Als besondere Hemmfläche für die Dorsalflexion läßt sich die dorsal-volar verlaufende obere Fläche des Os C III-Gelenkkopfes auffassen. Während bei eintretender Beugung im ulnaren Abschnitt nur eine minimale Exkursionsbreite in einer Richtung, nämlich Volarflexion, festzustellen war, wobei das Os C IV + V durch die Schraubennatur seiner radialen Gelenkfläche ebenfalls, natürlich nur ganz gering, die Beugung carpuseinwärts induziert, ist die Exkursionsbreite im radialen Abschnitt, obgleich an sich gleich groß, auch noch in anderer Richtung möglich. Eine Analyse der Bewegungen in diesem Abschnitt zeigt folgendes: Dadurch, daß wir im volaren Teile der Os C I-Gelenkfläche ein Kugelgelenk haben, bieten sich verschiedene Bewegungsmöglichkeiten: 1) im volarflexorischen Sinne. Es sei zunächst bemerkt, daß in einem Kugelgelenk Bewegungen um unendlich viele Achsen ausführbar sind. Alle diese Achsen schneiden sich aber in einem Punkt, dem Drehpunkt. Dieser Drehpunkt liegt hier im Zentrum des Wulstes (Kugel). Außerdem befindet sich noch eine fast ebene Gelenkfläche dorsalwärts. Nun kann eine Beugung des Gelenkes eintreten um eine radial-ulnare Achse. Dabei wird

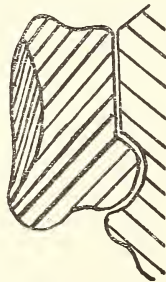


Abb. 88.

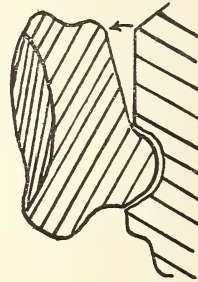


Abb. 89.

die Zunge (Abb. 88) (die fast ebene Gelenkfläche) von ihrer Berührungsfläche abgehoben. Es tritt Klaffen des Gelenkes ein (Abb. 89). 2) Drehungsbewegungen. Es ist oben festgestellt worden, daß wir fast ebene Gelenkflächen im dorsalen Teile haben. Bei einer Bewegung um eine zur Volarflexion senkrechte Achse im Kugelgelenk wird daher die ebene Fläche auf ihrer Os Rad. et intermed.-Fläche verschoben. Da nun

die Achse, um die die Bewegung stattfindet, senkrecht zu den beiden einander anliegenden Ebenen steht, so finden sogenannte Drehungen statt. Die Drehungsachse selbst schneidet nur die gedachte Verlängerung der ebenen Flächen. Da nun die Drehungsachse von den ebenen Gelenkflächen entfernt ist, so legt jeder Punkt der bewegten Gelenkfläche einen ziemlich großen Weg zurück. Die umgebende Gelenkkapsel setzt aber diesen Bewegungen ziemlich früh ein Ziel, so daß die Exkursionsbreite in dieser Richtung relativ klein ist. 3) Die Kombination von obigen Bewegungen. Diese hat die größte Exkursionsbreite. Bei dieser Bewegung kann der mit dem Knochen distalwärts verbundene erste Finger ein wenig eingerollt werden.

Die Bewegungen des Os C II sind ganz ähnliche wie die oben beschriebenen des Os C I, denn dieser Knochen steht mit dem Os C I in enger Verbindung. Die Flexion wird ebenfalls durch allerdings nicht so großes Klaffen wie beim Os C I ausgeführt. Drehpunkt ist in diesem Falle die untere nach volar umgebogene, spitze, distale Fläche. Außerdem finden Ad- und Abduktionsbewegungen statt und zwar, da auch hier ein fast ebener Gelenkkörper vorhanden ist, in Form einer Translation, d. h. einer geradlinigen Verschiebung in ulnar-radialer Richtung.

Festzuhalten ist aber, daß, trotzdem diese Bewegungen konstatiert sind, sie in ganz geringen Grenzen stattfinden. (Siehe auch die Röntgenaufnahme, Tafel XIX, Abb. 124, das von einem jungen Tiere stammend, nur die Ossifikationskerne der einzelnen Carpalia zeigt.)

## 6. *Articulatio carpometacarpeae.*

a) Gelenkflächen der Art. *carpometacarpeae* (Abb. 90, 91).

Die fünf *Ossa Metacarpalia* stehen miteinander und mit der distalen Reihe der Handwurzelknochen in Verbindung, und zwar bildet das *Metacarpale I* mit dem Os C I ein Gelenk besonderer Art, während die Gelenke der *Metacarpalia II bis V* ein gemeinsames Gelenk bilden, welches mit der Art. *carpometacarpeae* und mit der Art. *intercarpea*, d. h. den Gelenkspalten zwischen den einander zugekehrten seitlichen Gelenkflächen an den Basen der *Metacarpalia II bis V* zusammenhängt.

Das Os *Carpale I* zeigt zur Artikulation mit dem *Metacarpale I* eine Sattelfläche. Die Krümmungen am Os C I sind dorsal-volarwärts konkav, radial-ulnarwärts konvex, mit Ausnahme des dorsalen Teiles der Fläche. Umgekehrt verhalten sich die Krümmungen an der Gelenkfläche des *Mc I*.

Die übrigen drei *Carpalia* gelenken mit den vier *Metacarpalia* in Flächen, die alle in dorsal-volarer Richtung konkav ausgehöhlt sind.

Das Os *Carpale III* hat eine distale hohle Fläche für das *Mc III*.

Das Os Carpale IV + V nimmt die Basisenden der Metacarpalia IV und V auf. Es ist eine ganz glatte Fläche, die, wie die Os C III-Fläche ausgehöhlt ist.

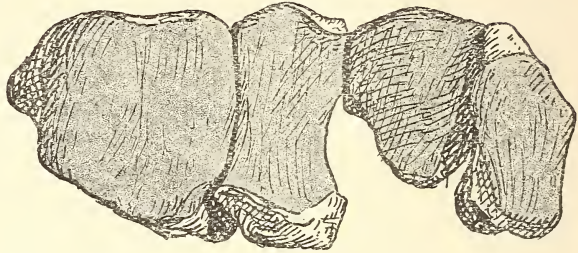


Abb. 90. *Thalassarctos maritimus* L. Profil der proximalen Reihe der Art. carpometacarpeae. 0,6 nat. Gr.

Die proximalen Basisflächen der Mittelhandknochen sind denen der Ossa Carpalia sehr gleichförmig. Sie sind alle in dorsal-volarer Richtung konvex. Ausgeprägte Sattelform besitzt diejenige des ersten. Die Fläche des zweiten Mittelhandknochens ist dreieckig und fast eben. Außerdem besitzt er auf der radialen Seite seiner Basis eine punktförmige Fläche für das Os C I

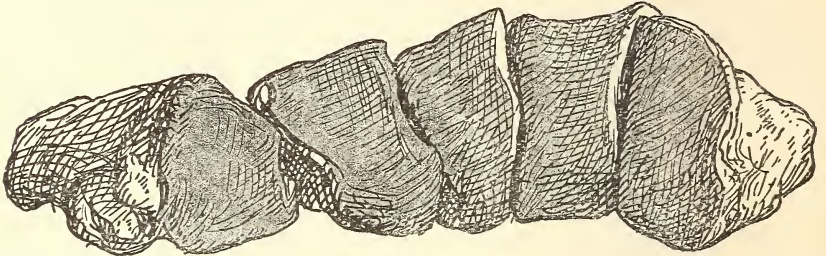


Abb. 91. *Thalassarctos maritimus* L. Profil der distalen Reihe der Art. carpometacarpeae. 0,6 nat. Gr.

und auf der Ulnarseite eine für das Os C III. Die Fläche des dritten Metacarpale ist viereckig und dorsal-volar konvex. Die Basisenden der Metacarpalia IV und V bilden zusammen ein einheitliches Gelenk entsprechend dem des Os C IV + V. Die Metacarpalia II bis V haben außer diesen Gelenkflächen noch intermetacarpale, d. h. zwischen den einander zugekehrten Seiten liegende Gelenkflächen. Nur das Mc I ist vollständig von den anderen isoliert.

b) Bewegungen in der Art. carpometacarpeae.

Das Grundgelenk des ersten Metacarpale gestattet — als ausgesprochenes Sattelgelenk — Ab- und Adduktionen, sowie Volarflexion. Die übrigen Flächen haben außer der vorherrschenden Konvexität in dorsaler-volarer



Richtung alle die Tendenz gleichzeitiger Höhlung in radial-ulnarer Richtung, zumindest in einem Teilabschnitt der Flächen. Es ist daher wohl möglich, sie sämtlich als stark modifizierte Sattelgelenkflächen zu bezeichnen; denn obgleich die Hauptbewegung durch die Konvexität in der Volarflexion gegeben ist, so können geringe Ab- und Adduktionen am Präparat ausgeführt werden. Auch in diesem Abschnitt sind die Bewegungen äußerst gering.

#### 7. Zusammenfassende Übersicht über die Bewegungen.

Im Gegensatz zu unseren Beobachtungen zeigen uns die anatomischen (gelenkmechanischen) Untersuchungen, eine nicht erwartete geringe Beweglichkeit des Carpalsegmentes.

Die Art. antebrachioarpea ist ein ausgesprochenes Eigelenk. Es vermittelt die Hauptbewegungsmöglichkeiten der Hand, so Volarflexion mit ganz zum Schluß der Biegung vorhandener leichter Einwärtsschraubung (als Folge des vorhandenen Sattelgelenkes), ferner radiale bzw. ulnare Abduktionsbewegungen. Alle diese Bewegungen sind von ausgiebiger Exkursionsbreite, ganz im Gegensatz zu den anderen beiden Gelenkabschnitten, wo nur geringe Bewegungsmöglichkeiten ausgebildet sind. In der Hauptsache kann in diesen die Volarflexion unterstützt werden. Außerdem sind am Os C I und C II bestimmte Bewegungen konstatiert worden, die wir mit „Drehungen“ bezeichnen und die mit der Volarflexion kombiniert, eine Einrollung des ersten Fingers und auch noch in geringerem Maße des zweiten Fingers zur Folge haben. Wenn die Bewegungsbreite der Radialseite der Hand auch — verglichen mit der Bewegungsbreite der Art. antebrachioarpea — sehr gering ist, so glaube ich, daß sie vorzugsweise beim Klettern angewendet wird, wo sich die Hand der Rundung der Stämme anpassen muß.

Radiale bzw. ulnare Abduktionen sind am Präparat von den beiden distalen Gelenkabschnitten in der Art. carpometacarpeae in geringem Maße ausführbar. Da sie beim lebenden Tiere nicht vorhanden sind, so kann man wohl von einer latenten Fähigkeit, die Finger zu spreizen, reden, und der Grund mag fehlerhafte Innervation dieses Abschnittes sein.

Dadurch also, daß die Hand als Ganzes gutes Bewegungsvermögen besitzt (als Folge des Eigelenkes in der Art. antebrachioarpea), in sich aber weniger bestimmte Exkursionen ausführen kann — erwähnt seien hierbei die vorhandenen intercarpalen Ausgleichbewegungsmöglichkeiten und die fehlende Dorsalflexion im ganzen Carpalsegment (erst in den Metacarpophalangealgelenken ist eine solche möglich, s. auch Röntgenaufnahme Tafel XIX, Abb. 124) — entspricht sie einem ganz indifferenten Werkzeug, das nun größtmögliche Unterstützung durch die Unterarmbewegungen erfährt, was

in einem nächsten Kapitel noch zu untersuchen ist. Erst im Zusammenhang mit den Unterarmbewegungen wird die so menschlich wirkende Bärenhand eine vollständige Klärung erhalten können. Die Hand an sich entspricht jedenfalls nicht dem durch die Beobachtung erhaltenen Eindruck eines vielseitigen Bewegungsvermögens; es muß aber betont werden, daß die Hand durch die geringe Ausbildung von Bewegungsmöglichkeiten der distalen Gelenkabschnitte sich der Aufgaben des Laufens, Kletterns und Schwimmens im gleich guten Maße entledigt.

#### V. *Thalassarctos maritimus* L.

##### 1. Lebensweise.

Auch seine Bewegungen wirken wie die des braunen Bären im ganzen plump, sie sind aber im höchsten Grade ausdauernd. Dies zeigt sich zumal beim Schwimmen, bei dem der Eisbär seine Meisterschaft an den Tag legt. Die Geschwindigkeit, mit der er sich stundenlang gleichmäßig und ohne Beschwerde im Wasser bewegt, schätzt SCORESBY auf 4 bis 5 km in der Stunde. Man sah ihn schon 40 Meilen weit von jedem Lande entfernt im freien Wasser schwimmen und darf deshalb vermuten, daß er Sunde oder Straßen von mehreren hundert Meilen ohne Gefahr zu übersetzen vermag. Auch versteht er ausgezeichnet zu tauchen. Man hat beobachtet, daß er Lachse aus der See geholt hat und muß nach diesem seine Tauchfähigkeit allerdings im höchsten Grade bewundern (BREHM). Daß er oft lange Zeit nur auf Fischnahrung angewiesen ist, unterliegt gar keinem Zweifel, und es geht hieraus hervor, daß er mit großer Schnelligkeit schwimmen kann. Es ist also zu untersuchen, ob bei einem so nahen Verwandten des braunen Bären, der sich dem Wasserleben als ausgezeichneter Schwimmer angepaßt hat, sich charakteristische anatomische Unterschiede herausgebildet haben, zumal er nicht, wie der Fischotter, Schwimmbewegungen mit dem ganzen Körper und dem Schwanz ausführen kann. Er muß also in ausgedehnterem Maße seine Extremitäten dazu benutzen. Soweit es mir möglich war, den Eisbären im Berliner Zoo in seinem eng begrenzten Becken beim Schwimmen zu beobachten, habe ich es getan und festgestellt, daß die Vorderextremitäten alternierend das Wasser unter die Körpermitte „treten“. Die Bewegung der Hand beim Schwimmen zu erkennen, war mir nicht möglich. Aber wenn ich den Eisbären beim Auf und Ab seiner sehr beständigen Pendelgänge in seinem Käfig betrachtete, so macht er eine ganz auffallend, für ihn charakteristische Handbewegung, die, wie mir scheint, besonders zum Schwimmen ausgebildet ist und zwar so intensiv dabei benutzt werden muß, daß er auch auf dem Lande beim gewöhnlichen Gehen keine andere Bewegung lokomo-

torischer Art machen kann. Diese Bewegung besteht darin, daß er die Hand zunächst rein volar flektiert, dann aber sie nicht im umgekehrten Sinne auf reinem Extensionswege wieder zurückbewegt, sondern durch Rotation der Hand nach einwärts und vorn die Ausgangsstellung erreicht. Daß eine solche Bewegung der Hand beim Schwimmen nur nutzbringend sein kann, ist einleuchtend, wenn man bedenkt, daß er durch eine solche rotierende Rückwärtsbewegung zur Ausgangsstellung einen erheblich geringeren Wasserwiderstand zu überwinden hat als bei reiner Dorsalflexion. Nur so ist es möglich, daß er sich effektiv im Wasser fortbewegen kann und die durch Volarflexion der breiten Hand erreichte Beschleunigung durch einfaches Strecken der Hand nicht wieder aufhebt. Die Hand kann auch als Ganzes leicht abduziert werden. Eine Fingerspreizung findet nicht statt, nur soweit wie gewisse Ausgleichbewegungen beim Auftreten auf den Boden erforderlich sind, sind die Finger beweglich.

## 2. Trittkissen (Abb. 92).

Es ist dem von *Ursus arctos* sehr ähnlich, nur daß das Metacarpophalangealkissen hier bedeutend schmaler ist. Zwischen den Trittpolstern ist starke Behaarung.

