

Beiträge  
zur Natur- und Kulturgeschichte Lithauens  
und angrenzender Gebiete.

Herausgegeben von Prof. Dr. E. Stechow.

---

Über Wachstums-  
und Altersveränderungen am Skelett  
des Wisents.

Von Dr. Walter Koch-München.

Mit 23 Tabellen, 24 Abbildungen auf Tafel I—III und 44 Figuren im Text.

---

Abhandlungen der math.-naturw. Abteilung der Bayer. Akademie der Wissenschaften.  
Suppl.-Band. 15. Abhandlung (Schlußheft).

---

München 1932.

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften  
in Kommission der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung München.



Beiträge  
zur Natur- und Kulturgeschichte Litthauens  
und angrenzender Gebiete.

Herausgegeben von Prof. Dr. E. Stechow.

Über Wachstums-  
und Altersveränderungen am Skelett  
des Waisenta.

Von Dr. Walter Koch-München.

Mit 22 Tabellen, 24 Abbildungen auf Tafel I-III und 44 Figuren im Text.

Abhandlungen der math. naturw. Abteilung der Bayer. Akademie der Wissenschaften.  
Suppl. Band 12. Abhandlung (erschienen).

München 1913.

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.  
In Kommission des C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung, München.

# Über Wachstums- und Altersveränderungen am Skelett des Wisents

von Dr. W. Koch-München.

Mit 23 Tabellen, 24 Abbildungen auf Taf. I—III und 44 Figuren im Text.

## Einleitung.

Bei einer vergleichend-anatomischen Betrachtung des Skelettes der Säugetiere ist zu berücksichtigen, daß nur durch das Zusammenwirken einer großen Zahl von Formelementen mit den daran ansetzenden Kräften die Ausbildung der Knochenform zustande kommt. Die nicht genügende Beachtung dieser Tatsache, insbesondere die einseitige Berücksichtigung der morphologischen oder der physiologischen Komponenten, hat schon bei manchen Untersuchungen zu Trugschlüssen und unbrauchbaren oder unvollständigen Ergebnissen geführt.

Wenn wir versuchen, eine Übersicht über die Faktoren zu gewinnen, die die Form des Knochens bestimmen, so ist davon auszugehen, daß der Knochen eine embryonal angelegte Grundform besitzt, die vorhanden ist, bevor einzelne Faktoren auf ihn einzuwirken beginnen. So sind die Zahl und Anordnung der Skeletteile, die Ausbildung der Gelenke und die Form der Gelenkflächen für alle Säugetiere weitgehend übereinstimmend. Es bestehen aber Unterschiede in der Form der Knochen nach den systematischen Gruppen der Säuger schon zu einer frühen Embryonalperiode, in der eine spezifische Funktion des Körperteiles noch nicht existiert und demnach von einem Einflusse der Muskulatur und anderer Organe auf die Form des Knochens noch nicht die Rede sein kann. Es sind also phylogenetisch frühzeitig erworbene Eigenschaften derart fixiert worden, daß sie zunächst, ohne durch irgendwelche Einflüsse gestört zu werden, angelegt werden.

Die Bedeutung dieser Grundform ist häufig überschätzt worden. Man suchte bei jungen Embryonen — nur bei solchen ist diese Grundform ja einigermaßen rein erhalten — nach systematischen Unterschieden, die gar nicht vorhanden sein konnten, da sie bedingt sind durch Faktoren, die erst viel später wirksam werden. Häufiger noch wurde die Form des Skelettes bei erwachsenen Tieren als ganz oder größtenteils der angelegten Grundform entsprechend angesehen und der formbildende Einfluß der Funktion vernachlässigt. Andererseits darf die Bedeutung dieser Grundform auch nicht unterschätzt werden. Es ist nicht



möglich, die Gestalt des Knochens etwa restlos aus der Funktion zu erklären. Kein Skelett, wenigstens bei Säugetieren, ist frei von phylogenetischen Reminiszenzen, die unter Umständen mit der für die Funktion möglichst zweckmässigen Gestalt des Knochens gar nicht harmonisieren.

An dieser ursprünglich angelegten Primitivform des Knochens greifen alsbald die in der Funktion des Knochens begründet liegenden Faktoren formbildend an. Die Funktion des Knochens stellt an ihn die Anforderung, einer Reihe von ansetzenden Kräften, die lediglich in Form von Druck oder Zug wirken, gewachsen zu sein. In erster Linie sind das die statischen und mechanischen Aufgaben des einzelnen Knochens im Rahmen des Bewegungsapparates, also Verbindung und gegenseitige Stützung der Gelenke, Stützung anderer Organe und ihr Schutz gegen Ausseneinflüsse, Gewährung von Ansatzflächen für Muskeln und Bänder und von Gelenkflächen für eine der Aufgabe der Gelenke entsprechende Beweglichkeit. Dazu treten noch die Einflüsse, die die benachbarten Organe, insbesondere die Muskulatur, aber auch das Gefäßsystem und die Eingeweide, durch ihre Form und Funktion auf das Skelett ausüben. Das Produkt der Wirkung dieser Kräfte, die ansetzen an einer durch die Phylogenie begründet angelegten Grundform, bildet die fertige Gestalt des Knochens.

Die Veränderungen, die durch die Entwicklung der Skelettanlage unter dem Einflusse der Funktion des Skelettes und der Form und Funktion der anliegenden Organe vor sich gehen, werden als Wachstum bezeichnet. Die Wachstumserscheinungen lassen sich durch einen genau festgelegten Termin, die Geburt, in zwei grundlegend zu unterscheidende Hauptperioden trennen.

Die erste, embryonale Periode ist uns durch zahlreiche Untersuchungen für eine Reihe von Tieren gut bekannt. Sie ist wesentlich dadurch charakterisiert, daß eine Reihe von Faktoren, die die Form des Skelettes beeinflussen, noch nicht vorhanden sind. Die Bewegungsorgane sind ja noch im wesentlichen funktionslos; äußeren Einflüssen aber ist der Fötus nicht zugänglich und auch ein störender Einfluß des mütterlichen Organismus oder gleichzeitig im Uterus befindlicher anderer Föten auf das Skelett findet, von pathologischen Fällen abgesehen, nach unserer bisherigen Kenntnis nicht statt.

Mit dem Eintritte des Tieres in das postembryonale Leben ändern sich diese Verhältnisse entscheidend. Die Bewegungsorgane beginnen jetzt ihre Funktion aufzunehmen, wenn dies auch teilweise bei verschiedenen Tieren zu einem verschieden frühen Termin eintritt. Diesen erst allmählich entstehenden Funktionen sich anpassend tritt eine allmähliche Umformung des Skelettes ein.

Einen recht erheblichen Einfluß auf die Skelettform haben die Geschlechtscharaktere. Von größter Bedeutung sind hier die Unterschiede am Becken, das beim weiblichen Tier als Geburtsweg besonderen Anforderungen genügen muß. Bei vielen Tieren kommt aber außerdem in Betracht, daß unter den männlichen sekundären Geschlechtscharakteren Waffen, namentlich als besonders ausgebildete Zähne oder Hörner vorkommen, die häufig sehr weitgehende Veränderungen am Skelett bedingen. Ferner sind eine Reihe von weiteren sekundären Geschlechtsmerkmalen von Bedeutung für die Form des Skelettes, über deren Bedeutung wir wenig oder nichts wissen. So ist bei den hier untersuchten Wisenten wie bei manchen anderen Tieren nichts über die Bedeutung des starken Grössenunterschiedes der Geschlechter bekannt.



Recht erheblich ist oft der Einfluß der geographischen Lage und insbesondere der Bodenbeschaffenheit. Durch Fixierung der Resultate dieser Einflüsse kommt es häufig zur Rassenbildung. Vielfach jedoch ist der Einfluß nicht von durchgreifender und nachhaltiger Wirkung oder er wirkt sich unregelmäßig aus. In diesen Fällen ist er lediglich als ein häufig recht unangenehm störender Faktor zu werten.

Von verhältnismäßig großer Bedeutung ist die individuelle Variabilität des Knochens. Diese Bezeichnung drückt ja wohl nichts anderes aus als das Produkt einer Summe von Faktoren, die wir teilweise gar nicht kennen oder die wir, wenn wir sie kennen, in ihrem Einfluß auf das Skelett nicht zu messen oder zu beurteilen imstande sind. Es ist hier in erster Linie zu denken an den Einfluß der Ernährung oder der Hormone, der uns bisher meist nur von extremen Fällen bekannt geworden ist, in denen er bereits pathologische Veränderungen hervorgerufen hat. Es können aber auch klimatische und andere Außeneinflüsse hier in Betracht kommen. Da sich bezüglich der Variabilität eines einzelnen Merkmals sehr nah verwandte Formen sehr verschieden verhalten können, ist hier vorsichtige Beurteilung anzuraten. Der Faktor der individuellen Variabilität wird bei der vergleichend-osteologischen Arbeit stets als ein mehr oder weniger störender vorhanden sein. Daß er in diesem Sinne von sehr großer Bedeutung werden kann, wird auch aus verschiedenen Abschnitten dieser Arbeit ersichtlich sein.

Ein gewissenhaftes vergleichend-anatomisches Arbeiten am Skelett verlangt, diese wichtigsten geschilderten Faktoren in Erwägung zu ziehen und ihren Einfluß festzustellen, bevor ein systematisch brauchbares Ergebnis gezogen wird.

So häufig aber osteologische Einzelheiten am Säugetierskelett für vergleichend-anatomische, systematische und entwicklungsgeschichtliche Arbeiten herangezogen worden sind, so selten sind eingehende Untersuchungen mit Berücksichtigung der erwähnten Gesichtspunkte durchgeführt worden. Über die embryonale Entwicklung des Skelettes zwar sind wir hinreichend gut unterrichtet. Die im postembryonalen Leben vor sich gehenden Veränderungen dagegen sind selten untersucht. Zahlreichere Untersuchungen über diese Verhältnisse liegen bisher nur vor über das menschliche Skelett und über das einiger dem Menschen näher stehender Primaten. Die Spezialisierung besonders des Schädels und der Extremitäten entfernt jedoch gerade die höheren Primaten und den Menschen weit von dem in der Regel bei Säugern vorhandenen Körperbau und stellt eine in vielen Beziehungen völlig abweichende Statik und Mechanik des Skelettes her. Aus den meisten anderen Säugetiergruppen sind aber bisher nur sehr wenige Untersuchungen durchgeführt worden, die sich zudem vorwiegend auf die Verhältnisse am Schädel beschränken.

Als Ausgangsmaterial für meine Untersuchungen habe ich Huftiere und von diesen Boviden gewählt. Ich halte diese Ordnung hierfür aus verschiedenen Gründen für besonders geeignet. Sie stellt eine bezüglich der Ernährungs- und Locomotionsorgane hochspezialisierte Gruppe dar; dadurch sind viele Eigentümlichkeiten am Skelett festgelegt, die bei primitiveren, indifferenten Ordnungen sehr unbedeutend und ungleichförmig ausgebildet und daher schwer festzustellen sind. Innerhalb des Rahmens dieser hochspezialisierten Eigentümlichkeiten sind die zahlreichen Mitglieder der Gruppe sehr gleichförmig gebaut, was ein vergleichend-anatomisches Arbeiten sehr erleichtert. Ein weiterer wichtiger Grund ist der, daß von den Skeletten dieser auffälligen Tiere zahlreiche Exemplare in Museen vorhanden sind. Nicht zuletzt spricht für mich der Gedanke mit, daß die Boviden die meisten und



wichtigsten Haustiere der menschlichen Kultur gestellt haben und dadurch stets von erhöhtem allgemeineren Interesse sind.

Bei der genaueren Untersuchung des Skelettes scheint es mir am zweckmäßigsten, auszugehen von den durch das Alter bedingten Veränderungen am Skelett; dabei lassen sich am besten zwangslos die Geschlechtsunterschiede, die individuelle Variabilität und andere Eigentümlichkeiten mitberücksichtigen.

Neben den besprochenen formbildenden Faktoren scheinen mir die Art- und Rassenunterschiede bei der so gleichförmig gebauten Gruppe von weit geringerem Einfluß auf die Form des Skelettes zu sein als die absoluten Größenunterschiede. Sollen die Ergebnisse dieser Untersuchungen allgemeinere Bedeutung für Vergleiche mit anderen Tiergruppen haben, so halte ich es daher für erforderlich, Reihenuntersuchungen wenigstens bei einer großen und einer kleinen Form der behandelten Gruppe durchzuführen. In der vorliegenden Arbeit wurde zunächst als Vertreter der großen Boviden ein Rind bearbeitet. In einer späteren Arbeit werde ich dann in ähnlicher Weise eine kleine Bovidenart behandeln und durch Vereinigung der Teilergebnisse die Ergebnisse der Arbeit korrigieren können.

Die Gattung *Bos* L., die nach Rüttimeyer bezüglich der Ausbildung des Schädels die höchste Stufe unter den *Cavicornia* einnimmt, stellt eine in sich sehr geschlossene systematische Gruppe dar. Abgesehen von der Ausbildung der Hörner ist die Gestalt aller Angehörigen der Gattung recht ähnlich. Die Grössenunterschiede sind nicht unbedeutend; die Schulterhöhe der Tiere schwankt zwischen etwa 90 und 180 cm. Dies hat indes nicht allzuviel zu sagen, da diese nämlichen Grössenunterschiede zwischen Angehörigen einer Spezies des Genus vorkommen können. Trotzdem können die Rinder als Vertreter der größten Boviden angesehen werden, da sich ja die Grössenschwankungen in dieser Gruppe in viel größeren Grenzen bewegen. Die Gleichmäßigkeit der Form gestattet es, die Rinder einheitlich zu behandeln und viele Beobachtungen, die an einer Art des Genus gemacht wurden, ohne Weiteres auf die übrigen zu übertragen. Eine Reihe von Umständen lassen die Rinder zu einer eingehenderen Bearbeitung besonders geeignet erscheinen.

Wie es gelungen ist, durch vergleichend-embryologische Untersuchungen Parallelismen zwischen ontogenetischer und phylogenetischer Entwicklung zu finden, die die Entwicklungslehre sehr gefördert haben, so erscheint es wertvoll, durch eingehende genaue Untersuchung des postembryonalen Wachstums Beiträge zur Entwicklung der engeren systematischen Gruppe zu beschaffen. Dazu scheinen die Rinder ein geeignetes Objekt zu sein, da unser bisheriges Wissen über ihre Entstehung für einen verhältnismäßig einfachen Entwicklungsgang spricht.

Ferner sind die Rinder besonders geeignet zum Studium der Artbildung. Ein besonders günstiger Umstand hierfür ist ihre weite geographische Verbreitung, die sich über die ganze holarktische Region, die aethiopische und indomalaiische Region erstreckt; wir finden in der kleinen Gruppe Hochgebirgs- und Steppenbewohner, Wald- und Sumpfformen. Durch zahlreiche gründliche Untersuchungen ist uns die Systematik der Rinder gut bekannt. Unter den Großsäugetieren sind die Rinder wohl die einzige heute in Blüte stehende Gattung. Wir finden daher die Erscheinung vor, daß die meisten Arten nicht scharf zu begrenzen sind. Bei sehr verschiedener Ausbildung extremer Formen finden sich zwischen diesen fast alle Übergangsformen. Offenbar ist die Entwicklung der Gattung, die in junger geologischer Zeit entstanden ist, noch nicht abgeschlossen und vollzieht sich teilweise vor unseren Augen.

Die fossil häufig gefundenen Rinder sind für die Geologie und Palaeontologie der



jüngeren Schichten vom Pliocaen ab bedeutungsvoll. Da die einzelnen Arten einander sehr ähnlich sind, ist eine genaue Kenntnis ihrer Osteologie und besonders der Altersveränderungen des Skelettes von Wert.

Schließlich ist nicht zu übersehen, daß die Rinder von allergrößter Bedeutung für die menschliche Kultur geworden sind, dadurch, daß sie die meisten Haustiere und das wichtigste und wertvollste Haustier stellen. Aus diesem Grunde werden die Boviden unter allen Säugetieren stets eine hervorragende Beachtung erfordern. Für die Entwicklung der wissenschaftlichen Tierzucht ist die möglichst genaue Kenntnis des Tierkörpers selbstverständlich eine der wichtigsten Voraussetzungen.

Wie schon erwähnt, sind bisher nur wenige eingehendere Untersuchungen über das Skelettwachstum bei Boviden durchgeführt worden. Grundlegend ist hier die Arbeit von Stehlin<sup>1)</sup>, die auf eine Anregung Rüttimeyer's zurückging, der die grosse Bedeutung der Altersveränderungen am Skelett zuerst erkannt hatte. Stehlin hat vergleichend-entwicklungsgeschichtlich die Entwicklung des Schädels bei den Boviden klargelegt und die Ansichten Rüttimeyers über die phylogenetische Entwicklung der Boviden bestätigt. Es ist ihm gelungen, die wesentlichsten Formveränderungen des Schädels in präziser Weise zu fassen. Die postembryonale Entwicklung der besonderen Eigentümlichkeiten des Wisenschädels hat Hilzheimer<sup>2)</sup> dann etwas eingehender behandelt.

Die Entwicklung des gesamten Rinderkörpers, besonders unter Berücksichtigung der Forderungen der praktischen Tierzucht, hat zuerst Glättli<sup>3)</sup> untersucht. Das Skelett hat er dabei jedoch nur soweit berücksichtigt, als es als Grundlage der äußeren Körperform wesentlich erschien und auch am lebenden unverletzten Tierkörper feststellbar und meßbar war. Wenn schon dadurch die Methode der Untersuchungen ungenau sein mußte, haben diese Untersuchungen doch wesentliche, für die praktische Tierzüchtung sehr wichtige Ergebnisse gezeitigt. Diese lassen sich kurz dahin zusammenfassen: Die Wachstumsgeschwindigkeit ist in der ersten Lebenszeit am größten und wird mit dem Alter immer geringer. Nach den ersten Jahren ist das Wachstum, das bis zum fünften Jahre anhält, verhältnismäßig unbedeutend. Wachstumskurven, die von späteren Untersuchern hergestellt wurden, weisen eine hyperboloide Form auf. In der ersten Lebenszeit ist das Wachstum der Höhe bzw. der Länge der Extremitäten sehr bedeutend; es wird jedoch bald abgeschlossen und hierauf setzt das stärkste Längenwachstum des Körpers ein. Zuletzt entwickelt sich die Tiefe und Breite des Rumpfes. Die von Glättli an Schweizer Hausrindern vorgenommenen Untersuchungen sind später in mehreren Arbeiten aus verschiedenen Tierzuchtinstituten, die andere Hausrinderrassen behandelten, nachgeprüft, ausgebaut und in ihren wesentlichen Ergebnissen bestätigt worden. Unter diesen Arbeiten seien besonders die von Wagner<sup>4)</sup> und Hansen<sup>5)</sup> hervorgehoben, die sich durch große Gründlichkeit auszeichnen.

<sup>1)</sup> Stehlin, Zur Kenntnis der postembryonalen Schädelmetamorphosen bei Wiederkäuern. Diss. Basel 1893.

<sup>2)</sup> Hilzheimer, M., Dritter Beitrag zur Kenntnis der Bisonen. Archiv f. Naturgeschichte 1918.

<sup>3)</sup> Glättli, Untersuchungen am Körperbau des Hausrindes und über die Gestaltung der durch das Skelett bedingten Formen während der Jugendentwicklung. Landw. Jahrb. Schweiz. 1894.

<sup>4)</sup> Wagner, Die Entwicklung des Rinderkörpers von der Geburt bis zum Abschluß des Wachstums, Arb. D. Ges. f. Züchtungskunde. H. 8. Schaper, Hannover 1910.

<sup>5)</sup> Hansen, P., Die Entwicklung des ostpreußischen schwarzweißen Tieflandrindes von der Geburt bis zum Abschluß des Wachstums. Arb. D. Ges. f. Züchtungskunde. H. 26. Schaper, Hannover 1925.



Untersuchungen am Skelett hat erstmals Ussow<sup>1)</sup> vorgenommen. Die äusserst wertvolle grundlegende Arbeit behandelt vergleichend die wesentlichsten Wachstumsveränderungen am Skelett der wichtigsten Haussäugetiere. Bei einem so weit gesteckten Ziele konnten nur die grundlegenden und auffälligsten Erscheinungen berücksichtigt werden; ein Eingehen auf Einzelheiten war auch in Anbetracht des verhältnismässig geringen Materiales nicht möglich. Manche Einzelheiten über sonst beobachtete Altersveränderungen hat Duerst<sup>2)</sup> gesammelt. Eingehendere Untersuchungen über Altersveränderungen am Skelett eines Huftieres sind sonst bisher nicht durchgeführt worden.

Als Material für diese Untersuchungen lag es nahe, besonders im Interesse der praktisch wichtigeren tierzüchterischen Fragen Skelette vom Hausrind zu verwenden. Es ist aber bei dem derzeitigen Stand der Tierhaltung in Mitteleuropa nicht möglich, ein geeignetes Material zu bekommen. Neben den durch die geographischen Verhältnisse bedingten Unterschieden zwischen den Rassengruppen und der in der Domestikation oft vergrößerten Variabilität, die für diese Untersuchungen noch hätten ausgeschaltet werden können, sind es die durch die Züchtung hervorgerufenen Unterschiede, die das Vorhandensein einer einigermaßen einheitlichen Population auch in einem kleineren Gebiete zu einer Seltenheit machen. Bei denselben Rinderschlägen wird das Zuchtziel häufig schon nach wenigen Jahren geändert und berücksichtigt entweder mehr die Milch- oder die Fleisch- oder die Arbeitsleistung, was von erheblichem Einfluß auf die Körpergestalt ist. Unterschiede ergeben sich ferner nach der GröÙe des landwirtschaftlichen Betriebes und nach der Fütterung. In großen, mittleren und kleinen Betrieben sind verschiedene Formen von Rindern erwünscht und aus wirtschaftlichen Gründen zweckmässig und bei dem großen Einfluß der Ernährung auf die Körperform ist zu berücksichtigen, daß auch unter ähnlichen wirtschaftlichen Verhältnissen in verschiedenen Betrieben verschiedenes Futter erzeugt und den Tieren vorgelegt wird. Schließlich werden in vielen Zuchtgebieten gewisse Körperformen, die mit den natürlichen Verhältnissen und den wirtschaftlichen Anforderungen in gar keinem Zusammenhang stehen, aus sportlichen Gründen angestrebt. Diese vielfachen Beeinflussungen der Körperform in der Domestikation lassen es sehr schwierig erscheinen, ein Material zu gewinnen, das auch für vergleichende Untersuchungen geeignet erschiene. Der hier mögliche ideale Weg, das Material durch Abschachtung eines der wenigen geschlossenen Bestände zu gewinnen, scheitert erklärlicherweise an den Kosten.

Bei der großen Schwierigkeit, Skelettmateriale von Wildrindern einer Art in größerer Anzahl zu bekommen, ist es als besonders glücklicher Umstand anzusehen, daß sich in dem reichen in mehreren deutschen Museen aufbewahrten Material von dem litauischen Wisent eine schöne und außerordentlich geeignete Grundlage für meine Arbeit bot. Insbesondere bezüglich der Gleichmässigkeit mußte dieses Material allen Anforderungen genügen. Stammen doch sämtliche Skelette aus einem Gebiete von wenigen Quadratmeilen GröÙe im Urwald von Bialowies. Der Stamm ist schon seit Jahrhunderten von jedem anderen Verbreitungsgebiet des Wisents abgeschlossen und muß daher auch genetisch und züchterisch als ausser-

<sup>1)</sup> Ussow, Alters- und Wachstumsveränderungen am Knochengerüst der Haussäuger. Archiv f. Tierheilkunde 27 und 28. 1901/2.

<sup>2)</sup> Duerst, J. U., Vergleichende Untersuchungsmethoden am Skelett bei Säugern. Abderhalden, Handb. d. biol. Arbeitsmeth. VII, 2. 1926.



ordentlich einheitlich angesehen werden. Als besonderer Vorteil kann es angesehen werden, daß der Wisent den Hausrindern sehr nahesteht und daher viele Eigentümlichkeiten gemeinsame Geltung haben.

### Material.

Die Grundlage meiner Untersuchungen bildete das schöne Wisentmaterial des Münchener Museums, das mir im Herbst 1924 von den Herren Geheimrat Döderlein und Professor Leisewitz zur Bearbeitung überlassen wurde. Die Sammlung, die lange Jahre unbearbeitet im Museum gelegen hatte, war durch unvorsichtige Behandlung in einen für wissenschaftliche Untersuchungen vorerst noch ungeeigneten Zustand gekommen, so daß mehr als die Arbeit eines Jahres erforderlich war, um die Skelette, die erst mazeriert, gereinigt, geordnet, bestimmt und katalogisiert werden mußten, für eingehendere Arbeiten brauchbar zu machen. Die Ordnung des Materiales war dadurch besonders erschwert, daß mehrfach Skelette mehrerer Individuen, die vom selben Fundort stammten, ohne Kennzeichnung zusammen verpackt waren; vielfach waren auch Skeletteile von anderen Tieren mit den Wisentresten vermengt.

Nach Ordnung der Sammlung wurden für diese Arbeit die festgestellten vollständigen oder annähernd vollständigen Skelette verwendet; einzelne weitere Schädel- und Skelettreste wurden nur zur Sicherung der Altersbestimmung herangezogen. Die erwähnten Skelette werden im Katalog des Museums geführt unter Nr. 938—962, 95, 172 und 1023. Leider sind von diesen Skeletten nur die wenigsten tadellos erhalten und vollständig (960, 95, 172 und 1023). Alle übrigen Skelette sind mehr oder weniger beschädigt oder unvollständig. Bedauerlicherweise fehlt zahlreichen Skeletten der Schädel.

Von diesen Skeletten sind die Kat. Nr. 938—948 und 95, also 12 Individuen, Stiere verschiedener Altersstufen; die Kat. Nr. 949—954, 1023 und 172, 8 Individuen Kühe; und 8 Skelette, die Kat. Nr. 955—962, stammen von jugendlichen Individuen des ersten Lebensjahres, die noch nicht nach dem Geschlecht getrennt behandelt wurden. In dem Münchener Wisentmaterial sind Tiere verschiedener Altersstufen und beider Geschlechter ziemlich gleichmäßig vertreten. Das Material war demnach zur Beobachtung der Alters- und Wachstumsveränderungen sehr geeignet. Zur Klärung bestimmter Fragen, insbesondere auch zur Feststellung der Größe der individuellen Variabilität, war es aber notwendig, eine noch erheblich größere Anzahl von Skeletten zur Untersuchung heranzuziehen.

Obwohl nun in allen Museen die Skelette des fast ausgestorbenen Wisents mit besonderer Sorgfalt aufbewahrt werden und daher von diesem Tiere mehr Skelette in deutschen Museen vorhanden sind als von irgend einem anderen großen Huftier, gestaltete sich die Untersuchung insofern schwierig, als diese Skelette in sehr vielen Museen zerstreut liegen. Abgesehen von den Schwierigkeiten der Reisen ist es auch selbst für den mit dem Stoffe völlig Vertrauten sehr schwer, ein einzelnes Skelett in all seinen Einzelheiten zu beurteilen; das Fehlen jedes Vergleiches führt hier leicht zu Trugschlüssen. Ich habe daher hier nur Material aus den Museen berücksichtigt, die mehrere Skelette besitzen. Im Interesse der Genauigkeit der Untersuchung mußte die Zahl der untersuchten Individuen also eingeschränkt werden.



Nach der Bearbeitung des Münchener Materiales habe ich weitere 25 Skelette aus den Museen in Wien, Berlin und Frankfurt untersucht. In Wien konnte ich zwei vollständige Skelette von männlichen Tieren bearbeiten, geführt unter Kat. No. 1558 und 2765, die beide aus der Menagerie Schönbrunn übernommen waren, deren Abstammung von Tieren aus Bialowies aber sichergestellt war.

Im Berliner Museum standen mir 20 Wisentskelette zur Verfügung. Drei von ihnen, die Kat. No. 4427, 15648 ♀ und 16248 ♂ gehören jugendlichen Tieren aus dem ersten Lebensjahre an; 9 Skelette, die Kat. No. 4462, 22074, 33836, 33837, 33838, 33839, 33853, 33859, 33865, stammen von Kühen; 8 weitere, die No. 20465, 22072, 22078, 33833, 33834, 33852, 33855, 33863, von Stieren. Von dem schönen Material des Frankfurter Museums habe ich drei Skelette jüngerer Tiere untersucht, die unter den Kat. No. 4406, 4407 und 4340 ♀ eingetragen und in besonders sorgfältiger Weise präpariert sind.