## 3. Gesamtform der Hand.

Der Eisbär hat ein ganz analoges Gesamtbild wie *Ursus arctos*. Hervorzuheben ist nur, daß infolge größerer Mächtigkeit der einzelnen Knochen die Hand kompakter und breiter gestaltet ist und dadurch besonders auch als Ruder geeignet ist.

## 4. Gelenkmechanische Untersuchungen (s. Abb. 84–87, 90, 91).

Der Befund dieser Untersuchungen ist ein ähnlicher wie bei *Ursus arctos*. Nur in der *Articulatio antebrachio-carpea* ist eine Abweichung festgestellt worden, wie gleich nachfolgend beschrieben werden soll.

Radius und *Os Rad. et intermed.* besitzen denselben vollständigen Eigenkarakter wie die entsprechenden *Ursus arctos*-Knochen (Abb. 84, 85). Jedoch ist hier das Sattelgelenk im radialen Teile der Gelenkflächen weitgehendst reduziert, so daß man höchstens von einem „Anflug“ einer solchen Sattelfläche sprechen kann. Funktionell wird es übergangen. Es wirkt nur das Eigenk.

*Ulna* und *Os Ulnare*, *Os Pisiforme*. Die *Ulna* hat auf ihrem *Processus styloideus* einen weit abgerundeteren Gelenkkopf als *Ursus arctos*. Im größten Teile seiner Fläche kommt er der Gestalt einer Kugelkalotte sehr nahe. Die zugehörige *Os Ulnare*-Fläche hat im radialen Teile kugel-

förmige Gestalt. Auch die Os Pisiforme-Fläche, in der die Ulna spielt, zeigt ein einer Halbkugel ähnliches Krümmungsverhältnis.

Die Bewegungen in diesem Abschnitt, dem Hauptabschnitt der Gesamtbewegung der Hand, sind hier ganz aus der Gestalt der Gelenkflächen, die

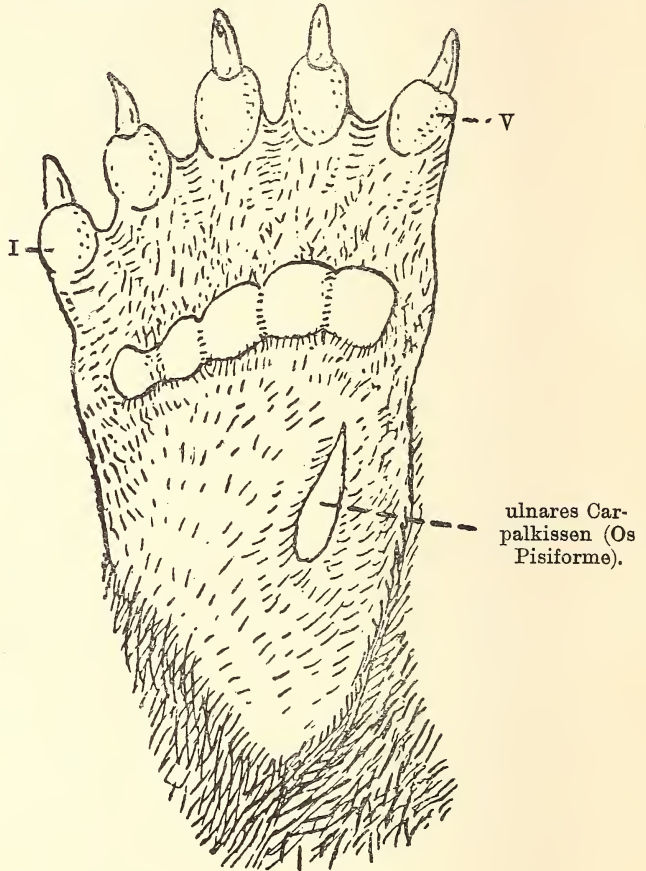


Abb. 92. *Thalassarcos maritimus* L. Trittfläche der linken Vorderextremität (nach POCK 1914).

besonders die für den Eisbären charakteristische Handbewegung hervorrufen, zu erklären. Da ein ideales Eigelenk vorhanden ist, das in seinen Bewegungsmöglichkeiten nicht wie beim braunen Bären irgendwann durch ein Sattelgelenk beeinflusst wird, so haben wir Bewegungen, die einmal um eine horizontale, ein anderes Mal um eine vertikale Achse stattfinden können, und damit Volarflexion und radiale bzw. ulnare Abduktionen hervorrufen können.

Außerdem sind aber, wie bei dem Fischotter bereits auseinandergesetzt wurde (s. pg. 182/183), rotierende Bewegungen um fortwährend sich ändernde Achsen, die parallel zur Tangentialebene an den Mittelpunkt der Eioberfläche gelegt werden können, möglich.

Durch die kugelförmige Ausbildung des ulnaren Gelenkabschnittes werden Rotationen im ganzen proximalen Gelenkabschnitt ermöglicht.

Gehen wir wieder von der äußersten Streckstellung, der „Mittelstellung“ aus, — Dorsalflexion ist unmöglich — so findet beim Schwimmen und Gehen zunächst Volarflexion um eine ulnare Achse statt. Dann aber, bei der Extension, finden um wechselnde Achsen Bewegungen statt, die in der Gesamtheit als Rotation bezeichnet werden können.

Es ist natürlich auch möglich, daß der Eisbär schon beim Beugen Rotationen vornehmen kann, er tut es aber nicht aus Gründen, die ihn als guten Schwimmer dazu zwingen, effektive Arbeit zu leisten. Eben weil er in der Hauptsache Schwimmer ist und sich dabei besonders dieser Bewegung bedient, so verwendet er dieselbe Bewegung auch gleichzeitig für seinen langsamen und bedächtigen Gang, wobei sie ihm durchaus nicht hinderlich ist und durchaus nicht unbehilflich und ungeschickt wirkt.

In den übrigen Gelenkabschnitten ist eine vollständige Übereinstimmung mit denen von *Ursus arctos* vorhanden (s. Protokoll Nr. IV).

## VI. *Potos flavus* SCHREB.

### 1. Lebensweise.

Der Wickelbär lebt in den Urwäldern von Mittel- und Südamerika, von Mexiko bis Matto Grosso hoch oben in den Bäumen. Seine Lebensweise ist eine vollkommen nächtliche. Den Tag verschläft er in hohlen Bäumen, des Nachts aber zeigt er sich lebendig und klettert außerordentlich gewandt in den hohen Baumkronen umher, seiner Nahrung nachgehend. Dabei leistet ihm sein Wickelschwanz vortreffliche Dienste. Er gibt kaum einem Affen an Klettergewandtheit etwas nach. Alle seine Bewegungen sind äußerst behende und sicher. Seine einwärts gestellten Handvolae ermöglichen ihm, auf Ästen entlang zu klettern und zu laufen, wobei auch besonders die kräftigen Krallen und die ausgiebige Beugung und Spreizung der Finger große Dienste leisten. Er kann sich auch mit den Hinterfüßen oder mit dem Wickelschwanz an Ästen und Zweigen festhalten und so gut an einen Baum klammern, daß er mit dem Kopfe voran zum Boden hinabzusteigen vermag. Dies tut er aber sehr selten. Auf dem Erdboden hält er sich nicht gern auf. Wird er in der Gefangenschaft zu einem Leben auf ebener Erde gezwungen, so ist sein Gang sehr ungeschickt. Seine Hände

werden dabei so weit nach einwärts gewendet, daß er über seine eigenen Hände fallen müßte, wenn er die eine nicht über die andere hinwegheben würde. Oft sitzt er auf den Hinterbeinen und frißt wie die Affen mit Hilfe der Pfoten; überhaupt trägt er in seinem Benehmen ein merkwürdiges Gemisch von den Sitten der Bären, Hunde und Affen und Schleichkatzen zur Schau. (Nach BREHM, JULITZ 1909 und eigenen Beobachtungen.)

## 2. Trittkissen (Abb. 93).

Die einwärts gestellte Vola ist vollständig unbehaart. An den Endphalangen befinden sich fünf langgestreckte Endballen. Ferner ziehen sich

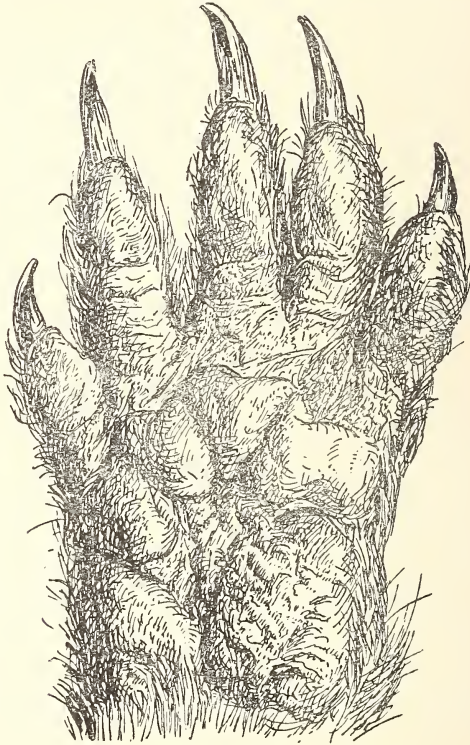


Abb. 93. *Potos flavus* SCHREB.  
Trittpolster der linken „Hand“.

über die Metacarpophalangealgelenke vier trapezförmige Trittkissen, die durch Furchen getrennt sind und nach der Mitte der Vola konvergieren. In der Mitte der Vola befindet sich eine Vertiefung, die distalwärts durch die vier Metacarpaltrittkissen und proximalwärts durch zwei große Trittkissen, die

genau auf dem Carpus liegen, begrenzt wird. Von diesen beiden Carpalkissen, die wiederum durch eine Furche getrennt werden, überwiegt das ulnare das radiale an Größe. Außerdem ist — als besondere Anpassung an das Baumleben, wie JULITZ berichtet — in der Mitte der Volarfläche eine Vertiefung, „die nach Bedarf noch mehr vertieft werden kann durch einen Zug, den der *Musc. palmaris longus externus* auf die Palmaraponeurose ausübt. So kann sich die Hand an ihre Unterlage ansaugen“.

### 3. Gesamtform der Hand (Abb. 94).

An einem kurzen Unterarm, dessen Knochen durch einen großen Antebrachialraum getrennt sind (s. Tafel XIX, Abb. 125), befindet sich eine fünf-

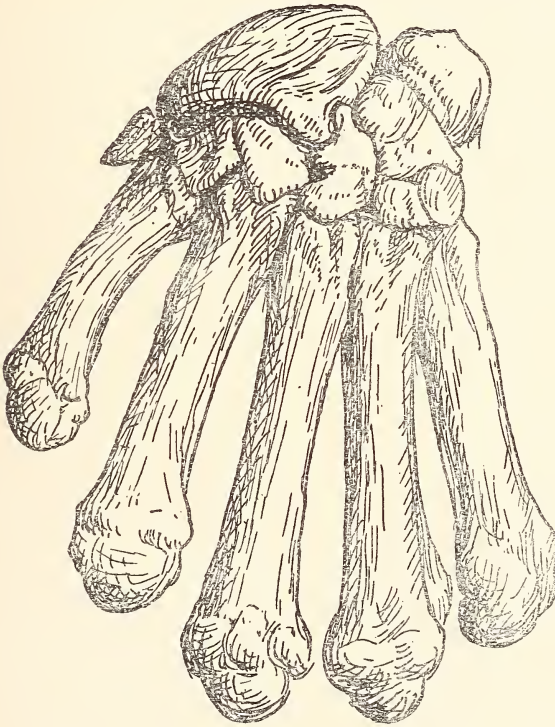


Abb. 94. *Potos flavus* SCHREB. Übersichtsbild über die „Hand“ (dorsale Ansicht).

fingerige, mit kräftigen Krallen bewaffnete Hand, deren dritter und vierter Finger am längsten ausgebildet sind. Besonders fällt die Isoliertheit des Daumens auf, der nicht mehr proximal-ulnarwärts an die übrigen Finger dicht heran-

gerückt ist. Der Carpus enthält die für die Arctoiden charakteristischen sieben Knochen. Besonders entwickelt ist das Sesambein am radialen Rande des Os Rad. et intermed.. Die Gesamtform des Carpus ist ungefähr eiförmig. Das Gewölbe ist flach.

#### 4. Articulatio antebrachioarpea.

a) Gelenkflächen der Art. antebrachioarpea. (Abb. 95, 96).

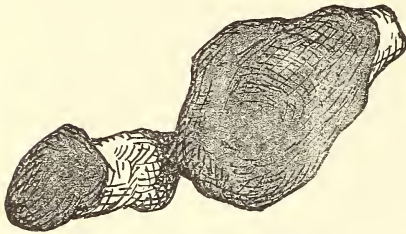


Abb. 95. *Potos flavus* SCHREB. Profil der proximalen Reihe der Art. antebrachioarpea. 3,3 : 1 nat. Gr.

α) Radius: Die distale Epiphyse enthält die Gelenkfläche für das Os Rad. et intermed. Sie hat die Form einer ausgehöhlten Eifläche, die auf dem Proc. styl. radii zapfenförmig fortgesetzt wird, und somit ist gelenkmechanisch ein einheitlicher Charakter vorhanden. Die „große Achse“ verläuft radialulnar, aber nicht senkrecht zur Unterarm-längsachse, da die ganze Fläche etwas elleneinwärts gerichtet ist.

β) Ulna: Sie hat einen äußerst stark entwickelten Processus styloideus, auf dem, nach der radial-distalen Seite gerichtet, ein Gelenkkopf ausgebildet ist. Dieser hat dem Verlauf nach große Ähnlichkeit mit dem von *Lutra*. Die Gelenkfläche gelangt am ulnar-distalen Rande auf die Dorsalseite der Ulna.

Radius und Ulna hängen nur am distalen Ende durch zwei stark erhabene Gelenkflächen zusammen, so daß eine große radial-ulnare Breite beider Knochen vorhanden ist.

γ. Os Radiale et intermedium: Dieser Knochen erscheint im Ver-

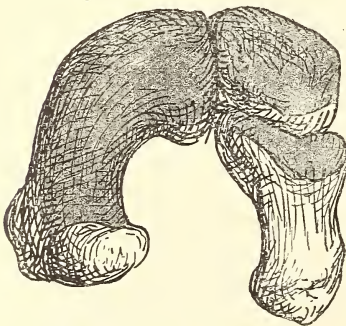


Abb. 96. *Potos flavus* SCHREB. Profil der distalen Reihe der Art. antebrachioarpea. 3,3 : 1 nat. Gr.

hältnis zum Os Rad. et intermed. des Bären ziemlich in die Breite (radial-ulnar) gestreckt (Abb. 96). Seine proximale Gelenkfläche, die die ganze Proximalfläche des Knochens einnimmt, ist eine Eigelenkfläche, stark konvex in dorsal-volarer Richtung, schwächer in radial-ulnarer Richtung. Waren bisher die proximalen und die distalen Gelenkfacetten durch eine Knochenfläche ohne Gelenkflächencharakter auf der Dorsalseite des Knochens getrennt, so sind beide Facetten bei *Potos* einander so ge-



nähert, daß sich zwischen ihnen nur noch ein äußerst feiner Streifen des Knochenkörpers hinzieht, 'ja im radialen Teil des Knochens treffen beide Facetten sogar direkt zusammen.

d. Os Ulnare: Es besitzt zwei Gelenkflächen: eine dorsale, schwach konkave für die Ulna, eine volare, fast ebene, für das Os Pisiforme.

e. Os Pisiforme: Es wendet eine entsprechende ebene Fläche an das Os Ulnare und eine ulnar-proximalwärts schauende an der ulnaren Seite ausgerundete Gelenkfläche an den Proc. styl. ulnae.