Von diesen insgesamt 53 Skeletten sind 22 männlich, die No. 948—20465 (vgl. die in den Maßtabellen eingehaltene Ordnung), 18 weiblich, die No. 33859—949, und 13, die No. 16248—4407, jünger als ein Jahr. Das Geschlecht war bei diesen Kälbern größtenteils nicht feststellbar. Bekannt war lediglich, daß 16248 und 960 ♂♂, 15648 ♀ sind; auf Grund verschiedener übereinstimmender Eigentümlichkeiten am Skelett spreche ich das Skelett 956 für ein ♂, das Skelett 957 für ein ♀ an.

Die Geschlechtsbestimmung war in vielen Fällen, bei Vorhandensein des Schädels oder sicherer Aufzeichnungen des Sammlers, eindeutig. Eine Reihe von Skeletten, meist von jüngeren Tieren, war aber teils falsch, teils unsicher, teils gar nicht nach dem Geschlechte bestimmt. Soweit der Schädel vorhanden war, war die Bestimmung des Geschlechtes, abgesehen von ganz jungen Tieren, sehr rasch möglich. Bei unvollständigen Skeletten mußten dagegen alle am Becken und an den Extremitäten beobachteten Eigentümlichkeiten und Proportionen herangezogen werden, um eine sichere Bestimmung zu ermöglichen. Trotzdem gelang es mir bei einer Anzahl jugendlicher Skelette nicht, zu einer vollständig sicheren Geschlechtsbestimmung zu kommen. Da ich der Ansicht bin, daß die Angabe „wahrscheinlich“ in diesem Falle von größerem Übel sein könnte als das Fehlen der Geschlechtsangabe, habe ich die Frage nach dem Geschlecht dieser Kälber offen gelassen. Es handelt sich um die Skelette 962, 961, 959, 958, 955, 4406, 4407, 4427.

Von den 53 bearbeiteten Wisenten stammten 40 unmittelbar aus Bialowies, die übrigen aus Tiergärten. Diese waren entweder als Kälber aus Bialowies eingeführt oder stammten von dorthier eingeführten Tieren ab. Die Skelette 16248 ♂ juv., 15648 ♀ juv., 4427 juv., 4462 ♀, 33834 ♂, 20465 ♂ des Berliner Museums entstammten dem Berliner Zoologischen Garten, ebenso No. 1023 der Münchener Sammlung. Die beiden Bullen 1558 und 2765 des Wiener Naturhistorischen Museums wurden von der Menagerie Schönbrunn übernommen; der Stier 95 der Münchener Sammlung kam aus einem russischen Tiergarten, höchstwahrscheinlich dem Petersburger. Drei weitere Tiere des Berliner Museums, 33865 ♀, 33839 ♀, 33863 ♂, aus dem Besitze des Grafen Arnim in Boitzenburg (Uckermark) stammend, lebten dort in einem Wildpark unter Verhältnissen, die denen in Bialowies in vieler Beziehung entsprechen.

Ein Unterschied zwischen den in Bialowies und den in Zoologischen Gärten gehaltenen Tieren war nicht festzustellen. Von einer Anzahl früherer Autoren ist die Ansicht vertreten worden, daß bedeutende Unterschiede am Skelett zwischen wilden und



domestizierten Tieren bestehen. Es war also die Frage zu erwägen, ob Skelettunterschiede zwischen den Tieren aus Bialowies und aus zoologischen Gärten bestünden und dadurch die Ergebnisse der Arbeit in ihrer Eindeutigkeit beeinträchtigt werden könnten. Ferner war die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, ob die Skelette der litauischen Wisente, die von vielen als halbdomestizierte Tiere angesehen werden, nicht infolge von Domestikationseinflüssen Veränderungen aufwiesen, die einen sicheren Vergleich mit wildlebenden anderen Tieren nicht mehr ermöglichten.

Ich habe nun früher<sup>1)</sup> an einem zuverlässigen Material von Yak und Hausrind nachgewiesen, daß die bisher als Domestikationserscheinungen angesehenen Merkmale am Skelett bei Rindern durchaus nicht Unterschiede zwischen wildlebenden und gezähmten Tieren darstellen, sondern überwiegend auf Alters- und Geschlechtsunterschiede zurückzuführen sind, die von den früheren Autoren bei Benützung unzureichenden Materiales in ihrer wahren Bedeutung nicht erkannt worden waren. Zweifellos weicht die Konstitution hochdomestizierter Tiere von der wildlebender ab. Einen Einfluß auf das Skelett übt die Domestikation aber nur in den Fällen aus, in denen die Ernährung des domestizierten Tieres wesentlich anders gestaltet wird als beim wildlebenden Tier. Bei Rindern, Tieren, die an eine einseitige Ernährungsweise spezifisch angepaßt sind, ist eine derartige Änderung der Fütterung nur sehr schwer durchzuführen.

Dieser Fall trifft aber beim Wisent sicher nicht zu. Wenn Bialowies auch gerade als kein hervorragend günstiger Ort für ein Wisent-Schutzgebiet zu bezeichnen ist, so besitzt es doch alle für das Leben und die Entwicklung des Tieres notwendigen natürlichen Bedingungen. Diese wurden wesentlich erst beeinträchtigt durch die in den letzten Jahrzehnten durchgeführte Überbesetzung des Gebietes mit Wild, die einerseits zu Nahrungsmangel führte, andererseits die Ausbreitung von Seuchen begünstigte. Wenn diese Seuchen, von denen besonders die haemorrhagische Septikämie, die Maul- und Klauenseuche und die Distomatose verheerend auftraten, auch den Bestand des Wisents stark dezimierten, so besteht doch kein Anlaß anzunehmen, daß sie die Konstitution der überlebenden Tiere nachdrücklich beeinflusst hätten; es würde dies im Widerspruch stehen mit den Beobachtungen, die diesbezüglich bisher bei Wildseuchen gemacht wurden.

Dem Nahrungsmangel der Bialowieser Tiere wurde durch reichliche Winterfütterung begegnet. Es ist nicht einzusehen, inwiefern infolge dieser Fütterung mit Heu die Ernährung der Tiere gegenüber der natürlichen erheblich verändert wurde. Daher besteht nicht der geringste Grund anzunehmen, daß bei dieser geringfügigen Änderung der Fütterung sich konstitutionelle Abweichungen unter Beeinflussung des Skelettes ergeben sollten. Auch wenn gelegentlich eine trüchtige Kuh abgesondert und gefüttert wurde oder ein verwaistes Kalb künstlich aufgezogen werden mußte, konnte dies von keinem wesentlichen Einfluß auf die Skelettbildung sein. Domestikationserscheinungen sind am Skelett der Wisente in Bialowies nicht festzustellen.

Nun wird vielfach behauptet, der Bialowieser Wisent habe Degenerationserscheinungen aufgewiesen. Zweifellos sind in Bialowies auch schwächliche und kranke Tiere gehegt worden, die in völliger Freiheit nicht hätten fortkommen können; dieses Vorgehen der russischen Forstverwaltung erscheint bei der Kostbarkeit der Wisente sehr begreiflich. Immerhin bil-

<sup>1)</sup> W. Koch, Über angebliche Anzeichen von Domestikation am Skelett von Rindern. Zeitschr. f. Morph. u. Ökologie. VII. 1927.

Abh. d. math.-naturw. Abt. Suppl.-Bd. 15. Abh.



deten diese Tiere offenbar eine Ausnahmeerscheinung; unter den untersuchten 53 Skeletten befanden sich keine von derartigen Kümmerern.

Viele halten auch die große Verschiedenheit in der Form der Tiere für eine Degenerationerscheinung. Dies ist meiner Ansicht nach durchaus unzutreffend. Die starke individuelle Variabilität ist eine Rasseeigentümlichkeit des litauischen Wisents, eine Eigenschaft, die er mit zahlreichen verwandten Formen z. B. dem amerikanischen Bison, dem Ur und dem Yak teilt.

Unter den aus Tiergärten stammenden Wisenten fand ich ein ♂ Skelett, Nr. 1311 des Wiener Museums, das ganz abweichende Formverhältnisse zeigte; die Knochen waren eigenartig verkrümmt und verkürzt, das epiphysäre Wachstum offenbar vorzeitig abgeschlossen. Das Tier hat offenbar in jugendlichem Alter eine erhebliche Stoffwechselerkrankung durchgemacht, die auch die Knochenentwicklung gestört hatte. Das Skelett konnte natürlich für diese Untersuchungen nicht verwendet werden. Ähnliche Erscheinungen habe ich bei anderen Skeletten nie auch nur andeutungsweise angetroffen<sup>1)</sup>.

Die Bestimmung des Alters der Skelette, die von grundlegender Bedeutung für diese Arbeit war, gestaltete sich äußerst schwierig. Nur von einigen Tieren, die aus Tiergärten stammten (Nr. 16248, 15648 und 4462), war das Alter bekannt. Angaben über Altersbestimmung beim Wisent gibt es bisher nicht. Ungefähre Anhaltspunkte konnten durch einen Vergleich mit Hausrindern gewonnen werden. Bezüglich der am lebenden Tiere feststellbaren Wachstums- und Alterserscheinungen, wie Dauer des Wachstums, Eintritt der Geschlechtsreife, Lebensdauer, stimmt der Wisent überein mit den spätreifen, primitiven Hausrindern. Es mußte daher angenommen werden, daß auch in den Altersveränderungen am Skelett zwischen diesen beiden Formen keine wesentlichen Unterschiede bestehen. Nun sind eingehende Untersuchungen nach Altersmerkmalen am Skelett, abgesehen vom Schädel, auch bei Hausrindern bisher noch nicht angestellt worden. Es konnten durch einen Vergleich mit Hausrindern deshalb nur einige Hilfsmittel gefunden werden.

Bei Hausrindern werden zur Altersbestimmung in erster Linie die Schneidezähne, bei weiblichen Tieren auch die Hörner herangezogen. Beide Merkmale kamen für meine Untersuchungen nicht in Frage.

Die Schneidezähne der Wiederkäuer sitzen bekanntlich ganz locker in ihren Alveolen und fallen daher leicht aus. Eine Änderung tritt erst in sehr hohem Alter ein, wo die Zahnreste dann fest im Kiefer eingewachsen sind; da aber in diesem Alter die Krone bereits vollständig abgekauet ist und an der langen Wurzel wesentliche Veränderungen nicht zu beobachten sind, ist eine auch nur annähernde Altersbestimmung hier nicht mehr möglich. An meinem Material waren die Schneidezähne fast stets bei der Mazeration ausgefallen und dann häufig verloren gegangen oder nicht mit Sicherheit wieder dem richtigen Skelett zugeteilt worden. Da deshalb nur eine ganz geringe Anzahl von Skeletten alle Schneidezähne vollständig aufwies, mußte ich von einer Verwendung der Incisivi zur Altersbestimmung absehen.

<sup>1)</sup> Trotz zahlreicher Nachforschungen ist es nicht gelungen, mit Sicherheit festzustellen, ob bei Errichtung des Wisentparks in Bialowies Tiere von verschiedenen Wisentrassen dorthin verbracht wurden. Gewisse heute noch feststellbare Unterschiede in den Typen sprechen für diese Möglichkeit. Als feststehend kann angesehen werden, daß die wenigen in den letzten Jahren nach Bialowies eingeführten Tiere aus dem Kaukasus einen nennenswerten Einfluß auf die Zucht nicht gehabt haben.



Bei Hauskühen treten bekanntlich im Zusammenhang mit der Trächtigkeit Störungen im Hornwachstum auf, die zur Bildung von Ringen am Horn führen; aus der Zahl dieser Trächtighkeitsringe lassen sich Schlüsse auf das Alter des Tieres ziehen. Bei den Wisentkühen sind diese Ringe nicht sehr deutlich ausgeprägt. Da nun die meisten Wisentkühe nicht in jedem Jahre tragend sind, sondern häufig 1—2 Jahre gelt bleiben, ist dieses Merkmal von sehr geringem Wert. Abgesehen davon kommt es ziemlich häufig vor, daß die Hörner der weiblichen Tiere abbrechen oder die Hornscheiden sich lockern und abfallen. Diese Erscheinung ist bei den wildlebenden Wisenten wenigstens ebenso häufig zu beobachten als bei Hauskühen, die einen größeren Teil des Jahres auf der Weide gehen.

Über die Verwendung der Backzähne zur Altersbestimmung bei Hausrindern gibt es nur wenige genaue Angaben. Von Bedeutung für die Zeit der Altersbestimmung ist nur die Zeit des Zahnwechsels, der etwa mit drei Jahren abgeschlossen ist. Leider fehlten zu den Skeletten dieser Altersstufen größtenteils die Schädel oder sie waren stark beschädigt; es war daher nicht möglich, die Zeitpunkte des Wechsels der einzelnen Zähne mit denen der Wachstumserscheinungen am Skelett zu vergleichen und so zur Altersbestimmung heranzuziehen. Mit einer gewissen Sicherheit ließ sich nur feststellen, daß der letzte Molar etwa im Alter von zwei Jahren durchbricht und mit drei Jahren voll in Reibung tritt. Später sind Altersunterschiede an den Backzähnen nicht mehr zu erkennen, da die Säulenzähne entsprechend der Abnutzung nachgeschoben werden und die Kaufläche der Zähne sich dadurch nicht verändert, da der Querschnitt der sehr hohen Zahnkrone in verschiedenen Höhen fast genau der gleiche ist. Erst in sehr hohem Alter ändert sich die Form des Zahnes; nachdem die Krone völlig abgekaut ist, verschwinden die im Inneren der Kaufläche liegenden Schmelzfalten. Da nur noch am Zahnrande Schmelz vorhanden ist, wird die Kaufläche muldenförmig. Diese Erscheinung ist regelmäßig zuerst am ersten Molar des Unterkiefers zu beobachten. Ihm folgt der erste Molar des Oberkiefers und hierauf die übrigen Backzähne. Da der brachyodonte vorderste (2.) Prämolare regelmäßig vor Eintritt dieses Zeitpunktes ausfällt, bleibt der letzte erhaltene Zahn, der dritte Molar, falls nicht schon vorher das Tier verhungert ist. Diese Alterserscheinung an den Zähnen wurde bei den ältesten untersuchten Tieren festgestellt. Da aber die Abnutzung der Zähne individuell sehr verschieden ist, kam dieses Merkmal für eine einigermaßen genaue Altersbestimmung nicht in Frage.