#### b) Bewegungen in der Art. antebrachioarpea.

Wieder ist im Os Rad. et intermed.-Radiusgelenk ein Eigelenk vorhanden. Dieses hat nach Erörterungen voriger Kapitel zwei Hauptdrehungsachsen, die hier einmal von radial nach ulnar, ein anderes Mal senkrecht dazu verlaufen. Beide Achsen schneiden sich aber nicht infolge des verschiedenen Krümmungsradius. Gehen wir also von der Mittelstellung der Hand aus, die bei allen bisher untersuchten Tieren der extremsten Streckstellung entspricht, so ist zu konstatieren, daß in dieser Lage die Wickelbärhand eine Mittelstellung einnimmt. Sie kann aus dieser Stellung heraus einmal dorsal flektiert werden, bis sich die dorsalen Facettenränder des Os Rad. et intermed.-Radiusgelenkes decken (Taf. XIX, Abb. 125). Ferner kann sie aus der Mittelstellung heraus volar flektiert werden, bis sich die volaren Facettenränder decken. Diese Flexionen werden um eine radial-ulnare Hauptachse ausgeführt (Taf. XIX, Abb. 126).

Die andere Hauptachse in senkrechter Richtung gestattet radiale bzw. ulnare Abduktionsbewegungen, die hier besonders groß sind, da die Gelenkfläche des Os Rad. et intermed. in radial-ulnarer Richtung eine große Ausdehnung aufweist. Außerdem lassen sich in diesem Gelenk Drehungen um unendlich viele Achsen ausführen, wie sie auf Seite 182 schon ausführlich geschildert worden sind. Diese Drehungen können Rotationen sein. Jedoch ist dieses hier vorhandene Eigelenk, besonders für sehr gute radiale bzw. ulnare Abduktionsbewegungen eingerichtet. Es kann also auch zu den „idealen“ Eigelenken gerechnet werden.

Das Os Ulnare-Ellengelenk wird vollkommen von diesen Bewegungen im Nachbargelenk beeinflußt. In der Mittelstellung bleibt ein Teil der dorsalen Gelenkfläche unbedeckt, was besonders gut am Proc. styl. ulnae zu sehen ist. Erst in dorsalflektierter Stellung werden die äußersten Ränder aneinandergedreht. So erklärt sich das Hinübergreifen des Gelenkkopfes auf die Dorsalseite des Proc. styl. ulnae. Da eine äußerst schwache Konkavität der Os Ulnare-Fläche vorhanden ist, setzt dieser Teil des Gelenkabschnittes den

übrigen Bewegungen keinen Widerstand entgegen. Nur stehen die möglichen Abduktionsbewegungen zum Nachbargelenk in keinem Verhältnis. Um diese im ulnaren Teile ebenfalls recht ausgiebig zu gestalten, findet eine Kompensation dafür im Os Ulnare-Os C IV + V-Gelenk statt (wie wir es in ähnlicher Weise bei *Lutra* gefunden haben). Daß Rotationen möglich sind, zeigt auch das Os Pisiforme-Ellengelenk, das im ulnaren Teile halbkreisförmig ausgerundet ist.

## 5. Articulatio intercarpea.

### a) Gelenkflächen der Art. intercarpea (Abb. 97, 98).

$\alpha$ . Os Rad. et intermed.: Dieser Knochen verbindet sich mit den vier distalen Carpalia und bildet somit eine feste mechanische Einheit. Für das Os C IV + V enthält der Knochen eine etwas ulnarwärts gerichtete Hohlfäche, die außerdem noch geschraubt erscheint. Die Hohlfäche daneben,

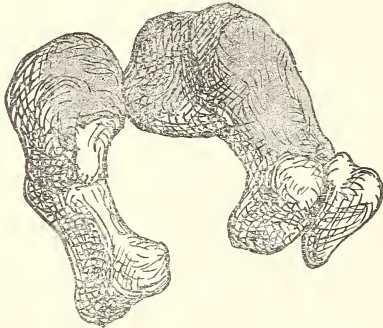


Abb. 97. *Potos flavus* SCHREB.  
Profil der proximalen Reihe der Art.  
intercarpea. 3,3 : 1 nat. Gr.

für das Os C III bestimmt, ist sehr stark ausgehöhlt. Dorsalwärts biegen die Ränder auf die radiale und ulnare Seite um und bilden somit für das Os C III, das entsprechende Flächen besitzt, Hemmungen, sich über einen gewissen Grad weiterzubewegen. Für das Os C II ist eine vollkommen ebene, dreieckige Gelenkfläche ansgebildet, deren Basis an der dorsalen Seite, deren Spitze an der volaren Seite gelegen ist. Daneben befindet sich die Gelenkfläche für das Os C I, die in ihrer ganzen Aus-

dehnung einmal von dorsal nach volar, und einmal von radial nach ulnar ausgehöhlt ist und einer Eifläche ähnelt. Beide Gelenkflächen für das Os C I und das Os C II gehen ineinander ohne Begrenzung über.

$\beta$ . Os Ulnare: Die distale Fläche ist carpuseinwärts gerichtet und bildet mit der ulnaren Randfläche des Os Rad. et intermed. einen Winkel, dessen Scheitel in dem Zwischenraum zwischen Os Ulnare und Os Rad. et intermed. liegt. Die Fläche selbst ist beinahe quadratisch und in distalulnar-proximalradialer Richtung leicht gewölbt.

$\gamma$ . Ossa Carpalia: Alle vier Knochen sind miteinander verbunden. Ihre Gelenkflächen entsprechen denen des Os Rad. et intermed., und es ist

besonders hervorzuheben, daß sie in ihrer Ausdehnung denen der proximalen Knochen fast gleich sind. Nur die ulnar-proximale Fläche des Os C IV + V ist der Os Ulnare-Fläche garnicht entsprechend gebaut. Während die Os Ulnare-Fläche so hoch wie breit ist, ist diese sehr in die Breite (radial-ulnar) gestreckt, viereckig und in dieser Richtung leicht konvex. Das Os C IV + V schiebt sich wie ein Keil zwischen Os Ulnare und Os Rad. et intermed. (Abb. 94), auf deren ulnarer Seite diese langgestreckte Fläche liegt, während auf der radialen Seite eine der Fac. art. hamati sehr gleichförmige Facette ausgebildet ist. Beide Flächen stoßen in einer scharfen Kante, der Schneide des Keiles, zusammen.

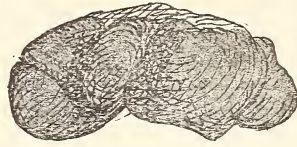


Abb. 98. *Potos flavus*  
SCHREB. Profil der distalen Reihe der Art. intercarpea. 3,3 : 1 nat. Gr.

#### b) Bewegungen in der Art. intercarpea.

Bewegungen sind in diesem Gelenkabschnitt äußerst gering. Dazu kommt, daß infolge der Kleinheit der artikulierenden Knochen diese sehr schwer festzustellen sind. Sicher ist, daß keine Dorsalflexion stattfindet und Bewegungen besonders abduktorischer Art im Os Ulnare-Os C IV + V-Gelenk ausgeführt werden können. Im übrigen sind allenfalls Ausgleichbewegungen geringer Exkursionsbreite möglich.

### 6. Articulatio carpometacarpeae.

#### a) Gelenkflächen der Art. carpometacarpeae (Abb. 99, 100).

Die distalen Carpalia gelenken mit den fünf Metacarpalia in Flächen, die mit einer Ausnahme sattelförmigen Charakter ausgebildet haben.

Das Os Carpale I hat eine typische Sattelfläche für das Mc I nach distal-radial-volar gerichtet. Sie ist dorsal-volarwärts konkav, radial-ulnarwärts konvex und zwar hat die konkave Krümmung des Os C I, wie schon bloße Betrachtung ergibt, einen kleineren Krümmungshalbmesser als die konvexe. Ferner besitzt das Os C I an seiner ulnar-dorsalen Kante eine infolge ihrer Kleinheit beinahe punktförmige Gelenkfläche für das Mc II.

Das Os Carpale II verbindet sich mit einer dreieckigen Fläche dem Mc II. Diese ist ebenfalls sattelförmig gekrümmt und zwar radial-ulnarwärts konvex, dorsal-volar konkav, das Mc II entsprechend umgekehrt.

Das Os Carpale III besitzt eine distale in dorsal-volarer Richtung hohle Fläche für das Mc III, das am dorsalen Rande eine leichte sattelförmige Gestalt durch Hinzukommen einer Konvexität in radial-ulnarer Richtung hat, und an seiner radialen Seite eine schmale Fläche für das Mc II.

Das Os Carpale IV + V artikuliert mit den Basisenden des vierten und fünften Metacarpale mit einer im Umriß parallelogrammförmigen Fläche. Sie enthält also zwei verschieden zusammenstoßende Artikulationsflächen, die aber im Os C IV + V ohne weiteres ineinander übergehen. Während die radiale Hälfte — für das Mc IV bestimmt — in der Hauptsache dorsal-volar konkav ist, ist die ulnare Hälfte — für das Mc V — ziemlich deutlich sattelförmig und zwar dorsal-volar konkav, radial-ulnar aber konvex. Die Richtung der letzten Fläche ist schräg nach ulnar auswärts.

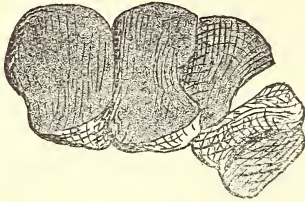


Abb. 99. *Potos flavus* SCHREB.  
Profil der proximalen Reihe der  
Art. carpometacarpeae.  
3,3 : 1 nat. Gr.

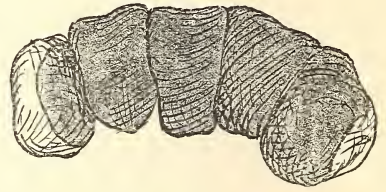


Abb. 100. *Potos flavus* SCHREB.  
Profil der distalen Reihe der  
Art. carpometacarpeae.  
3,3 : 1 nat. Gr.

Die Gelenkflächen der Basisenden der Metacarpalia (Abb. 100) sind denen der Carpalia durchaus entsprechend gebildet.

Ausgeprägte Sattelform hat der erste Finger. Dadurch, daß seine Gelenkfläche nicht mehr genau in der Mitte der Basis des Metacarpale liegt, sondern ganz auf die ulnare Seite der Basis gerückt und leicht nach ulnar-proximal gerichtet ist, ist der erste Finger im Grundgelenk um etwa 20 Grad nach auswärts gedreht und steht daher auf seiner Kante, so wie ja auch beim Menschen der Daumen beim Auflegen der Hand auf den Tisch in Kantensstellung aufliegt. — Auch die Fläche des Metacarpale II ist sattelförmig. — Die Gelenkfläche des Metacarpale III ist in der Hauptsache dorsal-volar konvex und besitzt nur am äußersten dorsalen Rande außer der Konvexität eine leichte Höhlung im radial-ulnaren Sinne, also einen sattelförmigen Anflug. — Das Metacarpale IV paßt sich ganz der radialen Hälfte des Os C IV + V an und ist dorsal-volarwärts konvex. — Das Metacarpale V dagegen hat deutliche Sattelform.

Außer diesen Artikulationen finden noch seitliche Verbindungen dieses Carpusabschnittes statt. So lehnt sich das Mc II mit einer radialen Seitenfläche an eine entsprechende der ulnaren Seite des Os C I im dorsalen Abschnitt dieser Region. Ferner berührt das Mc II mit seiner ulnaren Seitenkante auch noch die entsprechend gebaute radiale Kantenfläche der distalen

Os C III-Fläche. So ist das Mc II tiefer als alle übrigen Metacarpalia in die Handwurzel eingesenkt.

Ferner artikulieren alle Metacarpalia mit Ausnahme des ersten Fingers untereinander. Auffällig ist die vom Mc III aus stark divergierende Anordnung der Mittelhand. Dazu tragen die nach auswärts orientierten Gelenkflächen der am radialen bzw. ulnaren Rande gelegenen Carpalia bei. So bilden die Längsachsen der Metacarpalia I und V mit der Mittellinie der Hand distalwärts offene Winkel.

#### b) Bewegungen in der Art. *carpometacarpea*.

Da wir in diesem Gelenkschnitt in der Hauptsache mehr oder minder ausgebildete Sattelgelenke konstatiert haben, lassen sich zwei Bewegungsarten nachweisen: radiale und ulnare Abduktionsbewegungen, sowie Volarflexion.

Diese Bewegungen zeigt am ausgeprägtesten das Gelenk des ersten und des fünften Fingers. Gerade in diesen beiden Gelenken ist die Abduktionsbewegung auffallend groß. Die Volarflexionen sind überall sehr klein und sehr schwer nachzuweisen.

### 7. Zusammenfassende Übersicht über die Bewegungen.

Die *Articulatio antebrachioarpea* ist ein ideales Eigelenk und zeichnet sich deshalb durch großes Bewegungsvermögen aus; sogar Dorsalflexionen können ausgeführt werden (Tafel XIX, Abb. 125). Besonders ist sie geeignet, radiale bzw. ulnare Abduktionen auszuführen, die im ulnaren Teil des Gelenkschnittes nicht so groß sind und daher in der Art. *intercarpea* kompensiert werden.

Die anderen Gelenkschnitte treten in ihrem Bewegungsumfang sehr stark hinter die Art. *antebrachioarpea* zurück. Nur die Metacarpalia und von ihnen besonders der erste und der fünfte Finger zeigen ausgeprägtes Abduktionsvermögen.

So haben wir eine Hand vor uns, die besonders große Abduktionsbewegungen ermöglicht und daher dem Baumleben gut angepaßt ist. Durch das ausgeprägte Sattelgelenk des ersten Fingers, welches ganz der ulnaren Seite der Metacarpalbasis liegt und in einem Winkel zur dorsal-volaren Richtung gedreht ist, erlangt der erste Finger eine höhere funktionelle Bedeutung. Er erscheint somit durch seine Stellung auf die „Kante“ ähnlich wie beim Menschen vollständig von den anderen Fingern isoliert. Eine Opponenz, die scharf von der Spreizbarkeit zu trennen ist, und die Hand wie bei Prosimiern zu einem Greiforgan machen würde, liegt nicht vor (s. darüber besonders auch das Kapitel c II). Doch scheint, wie schon JULITZ berichtet,

ein Ersatz dafür in der Ansaugungsfähigkeit der Hand (s. pg. 207) vorhanden zu sein.

Auch ist interessant, festzustellen, daß durch geringere Ausbildung der Capitula der Metacarpalia eine ausgiebige Dorsalflexion stark gehemmt und in den Fingergelenken gänzlich unterbunden ist. Dieses ergänzt das Gesamtbild der Bewegung des Carpalsegmentes und unterstreicht zugleich die außerordentlich gute Adaptivität der *Potoshand*. Außerdem erinnert ein solches Verhalten sehr an die menschliche Hand.

Zum Schluß dieses Abschnittes sei noch allgemein bemerkt, daß zwischen den einzelnen Carpalknochen auch Gelenke vorkommen. Die Bewegungsmöglichkeiten sind aber bei allen Typen äußerst gering und schwer klassifizierbar. Es möge der Hinweis genügen, ihr Vorhandensein zur Ermöglichung von Ausgleichbewegungen gegen Unebenheiten des Substrates zu erklären.

### c) Bewegungsvermögen und Gelenkverbindung im Carpalsegment (Vergleich).

#### I. Faktoren und Bewegungsarten.

Überblicken wir das Tatsachenmaterial, das im obigen mitgeteilt und durch Zeichnungen illustriert und verifiziert ist, so ergibt sich trotz so naher Verwandtschaft der untersuchten Tiere ein in den Bewegungen recht divergierendes Bild. Es dürfte angebracht sein, die Hauptargumente der gelenkmechanischen Untersuchungen sich einmal im Zusammenhange anzusehen und sie auch nach bestimmten Gesichtspunkten einer Kritik zu unterziehen, was im folgenden geschieht.