Bei vielen Säugern bietet der Zeitpunkt des Verwachsens von Schädelnähten Anhaltspunkte zur Altersbestimmung. Nun ist darüber schon bei Hausrindern wenig bekannt<sup>1)</sup>. Beim Wisent liegen hierüber noch keine genaueren Beobachtungen vor. Der Zeitpunkt der meisten Verwachsungen scheint bei verschiedenen Individuen außerordentlich verschieden zu sein. Da zu einem großen Teil der Skelette der Schädel fehlt, muß auf die Verwendung dieser Merkmale, die nur bei sehr reichlichem Material brauchbare Ergebnisse liefern, verzichtet werden.

Da die Untersuchung des Schädels demnach nur wenige Anhaltspunkte zur Altersbestimmung lieferte, mußten in erster Linie Merkmale am Skelett selbst herangezogen werden. Von vornehmlicher Bedeutung ist hier natürlich der absolute Größenzuwachs der Skeletteile. Ich verweise diesbezüglich auf die Maßtabellen und die Beschreibung des

<sup>1)</sup> Duerst, l. c. S. 190 ff.



Wachstums der einzelnen Knochen; dort sind auch manche Einzelheiten, die für die Altersbestimmung von Wert sind, aber nur an bestimmten Knochen auftreten, verzeichnet.

Besonders wertvolle Grundlagen der Altersbestimmung lieferten die Zeitpunkte der zahlreichen Verwachsungen am Skelett, insbesondere die Verschmelzungen der Epiphysen mit den Diaphysen der langen Knochen.

Die erste postembryonale bemerkenswerte Verwachsung ist die des *Os tarsi centrale* mit dem *Os tarsale* IV, die etwa im Alter von sechs Wochen eintritt. Im dritten und vierten Lebensmonat verwachsen die Wirbelkörper mit den Bogen. Bei manchen Individuen verzögert sich dieser Vorgang noch ein bis zwei Monate. Im Alter von etwa 8 Monaten verschmelzen die drei Knochenstücke, aus denen sich der Atlas zusammensetzt; um dieselbe Zeit verwachsen auch die drei Teile des Hüftknochens zu einem *Os coxae*. Mit etwa einem Jahre verwächst die *Tuberositas supraglenoidalis*, die selbständig verknöchert, mit dem Schulterblatt. Im Alter von etwa drei Jahren beginnen die Epiphysen der langen Extremitätenknochen zu verwachsen; unter diesen beginnen die distalen Epiphysen des Humerus und der Tibia, der die beiden Epiphysen des Radius und die des Fersenbeinhöckers folgen. Ihnen schließen sich die distalen Epiphysen des Metacarpus und Metatarsus an. Die übrigen Epiphysen der Extremitäten verwachsen ziemlich zu gleicher Zeit etwa zu Ende des vierten Lebensjahres. Die fünf Sakralwirbel vereinigen sich ebenfalls zu dieser Zeit.

Nach völligem Abschluß der Verwachsungen an den Extremitäten beginnen auch die Epiphysen der Wirbelkörper und der Dornfortsätze der Wirbel zu verwachsen; dabei beginnen die Lendenwirbel, denen zunächst die Hals- und die letzten Brustwirbel folgen. Zuletzt verwachsen die Epiphysen der vorderen Brustwirbel<sup>1)</sup>. Diese Verwachsungen erstrecken sich über das fünfte bis siebente Lebensjahr. In der gleichen Zeit pflegt die Symphyse des Beckens zu verwachsen, obwohl der Zeitpunkt dieses Vorganges individuell sehr verschieden ist. Zuletzt, etwa mit sieben Jahren, verwachsen die schmalen Epiphysen an den Rändern des Darm- und Sitzbeines. Bei sehr alten Tieren verknöchert regelmäßig das Iliosakralgelenk. Auch sonst zeigen sich Neigungen zu Verwachsungen verschiedener Skeletteile und zur Zubildung von Knochensubstanz in verschiedenen Bezirken der Oberfläche der Knochen.

In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten dieser Altersmerkmale in übersichtlicher Weise angeführt. Die Skelette sind gleichzeitig nach Altersgruppen geordnet.

### Übersicht

über die zur Altersbestimmung verwendeten Merkmale am Skelett der Wisente.

| Altersmerkmale                                                                                      | Kat. Nr. | Alter          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|
| Das Os Tarsi centrale verwächst mit dem Tarsale IV; die Bogen der Wirbel verwachsen mit dem Körper. | 16248 ♂  | 3 Wochen.      |
|                                                                                                     | 962      | etwa 2 Monate. |
|                                                                                                     | 961      |                |
|                                                                                                     | 960 ♂    |                |
|                                                                                                     | 15648 ♀  | etwa 4 Monate. |
|                                                                                                     | 959      |                |

<sup>1)</sup> Nach Hildenbrand (Vet. Med. Diss. München 1922) verknöchern beim Hausrind die Epiphysenknorpel der Dornfortsätze wesentlich später als die übrigen Epiphysenknorpel; beim Wisent verknöchern nach meinen Beobachtungen dagegen alle Epiphysenknorpel eines Wirbels gleichzeitig.



| Altersmerkmale                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Kat. Nr.               |       | Alter             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------|-------------------|
| Ossa Ilium, ischium und pubis verwachsen zu einem Knochen; ebenso die drei Stücke des Atlas. Die Epiphyse des Hakenfortsatzes der Scapula verwächst.                                                                                                                                                      | 4406                   |       | etwa 8 Monate.    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 958                    |       |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 957 ♀                  |       |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 4427                   |       |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 956 ♂                  |       | etwa 1 Jahr.      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 955                    |       |                   |
| 4407                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                        |       |                   |
| Die Epiphysen der Wirbel und der Extremitäten sind noch nicht verwachsen; diese Knochen haben ihre volle Länge noch nicht erreicht. Der letzte Backzahn bricht durch.                                                                                                                                     | ♀                      | ♂     | } etwa 2—3 Jahre. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 33839                  | 948   |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                        | 947   |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                        | 946   |                   |
| Es verwachsen: die distalen Epiphysen des Humerus und der Tibia, hierauf die Epiphysen des Radius, die des Calcaneus. Die Epiphysen des Metacarpus und Metatarsus beginnen zu verwachsen. Alle Backzähne sind in Reibung.                                                                                 | 954                    | 945   | } etwa 3—4 Jahre. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 33853                  | 944   |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 953                    | 943   |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 33836                  | 33852 |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 4340                   |       |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                        |       |                   |
| Die Epiphysen aller Extremitätenknochen sind verwachsen, ebenso das Sacrum. Es beginnen zu verwachsen: von den Wirbelepiphy- sen die der Hals-, Lenden- und letzten Brustwirbel; die Becken- symphyse (noch frei bei 22072, 1558). Noch nicht verwachsen sind die Epiphysen des Darm- und des Sitzbeines. | 33839                  | 33833 | } etwa 5—7 Jahre. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 172                    | 942   |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 952                    | 33863 |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                        | 1558  |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                        | 939   |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                        | 22072 |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                        | 938   |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                        |       |                   |
| Die Epiphysen aller Knochen sind vollständig verwachsen. Voller- wachsende Tiere.                                                                                                                                                                                                                         | 33865                  | 33855 | } über 7 Jahre.   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 33838                  | 941   |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 33837                  | 22078 |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 22074                  | 940   |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 950                    |       |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 951                    |       |                   |
| Das Iliosakralgelenk verknöchert. Auffällige Knochenzubildungen an der Oberfläche häufig. Tiere hohen Alters.                                                                                                                                                                                             | 4462 (11,5 Jahre alt). |       | } über 11 Jahre.  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1023                   | 33834 |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 949                    | 20465 |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                        | 95    |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                        | 2765  |                   |

Wie aus dieser Übersicht zu ersehen ist, sind leider trotz der Reichhaltigkeit des Materiales nicht alle Altersstufen genügend vertreten; besonders unangenehm ist es, daß mir kein Skelett eines neugeborenen Tieres zur Verfügung stand, so daß ich das nicht unbedeutende Wachstum der Tiere in den ersten drei Lebenswochen nicht berücksichtigen konnte.



Die hier angegebenen Altersstufen können natürlich nur annähernd richtig sein, da, wie erwähnt, fast keine Angaben über das Alter der gesammelten Tiere vorhanden sind und ein Vergleich mit ähnlichem, bestimmtem Material nicht möglich war. Mit Hilfe der aufgeführten Anhaltspunkte kann auch nur ganz ungefähr eine Altersbestimmung vorgenommen werden. Eine zuverlässige Bestimmung ist nur durch sorgfältigen Vergleich aller einschlägigen Gesichtspunkte möglich. Auch von sonst zuverlässigen Merkmalen treten mitunter erhebliche Abweichungen auf. So ist z. B. an dem Skelett 4340 noch keine Epiphyse verwachsen. In dieser Beziehung ist das Skelett seiner sonstigen Entwicklung gegenüber um wenigstens ein halbes Jahr zurückgeblieben. Andererseits ist an dem etwa halbjährigen Skelett 958 die proximale Epiphyse der Tibia bereits verwachsen, etwa um zwei Jahre zu früh. Nichts wäre also falscher, als in dieser Beziehung schematisch vorgehen zu wollen.

Wie schon erwähnt, wurden die Untersuchungen, besonders die Altersbestimmung, dadurch empfindlich gestört, daß zu einem Teil der Skelette die Schädel fehlten. Von den 53 untersuchten Skeletten waren nur zu 31 die zugehörigen Schädel vorhanden, von den in erster Linie behandelten 28 Skeletten des Münchener Museums gar nur zu 13. An mehreren Skeletten war der Schädel zerschlagen oder doch des Gehörns beraubt, mehrfach waren aber auch andere Knochen teils infolge eines Schusses bei der Erlegung, teils durch verschiedene Zufälligkeiten zerschlagen. So habe ich das Skelett 953 aus einem Sacke mit Knochenstücken aus einem Abfallhaufen zusammengelesen. Die meisten Knochen waren hier zerschlagen, einige teilweise verbrannt und viele Knochen konnten aus den Splintern nicht wieder zusammengesetzt werden. In einem anderen Funde von vergrabenen Kadavern waren mit Resten von verschiedenen anderen Tieren sieben vollständig zerlegte Skelette von Wisenten vereinigt aufgesammelt worden, darunter die vier Kälber 956, 957, 958, 959, die in Alter und Größe sich nur wenig unterscheiden. Besonders da zu keinem dieser Skelette ein Schädel vorhanden war, ist es nicht unmöglich, daß ich trotz größter Sorgfalt beim Zusammensetzen der Skelette den einen oder anderen kleineren Knochen verwechselt habe, besonders zwischen den fast gleich großen Skeletten 956 und 957.

Trotz der vermehrten Schwierigkeiten, die die beschädigten und unvollständigen Skelette bereiteten, waren diese verletzten Stücke für meine Arbeit insofern sehr wertvoll, als mir dadurch die Möglichkeit gegeben war, den inneren Aufbau des Knochens wenigstens einigermaßen kennen zu lernen. Denn bei der Kostbarkeit des Materiales konnte kein Stück zu feineren Untersuchungen zerschnitten werden.

Wenn auch manche der behandelten Umstände den Wert des Materiales beeinträchtigen, so war neben den schon in der Einleitung erwähnten Gründen für seine Verwendung schließlich entscheidend, daß die Wisentskelette das reichste Material darstellen, das von irgend einem großen rezenten Wildsäugetier vorhanden ist.

### Technik.

Die Behandlung des zu dieser Arbeit verwendeten Materiales erfordert eine eingehendere Besprechung.

Über die Methodik der Untersuchung von Säugetierskeletten erschien kürzlich eine umfangreiche und wertvolle Arbeit von Duerst<sup>1)</sup>. Die Angaben dieses Autors beruhen zum

<sup>1)</sup> J. U. Duerst, Vergl. Untersuchungsmethoden am Skelett bei Säugern. Abderhalden's Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, VII. Heft 2. Berlin—Wien 1926.



größten Teil auf seinen Erfahrungen bei der Untersuchung von Haussäugetieren und ihren nächsten Verwandten, insbesondere auch auf langjährigen Arbeiten über Rinder. Da nun das Skelett des Wisents mit dem des Hausrindes in großen Zügen übereinstimmt, so waren die Angaben Duersts in vieler Beziehung besonders wertvoll. Ich habe daher die Methodik meiner Untersuchungen weitgehend den von Duerst gegebenen Ratschlägen angepaßt. Ich schließe mich damit der Ansicht Duerst's an, daß es in der vergleichend-anatomischen Forschung dringend notwendig ist, daß wenigstens bezüglich der Grundlagen der Arbeitsmethoden alle Bearbeiter nach denselben Gesichtspunkten vorgehen und dies selbst dann, wenn einem Autor für eine bestimmte Arbeit eine andere Methode günstiger erscheint. Bezüglich vieler Einzelheiten in der Untersuchungstechnik, insbesondere über die Abnahme der Maße, verweise ich auf Duerst's Arbeit; ich glaube dadurch unnötige Breiten, die sonst durch umfangreiche wörtliche Zitate entstehen würden, zu vermeiden.

Es kann nicht Aufgabe dieser Arbeit sein, eine deskriptive Osteologie des Wisents zu liefern. Zuverlässige Beschreibungen des Skelettes des Hausrindes, das dem des Wisents sehr ähnlich ist, sind in den Handbüchern der Veterinäranatomie zu finden. Über die Unterschiede zwischen dem Skelett des Wisents und des Hausrindes werde ich demnächst an anderer Stelle berichten. In dieser Arbeit habe ich nur die wichtigsten Formbestandteile der Knochen berücksichtigt. Teile, die entwicklungsgeschichtlich von geringem Interesse sind, mußten schon deshalb unbeachtet bleiben, um die Übersichtlichkeit der Arbeit nicht allzusehr zu beeinträchtigen. Aus demselben Grunde wurden die anatomischen Verhältnisse der Umgebung der Knochen nur in ihrer Wirkung auf die Form des Knochens besprochen, blieben aber im Einzelnen unerwähnt. Da ich nirgends Angaben über die Anatomie der Weichteile des Wisents finden konnte und selbst keine Gelegenheit zur Präparation eines Tieres hatte, so war es mir auch nicht möglich, genaue Angaben darüber zu machen. Ich nehme aber an, daß die Anatomie des Wisents nicht wesentlich von der des Hausrindes abweicht, und habe mich daher in anatomischer Beziehung nach den Angaben von Martin<sup>1)</sup> gerichtet. Auch bezüglich der anatomischen Nomenklatur bin ich im Allgemeinen diesem Werke gefolgt. Einflüsse von reduzierten und kleineren Muskeln, von Gefäßen und vielen Bändern auf die Knochenform habe ich häufig völlig unberücksichtigt gelassen. Die Namen auch bedeutender Muskeln und Bänder sind im Allgemeinen im Interesse der Übersichtlichkeit fortgelassen.

Da es eine der Hauptaufgaben dieser Abhandlung ist, die Grundlagen für weitere, allgemeinere Fragen behandelnde Arbeiten herzustellen, so mußte streng darauf geachtet werden, daß nur möglichst genau gewonnene Werte den Untersuchungen zugrunde gelegt wurden. Die Messung hatte daher hier wohl als wertvollste Methode zu gelten. Mit Recht hat Duerst (l. c.) betont, daß es für die Verwertung des Materiales von größter Bedeutung ist, daß von den verschiedenen Autoren möglichst dieselben Meßpunkte und Dimensionen benutzt werden. Ich habe daher nach Erscheinen der Duerstschen Arbeit meine Messungen teilweise geändert und wiederholt und den Angaben von Duerst nach Möglichkeit angepaßt.

Zur genaueren Orientierung über die verwendeten Maße ist ein Abschnitt zur Erklärung der in die Tabellen eingetragenen Maße den Tabellen vorangestellt.

<sup>1)</sup> Paul Martin, Anatomie der Haustiere. Bd. III. Wiederkäuer. Stuttgart 1919.



Zur Messung habe ich folgende Instrumente verwendet: einen Gleitzirkel, der die Abnahme von Maßen bis zu 500 mm Länge gestattet (hergestellt von der Fa. Hauptner-Berlin); einen weiteren kleinen Gleitzirkel von 120 mm Länge mit Nonius. Beide Instrumente sind ganz aus Stahl und gestatten daher eine sehr genaue Messung. Für einige weitere Maße benutzte ich ein Maßband aus Stahl von 2 m Länge. Diese Instrumente sind für die hier in Betracht kommenden Messungen, die ja wesentlich einfacher sind als Schädelmessungen, vollkommen ausreichend.

Die Messungen sind als die wesentlichsten Grundlagen der Arbeit anzusehen, auf denen sich die weiteren Untersuchungen über die Altersveränderungen in der Hauptsache aufbauen. Nun ist es natürlich nicht möglich, auch durch eine große Zahl von Messungen die Form des Knochens vollständig darzustellen, was ja auch nicht dem Sinne einer derartigen Untersuchung entsprechend wäre. Es kam mir vielmehr darauf an, die Formbestandteile des Knochens vereinfacht, also befreit von den Einflüssen nebensächlicher Faktoren, kennen zu lernen. Diesen vereinfachten Formen mußten die abzunehmenden Maße gerecht werden; dadurch war eine scharfe Auslese unter den möglichen Maßen notwendig. Infolge der ganz verschiedenen Wachstumsverhältnisse war bei den Extremitätenknochen und bei den Wirbeln eine ganz verschiedene Methodik erforderlich.

Bei den Extremitätenknochen wurde ausgegangen von der Länge, gemessen zwischen den Gelenkflächen; dieses Maß ist in jeder Beziehung leicht verständlich und nur von wenigen Faktoren beeinflusst. Morphologisch wie physiologisch zerfallen diese Knochen meist in drei Teile, eine Diaphyse und zwei Epiphysen. Die Maße wurden nun so gewählt, daß sie nach Möglichkeit die wichtigsten Dimensionen dieser Teile erfaßten.

Völlig anders liegen die Verhältnisse bei den Wirbeln. Hier wurde stets ausgegangen von den einfachsten Formbestandteilen, dem Körper und dem Wirbelkanal. Die anderen Teile, Bogen und Fortsätze, sind so verschieden gestaltet, daß bei verschiedenen Wirbeln ganz verschiedene Maße angewendet werden mußten. Trotzdem hier viele Maße notwendig waren, sind die Ergebnisse der Wachstumsverhältnisse der Wirbel für viele Zwecke zu ungenau.

Die gesamten verwendeten Maße wurden in Tabellen (1—22) eingetragen. Da in vielen Fällen wegen der verschiedenen Größe der Individuen die Angabe der Maße wenig besagt, habe ich fast jedes Maß mit einem anderen leicht verständlichen Maß verglichen. Frühere Bearbeiter haben häufig entweder nur die absoluten oder nur die relativen Maße angegeben. Ich halte es für unbedingt notwendig, beide anzuführen, um die tatsächlichen Verhältnisse eindeutig verständlich zu machen.

Im Rahmen dieser Arbeit ist es nicht möglich, auf alle einzelnen bei den vielen hundert von Messungen beobachteten Feststellungen hinzuweisen. Es konnten vielmehr nur die wichtigsten Beobachtungen erwähnt und nach verschiedenen Gesichtspunkten zusammengefaßt werden. Die Altersveränderungen sind aus den möglichst übersichtlichen Tabellen leicht abzulesen, wobei der Text nur die hauptsächlichsten Richtlinien geben kann.

Von einer variationsstatistischen Berechnung habe ich bewußt abgesehen. Einmal ist dazu das Material viel zu klein; auf der anderen Seite aber halte ich es für unrichtig, derartig komplizierte Vorgänge auf eine knappe Formel bringen zu wollen. Regeln dürfen hier nur ganz ungefähr aufgestellt werden. Es besteht zwar oft eine größere oder kleinere Varia-



bilität, deren Ursache nicht ohne weiteres zu ergründen ist, doch ist es von geringem Wert, ein Mittel als Normalgröße aufzustellen. Die annähernden Grenzen der Variabilität sind meist von größerem Wert, doch sind diese aus den Tabellen fast unmittelbar abzulesen.

Aus dem oben angegebenen Grunde der Genauigkeit der Untersuchung habe ich es vermieden, die von Duerst u. A. vorgeschlagenen Winkelmaße an Skelettknochen zu verwenden. Zweifellos könnten manche Formeigentümlichkeiten durch Winkelangaben deutlicher gezeigt werden; doch erscheint es nach den bisherigen Angaben noch nicht möglich, die Bestimmung in der wünschenswerten Genauigkeit auszuführen.

Nur geringe Bedeutung habe ich der Verwendung des Gewichtes beigemessen. Den Grund dafür bilden lediglich die besonderen Eigentümlichkeiten des Materiales. Ein Teil der Skelette wurde nämlich in Bialowies aus der Erde ausgegraben, kam also schon in mazeriertem Zustande im Museum an. Diesen Skeletten sind durch den Einfluß der natürlichen Mazeration die organischen Bestandteile größtenteils entzogen; sie weisen daher ein sehr geringes Gewicht auf. Die übrigen Skelette sind im Museum mazeriert worden, teils durch eine kalte, teils durch eine warme Mazerationmethode. Ein Teil der Skelette wurde erst lange Jahre nach der Ankunft im Museum mazeriert. Der Gehalt an organischen Substanzen ist daher bei den einzelnen Skeletten sehr verschieden. Naturgemäß schwankt auch der Fettgehalt nicht entfetteter Skelette; eine Entfettung dieser großen Knochen durchzuführen, war aber aus finanziellen Gründen meist unmöglich. Alle diese Umstände beeinflussen das Gewicht der Skelette sehr bedeutend; die Verwertung der Gewichte zu eingehenderen Untersuchungen war daher nicht möglich, obwohl ich der Überzeugung bin, daß einwandfreie Vergleiche der Gewichte von Tieren verschiedenen Alters zu sehr bemerkenswerten Ergebnissen führen würden.

Ich habe daher nur die Gewichte von Schädel, Oberschenkelknochen, Schulterblatt, Becken und Atlas aufgeführt. Der Grad der Gewichtsveränderung der Oberschenkelknochen ist dem der übrigen langen Extremitätenknochen ziemlich gleich, der des Atlas dem der übrigen Wirbel. Diese wenigen Gewichtsangaben bieten demnach einige Anhaltspunkte für die Altersveränderungen des ganzen Skelettes bezüglich des Gewichtes. Um zu zeigen, wie verschieden das Maß der Gewichtszunahme bei verschiedenen Skeletteilen ist, habe ich die Werte der Gewichte miteinander verglichen und dies in Tabelle 23 eingetragen.

Von Abbildungen wurde verhältnismäßig nur geringer Gebrauch gemacht. Um die in der Arbeit ausgeführten Gesichtspunkte vollständig zu illustrieren, wäre eine außerordentliche Anzahl von Einzelbildern notwendig gewesen, ohne daß dadurch die Verhältnisse klarer geworden wären. Der Wert der Abbildungen ist aber für diese Arbeit deshalb nicht sehr hoch zu veranschlagen, weil es Zweck der Arbeit ist, die einzelnen Größen und Kräfte in ihrer Einwirkung auf das Skelett zu zeigen. Die Bilder können dagegen immer nur das Ergebnis des Zusammenwirkens verschiedener Größen darstellen. Die Aufgabe der photographischen Bilder auf den Tafeln ist es, einen allgemeinen Überblick über die Formverhältnisse der Knochen zu geben; durch die Textfiguren sollen einige besonders bemerkenswerte Formeigentümlichkeiten hervorgehoben werden.

Leider war eine eingehendere Untersuchung des Aufbaues des Knochens und seiner Altersveränderungen nicht möglich. Sehr wünschenswert wäre es gewesen, im Zusammenhang mit der makroskopischen Untersuchungsmethode eine histologische Untersuchung durchzuführen. Es ließ sich aber nicht verantworten, Teile des schlechthin unersetzlichen Mate-



riales zu zersägen, wie es zu diesem Zwecke unvermeidlich gewesen wäre. Dieselbe Schwierigkeit stand auch einer chemischen Untersuchung der Bestandteile des Skelettes entgegen.

Während der Durchführung der Untersuchungen ergaben sich so viele verschiedenartige wissenswerte Gesichtspunkte, deren Verfolgung nicht unterbleiben konnte, daß der Abschluß der Arbeit sich unvorhergesehen lange hinausschob, und ich mußte mich endlich entschließen, nur einen Ausschnitt aus den Ergebnissen zu veröffentlichen. Diese Arbeit enthält daher nur die grundlegenden Untersuchungen über das Wachstum der einzelnen wichtigsten Skelettknochen. Zahlreiche kleinere unwesentliche Knochen konnten nicht berücksichtigt werden; der Schädel, dessen Behandlung Aufgabe einer besonderen Arbeit sein soll, wurde nur bezüglich einiger für den Gesamtkörperbau wichtiger Gesichtspunkte besprochen. Dagegen fanden die großen Extremitätenknochen besonders starke Berücksichtigung. Von den Wirbeln wurden nur einige charakteristische zu eingehenderer Behandlung ausgewählt. Zurückgestellt mußte noch eine vergleichende Behandlung der Gesamtproportionen des Körpers werden, da das Material zu dieser Aufgabe, die noch die Untersuchung von Weichteilen erfordert, nicht ausreichend ist.

### Schädel.

Es ist nicht Aufgabe dieser Arbeit, die Wachstumsverhältnisse des Wisentschädels zu erläutern. Einmal ist, wie schon erwähnt, das verwendete Material für eine derartige Untersuchung wenig geeignet, da bei einer großen Anzahl der bearbeiteten Skelette der Schädel entweder fehlt oder stark beschädigt ist. Andererseits sind wir durch frühere Untersuchungen über die wesentlichsten Alters- und Wachstumserscheinungen am Schädel ziemlich gut unterrichtet. Als grundlegend ist hier die Arbeit von Stehlin<sup>1)</sup> zu nennen, der die wichtigsten Formverschiebungen am Schädel der Wiederkäuer unter besonderer Betonung der Verhältnisse bei den Rindern klargelegt hat. An einem allerdings nicht sehr umfangreichen Material hat Hilzheimer<sup>2)</sup> die von Stehlin betonten Gesichtspunkte beim Wisent nachgeprüft und eine Reihe von Wachstumserscheinungen, die dem Wisent eigentümlich sind, aufgeklärt. An Hand des von mir untersuchten Materiales von mehr als 170 Schädeln werde ich an anderer Stelle die postembryonale Entwicklung des Wisentschädels unter möglicher Berücksichtigung aller Einzelheiten eingehend behandeln.

Für diese Untersuchungen sind die Altersveränderungen des Schädels insofern von Bedeutung, als die Form und das Gewicht des Schädels und deren Veränderung im Verlaufe der Altersentwicklung von erheblichem Einfluß auf die Gestaltung des Skelettes sind. Von diesem Gesichtspunkte aus mag hier die Entwicklung des Schädels betrachtet werden. Dabei möchte ich besondere Betonung auf ein Merkmal legen, das den Wisentschädel unter allen Huftieren auszeichnet und das nach meiner Ansicht von ausschlaggebendem Einfluß auf verschiedene Eigentümlichkeiten des Wachstums des Skelettes ist. Es ist dies die Erschei-

<sup>1)</sup> Stehlin l. c.

<sup>2)</sup> Hilzheimer l. c.



nung, daß sich der Schädel des Wisents in einer Weise, wie dies bei keinem anderen Wiederkäuer beobachtet wird, verbreitert. Der plumpe Kopf wird dadurch im Verhältnis zur Größe des Tieres ausnehmend groß und erreicht ein sehr bedeutendes Gewicht, das besondere Stütz- und Aufhängeeinrichtungen am Skelett erforderlich macht. Ich glaube diese Erscheinung der Schädelbildung auf die Eigentümlichkeiten der Hornform und -stellung zurückführen zu können.<sup>1)</sup>

Die Größe des Kopfes des jungen Kalbes erscheint durchaus proportioniert. Dieses Verhalten, das bei allen Wiederkäuern mehr oder weniger deutlich ausgeprägt angetroffen wird, steht in auffallendem Gegensatze zu der Mehrzahl der Säugetiere, deren Junge in einem weniger entwickelten Zustand geboren werden. Bei all' diesen Tieren zeichnen sich die Jungen durch einen im Vergleiche zum übrigen Körper sehr großen Kopf aus. Aus den Messungen der Schädellänge beim Wisent (Tab. 1, 1—2) läßt sich zeigen, daß das Verhältnis der Kopflänge zur Länge der großen Extremitätenknochen während des ganzen Lebens das gleiche bleibt. Wenn beim lebenden Tier in jugendlichem Alter der Kopf verhältnismäßig groß erscheint, so ist das nur darauf zurückzuführen, daß Rumpf und Hals in der Entwicklung zurückgeblieben sind.