Was die einzelnen in der Einleitung des Teiles C, b (der Untersuchungsprotokolle) definierten Bewegungen angeht, so ist zu betonen, daß alle hier untersuchten Tiere Vierfüßler sind und sich der Lokomotion auf dem jeweiligen Substrat mit Hilfe aller vier Extremitäten fortbewegen. Diejenige Extremität wird am klarsten begreiflich sein, die nur einer Verrichtung dient, wie eben der reinen Lokomotion. Es ist aber bereits im Laufe der Erörterungen darauf hingewiesen worden, daß das Terminalsegment der Vorderextremität sich mehr und mehr der menschlichen „Hand“ dadurch nähert, daß immer weitere „aktive“ Faktoren zu dieser einseitigen Funktion hinzukommen, so daß ein Tier sich mehrerer Aufgaben mit derselben Extremität entledigen kann. Gerade unter unseren Untersuchungsobjekten finden wir Typen, die uns zeigen, wie der Organismus das Problem löst, den einfachsten Fall des Terminalsegmentes der Vordergliedmaße unter Hinzunahme

immer weiterer aktiver Faktoren zu einem äußerst komplizierten „Apparat“ zu steigern, der fähig ist, mehreren Aufgaben in gleich gut angepaßter Weise zu dienen. Dazu muß gleichzeitig erwähnt werden, daß sich die verschiedenen in einer Hand vereinigten funktionellen Möglichkeiten durchaus nicht im Wege sind. Sie können ungehindert nebeneinander bestehen. Es kann aber auch ein Faktor immer mehr in den Vordergrund treten und schließlich auf Kosten der anderen zum dominierenden Faktor werden. In einem solchen Falle stören sich die einzelnen Apparate. Eine solche Störung kann aber, wie wir sehen werden, durchaus bestehen, da das Tier dann vorzugsweise einen anderen „Lebenswandel“ führt.

Diese allgemeinen Deduktionen führen mich nach den erhaltenen Untersuchungsresultaten zu der Fragestellung, wie die verschiedenen Faktoren im Carpalsegment vom Organismus fixiert sind? Eine Antwort läßt sich darauf nur geben, wenn diese Faktoren mit den spezifischen Bewegungsarten, die bei unseren Untersuchungen gefunden wurden, in Beziehung gesetzt werden. Es kommen dabei als verschiedene Faktoren ein Lauffaktor, ein Grabfaktor, ein Schwimmfaktor und ein Kletterfaktor und als spezifische Bewegungsarten reine Volarflexion, radiale bzw. ulnare Volarflexion, radiale bzw. ulnare Abduktion und Rotationen im supinatorischen bzw. pronatorischen Sinne in Betracht. Daß die einzelnen Bewegungsarten überhaupt mit den einzelnen Faktoren in Beziehung gesetzt werden können, das zeigen uns bereits die Untersuchungsprotokolle, die für jedes Tier charakteristische Bewegungen nachgewiesen haben. Da der Typ des Tieres durch seine Lebensweise bestimmt ist, so kann festgestellt werden, welche Bewegungsarten jenen Tieren gemeinsam, welche spezifisch sind. Da allgemein ein großes Bewegungsvermögen der Art *antebrachiocarpea*, bei der sogar teilweise Klaffen der artikulierenden Knochen auftritt (*Canis*, *Meles*), und ein wesentlich geringeres Bewegungsvermögen in den anderen beiden Gelenkabschnitten zutrifft, so können wir uns im großen ganzen auf die Tatsachen der Bewegungsarten im ersten Handgelenk, das die führende Excursionsbreite besitzt, beschränken. Zeichnen wir uns nun die im ersten Handgelenk ausführbaren Bewegungsgrade in Abhängigkeit von den einzelnen Faktoren auf, so lassen sich die für die einzelnen Faktoren spezifischen Bewegungsarten ablesen. Es ist hierbei aber selbstverständlich zu betonen, daß eine solche tabellarische Darstellung keine Wertcharakteristik sondern lediglich nur eine Zugehörigkeitscharakteristik sein kann.

(Tabelle siehe nächste Seite).

Wir erhalten durch diese Tabelle Antwort auf die oben gestellte Frage. Die einzelnen Faktoren sind, wie wir sehen, mit ziemlicher Prägnanz fest-