Der jugendliche Charakter des Kalbsschädels ist hauptsächlich ausgedrückt durch das Überwiegen des Gehirnschädels über den Gesichtsschädel. Durch die Untersuchungen von Klatt<sup>2)</sup> u. A. kann es als erwiesen gelten, daß die Veränderungen, die sich im Laufe der Entwicklung durch überwiegendes Wachstum des Gesichtsschädels ergeben, ausschließlich verursacht sind durch das Wachstum des Gebisses. Infolge der raschen Entwicklung des Gebisses beim Wisent ist nun schon im fünften Monat dieses Jugendmerkmal nur noch wenig deutlich; im Alter von einem Jahre ist es bereits kaum mehr erkennbar.

Eigentümlicherweise tritt bei sehr alten Stieren wiederum ein Überwiegen des Gehirnteiles in Erscheinung, das hervorgerufen ist durch die bedeutende Vergrößerung der Stirnpartie in allen ihren Ausmaßen. Diese Erscheinung wird verursacht durch die unten näher zu besprechende Entwicklung des Hornes. Diese Verhältnisse sind unschwer zu beobachten, durch genaue Messungen jedoch schwer zu demonstrieren, da es ein zuverlässiges Maß weder für Gehirn- noch für Gesichtsschädel gibt und eine Grenze zwischen diesen Schädelteilen an der Oberfläche des Schädels sehr schwer festzulegen ist. Obwohl das Maß der sog. Hirnschädellänge (Tab. 1, 3) sich sonst als eines der zuverlässigsten Schädelmaße erwiesen hat, versagt es beim Wisentschädel für diese Zwecke. Es ist dies in erster Linie zurückzuführen auf die bedeutende und individuell sehr variable Entwicklung der Stirnhöhlen, die, wie dies auch bei anderen horntragenden Tieren der Fall ist, einen schwer genau zu erfassenden Bestandteil der Schädelform darstellen.

Das wichtigste Kennzeichen fortschreitenden Alters ist die zunehmende Verbreiterung des Schädels, insbesondere in seinem rückwärtigen Teile. Dieses Breiterwerden ist verursacht

<sup>1)</sup> Das mir zur Verfügung stehende Material vom amerikanischen Bison war nicht groß und zuverlässig genug, um diese Verhältnisse auch an diesem Tiere untersuchen zu können. Da ich jedoch die Anschauung vertrete, daß der amerikanische und der europäische Wisent lediglich als zwei Lokalformen ein und derselben Spezies *Bos bonasus* L. aufzufassen sind (vgl. W. Koch, Über Schädelmerkmale zur Unterscheidung der rezenten Wisentrassen. Ber. Ges. z. Erh. d. Wisents, II, 1927), so bin ich überzeugt, daß die Wachstumserscheinungen beim amerikanischen Bison nicht wesentlich von denen des europäischen Wisents abweichen.

<sup>2)</sup> Klatt B., Über den Einfluß der Gesamtgröße auf das Schädelbild. Arch. Entw.-Mech. 36. 1913.



durch die Entwicklung der Hörner. Das Horn des Wisents verläuft in seinem basalen Teil in der Ebene der Stirn und steht nahezu in einem rechten Winkel zur Sagittalebene nach der Seite gerichtet. Die Zunahme der Horngröße und damit des Horngewichtes erfordert nun, wie das bei allen Cavicornia der Fall ist, eine Verstärkung der Schädelteile, denen das Horn aufsitzt. Wie groß die Kräfte sind, die das Horn auf den Schädel ausübt, hat Duerst<sup>1)</sup> in sehr interessanter Weise kürzlich versucht zu errechnen. Beim Wisent sind die Verhältnisse insofern eigenartig gelagert, als die Verstärkung der erwähnten Schädelpartie nur in einer Dimension möglich ist. Da die Stirn nämlich im Wesentlichen eben ist, so ist eine verstärkte Vorwölbung der Stirn zur Stützung der Hornbasis, wie z. B. bei Ziegen, Schafen oder bei den bubalinen Antilopen auffällig in Erscheinung tritt, nur in sehr beschränktem Umfange möglich. Andererseits ist einer Verstärkung des Seitenrandes der Stirn nach unten durch die Schläfengrube eine Grenze gesetzt. Da infolge der eigenartigen Hornstellung der Rinder bei diesen der *Musculus temporalis* von der Oberseite der Stirn verdrängt ist, würde eine Verstärkung des seitlichen Stirnrandes die Bewegung dieses Muskels und des Kiefergelenkes behindern. Die Verstärkung der Stirn kann sich also nur auf eine Verbreiterung der vor und hinter dem Hornansatze gelegenen seitlichen Teile des Stirnbeines erstrecken. Diese eigentümlichen Verhältnisse teilt der Wisent übrigens mit den taurinen und bibovinen Rindern. Bei diesen sitzen aber die Hörner an den hinteren Ecken der Stirn an; ihre Stütze am Schädel können sie daher in einfacher Weise dadurch finden, daß der Nackenkamm, der hier von dem Os frontale und parietale gebildet wird, eine Verstärkung erfährt und sich nach hinten (bei vielen Exemplaren von *Bos taurus* L. deutlich ausgeprägt) oder nach oben (am deutlichsten bei *B. gaurus*) vergrößert. Durch diese Knochenbrücke stützen sich die Hörner gegenseitig. Diese Möglichkeiten fehlen aber anderen Rindern. Beim Wisent sitzen die Hörner in der Mitte des seitlichen Stirnrandes an. Die einzige Möglichkeit einer Verstärkung des Hornansatzes besteht daher hier in einer Verbreiterung der vor und hinter dem Horn gelegenen seitlichen Teile des Frontale. Nach rückwärts ausgedehnt führt diese Entwicklung zu einer Verbreiterung auch der Parietooccipitalregion; nach vorn wird Anschluß und Stützung an den Orbitalring gefunden, der eine bedeutende Verstärkung und Verbreiterung erfährt. Die ganze eigenartige Verbreiterung des hinteren Schädelteiles beim Wisent, beginnend von den röhrenartigen nach der Seite gerichteten Orbiten über die gleichmäßig breite Platte der Stirn, der die sonst allgemein auftretende Stirnenge fehlt, bis zu dem eigenartig verbreiterten flach-dreieckigen Occiput, all diese Erscheinungen lassen sich demnach unschwer durch die Einwirkung des Gewichtes der Hörner und ihrer Stellung erklären. (Vergl. Abb. 1—5 Taf. I).

In deutlicher Weise sind diese Verhältnisse aus der Abb. 5 Taf. I zu ersehen. Die Figur zeigt das Frontale eines noch jungen, etwa zehn Monate alten Wisents von der cerebralen Seite. Es ist hier zu sehen, daß nur ein Teil der Stirn, der wenig mehr als die Hälfte der gesamten Breite darstellt, als Gehirndach in Betracht kommt; ein weiterer Teil der Stirn hat die Aufgabe die Schläfengrube und das Kiefergelenk zu decken. Doch ist schon bei diesem jungen Tiere die Stirn nach beiden Seiten um ein beträchtliches Stück verbreitert und bildet einen Wulst zur Stützung des Hornansatzes.

<sup>1)</sup> J. U. Duerst, Versuch einer statisch-mechanischen Berechnung der Formgestalt des Schädels einiger Säuger des Hausstandes nach den absoluten Größen der wirkenden Kräfte. Zeitschr. f. Tierzüchtung und Züchtungsbiologie. III. 1925.



Die Verbreiterung des Schädels hängt also ab von Größe und Gewicht und von der Stellung des Hornes. Da nun der Wisentstier wesentlich größere und stärkere Hörner besitzt als die Kuh, so ist auch die Verbreiterung des Schädels beim Stier sehr viel auffälliger. Im Alter nimmt das Gewicht des Hornes ständig zu, da das Hornwachstum bis zum Tode nicht aufhört und bei der stark gekrümmten Form des Hornes die Abnützung im Allgemeinen bedeutend geringer ist als der Zuwachs. Sehr alte Bullen besitzen daher eine ganz außerordentlich breite Stirn. Bei alten Kühen ist diese Erscheinung nicht zu beobachten, da das an sich schwache Kuhhorn bei älteren Tieren ein sehr unbedeutendes Wachstum aufweist. Dieses geringere Wachstum des weiblichen Hornes ist wohl durch den bedeutenden Stoffverlust infolge der regelmäßigen Graviditäten zu erklären.

An Hand von wenigen Maßen (Tab. 1. 4) läßt sich die Breitenentwicklung des Schädels deutlich ersehen. Wenn wir ausgehen von Kälbern der ersten vier Lebensmonate, bei denen das Horn einen merklichen Einfluß auf die Schädelbildung noch nicht besitzt, und die Breite des Schädels vergleichen mit den vom Hornwachstum unbeeinflussten Schädellängenmaßen oder Skelettmaßen, so sehen wir, daß der Schädel der Kühe eine Verbreiterung um etwa 12% erfährt, der der Stiere um etwa 20%; bei sehr alten Stieren finden wir sogar eine Verbreiterung von über 25%. Man vergleiche dies mit der Tatsache, daß bei der überwiegenden Mehrzahl der übrigen Säuger die Schädelbreite, verglichen mit der Länge, mit zunehmendem Alter ständig abnimmt.

Ich möchte an dieser Stelle darauf hinweisen, daß bekanntlich ähnliche Hornstellungen wie beim Wisent auch bei anderen Rindern vorkommen. Es ist hier in erster Linie an verschiedene Formen des afrikanischen Büffels zu denken. Bei diesen Tieren bildet sich jedoch auf der gewölbten Stirn ein knöcherner Wulst aus, der den Ansatz der Hörner stützt. Zudem bilden sich besonders bei den männlichen Tieren auf der Stirn mächtige Hornplatten aus, die im Zusammenhange mit dem Horn stehen und einen sehr festen Zusammenhang zwischen Horn und Stirn herstellen. Ich habe früher<sup>1)</sup> darauf hingewiesen, daß diese Erscheinung unter eine Reihe von besonderen Einrichtungen fällt, die bei den Rindern zum Zwecke einer innigeren Verbindung des Schädels mit dem Horne getroffen sind. Die eigenartige Verbreiterung der Stirn des Wisents ist diesen Einrichtungen anzureihen.

Beim amerikanischen Wisent liegen, trotz gleicher Hornstellung wie beim Europäer, die Verhältnisse insofern einfacher, als beim Stier die Hörner kürzer bleiben. Es kommt daher hier nicht zu einer so auffälligen Verbreiterung des Schädels. Ich wage nicht zu entscheiden, ob dieses Verhalten einen ursprünglichen Zustand darstellt oder die Folge einer natürlichen Selektion ist. Wenn man allerdings bedenkt, daß sämtliche ausgesprochenen großhörnigen Formen des Wisents ausgestorben sind und die mittelhörnige europäische dem Aussterben nahe ist, so möchte man geneigt sein, der letzteren Anschauung recht zu geben. Die Kühe der amerikanischen und europäischen Wisente unterscheiden sich bekanntlich weder durch die Form der Hörner noch des Schädels<sup>2)</sup>.

Die Verbreiterung der Schädelform des Wisents bringt natürlich eine bedeutende Gewichtszunahme des Schädels mit sich, die sich auf die Ausbildung des ganzen Skelettes auswirken muß. Diese Gewichtszunahme ist aber nicht allein von der Form, sondern auch vom inneren Aufbau des Schädelknochens weitgehend abhängig.

<sup>1)</sup> Koch, Zs. Morph. Oek. 1927.

<sup>2)</sup> Koch, l. c. Ber. Wisent-Ges. 1927.



Der Aufbau des Knochens unterliegt im Laufe der Altersentwicklung sehr bedeutenden Veränderungen. Die Unterschiede sind beim Wisent sehr viel deutlicher ausgeprägt als bei der Mehrzahl der Säugetiere. Bei jugendlichen Tieren ist der Knochen locker und spongiös; die kompakte Knochenschicht, die die Randzone des Knochens einnimmt, ist nur unbedeutend entwickelt, dabei aber von geringerer Festigkeit als bei älteren Tieren. Die Oberfläche erscheint wegen des lockeren Gefüges des Knochens rau, die Muskelansätze und die übrigen Konturen zeigen unbestimmte, wenig ausgeprägte Formen. Das spezifische Gewicht des Knochens ist gering. Mit der Zunahme des Alters verändern sich diese Eigentümlichkeiten langsam. Die kompakte Rindenschicht des Knochens wird stärker und erreicht allmählich eine sehr große Festigkeit. Bei alten Tieren ist die Oberfläche der Knochen, soweit sie nicht von Muskelansätzen eingenommen wird, außerordentlich dicht gefügt und erhält ein an Porzellan erinnerndes glattes Aussehen. Aber auch die im Inneren des Knochens liegende spongiöse Knochensubstanz wird dichter, fester und härter. Die Muskelansätze nehmen ausgeprägte Formen an und vergrößern sich stärker als die übrigen Teile des Schädels, teils infolge starken periostalen Wachstums, teils infolge allmählicher Verknöcherung der sehnigen Muskelansätze. Ihre Oberfläche erscheint daher sehr rau. Das spezifische Gewicht des Knochens nimmt infolge dieser Veränderung der Knochensubstanz fortschreitend bedeutend zu.

Es ist nun auffällig, daß die beschriebene Änderung der Struktur des Knochens erst in verhältnismäßig hohem Alter einsetzt. In den beiden ersten Lebensjahren sind die Veränderungen noch kaum wahrnehmbar. Aber auch im dritten Jahre, in dem der Schädel seine volle Größe erreicht hat und der Zahnwechsel im Wesentlichen abgeschlossen wird, zeigt der Aufbau des Knochens noch fast rein jugendliche Charaktere. Die hauptsächlichsten Veränderungen treten erst vom vierten Jahre an ein und die stärkste Umwandlung dauert dann etwa bis zum siebenten Jahre. Von diesem Zeitpunkt an sind beim weiblichen Tiere die Veränderungen nicht mehr sehr bedeutend, beim Bullen aber läuft der beschriebene Prozeß fort und die Entwicklung des Knochenaufbaues in dieser Richtung hält offenbar bis zum Tode an.

Die Altersveränderungen treten sonach bei männlichen Tieren viel deutlicher in Erscheinung als bei weiblichen. Bei sehr alten Stieren tritt an verschiedenen Stellen der Oberfläche von Knochen, insbesondere auf der Stirn, infolge einer eigenartigen unregelmäßigen Knochenzubildung eine Rauigkeit auf, deren Form eine gewisse Ähnlichkeit besitzt mit der Perlbildung an der Oberfläche von Hirschgeweihen. Es handelt sich hier um eine Zubildung von Knochensubstanz, die als ausgesprochenes Altersmerkmal anzusehen ist.

Diese Veränderungen im Aufbau des Knochens sind an einem so umfangreichen Skelettteil, wie es der Schädel darstellt, besonders deutlich zu erkennen. Diese inneren Umwandlungen im Zusammenhange mit den äußeren Formveränderungen äußern sich sehr deutlich im Gewicht des Schädels (s. Tab. 23). Der Vergleich der Schädelgewichte verschieden alter Tiere zeigt, daß einer Vergrößerung der Schädelgröße auf das Doppelte eine etwa 12—15fache Vermehrung des Gewichtes entspricht. Aus einem Vergleiche mit den Gewichten großer Extremitätenknochen ist zu ersehen, daß die Gewichtszunahme des Schädelknochens etwa dreimal so groß ist wie die des einfachen Extremitätenknochens. Wie sehr die Eigentümlichkeiten in der Schädelbildung bei sehr alten Stieren sich im Gewicht äußern, ist z. B. aus einem Vergleich der Gewichte der Schädel 945 und 95 zu sehen; einem ganz



unbedeutenden Größenunterschied steht ein Unterschied der Gewichte gegenüber, der sich etwa wie 1:2 verhält. Dabei ist aber noch zu berücksichtigen, daß das Gebiß einen erheblichen Teil des Schädelgewichtes in Anspruch nimmt und infolge der Abnutzung der Säulenzähne bei alten Tieren sehr viel leichter ist.

Wie sich diese Gewichtsverhältnisse auf den gesamten Körperbau auswirken mögen, ist daraus zu ersehen, daß ein älterer Stier, der die doppelte Rückenhöhe eines jungen Kalbes besitzt, den Hals und damit den gesamten vorderen Teil des Körpers mit dem zwanzigfachen Gewichte des Kopfes belastet. Die Einflüsse, die das Gewicht des Schädels auf die Entwicklung des übrigen Körpers ausüben, müssen demnach recht bedeutend sein.

Fassen wir nunmehr kurz die Wachstumsvorgänge am Wisentschädel nochmals zusammen:

Im ersten Lebensjahre entwickelt sich zunächst das Gebiß; der Gesichtsschädel wächst dadurch nach und erreicht zu Ende des Jahres fast das endgültige Größenverhältnis zum Gehirnschädel. Im zweiten Halbjahre beginnt, hervorgerufen durch das Wachstum der Hörner, eine merkliche Verbreiterung des Schädels. In den folgenden Jahren treten keine bedeutenden Formveränderungen unter dem Einfluß des Gebisses mehr auf. Mit dem Wachstum des Hornes nimmt die Schädelbreite stetig zu, die im vierten Jahre schon sehr auffallend geworden ist. Vom vierten bis zum siebenten Lebensjahre ändert sich die Struktur des Knochens, der sehr viel dichter wird, in sehr viel größerem Ausmaße als bisher. Bei weiblichen Tieren nimmt die Schädelbreite nun nicht mehr zu, während bei männlichen sich dieser Vorgang noch weiter fortsetzt und dadurch der Gehirnschädel das Verhältnis zum Gesichtsschädel zu seinen Gunsten zu verändern scheint. Während die Knochenstruktur bei den Kühen sich vom siebenten Jahre an nicht mehr wesentlich ändert, geht bei Stieren die Veränderung des Knochens weiter. Bei alten Bullen nimmt bis zum Tode sowohl die Größe der Stirn als auch die Festigkeit der Knochen zu.

Demnach sind die Gewichtsveränderungen, die ja vorwiegend maßgebend sind für den Einfluß des Schädels auf das Gesamtskelett, folgende:

In den ersten vier Jahren erfolgt eine gleichmäßige, sehr beträchtliche Zunahme des Gewichts, die allerdings Schritt hält mit der Entwicklung des Skelettes. Vom vierten bis zum sechsten oder siebenten Lebensjahre nimmt das Gewicht des Schädels noch bedeutend zu. Nachdem das Skelettwachstum in dieser Zeit im Wesentlichen abgeschlossen ist, müssen noch Veränderungen am Skelett stattfinden, um ihm die Möglichkeit zu geben, das vermehrte Schädelgewicht zu tragen. Bei Kühen nimmt das Gewicht des Schädels später nicht mehr zu; die wachsende Festigkeit wird wohl kompensiert durch das Leichterwerden des Gebisses infolge Abnutzung der Zähne. Das Schädelgewicht alter Stiere dagegen nimmt ständig zu. Es sind daher außerordentliche Verstärkungseinrichtungen am Skelett, insbesondere in der Vorhand, zu erwarten.

Abgesehen vom Einfluß des Schädelgewichtes auf den Körper ist zu beachten, daß Schädel älterer Tiere, insbesondere auch in dem an den Hals anschließenden Occipitalteil, sehr breit werden. Es ist daher anzunehmen, daß sich dieser Verbreiterung Teile des Skelettes, besonders in der Halsregion, anpassen.



## Femur.

Als Maßstab zu Vergleichen der Skelettgrößen habe ich für diese Untersuchungen die Länge des Oberschenkelknochens gewählt. Ich weiche damit bewußt von der Methode früherer Autoren ab, die als Grundmaß für Wachstumsuntersuchungen meist ein Schädelmaß oder die Länge der Wirbelsäule verwendet haben.

Die Verwendung eines Schädelmaßes erscheint mir, abgesehen davon daß natürlich dieses Maß ebenso willkürlich gewählt ist wie irgend ein anderes, darum besonders wenig geeignet, weil die Form des Schädels infolge der Kompliziertheit dieses Knochens sehr schwer zu verstehen ist. Man bedenke dabei, wieviele und wie verschiedenartige Faktoren die Form des Schädels bestimmen. Um nur die Wesentlichsten zu nennen, wird die Schädelform beeinflusst durch die Größe des Gehirnes, Länge, Form, Größe, Gewicht und Funktion des Gebisses, Art der Kaubewegung, Form der Sinnesorgane für Gesicht, Gehör und Geruch mit deren Hilfsorganen, Stützapparaten und Muskulatur, Form und Funktion der Lippen und der Zunge, die oberen Luftwege, bei Wiederkäuern außerdem durch Größe und Form der Hörner. Von Bedeutung ist ferner die Verbindung der einzelnen Teile durch Knochensubstanz, pneumatische Höhlen oder Schädellücken, sowie die Verbindung des Schädels mit dem Rumpf. Es ist versucht worden, einzelne der wichtigsten dieser Faktoren und ihre Bedeutung für die Schädelform zu bestimmen. So hat Klatt<sup>1)</sup> die Beziehungen zwischen Gehirngröße und Schädelgröße untersucht. Duerst<sup>2)</sup> suchte den Einfluß der Hörner auf den Schädel zu bestimmen und nach statisch-mechanischen Arbeitsmethoden zu berechnen. Diese zweifellos sehr wertvollen Arbeiten haben aber deutlich gezeigt, wie schwierig die genaue Bestimmung der Schädelformen ist. Eine größere Zahl derartiger Untersuchungen wird wohl die Schädelformen verständlich machen. Bei dem derzeitigen Stand der Kenntnis des Schädels erscheint es mir aber noch so gut wie wertlos, Schädelmaße für allgemein osteologische Fragen heranzuziehen, da es unmöglich ist anzugeben, welche Menge von Größen und Wirkungen mechanischer Faktoren sich z. B. in dem scheinbar einfachen Begriff „Schädellänge“ ausdrücken. Die Schwierigkeiten sind naturgemäß am Wisentschädel, wie auch bei den meisten übrigen Säugetierschädeln, weit größer als etwa beim Menschen; denn bei diesem ist wenigstens der Cerebralschädel fast nur von der Form des Gehirnes abhängig, während sonstige Faktoren nur eine untergeordnete Rolle spielen. Der Schädel des Wisents dagegen schließt sich nur an wenigen unbedeutenden Stellen der Gehirnform an und wird von einer Reihe anderer Faktoren in weit stärkerem Maße beeinflusst.

Vielfach ist auch die Länge der Wirbelsäule als Grundmaß für Wachstumsuntersuchungen verwendet worden. Als Grund hierfür war maßgebend, daß die Wirbelsäule der entwicklungsgeschichtlich älteste Teil des Skelettes und für die Verhältnisse am menschlichen Skelett recht gut geeignet ist. Die Länge der Wirbelsäule ist hier auch am lebenden Körper leicht zu messen und bildet gleichzeitig das Maß für die Länge des Rumpfes; die Entwicklung wird rascher abgeschlossen als die anderer Körperteile, und die Funktion ist bei der fast rein säulenartig tragenden Aufgabe der Wirbelsäule eine ziemlich einheitliche. Völlig anders liegen die entsprechenden Verhältnisse bei den Huftieren. Ein Vergleich der Längenmaße der Wirbelsäule am zerlegten Skelett und am lebenden Tiere schon ist infolge der

<sup>1)</sup> Klatt, l. c.

<sup>2)</sup> Duerst, l. c. Zs. Tierzüchtung 1925.



starken Krümmungen der Wirbelsäule sehr erschwert. Da die Wirbelsäule tief im Inneren des Rumpfes und des Halses liegt, ist eine Messung am lebenden Tiere unmöglich. Auch ist die Funktion der „Wirbelbrücke“ in einzelnen Abschnitten sehr verschieden. Von allen Teilen des Skelettes endlich schließt die Wirbelsäule ihr Wachstum am spätesten ab, wobei sich diesbezüglich noch verschiedene Teile der Wirbelsäule verschieden verhalten. Aus diesen Gründen erscheint mir die Verwendung der Länge der Wirbelsäule als Grundmaß für Wachstumsuntersuchungen nicht zweckmäßig. Zu den erwähnten Nachteilen kommt, daß bei der Messung einer Größe, die in so viele Einzelteile zerfällt, die Möglichkeit des Auftretens von Meßfehlern sehr vergrößert ist.

Ebenso ungeeignet halte ich auch die bei Messungen an lebenden Haustieren als Grundmaß bevorzugte Rumpf- oder Schulterhöhe, da dieses Maß in mehrere ganz verschiedenartige Teile zerfällt, die auch verschiedene Wachstumsverhältnisse aufweisen.

Von einem Maße, das geeignet ist als Maßstab für vergleichend-osteologische Untersuchungen, ist zu verlangen, zunächst, daß es hinreichend groß ist; denn je größer die zu messende Größe ist, desto unbedeutender sind naturgemäß die Meßfehler. Außerdem wird erfahrungsgemäß bei Vergleichen ein größeres Maß richtiger beurteilt als ein kleines. Das Maß muß ferner leicht abzunehmen und eine physiologisch einfach zu erklärende Größe sein. Die Wachstumsverhältnisse sollen möglichst einfacher Natur und frühzeitig abgeschlossen sein. Wichtig ist auch, daß die individuelle Variabilität möglichst gering sei. Vorteilhaft ist es auch, wenn das Maß auch am lebenden Tiere leicht festgestellt werden kann.

Nach längeren Voruntersuchungen und Vergleichen verschiedener Größen kam ich zu dem Ergebnis, daß die Längen der vier großen Extremitätenknochen, Humerus, Femur, Radius und Tibia als die geeignetsten Vergleichs- und Grundmaße anzusehen sind, da sie den oben geforderten Bedingungen am besten entsprechen. Das Verhältnis dieser Größen zueinander bleibt in allen Altersstadien dasselbe; auch das Größenverhältnis zur Schädelgröße verändert sich nicht bedeutend. Da diese Längenmaße die Dimension eines Knochens zwischen zwei Gelenken ausdrücken, ist einerseits ihr physiologischer Wert eindeutig, andererseits unterliegen sie auch verhältnismäßig geringen individuellen Schwankungen (s. weiter unten). Das Wachstum, ein fast rein epiphysäres, ist ziemlich früh beendet.

Unter diesen Maßen schien mir die Länge des *Os femoris* am günstigsten zu sein. Der Oberschenkel ist der Teil der Extremität, der von den Umbildungsvorgängen noch nicht ergriffen ist, die die distalen Teile der Extremität infolge der Spezialisierung zum Huftier verändert haben, und der die ursprüngliche, mit den übrigen Säugern übereinstimmende Form gewahrt hat. Der proximale Teil der Hinterextremität zeigt auch ursprünglichere Verhältnisse als die Vorderextremität. In praktischer Hinsicht war bei dieser Entscheidung mitbestimmend, daß die Länge des Oberschenkels am leichtesten fehlerfrei genau gemessen werden kann.

Das Maß (Tab. 2, 1) wird vom proximalsten Punkte des Femurkopfes bis zum distalsten des medialen Condylus mit dem Gleitzirkel gemessen. (Vergl. Duerst, Vergl. Untersuchungsmethoden, S. 448, 3).

Wie aus Tabelle 2 ersichtlich, nimmt die Länge des Knochens im Verlaufe des ganzen Wachstums bei den ♀♀ um durchschnittlich etwas mehr als 100%, bei den ♂♂ um etwa 120–130% zu. Die Länge des Knochens ist also bei den erwachsenen ♂♂ um wenigstens 10% größer als bei den ♀♀. Da die Verhältnisse der verschiedenen Skeletteile bezüglich



des Wachstums verschieden sind, so sind die Größenunterschiede der lebenden Tiere nicht ebenso, sondern größer. Dieser Geschlechtsunterschied am Oberschenkelknochen ist manchmal nicht ganz sicher zu erkennen, da die Größenvariabilität bei beiden Geschlechtern groß ist und die Größenunterschiede zwischen den größten Weibchen und den kleinsten Männchen nicht sehr bedeutend sind (s. Tab. 2). Trotzdem ist der absolute Größenunterschied als eines der wichtigsten Merkmale zur Unterscheidung des Geschlechtes anzusehen. Er ist vom Ende des ersten Lebensjahres an festzustellen.

Das Längenwachstum ist am stärksten in der ersten Lebenszeit und wird allmählich geringer. Vergleichen wir die Größen der jugendlichen Tiere mit der Größe des Knochens bei erwachsenen Stieren, so ist festzustellen, daß, da beim Neugeborenen etwa 45% der endgültigen Größe anzutreffen ist, im Alter von einem halben Jahre schon 65%, im Alter von einem Jahre 75%, mit zwei Jahren 88% der Gesamtgröße erreicht werden; mit drei Jahren ist das Längenwachstum nahezu beendet. Die Epiphysen verwachsen im Alter von vier Jahren mit der Diaphyse und zwar meistens beide Epiphysen zu gleicher Zeit.