	Reine Volarflexion	Rad. od. uln. Volarflexion	Abduktion	Rotation	
<i>Canis</i> . . .					Lauffaktor
<i>Meles</i> . . .					Grabfaktor
<i>Lutra</i> . . .					Schwimmfaktor
<i>Ursus</i> . . .					
<i>Thalassarctos</i>					
<i>Potos</i> . . .					Kletterfaktor

~~~~~ = Sattelgelenk (schraubenförmige Bewegung im supinatorischen Sinne, zur rad. Volarflexion gehörig).

gelegt: dem Lauffaktor ist die reine Volarflexion zugeordnet (s. *Canis*); der Grabfaktor wird durch die radiale bzw. ulnare Beugung dargestellt (s. *Meles*); zum Schwimmen gehören die Abduktions- und die Rotationsfaktoren, und zwar ist die Rotation quantitativ mehr ausgebildet als die Abduktion; als Kletterfaktoren sind ebenfalls Abduktion und Rotation ausgebildet, aber gerade im umgekehrten Verhältnis, Abduktion größer als Rotation. Wir erkennen aber nicht nur diese Zugehörigkeitscharakteristika aus dieser Tabelle, wir sehen auch daraus, welche Anlagen ein Tier zu einer anderen spezifischen Lebensweise enthält. So bedeutet die Wellenlinie, die in die Rubrik „seitliche Beugung“ gesetzt ist, eine schraubenförmige (sprich: supinatorische) Einwärtsbewegung. Diese steht der radialen Flexion äußerst nahe. Da sie u. a. auch beim Dachs recht stark ausgebildet ist, so können wir dieser Bewegungsart eine für das Graben zweckmäßige Bedeutung zuschreiben. Das würde für unsere Auswertung bedeuten, daß auch der Hund und der braune Bär graben, oder zumindestens, da eine seitliche Beugung fehlt, scharren können. Dieses stimmt durchaus mit den eigenen bzw. von anderen Beobachtern gemachten Befunden überein. Auch sagt uns die Tabelle, daß der Fischotter einen Grabfaktor besitzt, was ebenfalls (s. Protokoll pg. 177) durchaus zutrifft.

Alle untersuchten Tiere sind imstande, sich auf festem Substrat fortzubewegen; das müßte also bedeuten, daß alle Tiere einen Lauffaktor aufweisen. Das ist aber nur beim Hund, Bär und Eisbär der Fall, während die anderen Tiere ihn entbehren. Da diese aber trotzdem sich auf dem Erdboden bewegen können, so müssen wir annehmen, daß bei diesen Tieren andere Faktoren dominieren auf Kosten dieses Lauffaktors. Tatsächlich stimmt diese Vermutung. So können wir uns den auf Kosten des guten Grabens kommenden „schwerfälligen“ Gang des Dachses erklären; der Fischotter, an sich ein besserer Läufer als der Dachs, dankt diese Möglichkeit des schnellen



Laufes aber nur dem großen Kombinationsvermögen der „Schwimmfaktoren“, und endlich der Wickelbär, der sich nur sehr ungern auf dem Boden bewegt, besitzt, wenn man die  $\frac{1}{2}$  Pronation des Unterarmes berücksichtigt, überhaupt kein Laufvermögen. Die reinen Volarflexionen, die er auszuführen im Stande ist, sind hier zu sehr abhängig von der Stellung der Unterarmknochen (was in einem besonderen Kapitel noch gewürdigt werden muß) und können daher nicht als Ausdruck eines „Lauffaktors“ gelten. Ähnlich ist es mit der Ausbildung der Schwimmfähigkeit. Es weisen nur Fischotter und Eisbär die charakteristischen Schwimmfaktoren auf. Es ist aber auch bekannt, daß ein Hund recht gut schwimmen kann. Hier aber muß nun scharf geschieden werden zwischen Gelegenheitsschwimmern und gewohnheitsmäßigen Schwimmern. Zu den ersteren ist also der Hund zu rechnen, während Fischotter und Eisbär als gewohnheitsmäßige Schwimmer ganz bestimmte Faktoren ausbilden.

Unter solchen Gesichtspunkten erscheint uns der braune Bär als ein Tier mit einer ganz universellen Hand. Sehen wir in unserer Tabelle nach, so hat er jeden Faktor, wenn auch nie bis zur höchsten Vollendung wie unsere „Typen“ ausgebildet. Bei ihm hat sich noch keine Funktion spezifisch lokalisiert. Infolgedessen ist er imstande, mit seiner universellen Hand alle möglichen Aufgaben zu erfüllen, ohne daß die einzelnen Bewegungselemente einander im Wege stehen.

Da nun die Ursache dieser mehr oder weniger komplizierten Bewegungen im Bau der Gelenkflächen begründet ist, die ihre Gestaltung der ererbten Muskelinsertion und der Muskelwirkung verdanken, wobei auch die Gebrauchsweise des Gelenkes formbildend mitwirkt, so ist es interessant, zu erfahren, wie denn nun die Natur diesen Zusammenhang zwischen Funktion und Gelenkflächenausbildung gelöst hat, wobei wir uns auch wieder in der Hauptsache auf das erste Handgelenk beschränken können.

Beginnen wir mit der Bärenhand, die infolge ihrer Universalität noch keine Arbeitsteilung durchgeführt hat, und versuchen wir diese undifferenzierte Hand osteologisch zu begreifen, so erkennen wir im führenden radialen Teil des ersten Handabschnittes ein Eigelenk, das, wie auf Seite 146/147 auseinander gesetzt wurde, durch Verlegung der Achsen einerseits in ein Zylindergelenk, andererseits in ein Kugelgelenk übergehen kann. Dieses ausgesprochene Eigelenk des Bären kann in die Mitte dieser beiden extremen Formen gestellt werden. Dadurch, daß es auch ein Sattelgelenk im radialen Teile enthält, das aber durch seine Achsenlagerung nicht das universelle Bewegungsvermögen stört und die Bewegungen niemals maßgebend in einer Phase beeinflusst, besitzt die Hand die Befähigung, gebeugt und gestreckt zu werden, durch Horizontalbewegung radial- und ulnarwärts bewegt und

auch einwärts rotiert zu werden. Der Eisbär, der ein ebenso geformtes Eigelenk besitzt, hat nur noch andeutungsweise ein Sattelgelenk, das aber nicht mehr funktionstüchtig ist. Dadurch kommen weit bessere Rotationen in diesem Gelenk zustande. Der Wickelbär, der keinen Sattel mehr ausgebildet hat, streckt das sonst ähnliche Eigelenk radio-ulnar in die Breite und macht es dadurch besonders fähig, radiale und ulnare Abduktionsbewegungen auszuführen. Hinzu kommt hier noch die große abduktorische Beweglichkeit der Finger (besonders des ersten und fünften Fingers) infolge von Sattelgelenken des dritten Handabschnittes.

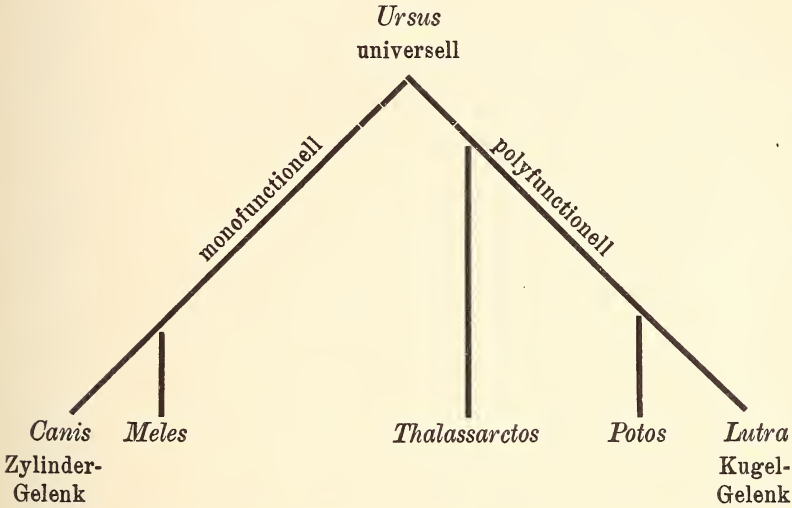
Von diesen ausgesprochenen Eigelenken lassen sich nun tatsächlich Tendenzen zu den beiden Extremen, Kugelgelenk und Zylindergelenk, feststellen. So tendiert das Eigelenk von *Lutra* zu dem einen Extrem der Kugelfläche. Die Achsen dieses Gelenkes kommen sich hier am nächsten. So können sehr gute Rotationen, Abduktionen und Flexionen stattfinden, die dem Otter eine große Kombinationsmöglichkeit der Hand gestatten.

Dem anderen Extrem, dem Zylindergelenk, nähern sich sehr stark *Canis* und *Meles*. Bei ihnen ist die dorso-volare Bewegungsachse fast ins Unendliche gerückt, und es finden durch die Ausbildung eines Sattels im Radialteile des Eigelenkes zwangsläufige, schraubenförmige Einwärtsbewegungen in zwangsläufiger Verbindung mit ginglymischen Bewegungen statt.

Der ulnare Teil des ersten Handgelenkes unterstützt in jedem Falle die Bewegungen, die durch das führende Os Rad. et intermed. geschaffen wurden. Dies kann bei den Scharnierbewegungen von *Canis* sogar soweit führen, daß im Gegensatz zu allen anderen Gelenken das Os Ulnare konvex, die Elle zur Pfanne wird. Der erste Handabschnitt steht also ganz im Dienste der Spezialisierung, um nur eine Funktion auszuführen.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß das erste Handgelenk von *Ursus arctos* Universalität besitzt, indem die Charaktere bestimmter Bewegungen noch nicht fixiert sind, sie sind osteologisch noch „latent“. Es lassen sich noch alle Bewegungen ausführen. Aus diesem universellen Gelenk entstehen nun poly- und monofunktionelle Gelenke dadurch, daß in diesem universellen Gelenk nur wenige (Rotation, Abduktion) oder gar nur eine (Flexion) der latenten, osteologisch nicht ausgebildeten Bewegungen vorwiegend oder ausschließlich zur Verwendung kommen und sich nun auch osteologisch im Gelenk ausbilden, wobei das Gelenk so verändert wird, daß es überhaupt die Befähigung verliert, die vernachlässigten Bewegungen weiter auszuführen. Zeichnen wir uns dieses in Form einer gelenkmechanischen

Entwicklungsmöglichkeit — wobei ich ausdrücklich warne, diese Dinge etwa phylogenetisch aufzufassen — auf, so ergibt sich folgendes Bild:



Es ist dies also ganz etwas ähnliches, wie z. B. die Tatsachen eines omnivoren bzw. poly- oder monophagen Gebisses. Solche Betrachtungen können, wenn einmal ein größeres Material bearbeitet ist, durchaus die Brücke zu phylogenetischen Problemstellungen schlagen. Zur Zeit läßt sich aber nur auf rein gelenkmechanische Erörterungen eingehen.

## II. Bewegungsvermögen und Gelenkverbindung des „Daumens“.

Einer besonderen Würdigung bedarf der Vergleich des Bewegungsvermögens und der Gelenkverbindung des ersten Fingers. Bei *Canis* ist der erste Finger infolge seiner Kürze ganz außer Funktion gesetzt, und er führt nur noch passive Bewegungen aus. Beim Dachs und bei dem Fischotter können nur Volarflexionen ausgeführt werden, die bei *Lutra* noch durch eine leicht schraubenförmige Handeinwärtsbewegung kompliziert ist. Die Bären haben ein gut ausgeprägtes Sattelgelenk mit zwei Achsen, die dorsal-volar und radial-ulnar verlaufen. Diese Beschaffenheit der Kontaktflächen involviert die Möglichkeit einer volarflektischen und auch einer abduktischen Bewegung. Es bleibt aber faktisch (mangelnde Innervation?) bei einer Volarflexion um eine radio-ulnare Achse.

Beim Wickelbären liegen jedoch die Verhältnisse so, daß in seinem Sattelgelenk auch außer Volarflexionen Abduktionen ausgeführt werden können. Diese als echtes Sattelgelenk anzusehende Gelenkverbindung fordert zu einem

Vergleich mit der Art. *carpometacarpea pollicis* des Menschen auf. Es ist ja eine bekannte Tatsache, daß der Daumen des Menschen eine sehr mannigfaltige Bewegungsmöglichkeit besitzt, und wir wissen, daß dieser erste Finger hier erst richtig zum „Daumen“ wird, der den übrigen Fingern entgegengestellt, opponiert werden kann, und die Hand dadurch zur Greifhand macht. Möglich werden diese Bewegungen durch ein Sattelgelenk. Es fragt sich also, wie kommt es, daß der Wickelbär, der ebenfalls ein echtes Sattelgelenk ausgebildet hat, die Fähigkeit der Opponenz nicht besitzt? Durchmustern wir eine Anzahl von Präparaten, so erkennen wir, daß das Sattelgelenk des Wickelbären umgekehrt gekrümmt ist wie das des Menschen, wobei eine schematische Haltung der Knochen vorausgesetzt sei. Außerdem sind die Sattelgelenke anders dimensioniert. Der dorsal-volare Längsdurchmesser ist bei *Potos* bedeutend größer als der radial-ulnare ( $a > b$ ) (Abb. 101). Beim Menschen ist es genau umgekehrt (Abb. 102). Es erscheint demnach dieser Durchmesser um 90 Grad gedreht. Dazu kommt, daß die dorsal-volare und die radial-ulnare Achse bei *Potos* mit diesen Richtungen in Wahrheit einen Winkel von 20 Grad, die des Menschen einen Winkel von 45 Grad bildet;

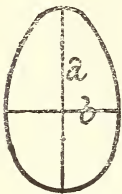


Abb. 101.  
*Potos* ( $a > b$ ).

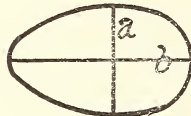


Abb. 102.  
*Homo* ( $a < b$ ).

mit anderen Worten: Das *Potos*gelenk würde, um gleiche Krümmungen und gleiche Lage der Achsen aufweisen zu können, um  $90^\circ + 45^\circ - 20^\circ = 115^\circ$  gedreht werden müssen. Dann würde eine Bewegung um die radial-ulnare Achse keine eigentliche Beugung sein, sondern der Daumen würde gegen die Handmitte hin bewegt werden, was man als „Opposition“ zu bezeichnen pflegt. In dieser Weise vollzieht sich die Gegenstellung des Daumens beim Menschen. Das Sattelgelenk des ersten Fingers von *Potos* läßt dagegen infolge seines geringen Neigungswinkels und der damit verbundenen verschiedenen Dimensionierung der Bewegungsachsen nur Beugung und Streckung und radiale bzw. ulnare Abduktionen zu. Von einer Opposition kann nicht die Rede sein. Es ist aber wohl denkbar, daß ein solches Gelenk durchaus am ehesten dazu fähig ist, die Volarflexionen in Oppositionsbewegungen umzuwandeln.

### III. Über „Festigkeit“ im Carpalsegment.

Denken wir uns den Fall, wo alle Metacarpalia mit den Carpalia in gerader Linie liegen und ein jeder Handwurzelknochen nur einen Mittelhandknochen trägt, so stellt diese einfache Artikulation eine sehr lose Verbindung

des distalen Carpusabschnittes vor. Je mehr nun eine doppelte oder sogar dreifache Gelenkung der Metacarpalia eintritt, desto mehr gewinnt die Hand an Festigkeit und Stützkraft.

Bei unseren untersuchten Tieren ist allgemein eine doppelte Gelenkung am Os Carpale IV + V durchgeführt, an das der vierte und fünfte Mittelhandknochen artikulieren. Außerdem trifft für die hier behandelten Tiere eine dreifache Gelenkung des zweiten Metacarpale an die Ossa Carpalia I, II und III zu.

Bei Tieren, die auf eine größere und ausdauernde Schnelligkeit im Laufen angewiesen sind, wäre es praktisch, wenn dieser Prozeß des Festerwerdens des Carpalsegmentes vervollständigt würde, also noch weitere doppelte bzw. dreifache Artikulationen stattfänden. Dies wird nun tatsächlich bei unserem Läufertyp, dem Hunde, erreicht. Hier finden außer den für die untersuchten Tiere allgemein zutreffenden Doppel- bzw. Dreifachartikulationen noch eine Verbindung des vierten Metacarpale mit den Ossa Carpalia III und IV + V und des fünften Metacarpale mit dem Os C IV + V und dem Os Ulnare statt, das einen Processus bis an diesen Mittelhandknochen ausgebildet hat. Im letzteren Falle sind sogar zwei verschiedene Tatsachen höchst zweckmäßig vereinigt; denn die Os Ulnare-Fläche ist außerdem Hemmfläche für ulnare Abduktionsbewegungen und trägt daher zu den ginglymischen Bewegungen der Hunde-Vorderextremität bei. Diese innere Festigung im Carpalsegment erklärt daher auch von dieser Seite die Leistung des mit einer lokomotorischen Maschine vergleichbaren Hundes.

Erwähnt sei noch, daß eine ähnliche Artikulation bei *Meles* und *Lutra* nicht unter dem Gesichtspunkt der Festigkeit betrachtet werden kann, da hier die betreffenden Gelenkflächen nur in ganz bestimmten Bewegungsphasen zur Berührung kommen (s. pg. 176 u. 187). Hier haben die konstatierten Rollbewegungen wohl nur hemmenden Charakter.

#### IV. Betrachtungen über das „Hand“-Gewölbe.

Aus den Untersuchungsprotokollen geht hervor, daß die das Carpalsegment bildenden Knochen in keinem Falle genau horizontal nebeneinander liegen. Stets ist die Handwurzel leicht gewölbt, d. h. volarwärts ausgehöhlt. Auch die menschliche Hand zeigt eine leichte Wölbung, die — im Gegensatz zum Fuß — keine Lasten zu stützen hat. Sie wird beim Menschen erklärt „als Anpassungserscheinung an die Aufgabe, das Beugesehenpaket mit den Hauptgefäßen und -nerven für die Hand einigermaßen gegen Druck bei Verwendung der Hand als Greif- und Abwehrmittel zu schützen“ (R. FICK). Die „Hände“ der hier untersuchten Tiere dienen aber alle noch

als Stützapparat. Die Quereinrollung der „Hand“ ist also hier anders zu erklären. Der Grad des „Hand“-Gewölbes ist bei den untersuchten Tieren verschieden. Während die „Hände“ von den Bären, dem Wickelbär und dem Fischotter nur eine leichte Wölbung aufweisen, sind sie beim Dachs bereits stärker, und beim Hund erreicht sie die größte Ausbildung.

Es lassen sich diese Tatsachen wieder gut mit den im ersten Kapitel dieses Abschnittes aufgestellten einzelnen Faktoren der verschiedenen „Hände“ zusammenbringen. In den Fällen, wo eine leichte „Hand“-Wölbung konstatiert wurde, ist eine große Anzahl von Faktoren in der „Hand“ vereinigt; sie kommen daher dem Wölbungsgrade der menschlichen „Hand“ sehr nahe, während dort, wo eine stärkere Wölbung der „Hand“ ausgebildet ist, nur ein Faktor der „Hand“ innewohnt (*Canis*, *Meles*).

Es fragt sich nun, welchen Nutzen hat eigentlich eine solche Einrollung der „Hand“? Dabei muß das Gewölbe in Beziehung zu den Beugemuskeln der „Hand“ gesetzt werden, also in der Hauptsache den vielköpfigen Muskeln mit den starken Sehnenpaketen, dem *Musc. flex. digitorum sublimis* und dem *Musc. flex. digitorum profundus*. Wenn nämlich die „Hand“ — wobei hier von der differenzierten Bezeichnung von Plantigrad—Digitigrad abgesehen sei — zur Lokomotion auf den Boden gepreßt wird, dann wird die zur Hebung der Körperlast benutzte Kraft um so vorteilhafter verwendet werden können, je weniger von ihr auf dem Wege zum Stützpunkt verloren geht. Es wird dies am vollkommensten dadurch erreicht, daß bei der Flexion der „Hand“ die mittleren Metacarpalia und Phalangen besonders fest auf den Stützpunkt gepreßt werden; da die seitlichen Finger stets kürzer sind als die mittleren, und sie ebenfalls die Stützfläche erreichen müssen, um der Hand die Möglichkeit zu nehmen, Seitenschwankungen auszuführen und ihr dadurch Kraftverluste zu ersparen, so dürfte schon eine schwache Quereinrollung der „Hand“ dieses ermöglichen. So lassen sich die schwach gewölbten und vielseitig benutzten „Hände“ des Bären und des Wickelbären erklären.

Besteht nun der Stützpunkt aus sehr hartem Material, dann genügt schon eine geringe Ausdehnung des Stützpunktes, um den für die Muskelkraft notwendigen Widerstand zu liefern. Da dieses geringe Volumen umfaßt werden soll, muß die „Hand“ eine starke Quereinrollung ausbilden, was dem Zustande von *Meles* annähernd entspricht.

Führt schließlich die „Hand“ nur noch reine Flexionen aus (*Canis*), dann kann — da ein Ausweichen des Bodens nicht zu befürchten ist — auch die Umklammerungsfläche verkleinert werden. Dies führt zu einer Re-

duktion der peripherischen Zehen. Damit erklärt sich außer der starken „Hand“-wölbung auch der verkümmerte erste Finger des Hundes.

Wird nun aber der Stützpunkt aus weniger widerstandsfähigem Material gebildet (sehr weichem Boden, Sumpf, Wasser), dann ist ein relativ großes Volumen dieses Stützpunktmaterials notwendig, um einen für die Körperlast entsprechenden Widerstand zu liefern. Auch ein solches Volumen wird von der „Hand“ umfaßt, doch gelingt dies nur durch Abspreizung ihrer Finger, wodurch sie aber die Befähigung, eine starke Wölbung auszubilden, verliert. So werden auch von diesem Gesichtspunkte die in fixierter Abduktion stehenden Finger und die geringe Wölbung der *Lutra*-„Hand“ begreiflich.

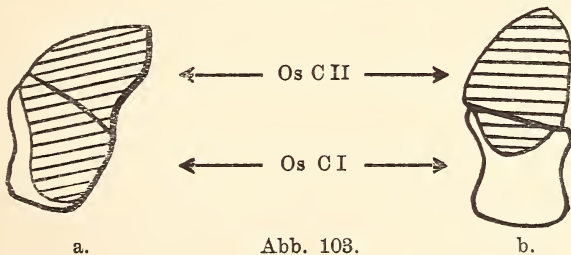
Auch das „Handgewölbe“ ist also ein Gesichtspunkt, der bei Bearbeitung größeren Untersuchungsmaterials weitere Ausführungen und Belege für obige Gedankengänge bringen dürfte.

#### V. Wirkung von Gebrauch und Nichtgebrauch auf die Form der Gelenkflächen.

In seinen „anatomischen Studien an Extremitätengelenken Neugeborener und Erwachsener“ hat HÜTER (1862 und 1863) auf Grund seiner Untersuchungen das Gesetz aufgestellt, daß die Teile einer Gelenkfläche, die längere Zeit außer Kontakt mit der entsprechenden Fläche des anderen Knochens stehen, ihren Gelenkflächencharakter verlieren; die in Berührung bleibenden Teile dagegen behalten ihn, auch wenn sie nicht bewegt werden, sondern nur unter Druck stehen. Teile, die neu zur Gelenkung oder Berührung gelangen, oder die einem stärkerem Druck ausgesetzt sind als früher, erwerben den Charakter einer Gelenkfläche neu oder bilden ihn stärker aus.

Ich glaube nun, für die Richtigkeit obiger Beobachtungen auch durch meine Untersuchungen einige Argumente liefern zu können.

Es ist uns bekannt, daß das Os Carpale I fast über die ganze proximale Knochenfläche ausgebildet hat (s. Schema Abb. 103 a).



Nur das Os C I von *Canis* zeigt neben einer subordinierten Lagerung unter dem Os C II, — was als Folge der starken Gewölbebildung zu deuten

ist — eine kolossale Abnahme an Gelenkflächenausdehnung (Schema Abb. 103 b). Dieser Knochen ist es ja, der mit dem ersten Finger in unmittelbarer Berührung steht. Dieser ist nun bei *Canis* nicht mehr aktiv tätig. Er ist stark reduziert und gelangt nicht mehr in Berührung mit dem Erdboden. Infolgedessen lastet auf diesem Strahl der „Hand“ nicht mehr der Druck, der bei den anderen Tieren bei vollständiger Ausbildung des ersten Fingers vorhanden ist. Deshalb verödet die intercarpale Os C I-Facette und hat nur noch geringe Ausdehnung. Interessant ist ferner hieran, daß eine solche Atrophie erst — vom Metacarpus ausgerechnet — im zweiten Gelenkabschnitt erfolgt und nicht unmittelbar an der immobilisierten Fläche des Metacarpale pollicis.

Ein anderes Argument bietet uns die distale Seite des Os Ulnare Knochens: Außer einer großen Artikulationsfläche für das Os C IV + V besitzen *Canis*, *Meles* und *Lutra* auf einem ulnarwärts vorspringenden Processus Gelenkflächen zur Artikulation mit dem Metacarpale V. *Ursus*, *Thalassarctos* und *Potos* haben dagegen bei Vorhandensein desselben homologen Knochenvorsprunges keine Gelenkfläche darauf ausgebildet. Sollte nicht auch hier das HÜTER'sche Gesetz Anwendung finden können?

Es steht fest, daß aus noch unbekanntenen Ursachen das Metacarpale V in keiner Bewegungsphase mehr in Kontakt mit dem Os Ulnare kommt, was bei *Canis*, *Meles* und *Lutra* noch der Fall ist. Infolgedessen atrophieren diese Gelenkflächen am Metacarpale V und am Processus des Os Ulnare, da sie nicht mehr tangiert werden und daher auch nicht mehr gegenseitigen Druck auszuhalten haben.

Ferner ist uns bekannt geworden, daß das Os Ulnare von *Canis* auf seiner proximalen Seite vollständig konvexen Gelenkcharakter — im Gegensatz zu allen anderen untersuchten Tieren — besitzt. Aus diesem Grunde erklärt sich die beschriebene Inkongruenz der korrespondierenden Flächen des Os Ulnare und der Ulna. Weiterhin wurde konstatiert, daß diese Inkongruenz durch eine „diskusartige Gelenkklippe“ ausgeglichen ist. Auch hier spüren wir das Gesetz HÜTER's: Wäre keine Gelenkklippe vorhanden, so würden die bei einem Hunde vorhandenen lokomotorischen Leistungen in diesem Abschnitt — dem Hauptbewegungsabschnitt — infolge unzuweckmäßiger Gestaltung der Gelenkfacetten eine Beweglichkeitsbeschränkung erleiden. Da aber hier eine konvexe Os Ulnare-Fläche vorhanden ist, die durch ginglymisches Gleiten gerade in diesem Gelenkabschnitt beträchtlichen Druck auf die proximale Knochenreihe hervorruft, so tritt — und das ist die Anwendung des Gesetzes — an der Oberfläche des hyalinen Gelenkknorpels Bindegewebe auf, das als „diskusartige Gelenkklippe“ Gelenkflächencharakter annimmt, was dem Auge auch



durch die glänzende Beschaffenheit der Oberfläche dieses Bindegewebes bei frisch seziiertem Material kundgetan wird.

#### VI. Argumente für die Bestätigung des Fick'schen Gesetzes.

RUDOLF FICK machte im Jahre 1890, von der Idee seines Onkels ausgehend, daß bei den Gelenkbewegungen die Knochen einander an den Gelenkenden direkt abschleifen, mechanische Schleifversuche mit zwei Stäben, von denen der eine festgestellt war, während an dem anderen zwei genau antagonistisch angebrachte Kräfte angriffen. Diese, wie Muskelkräfte wirkend, bewegten den freien Stab gelenkartig an dem feststehenden. Dabei fand er folgendes, eine Beziehung zwischen Muskelansatz und Gelenkform herstellende Gesetz: „Dasjenige Gelenkende, bei dem die Muskeln nahe am Gelenk ansetzen, wird zur Pfanne, dasjenige, an dem sie entfernt angreifen, zum Gelenkkopf.“ Diesem Gesetze, das auch (in einer anschließenden Bemerkung) der Vererbung beim ontogenetischen Aufbau des Knochens eine gewisse formende Wirkung des Gelenkes beimißt, entsprechen die Formen sämtlicher Gelenke beim Menschen. Auf die Frage, ob auch im tierischen Körper den Muskeln eine modellierende Kraft zukommt, ging er nicht ein.

Im Laufe dieser Untersuchungen glaube ich Argumente gefunden zu haben, die die Wirkung dieses Gesetzes auch im tierischen Organismus bestätigen. Es hängt dies mit der auf Seite 133 dieser Arbeit konstatierten Distalwärtswanderung der Insertion des *Musc. flex. carp. radialis* zusammen. Für diese Erwägungen interessiert uns in der Hauptsache die *Articulatio carpometacarpeae*.

Für alle untersuchten Tiere trifft zu, daß die Metacarpalbasen konkav, die Flächen der distalen Carpalia konvex sind. Den Tieren nun, deren Basisflächen der Metacarpalia mit Insertionspunkten versehen sind, also *Canis*, *Meles* und *Lutra* ist nun auch eine besonders ausgesprochene, ja sogar nutenförmige Aushöhlung der proximalen Mittelhandflächen eigen; so weisen bei *Canis* besonders ausgeprägt das Metacarpale II, etwas weniger das Metacarpale III tiefe Einschnitte auf, bei *Meles* sehr deutlich das Metacarpale I; bei *Lutra* ist das Metacarpale II auffallend stark ausgehöhlt. Dagegen besitzen die Tiere, bei denen der Radialbeuger am *Os Rad. et intermed.* inseriert, äußerst flach konkave Flächen in der *Art. carpometacarpeae*; Einschnitte sind nicht im entferntesten nachzuweisen. (Vergl. dazu die Abbildungen 64, 72, 81, 91 u. 100).

Es scheint mir somit, daß ein Zusammenhang dieser starken, nutenförmigen Einschnitte mit dem Ansatz des *Musc. flex. carp. radialis* besteht und zwar im Sinne des FICK'schen Gesetzes. Nach diesem Gesetz wird — wie wir

gesehen haben — dasjenige Gelenkende, bei dem die Muskeln nahe am Gelenk ansetzen, zur Pfanne, und da, wie es bei den Bären der Fall ist, wo die Wirkung des Radialbeugers auf die Metacarpalfächen durch höhere (proximalwärts) Insertion ausgeschaltet ist, die Basisflächen schon schwach ausgehöhlt sind, so kann, den schematischen Experimenten R. FICK's entsprechend, die Wirkung dieses Beugers nur eine stärkere Pfannenbildung hervorrufen. Und so glaube ich, auf diese Einwirkung die konstatierten stark nutenförmigen Einschnitte zurückführen zu können.

Wir sehen, wie auch von dieser Seite aus neue Bearbeitungsmöglichkeiten geschaffen werden. Eine endgültige Begründung dieses Gesichtspunktes wird natürlich erst dann gegeben werden können, wenn weiteres (auch embryonales) Material bearbeitet ist.

#### VII. Zusammenhang von Dorsalflexion und Trittpfäche.

Es ist ja eine bekannte Tatsache, daß alle Tiere ihren Stützapparat durch lokale Modifikationen des Integumentes dort, wo dieser mit dem Boden in Berührung kommt, unter starker Verdickung von Cutis und Subcutis als polsterartige Vorsprünge, die sog. Trittpolster, die sich von den behaarten Hautabschnitten durch ihre Nacktheit abheben, kennzeichnen. An der Vorderextremität müssen wir dreierlei solcher Polster unterscheiden. Ein kleines, ulnares Carpalkissen auf dem in die Handvola eminerenden Os Pisiforme, dann ein in seiner Ausdehnung und Lage stark variierendes großes Trittpolster, und schließlich fünf vordere kleine Zehenpolster.

In der folgenden Erörterung beschränke ich mich auf das große mittlere Trittpolster. Die Grenzen dieses Trittkissens haben dazu Anlaß gegeben die Tiere als „Sohlen-, Zehen- und Spitzengänger“ zu bezeichnen. Versucht man aber sich im vorhandenen Schrifttum über die genaue Bezeichnungsweise der Beziehungen der verschiedenen Trittpfächen mit dem Skelett eine klare Vorstellung zu machen, so erkennt man, daß bei den einzelnen Autoren kein einheitlicher Standpunkt eingenommen wird. Ganz besonders leidet hierunter die Auffassung der „Plantigradie“. Während einige Autoren unter der „ganzen Sohle“ das Auftreten mit Carpus und Metacarpus verstehen, bezeichnen andere als plantigraden Gang den, der mit der gesamten Volarfläche der Hand — Finger und Metacarpalia bis zum Beginn des Carpus — den Boden berührt. An sich, zur Einführung, ist es ja nicht so wesentlich, einen so diminutiven Unterschied zu machen. Für vergleichend-anatomische, insbesondere für gelenkmechanische Untersuchungen erweisen sich aber solche großzügigen Unterscheidungen als hemmend. Ich will mich daher für eine Bezeichnungsweise festlegen: Ich nenne „plantigrad“ den

Gang, bei dem Carpus, Metacarpus und die Phalangen auf den Boden gesetzt werden (Abb. 104); „digitigrad“ den Gang, der nur noch mit den Phalangen den Körper stützt, bei dem der Metacarpus sich also nicht mehr an der Unterstützung beteiligt (Abb. 108). Zwischen diesen beiden Auffassungen liegen nun mehrere Zwischenstufen, die die Tiere auch tatsächlich aufweisen. Gerade an den untersuchten Tieren konnte ich feststellen, wie der Zehengänger aus dem Sohlengänger entstanden sein muß — wobei ich natürlich nicht behaupte, daß sich in der folgenden Darstellung ein Tier aus dem anderen entwickelt hat. Eine Entscheidung über die jeweilige Bezeichnungsweise kann in exakter Form nur herbeigeführt werden, wenn das äußere Zeichen für die Unterstützung der Extremitäten, die Signalisierung des Stützapparates durch unbehaarte, nackte Hautabschnitte, mit herangezogen wird. Es besteht eben ein enger Zusammenhang zwischen der Ausbildung dorsaler Gelenkwinkel der Komponenten der distalen Extremität und der proximalen Ausdehnung des mittleren großen Trittpolsters.

So verkörpert uns *Potos flavus* SCHREB. das Bild eines plantigraden Gängers: Phalangen, Metacarpus und Carpus liegen annähernd horizontal nebeneinander, und erst der Unterarm ist, mit dem Carpus einen dorsalen Winkel



Abb. 104. Plantigrad.



Abb. 105. Semiplantigrad.

Abb. 106.  
Metacarpodigitigrad.Abb. 107. *Canis*.

Abb. 108. Digitigrad.

bildend, von der Unterstützungsfläche erhoben (s. Abb. 104 und Röntgenaufnahme Tafel XIX, Abb. 125).

Das nächste Stadium ist das, wo auch der Carpus vom Boden erhoben

wird, oder gelenkmechanisch gesprochen, wo Dorsalflexion in der Art. carpo-metacarpeae eintritt. Diesen Zustand stellt *Lutra lutra* dar (s. Abb. 105 und Röntgenaufnahme Tafel XIX, Abb. 123). Zieht man im Röntgenbilde die Längslinien von Phalangen und Metacarpus einerseits, und von Unterarm und Carpus andererseits, so schneiden sie sich in der Art. carpo-metacarpeae und bilden somit recht deutlich einen nach dorsal offenen Winkel. Ich will diese Gangart als *sempiplantigrad* bezeichnen.

Weiterhin werden nun auch die Metacarpalia vom Boden frei gemacht, so daß die Metacarpalia und die Phalangen einen dorsalen Winkel bilden. Eine solche Lagerung der Skelettknochen will ich mit *metacarpodigitigrad* bezeichnen. Sie ist bei *Ursus arctos*, *Thalassarctos maritimus* und *Meles meles* ausgebildet (vgl. Abb. 106 und Röntgenaufnahmen Tafel XVII, Abb. 120 u. Taf. XIX, Abb. 124).

Schließlich erhalten wir den Zustand der *Digitigradie*, wo Dorsalflexion zwischen zweiter und dritter Phalange ausgebildet ist (Abb. 108). *Canis* nimmt diesen Zustand nicht ein. Es ist bei ihm, wie in der Röntgenaufnahme Tafel XV, Abb. 114 ersichtlich, Dorsalflexion zwischen Phalange III und Metacarpus, wenn auch nicht mehr in so starkem Maße, vorhanden; (s. auch Schema Abb. 107) und ferner setzen sich die Phalangen I und II in einem annähernd rechten Winkel voneinander ab. Er kann daher — nach obiger Forderung — nicht als Zehengänger gelten. Er ist auf bestem Wege, auch die Phalange III vollständig vom Boden zu erheben, indem er den Winkel zwischen Phalange II und III erheblich vergrößert, und kommt somit allerdings von den untersuchten Tiertypen dem Zustande eines Zehengängers am nächsten.

Vollständig erklärt werden diese Zustände erst durch die Lage der Polster. Skelett und das große mittlere Trittkissen ergänzen sich gegenseitig. Das große mittlere Trittpolster steht nämlich in unmittelbarer Beziehung mit dem Auftreten dorsaler Gelenkwinkel. Nur eine zusammenhängende Betrachtung dieser beiden Tatsachen erklärt den jeweiligen Stützapparat.

Bei *Potos* überzieht das Trittkissen den ganzen Carpus. (Abb. 93). Bei *Lutra* geht es nur bis an den Carpus heran (Abb. 73) bei *Ursus* (Abb. 82), *Thalassarctos* (Abb. 92) und *Meles* (Abb. 65) überdeckt es das Metacarpus-Phalangeal-Gelenk, wobei die Metacarpalienköpfchen in das Polster hineinweisen, und bei *Canis* geht es bis an das Metacarpus-Phalangeal-Gelenk heran, so daß sich auch noch zu einem Teil die Metacarpalia an der Unterstützung beteiligen. *Canis* kann also nach unserer Definition nicht Zehengänger sein. (Vergleiche hierzu auch die Röntgenaufnahmen Tafel XV—XIX,

Abb. 114, 120, 123, 124, 125, wo die Trittkissen als dunkle Schatten sichtbar sind). Wenn ich in diesem Zusammenhange einen Zehengänger namhaft machen darf, so entspricht dem Zustande eines digitigraden Tieres z. B. das Lama. Genauere Untersuchungen fehlen darüber aber noch.

Bei diesen Feststellungen überraschen uns die Tatsachen, daß in der Vorderextremität der Hund noch kein Zehengänger, und auch die Bären und der Dachs keine Sohlengänger sind. Gerade der Umstand, daß die Bären in der Vorderextremität metacarpo-digitigrad sind, muß besonders auffallen, da überall der Bär als Paradebeispiel eines Sohlengängers gilt. Es ist also hieraus zu folgern, daß in der Bezeichnung eines Tieres als Sohlengänger zwischen Vorder- und Hinterextremität scharf zu unterscheiden ist. Für die Vorderextremität sind die Bären jedenfalls keine Sohlengänger. Die Erklärung für diesen Umstand, soweit eine solche überhaupt möglich ist, dürfte die physiologisch-anatomische Betrachtungsweise liefern. Da eine ausführliche Darstellung dieser Dinge eine zu große Entfernung vom eigentlichen Thema bedeuten würde, so möge hier der Hinweis genügen, daß für Vorder- und Hinterextremität verschiedene Einflüsse vorhanden sind, daß jede Extremität auf die nur ihr gestellten Anforderungen antwortet.

Es ist allen Zoologen geläufig, die Abnahme der oben behandelten großen Trittpolster vom Sohlen- zum Zehengänger in Abhängigkeit zur gesteigerten Fortbewegungsgeschwindigkeit und der damit zusammenhängenden Verminderung der Reibungsfläche zu bringen. Nach den hier konstatierten Tatsachen dürfte eine solche Betrachtungsweise für die Vorderextremität nicht ganz zutreffen. Dann müßte sich der semiplantigrade Otter nur sehr langsam auf der Erde fortbewegen können; er zeichnet sich aber, wie bereits auf Seite 177 geschildert, durch ziemlich große Geschwindigkeit auch auf dem Lande aus. Ferner müßten die Bären und der Dachs sich nach Lage und Größe ihrer Trittpolster recht schnell bewegen können, was bei beiden nicht zutrifft.

So kann dies nur den obigen Hinweis verstärken und ferner nur dazu beitragen, Vorder- und Hinterextremität nicht gleichen Voraussetzungen zu unterwerfen.

Zum Schluß dieses Kapitels sei noch eine von R. HESSE 1910 an Hintergliedmaßen behauptete Tatsache auch im gewissen Sinne an den hier untersuchten Raubtiervordergliedmaßen bestätigt. HESSE schildert nämlich bei Behandlung der Bewegung mit Hilfe von Hebelgliedmaßen, daß als Folge der Aufrichtung der einzelnen Teile des Fußes auch die Stärke der Gelenke gesteigert werden muß, „wenn nicht die Festigkeit der Gliedmaßen notleiden

soll<sup>4</sup>. An Stelle des Kugelgelenktypus, der vor allem bei den Gliedmaßen der Amphibien und Reptilien vorherrscht, treten Rollgelenke, bei denen der Ausschlag der verbundenen Skelettstücke in der Hauptsache auf eine Ebene beschränkt und die Möglichkeit seitlicher Bewegungen sehr vermindert ist. Ähnliches ist zwischen den beiden in diesen Untersuchungen vorhandenen Extremen, also Hund und Wickelbär, zu konstatieren. Den Zustand einer Amphibien- bzw. Reptiliengliedmaße nimmt bei uns die „Hand“ von *Potos* ein, die (außer der Plantigradie) sehr große seitliche Bewegungen ausführen kann. Den geforderten Typ stellt bei uns der Hund dar, der auf dem Wege zur Digitigradie befindlich, im Carpalsegment nur noch Bewegungen „in einer Ebene“ ausführt.

#### D. Der Einfluss der Ausbildung der *Incisura semilunaris ulnae* auf Pronation und Supination der „Hand“.

Obgleich dieses Kapitel außerhalb des Themas dieser Arbeit liegt, sei des vollkommeneren Verständnisses der Hand halber kurz auf diese bisher noch nicht erschlossenen Tatsachen eingegangen.

Betrachtet man die Vordergliedmaße im Sinne REULEAUX's als eine „kinematische Kette“ oder, wie R. FICK dies nennt, als eine „Gelenkkette“ (= „eines Systems von mehreren, durch mehrere Gelenke verbundene Glieder“), so kommt man zu der Erkenntnis, daß die bisher behandelten Gelenkbewegungen im Vergleich der anderen „Kettenglieder“ wie Ellenbogengelenk und Oberarmgelenk recht gering sind. Unter dem Hinweis, daß die Bewegungen im Carpalsegment zur Summation der Bewegungen der ganzen Gliedmaße beitragen und damit das Bewegungsgebiet der Extremität außerordentlich erweitern und komplizieren, erhält die in dieser Arbeit vollzogene Betrachtungsweise Berechtigung und macht das Eingehen auf das unmittelbar an das Carpalsegment anschließende und dieses in seinen Bewegungen beeinflussende Kettenglied des Unterarmes zur Notwendigkeit. Wie wir andeutungsweise bereits gesehen haben, trägt der Unterarm durch seine Fähigkeit, Pro- und Supinationsbewegungen auszuführen, in ausgedehntem Maße dazu bei, die vielseitige Beweglichkeit des distalen Endabschnittes der Vordergliedmaße — eben als ein Gelenkkettenglied — zu unterstützen.

Pronation und Supination sind bekanntlich Bewegungen der Hand um ihre Achse und zwar ist in der herabhängenden Stellung des menschlichen rechten Armes Supination vorhanden, wenn der Handrücken nach hinten, und Pronation, wenn der Handrücken nach vorn gedreht wird. Diese Bewegungen werden nun nicht ausschließlich im Carpalsegment ausgeführt.

Wir konnten allenfalls nur Bewegungen im pro- und supinatorischen Sinne feststellen. Die Hauptgelenke für diese Umwendbewegungen sind das proximale und distale Ellen-Speichergelenk und das Ellen-Oberarmgelenk. In diesem Kapitel will ich mich auf letzteres beschränken. Ich wurde auf diese Untersuchungen durch eine Arbeit von G. TORNIER über das Ellenbogengelenk aufmerksam. Dort wird an dem Ellen-Oberarmgelenk in der Klasse der Säugetiere von den Monotremen aufwärts bis zum Menschen phylogenetisch der Zusammenhang von Funktion und Formveränderung des Gelenkes nachgewiesen. Die *Incisura semilunaris* — so wird ausgeführt — bildet während der Phylogenese immer mehr eine mediale Facette aus, die schließlich ihr Maximum bei den Anthropomorphen und den Menschen erreicht, während die ursprünglich laterale Facette mehr und mehr an Größe abnimmt und schließlich (beim Menschen) verschwindet. Im Zusammenhang damit wachsen auch die funktionellen Möglichkeiten. Mit dem Anwachsen der medialen bzw. dem Atrophieren der lateralen Facette wächst auch die Supinationsfähigkeit immer mehr, und erreicht ihren Höhepunkt beim Menschen, der nur noch durch aktive Muskelkraft den Unterarm in der ursprünglichen Pronationsstellung halten kann.

Ohne mich auf phylogenetische Untersuchungen einzulassen, kann ich bei den von mir untersuchten Raubtiertypen ganz ähnliche funktionelle Stadien feststellen. Der Hund hat seinen Vorderarm stets in starker Pronation. Radius und Ulna, die in ihrer ganzen Länge durch ein schmales Ligamentum interosseum miteinander verbunden sind, liegen mehr hintereinander. Die Ulna-Facette zeigt deutlich zwei Teile, einen lateralen und einen medialen Anteil (s. Abb. 109). Bei *Meles* tritt nun bereits eine leichte Größenzunahme der medialen Facette ein (s. Abb. 110). Bei *Lutra* (Abb. 111) ändert sich der Umfang der medialen Facette nicht und ähnelt daher der von *Meles*. Wohl aber nimmt der laterale Teil der *Incisura semilunaris* bedeutend an Größe ab. Mit *Ursus arctos* (s. Abb. 112) erhalten wir einen Zustand, der dem von TORNIER nachgewiesenen beim Menschen sehr nahekommt; denn die mediale Facette hat unter den untersuchten Tieren ihr Maximum erreicht, und die laterale Fläche verschwindet bis auf einen dorsalen Rest vollständig. Ganz ähnlich verhält sich die *Incisura semilunaris* von *Potos flavus*. Mit dieser Formveränderung des Gelenkes ist nun auch eine Änderung der Funktion verbunden. Wie schon erwähnt, liegen bei *Canis* die beiden Unterarmknochen hintereinander und ruhen in Pronationsstellung auf dem Boden. Bei einer so einseitigen Betätigung der Extremitäten fällt naturgemäß jeder Grund für eine freiere Beweglichkeit des Unterarmes fort. Daher besitzen die Supinationsbewegungen, die vorhanden sind,

nur einen äußerst minimalen Bewegungsumfang. Je mehr nun die mediale Facette der *Incisura semilunaris* an Größe zunimmt, um so größer wird nun auch die Fähigkeit, den Unterarm zu supinieren. Sie steigt über *Meles* zu *Lutra* und erreicht ihr Maximum bei *Ursus* und *Potos*.

laterale  
Facette



Abb. 109.

mediale  
Facette

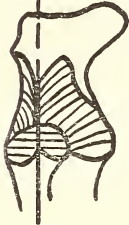


Abb. 110.

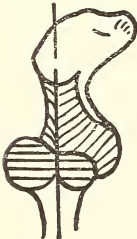


Abb. 111.

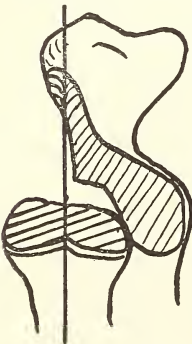


Abb. 112.

Weiterhin ist zu bemerken, daß nicht alle hier behandelten Tiere sich ausschließlich der funktionellen Möglichkeiten bedienen. So geben *Meles*, *Lutra* und *Potos* mehr und mehr die Pronation auf und erreichen nur noch Bruchteile von Graden der Pronation. So besitzen *Meles* und *Lutra* höchstens noch  $\frac{3}{4}$  Pronation, während *Potos* nur noch  $\frac{1}{2}$  Pronation ausbilden kann. Diese Zustände sind nun eng mit der Gebrauchsfähigkeit der Hand verbunden. Während der in vollständiger Pronation befindliche Unterarm von *Canis* die Dorsalseite des Carpus gerade nach vorn richtet und die Volarflexionen des Ellenbogengelenkes und des Carpalsegmentes um parallele Achsen im Sinne einer Gelenkkette verstärkt, tritt durch die Abnahme der Pronationsfähigkeit eine Überkreuzung der Achsen auf, die über *Meles*, *Lutra* bei *Potos* zu beinahe senkrechter Überkreuzung der Achsen führen. Eine solche Lagerung der Drehungsachsen hindert natürlich stark die Möglichkeit einer schnellen Lokomotion auf der Erde. Wenn, wie bei *Lutra*, diese den Lauffaktor hemmende Anordnung der Bewegungsachse nicht durch carpale und intercarpale Bewegungskombinationen ausgeglichen werden können, führt dies zu schlechten Lokomotionen auf dem Erdboden. Tatsächlich sind nun auch Dachs und Wickelbär recht schlechte Läufer, letzterer kann sich ja nur höchst ungeschickt auf dem Erdboden fortbewegen. Diese Tiere helfen sich dann, um volle Pronation zu erhalten, dadurch, daß sie die Unterarme stark divergieren, so daß sie mit „O-Beinen“ den fehlenden Lauffaktor, den sie infolge ihrer Lebensweise durchaus entbehren können, ausgleichen.

Dadurch, daß *Ursus arctos* sowohl gute Pronations- wie Supinationsbewegungen auszuführen vermag, zeigt sich außer



der hiermit erklärten Vielseitigkeit der Hand, die (s. Untersuchungsprotokoll) an sich nicht vorhanden ist, auch der durchaus universelle Charakter der Bärenvordergliedmaße gegenüber den spezialisierteren Vordergliedmaßen anderer Tiere.

Weitere Ausführungen, besonders auch über die gleichzeitig mit der Veränderung der *Incisura semilunaris ulnae* verbundenen Umgestaltung der Gelenkfläche des Radiuskopfes, der *Fovea capituli radii*, müssen einer späteren, speziell diese Dinge behandelnden Arbeit vorbehalten bleiben.

Zum Schluß sei — anhangsweise — auf eine Behauptung von M. SCHLOSSER 1890 eingegangen, der im Laufe der Untersuchungen nachgegangen worden war: daß nämlich die relative Höhe des Olecranon der Ulna „offenbar von der Organisation der Hand abhänge“. Dies soll nach SCHLOSSER auch innerhalb der verschiedenen Säugergruppen mit entsprechenden Abstufungen ausgebildet sein. U. a. wird angeführt, daß „der Bär unter allen Carnivoren die ausgebildetste Hand, folglich auch das niedrigste Olecranon“ besitzt. Abgesehen davon, daß von einer bestausgebildeten Hand des Bären unter den Carnivoren nach diesen Untersuchungen nicht die Rede sein kann, fragte ich mich, wie es wohl möglich sei, daß ein Abschnitt der Vordergliedmaße, der durch Bänder sowohl als auch durch Muskeln gar keine Beziehungen zur Hand aufweist, von der Organisationshöhe der Hand abhängig sein soll! Da in der Tat bei der Untersuchung der Hände einem schon mit bloßem Auge wahrnehmbare ganz verschiedene relative Olecranonhöhe konstatiert werden konnte, so bin ich dem Problem näher getreten.

Wie wir aus den obigen Ausführungen sehen, ist bei den untersuchten Raubtieren eine wachsende Supinationsfähigkeit vorhanden. Damit hing, wie festgestellt wurde, eine Größenzunahme der medialen *Incisura semilunaris* zusammen. Dorsalwärts dieser Gelenkfläche befindet sich nun das Olecranon, das bei den untersuchten Tieren auffallend in seiner Höhe variiert. Dies ist natürlich als Folge der dort inserierenden Muskeln zu deuten. Es sind dies die wichtigsten Streckmuskeln für den Unterarm, die *Triceps-Anconaeus*-Gruppe.

Da auch die Anthropologen der Ausbildung des Olecranon zur Beurteilung der Stellung der Hominiden ein besonderes Interesse entgegenbringen, und sogar die These aufstellen, daß ein relativ stark entwickeltes Olecranon einen niederen und primitiven, ein schwach entwickeltes aber einen höheren Entwicklungszustand darstellt (R. MARTIN 1928), so ging ich diesem Zusammenhange nach und stellte Messungen an den von mir untersuchten Tieren nach anthropologischen Vorbilde an.

Es wurde der Index der Höhe der Olecranonkuppe festgestellt. Dies ist ein Quotient, in dessen Zähler die Höhe der Olecranonkuppe, d. h. der Abstand des höchsten Punktes der Olecranonkuppe von einer Ebene, die senkrecht zur Achse des proximalen Knochenabschnittes von der Spitze des Olecranonschnabels gefällt wird, (vergl. Abb. 113), multipliziert mit 100 steht, und im Nenner die physiologische Länge der Ulna, d. h. die geradlinige Entfernung des tiefsten Punktes derjenigen Kante, die auf der Oberfläche des Processus coronoideus entlang zieht, bis zum tiefsten Punkt der Gelenkfläche des unteren Ulnaköpfchens, ohne Berücksichtigung des Proc. styl. ulnae.

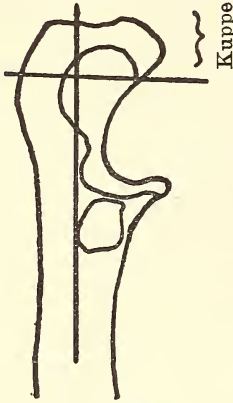


Abb. 113.

$$\frac{\text{Höhe der Olecranonkuppe} \times 100}{\text{Physiologische Länge der Ulna}}$$

Drückt man also die Kuppe in Prozenten der physiologischen Länge aus, so ergeben sich folgende Werte:

|                  | <i>Canis</i> | <i>Urs. arct.</i> | <i>Thalassarctos</i> | <i>Meles</i> | <i>Potos</i> | <i>Lutra</i> |
|------------------|--------------|-------------------|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| Physiol. Länge . | 20,00        | 16,95             | 24,56                | 7,78         | 5,90         | 5,27         |
| Kuppe . . . .    | 3,16         | 1,84              | 3,57                 | 1,78         | 0,88         | 1,37         |
| Index . . . .    | 15,5         | 10,9              | 14,9                 | 22           | 14,9         | 25           |

Die Höhe der Olecranonkuppe unterliegt demnach großen Schwankungen. Es ergibt sich hieraus mit Sicherheit, daß auf keinen Fall ein Zusammenhang zwischen Organisationshöhe der Hand und Olecranonhöhe vorhanden ist. Die Vermutung SCHLOSSER's besteht also nicht zu Recht. Wohl aber ist doch etwas Positives zu verzeichnen: nämlich die Tatsache, daß das Olecranon dort am stärksten ausgebildet ist, wo die kräftigsten Streckbewegungen ausgeführt werden, um die größten Widerstände zu überwinden. So bei dem Otter, der als guter Schwimmer, Gräber und Läufer permanent große Widerstände überwinden muß, und beim Dachs, der beim Graben ebenfalls Streckbewegungen großer Intensität vornehmen muß, um die Erdmassen fortzuschaffen. Ferner ist es durchaus einleuchtend, daß das Lauttier, der Hund, einen größeren Wert hat als der Bär. Auch die Tatsache, daß der Eisbär wiederum einen größeren Wert hat als der braune Bär, bestätigt obige Annahme, denn der Eisbär hat ja als vorzüglicher Schwimmer weit größere Widerstände zu bewältigen als sein Verwandter.

### E. Zusammenfassung: Die einzelnen Anpassungen.

Alle in dieser Arbeit niedergelegten Beobachtungen und Gedanken sind letzten Endes Erörterungen über Anpassungserscheinungen. Blicken wir auf die vorliegenden Untersuchungen zurück, so erkennen wir jedesmal die Richtigkeit eines oft zitierten Satzes, daß sich Bau und Lebensweise, oder wie wir auch sagen können, Form und Funktion zueinander wie zwei Seiten einer Gleichung verhalten. Man kann keinen Faktor, auch nicht den kleinsten verändern, ohne die Gleichung zu stören. Für unser Urteil hängen Form und Funktion innig zusammen. Deshalb brauchte die Zweckmäßigkeit der gegebenen Form nicht weiter bewiesen zu werden. Es handelt sich eben für uns nicht um die Festlegung besonderer Eignung für bestimmte Lebensbedingungen, als vielmehr um einen Versuch, durch vergleichend-funktionelle Betrachtungen Einblick in die Zusammenhänge zwischen Form und Funktion zu gewinnen und auch zu erfahren, wie der Organismus die ihm zu Gebote stehenden Möglichkeiten ausgenutzt hat. Wir sind im Laufe der Arbeit zu Ergebnissen gekommen, die uns Antworten auf Fragen gegeben haben, die gar nicht gestellt worden sind, die uns außerdem eine Fülle von Anregungen für weitere Arbeiten auf diesem Gebiete gebracht haben, und die uns schließlich auch eine als höchstes erstrebenswertes Ziel erscheinende Antwort auf die in den einleitenden Bemerkungen gestellte Frage geben: „Ist es möglich, mit Hilfe von spezifischen Charakteren die verschiedenen Ausbildungsformen der Raubtierhand (plantigrad, digitigrad, Laufhand, Kletterhand etc.) anatomisch zu charakterisieren?“ Die Antwort darauf ist ja schon, wenn auch indirekt im Laufe der Untersuchungen gegeben worden. Hier sei zusammenfassend folgendes gesagt:

#### 1. Der universelle Typ, *Ursus arctos* L.

Die Hand des Bären besitzt anatomisch einen universellen Charakter, der sich darin äußert, daß vielseitige Bewegungen, besonders in der *Articulatio antebrachio-carpea* ausgeführt werden können. Es sind alle die hier untersuchten Tiere betreffenden Faktoren angedeutet. Diese Latenz der Gelenkcharaktere, die sich sogar bis auf die sattelförmige funktionell nicht ausgenutzte Gelenkfläche des ersten Fingers erstreckt, wird auch dadurch verstärkt, daß Pro- und Supinationsbewegungen des Unterarmes die Hand zu einem recht vielseitigen, nicht spezialisierten Werkzeug machen. Die erste Dorsalflexion tritt in der Länge der Längshandachse erst in den Metacarpophalangealgelenken ein, so daß der braune Bär metacarpo-digitigrad erscheint.

## 2. Der Gräbertyp, *Meles meles* L.

Besonders die mit starken Krallen gerüsteten Finger, die gute Ausprägung des Handgewölbes, intensive sprunghafte Einwärtsbewegungen der *Articulatio antebrachio-carpea*, die verstärkt werden durch Drehungen des Sattelgelenkes (Ausdrücke des „Grabfaktors“), und der in  $\frac{3}{4}$  Pronation stehende Unterarm machen die Hand für eine grabende Tätigkeit recht zweckdienlich. Die Extremität ist *metacarpo-digitigrad*.

## 3. Der Lauftyp, *Canis*.

Der distale Abschnitt der Hundeextremität ist ganz lokomotorische Maschine: der feste Zusammenschluß der *Carpalia*, die bandhemmende Wirkung, Dorsalflexion auszuschalten, die Verzahnung des *Carpus* und des *Metacarpus*, die starke Handwölbung, die beginnende Aufrichtung der dritten Phalange und die damit verbundene Verlängerung der Hand, die Verkörperung des Lauffaktors durch ginglymische Bewegungen des *Carpalsegmentes* (besonders des ersten Handgelenkes, Tendenz der Eifläche zur Zylinderfläche), die als gleichzeitige Anpassung an das Scharren am Schlusse der Flexion Drehungen im supinatorischen Sinne vorweisen, der Vorteil, durch ein Scharniergelenk Muskelkraft zu sparen, die volle Pronation des Unterarmes, um Bewegungen in einer Ebene möglich zu machen, alles dies steigert das *Carpalsegment* zu der Fähigkeit, die ganze Körperleistung in den Dienst mechanischer Arbeit zu stellen.

## 4. Der Klettertyp, *Potos flavus* SCHREB.

Im Gefolge arboricoler Lebensweise hat sich der Kletterfaktor im *Carpalsegment* lokalisiert. Es sind besonders große Abduktionen vorhanden, die auch die Finger, besonders den Daumen und den kleinen Finger beherrschen (nur Abduktion!). Weitere Spezifika:  $\frac{1}{2}$  Pronation des Unterarmes (als Baumläufer), weites Auseinanderrücken von *Radius* und *Ulna* und damit Verbreiterung des ersten Handgelenkes (zur Ermöglichung von Abduktionsbewegungen) flaches Handgewölbe, Ausbildung der Sohlenballen zu Saugnapfen als Haftorgau, kräftige Krallen, vollständige *Plantigradie*!

## 5. Der Schwimmtyp, *Lutra lutra* L.

Die Hand zeigt größtmöglichstes Bewegungsvermögen. Ein im ersten Handgelenk vorhandenes Eigelenk, das die Tendenz zu einem Kugelgelenk besitzt, ferner die in fixierter Abduktion stehenden Finger, die die Schwimmhaut spannen und die Sohle umfangreich gestalten, der flache „brettartige“ *Carpus*, der in  $\frac{3}{4}$  Pronation stehende Unterarm, alles dies sind Charaktere

für die Ausbildung einer fächerförmigen Vorderextremität, die zur Verwendung als Steuer und Ruder recht geeignet ist. Die Extremität ist semiplantigrad.

*Thalassarcos* hat nicht die ins Auge fallende zweckentsprechende Ruderhand. Da er nicht zu den Gelegenheitsschwimmern zu rechnen ist, ist dies ein Zeichen dafür, daß es verschiedene Modifikationen des Schwimmens gibt. Charakteristisch bleibt aber das Vorhandensein des „Schwimmfaktors“.

Natürlich können die hier eruierten Charaktere nur auf Raubtierhände angewendet werden. Wie weit sie allgemeinen Wert besitzen, muß die Zukunft lehren.

\* \* \*

So mögen diese Beobachtungen an lebenden und toten Tieren dazu beitragen, klarzustellen, wie sich die anatomische Konstruktion aus der Funktion ergibt, die beide den Gewohnheiten und Lebensnotwendigkeiten der betreffenden Tiere entsprechen! Möge diese Arbeit aber auch dazu beitragen, daß die Erkenntnis von der Mechanik der Organismen weiterhin gefördert und im Verein mit entsprechenden ontogenetischen Untersuchungen schließlich auch die Entwicklungsgeschichte bereichert wird!

### F. Literatur.

- All about animals. — Verlag George Newnes Ltd., London.  
 Animals at the Zoo, 1907. — Verlag Gowons & Gray Ltd., London.  
 BARDELEBEN, K. v., 1885. — Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte von Hand und Fuß der Säugetiere und des Menschen. — S. B. nat. Fr. 1885, pg. 156—158.  
 —, 1885. — Zur Morphologie des Hand- und Fußskeletts. — Jen. Z. Nat. 9, pg. 84—88.  
 —, 1894. — On the bones and muscles of the mammalian hand and foot. — Proc. Zool. Soc. London 1894, pg. 354—376.  
 BAUR, G., 1885. — Zur Morphologie des Carpus und Tarsus der Wirbeltiere. — Zool. Anz. 1885, pg. 326, 486.  
 BÖKER, H., 1924. — Begründung einer biologischen Morphologie. — Zeitschr. f. Morph. u. Anthrop. 24, pg. 1—22.  
 BÖVING-PETERSEN och W. DREYER, 1902/4. — Djurvärlden. — Oefversättning och bearbetning af Anton Stuxberg, Stockholm. 1, 1902. 2, 1903. 3, 1904.  
 BERGMANN, C. u. LEUCKART, R., 1855. — Vergl. Anatomie und Physiologie. — Verlag Müller, Stuttgart.  
 BRAESS, M., 1925. — Vom Fischotter. — Die Koralle, Heft 5 (Unterwasserphotos!). pg. 1—5.  
 BRANDT, K., 1914. — Fährten und Spurenkunde. — Verlag P. Parey, Berlin.  
 L. HECK u. M. HILZHEIMER, 1922. — Brehm's Tierleben, Säugetiere, 3. — Verlag des Bibl. Instituts, Leipzig.

- BRONN, H. G. — Klassen und Ordnungen des Tierreiches, 6, 5. Abt. Säugetiere. — Verlag Akad. Verlagsges., Leipzig.
- BUETSCHLI, O., 1910. — Vorlesungen über vergleichende Anatomie. — Verlag W. Engelmann, Leipzig.
- ELLENBERGER u. BAUM, 1891. — Systematische und topographische Anatomie des Hundes. — Verlag August Hirschwald, Berlin.
- , 1912. — Vergleichende Anatomie der Haussäugetiere. — Verlag J. Springer, Berlin.
- EISLER, 1896. — Homologie der Extremitäten. — Biol. Zentralblatt 16, pg. 433—448.
- FICK, A., 1879. — Spezielle Bewegungslehre. — Hermanns Handb. d. Physiol., 1, Verlag Vogel, Leipzig.
- FICK, R., 1890. — Über die Form der Gelenkflächen. — His. Archiv f. Anatomie und Entwicklungsgeschichte.
- , 1910. — Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke unter besonderer Berücksichtigung der bewegenden Muskeln. Teil 2. — Verlag Gustav Fischer, Jena.
- FLOWER, 1888. — Osteologie der Säugetiere; übers. von GADOW. — Verlag Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- GEGENBAUR, 1864. — Carpus und Tarsus. — Verlag W. Engelmann, Leipzig.
- , 1898. — Vergleichende Anatomie d. Wirbeltiere 1. — Verlag W. Engelmann, Leipzig.
- HENKE, W., 1863. — Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke. — Verlag C. F. Winter, Leipzig und Heidelberg 1863.
- HENLE, J., 1855. — Handbuch der Knochenlehre. — Verlag Vieweg, Braunschweig.
- HESSE, R. u. DOFLEIN, F., 1910. — Tierbau und Tierleben 1. — Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin.
- HILZHEIMER u. HÄMPEL, 1913. — Handbuch der Biologie der Wirbeltiere. — Verlag Ferd. Enke, Stuttgart.
- HÜTER, C., 1862/3. — Anatomische Studien an den Extremitätengelenken Neugeborener und Erwachsener. — Archiv f. pathologische Anatomie u. Physiologie und für klinische Medizin, 25, 26, 28.
- IHLE, VAN KAMPEN, NIERSTRASZ, VERSLUYS, 1927. — Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. — Verlag J. Springer, Berlin.
- JULITZ, C., 1909. — Osteologie und Morphologie der Extremitäten und des Wickselchwanzes vom Wickelbären. — Arch. Natg. 75, pg. 143—188.
- KAJAVA, Y., 1918. — Die kurzen Muskeln und die langen Beugemuskeln der Säugetierhand, T. 3. — Verlag Snomalaisen Tiedeakatemia Kustantama, Helsinki.
- KNIEPKAMP, W., 1926. — Die Gelenke der Tigerhand. — Zeitschr. f. mikr.-anat. Forschung 5, pg. 728—748.
- KNOTTNERUS-MEYER, 1925. — Tiere im Zoo. — Verlag Dr. Werner Klinkhardt, Leipzig.
- KÖHLER, A., 1902. — Untersuchungen über die Phalangenbänder der Haustiere. — Dissertation, Bern.
- LANG, H., 1924. — Position of Limbs in the sliding Otter. — Journ. of Mammalogy 5, pg. 216/17.
- LUCAE, J. C. G., 1872. — Robbe und Otter in ihrem Knochen- und Muskelskelett. — Abh. d. Senckenb. Naturf. Ges. 8, pg. 277—378, 9, pg. 369—496.

- MARTIN, P., 1919. — Lehrbuch der Anatomie der Haustiere 3. — Verlag Schickhardt u. Ebner, Stuttgart.
- MARTIN, R., 1928. — Lehrbuch der Anthropologie 2. — Verlag Gustav Fischer, Jena.
- MATTHEW, W. D., 1909. — The Carnivora and Insectivora of the Bridger Basin, Middle Eocene. — Mem. Amer. Mus. N. H. 9, pg. 291—567.
- MEYER, H. v., 1890. — Die Ortsbewegung der Tiere. — Sammlg. gemeinverständl. wiss. Vorträge v. VIRCHOW und WATTENBACH 95.
- NAGNER, R. v., 1877. — Über die Bewegung der vierfüßigen Tiere . . . — Arch. Anat. Phys. 1877, pg. 424—433.
- OWEN, R., 1868. — On the anatomy of vertebrates 3. — Verlag Longmans, Green u. Co., London.
- PARSONS, F. G. — The joints of mammals compared with those of man. — Journ. Anat. and Physiol. 34, pg. 301—323.
- POCOCK, R. I., 1914. — On the feet and other external features of the Canidae and Ursidae. — Proc. Zool. Soc. 1914, pg. 889.
- SCHLOSSER, M., 1890. — Über die Modifikationen des Extremitätenskeletts bei einigen Säugetierstämmen. — Biol. Zentralbl. 1890, 1, pg. 684 ff.
- SCHMID, F., 1873. — Über die gegenseitige Stellung der Gelenk- und Knochenachsen der vorderen und hinteren Extremität der Wirbeltiere. — Arch. f. Anthr. 6, pg. 181—199.
- STIEDA, L., 1893. — Über die Homologie der Gliedmaßen der Säugetiere und des Menschen. — Biol. Zentralblatt 13, pg. 476—495.
- SÜPPEL, 1912. — Bänder des Schulter-, Ellenbogen- und Carpalgelenkes des Hundes. — Dissertation, Dresden.
- THILO, O., 1899. — Sperrvorrichtungen im Tierreich. — Biol. Zentralblatt 19, pg. 503—516.
- , 1900. — Kinematik im Tierreich. — Aus Reuleaux, F.: Lehrbuch der Kinematik 2, Verlag Vieweg, Braunschweig.
- TORNIER, G., 1886. — Phylognese des Ellenbogengelenkes. — Morph. Jahrb. 12, pg. 407—413.
- , 1886/90. — Phylognese des Terminalsegmentes der Säugetierhintergliedmaßen. — Morph. Jahrb. 14, pg. 223 und 16, pg. 401.
- , 1895. — Das Entstehen der Gelenkformen. — Archiv f. Entwicklungsmechanik 1, pg. 124.
- VIRCHOW, H., 1928. — Anatomie und Mechanik des Hasenfußes. — Zeitschr. f. Säugetierkunde 3, pg. 93—171.
- WEBER, M., 1927. — Die Säugetiere. 1, 2. — Verlag Gustav Fischer, Jena.
- WIEDERSHEIM, R., 1909. — Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. — Verlag Gustav Fischer, Jena.
- WYMAN, J., 1867. — On symmetry and homology in limbs. — Proc. Bost. Soc. Nat. Hist. 11, pg. 246—278.

## G. Tafelerklärung.

### Tafel XV.

Abb. 114. *Canis familiaris* L., Röntgenaufnahme des Terminalsegmentes der Vorderextremität in Ruhestellung von der radialen Seite. Beachte:

keine Dorsalflexion im Carpalsegment, geringe Dorsalflexion zwischen Metacarpus und den ersten Phalangen. phot. AGFA.

#### Tafel XVI.

- Abb. 115. *Canis familiaris* L., Extreme Streckstellung der „Hand“ von der Radialseite gesehen. Beachte: keine Dorsalflexion in allen drei Gelenksabschnitten.
- Abb. 116. *Canis familiaris* L., Die gebeugte „Hand“ von der Radialseite gesehen. Beachte: Klaffen der Art. antebrachioarpea und Klaffen des Os Carpale II. — Die drei getrennten Schatten im Carpus erklären sich durch das Klaffen des Os C II; dadurch werden die Schatten des Os C III und besonders des Os C IV + V, das die geringste Volarflexion aufweist, sichtbar. Vergleiche dazu die Abb. 115, wo in Streckstellung tatsächlich nur zwei Carpusreihenschatten sichtbar sind.
- Abb. 117. *Meles meles* L., Extreme Streckstellung im Carpalsegment des Dachses. Keine Dorsalflexion im Carpus!

#### Tafel XVII.

- Abb. 118. *Meles meles* L., Negative Röntgenaufnahme der Vorderextremität in dorsaler Aufsicht. Beachte besonders den großen Zwischenraum in der Art. antebrachioarpea, der mit Bindegewebe ausgefüllt ist und daher im Bilde dunkel erscheint, ferner, daß sich Metacarpale V und Os Ulnare in dieser Streckstellung nicht berühren.
- Abb. 119. *Meles meles* L., Gesamtform der Vordergliedmaße. Beachte besonders den etwas offenen Winkel, der von der „Hand“ und dem Unterarm gebildet wird.
- Abb. 120. *Meles meles* L., Vorderextremität von der radialen Seite. Beachte; das keilförmige Hineinragen des Os Rad. et intermedium in den Radius. Keine Dorsalflexion im Carpalsegment; diese tritt erst in den Metacarpophalangealgelenken ein (metacarpo-digitigrad! phot. AGFA.

#### Tafel XVIII.

- Abb. 121. *Meles meles* L., Die gebeugte „Hand“ von der Radialseite gesehen. Klaffen der Art. antebrachioarpea.
- Abb. 122. *Meles meles* L., Die gebeugte „Hand“ von der Ulnarseite gesehen.

#### Tafel XIX.

- Abb. 123. *Lutra lutra* L., Radiale Seitenansicht einer jungen Fischotterextremität. Beachte: Dorsalflexion im Carpalsegment in der Art. carpometarpeae. phot. AGFA.
- Abb. 124. *Ursus arctos* L., Vorderextremität in Ruhestellung eines jungen Tieres. Dorsalflexion erst in den Metacarpophalangealgelenken, metacarpo-digitigrad. phot. AGFA.
- Abb. 125. *Potos flavus* SCHREB., Hand von der radialen Seite in dorsalflektierter Haltung. Dorsalflexion in der Art. antebrachioarpea (plantigrad).
- Abb. 126. *Potos flavus* SCHREB., Gebeugte „Hand“.





Zu R. LIPS, Carpalsegment arctoider Carnivoren.

Abb. 114.  
phot. Agfa.





Abb. 115.



Abb. 116.

Abb. 117.



Zu R. LIPS, Carpalsegment arctoider Carnivoren.





Abb. 118.



Abb. 119.

Abb. 120.  
phot. Agfa.







Abb. 121.



Abb. 122.

Zu R. LIPS, Carpalsegment arcuoider Carnivoren.







Abb. 123.

phot. Agfa.



Abb.  
124.

phot.  
Agfa.



Abb. 125.



Abb. 126.