Bei sehr alten Stieren nimmt die Länge des Knochens eigenartigerweise nochmals zu. Infolge der individuellen Größenunterschiede ist diese Erscheinung aus der Maßtabelle schwer ersichtlich; durch vielfache Vergleiche mit den verschiedensten Skelettgrößen konnte ich sie aber mit Sicherheit ermitteln. Die Längenzunahme beträgt manchmal nur einige mm, in anderen Fällen aber auch mehrere cm. Diese Erscheinung ist um so merkwürdiger, als ja das epiphysäre Wachstum in diesem Alter längst beendet ist. In welcher Weise das Wachstum vor sich geht, konnte ich nicht feststellen, da hierzu eine histologische Untersuchung notwendig gewesen wäre, die durchzuführen aus schon besprochenen Gründen mir nicht möglich war. Die Klärung dieser Frage ist erst nach Bearbeitung reichlicheren Materiales mit sorgfältigsten Arbeitsmethoden möglich.

Wenn wir nun bei der Betrachtung der Entwicklung der Form des Os femoris ausgehen von der Gestalt, mit der das Tier geboren wird, so ist zu bedenken, daß die jungen Kälber vom ersten Lebenstage an ihre Extremitäten voll funktionierend gebrauchen und daher auch am einzelnen Knochen alle wichtigen Teile voll entwickelt sein müssen. Es liegen also nicht mehr ganz ursprüngliche, rein embryonale Verhältnisse vor.

Die Form des Oberschenkelknochens beim neugeborenen Wisent ist eine gerade Röhre von nahezu kreisförmigem Querschnitt, die an den beiden Enden die Köpfe für zwei sehr verschieden geformte Gelenke trägt. Die Form entspricht durchaus der für alle primitiven Säuger charakteristischen dieses Knochens; besondere, nur den Huftieren eigentümliche Formabweichungen sind noch nicht ausgebildet.

Bei der Betrachtung der Entwicklung der einzelnen Teile des Knochens beginnen wir mit der Diaphyse. Sie stellt sich beim jungen Kalb, wie erwähnt, als Röhre von nahezu kreisförmigem Querschnitt dar. Diese Form entspricht den statischen Verhältnissen, denen der Oberschenkelknochen bei primitiven Säugetieren unterliegt. Bei diesen Tieren bildet er eine nahezu senkrecht zum Boden stehende Säule, die das Gewicht der hinteren Körperhälfte trägt. Beim Wisent, wie auch bei den anderen Boviden, dagegen steht der Oberschenkelknochen in der Ruhelage in einem Winkel von etwa 45° schräg zum Boden. Der rein vertikal einwirkende Druck bewirkt eine Überbelastung der vorderen und hinteren Seiten der Knochenröhre. An diesen Seiten wird der Knochen verstärkt und zwar schreitet diese Verstärkung entsprechend der Zunahme des Körpergewichtes mit dem Wachstum all-



mählich fort. Durch Zubildung von Knochensubstanz an der Außenseite wird aus dem kreisförmigen Querschnitt des Knochens ein längsovaler. Da das Körperwachstum ja in der ersten Zeit am bedeutendsten ist, geht diese Veränderung ziemlich rasch vor sich und schon im Alter von etwa 8 Monaten mißt der Längsdurchmesser etwa 120% des Querdurchmessers. Auch an der Innenseite der vermehrt belasteten Knochenwände tritt eine vermehrte Zubildung von Knochensubstanz ein, sodaß der Querschnitt der Markhöhle aus einem kreisrunden in einen querovalen verwandelt wird. Ein Einfluß anderweitiger von außen auf diese Formveränderung einwirkender Faktoren kann wohl ausgeschlossen werden, da der Knochen auf allen Seiten von großen Muskeln eingeschlossen ist, sodaß ihre Druckwirkung sich gegenseitig aufhebt.

Die Stärke der Diaphyse ist bei jungen Tieren unverhältnismäßig gering (vergl. Tab. 2, 2 und Abb. 11 Taf. II). Die Diaphyse erscheint im Vergleich mit dem Knochen älterer Tiere sehr schlank und dies umsomehr, als die Gelenkköpfe schon von Geburt an in dem endgültigen Größenverhältnis zur Länge stehen. Die Zunahme des Gewichtes des Tieres, die ja viel rascher erfolgt als die des Größenwachstums, erfordert dann eine zunehmende Verstärkung der Diaphyse.

An dieser Stelle erscheint es wohl angebracht, einen kurzen Überblick über die Gesamtgewichtsverhältnisse des Tieres und ihre Veränderungen im Laufe des Wachstums zu geben. Bekanntlich sind die Gewichtsverhältnisse lebender Tiere ähnlich denen anorganischer Körper, bei denen sich die Gewichte zweier verschieden großer Körper verhalten wie ihre Volumina. Dies ist der Fall dann, wenn wir annehmen, daß sich die qualitative Zusammensetzung der tierischen Körper ziemlich ähnlich ist. Nun gehen aber gerade am Skelett des untersuchten Tieres, das ja einen beträchtlichen Teil des Körpergewichtes ausmacht, im Verlaufe des Wachstums Veränderungen vor sich in der Weise, daß bei älteren Tieren die Knochensubstanz dichter und spezifisch schwerer wird. Ein neugeborenes Kalb von etwa 70 cm Schulterhöhe wiegt durchschnittlich ungefähr 40 kg, eine erwachsene Kuh von 130 cm Höhe etwa 600 kg und ein alter Bulle von 180 cm Größe etwa 1000 kg. Da auf den vorderen Extremitäten etwa  $\frac{3}{5}$  des Gesamtgewichtes, auf den hinteren etwa  $\frac{2}{5}$  lasten, so ergibt sich daraus, daß auf einem Vorderfuß eines Kalbes 12 kg, auf einem Hinterfuß 8 kg ruhen; ein Vorderfuß eines alten Bullen dagegen hat in der Ruhe 300 kg, der Hinterfuß 200 kg zu tragen. Ein Vergleich zeigt, daß ein im Verlaufe des Wachstums auf die doppelte Länge vergrößerter Extremitätenknochen ungefähr das 16fache des ursprünglichen Gewichtes zu tragen hat. Diesen gewaltigen Belastungsveränderungen muß sich also die Extremität während des Wachstums anpassen.

Wenn wir von diesem Gesichtspunkt aus die Wachstumsveränderungen an der Diaphyse betrachten, so sehen wir, daß unter dem Einfluß der Gewichtszunahme die Diaphyse verstärkt wird, und zwar nimmt die Breite des Knochens, verglichen mit dem Längenwachstum, um mehr als 30% stärker zu. Daß diese Verstärkung nicht noch bedeutender ist, erklärt sich aus verschiedenen Gründen. Einmal ist beim jugendlichen Tiere der Knochen stärker, als es für die bestehende Belastung erforderlich ist; die Entwicklung eilt hier der funktionellen Beanspruchung voraus. Eine gewisse Grenze ist dem Dickenwachstum durch die Topik gesetzt, da bei weiterer Zunahme die umliegenden Organe, insbesondere die Muskeln, in ihrer Funktion behindert würden. Die bedeutendste Zunahme der Tragkraft des Knochens ist zurückzuführen auf die Festigung der gesamten Knochensubstanz beim wachsenden Tiere.



Gehen wir zur Besprechung des proximalen Gelenkkopfes über, so ist zunächst zu berücksichtigen, daß ein Collum, wie es beim Menschen und anderen bezüglich der Extremität primitiven Säugetieren ausgebildet ist, bei Rindern nicht vorkommt. Das Caput sitzt als selbständig verknöchelter Teil der proximalen Epiphyse dem oberen Ende der Diaphysenröhre schräg auf. Verglichen mit der Länge des Knochens ist das Caput bei jugendlichen Tieren größer angelegt und verringert dieses Verhältnis im Laufe des Wachstums um etwa 10% (s. Tab. 2, 6).

Die Form des Caput ist beim Kalb fast genau die einer Halbkugel. Diese Gelenkform, die das Caput bei allen ursprünglichen Säugetieren besitzt, ist für die Physiologie der Bewegung beim Wisent unzureichend. Die Bewegung im Hüftgelenk ist eine fast reine Flexion und Extension; die Möglichkeit einer stärkeren Abduktion der Hinterextremität würde die Bewegung des hochgebauten langbeinigen Tieres erschweren; auch eine Torsion kommt für die Bewegung nur in unbedeutendem Maße in Frage. Für diese wesentlich in einer Ebene verlaufende Bewegung wäre ein walzenförmiger Gelenkkopf weit zweckentsprechender als ein halbkugelig. In der Tat bildet sich im Verlaufe des Wachstums das Caput in der durch die Funktion geforderten Weise um. Die Gelenkfläche dehnt sich am proximalen Ende des Knochens nach der lateralen Seite hin aus (vgl. Fig. 1, 2). Diese Verbreiterung der Gelenkfläche nimmt mit der Vermehrung des Körpergewichtes zu und tritt daher am deutlichsten bei alten Bullen in Erscheinung. Durch diese Umbildung wird die Festigkeit

des Gelenkes vergrößert und eine Abduktion unmöglich gemacht. Am lebenden Tiere sind diese Bewegungsverhältnisse gut zu beobachten. Der Gang des jungen Kalbes ist infolge der ungenügenden Fixierung des Hüftgelenkes hinten schwankend. Eine passive Abduktion der Hinterextremität, wie sie etwa infolge Ausgleitens auf glattem Boden vorkommt, bleibt beim Kalb ohne bemerkenswerte Folgen; beim erwachsenen Tiere könnte sie zu einer Beckenfraktur oder einer schweren Luxation führen. Derartige Fälle sind bei domestizierten Rindern beobachtet worden. Es liegt also hier der Fall vor, daß die Formanlage eines Organes für seine Funktion nicht zweckmäßig ist und die Form erst im Laufe der postembryonalen Entwicklung der Funktion angepaßt werden muß.

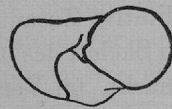


Fig. 1

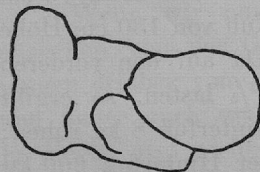


Fig. 2

Proximales Ende des *Os femoris*; dorsale Ansicht.  
— Fig. 1 3 Monate altes ♂ Kalb (960); Fig. 2 Sehr alter Stier (95). — Altersunterschiede in der Form des *Caput* und des *Trochanter maior*.

Der distale Gelenkkopf setzt sich zusammen aus den beiden mit der Tibia gelenkenden Condylen und der Patellargelenkfläche. Die Funktion des Kniegelenkes stimmt mit den Verhältnissen bei den meisten übrigen Säugetieren überein. Die Bewegung des sehr stark fixierten Gelenkes erfolgt ziemlich in einer Ebene, eine Abduktion oder Torsion ist auch in nur geringem Umfange nicht möglich. Die Form des Gelenkes erfährt unter dem Einfluß des Alters keine wesentlichen Veränderungen. Der ganze Gelenkkopf ist

beim Wisent sehr groß, wenn er auch nicht die plumpen Formen der Hausrinder<sup>1)</sup> erreicht; die Kondylen sind bei dieser Art auffallend stark nach rückwärts verlängert. Man ist leicht geneigt anzunehmen, daß die individuellen Schwankungen an ausgeprägt geformten Gelenken geringer

<sup>1)</sup> Vgl. Rüttimeyer L., Die Fauna der Pfahlbauten der Schweiz. Basel 1861.



sind als an anderen Teilen des Knochens. Die Formverhältnisse an diesem Gelenkkopf zeigen, daß dem nicht so ist. Aus dem Vergleich einiger Maße (5, 7, 8 der Tab. 2) ist ersichtlich, daß individuelle Unterschiede der Maße von 4—6% in allen Altersstufen vorkommen und offenbar für die Bewegungsphysiologie bedeutungslos sind. Diese individuelle Variabilität der Gelenkform ist aber nicht geringer als die, die an anderen Skeletteilen, teilweise selbst an den Muskelansatzstellen, zu beobachten ist.

Auch dieses Gelenk ist, verglichen mit der Länge des Knochens, beim jungen Kalb um etwa 10% größer als beim erwachsenen Tier. Die Eigentümlichkeit, daß die Epiphysen der Extremitäten früher entwickelt sind als die Diaphysen, steht wohl mit der Erscheinung im Zusammenhang, daß die Extremitäten schon beim Neugeborenen in Funktion treten. Bei der Geburt müssen daher die Gelenke schon vollkommen entwickelt sein. Das zunehmende Körpergewicht wirkt auf das Wachstum der während des größten Teiles der Lebenszeit belasteten Extremitäten hemmend ein. Es erscheint wohl verständlich, daß dabei das Wachstum der kompliziert gebauten Gelenke stärker behindert wird als das der Diaphyse. Die Diaphyse wächst daher rascher als das Gelenk. Die Gelenkköpfe des *Os femoris* haben ihre volle Größe im Alter von 3 Jahren erreicht. Bei sehr alten Bullen tritt infolge der fortdauernden Zunahme des Gewichtes noch eine, wenn auch nicht sehr bedeutende Vergrößerung der Gelenkköpfe auf.

Unter den Muskelansatzpartien des Knochens nehmen die selbständig verknöchernden Trochanteren eine hervorragende Stellung ein. Der *Trochanter maior* ist als Ansatz einer Anzahl von großen Muskeln besonders mächtig entwickelt. Schon beim Kalb bedeutend ausgebildet, wird er im Laufe des Alters länger, ausladender und größer. Eine genaue Messung des Trochanters selbst ist nicht möglich; wir müssen daher seine Vergrößerung schließen aus dem lateralen Längenmaß (9) und der Breite der proximalen Epiphyse (4). Die relative Verlängerung um etwa 12%, die die laterale Länge erfährt, ist ganz auf Rechnung des Längenwachstums des Trochanters zu setzen, da weder die Diaphyse noch die distale Epiphyse ihre Form wesentlich ändern. Auch die Breitenzunahme des oberen Kopfes, die, verglichen mit der Länge des Knochens, etwa 10% beträgt, ist lediglich als Verbreiterung des Trochanters aufzufassen, da ja die relative Größe des Caput sich verringert. Eine weitere Vergrößerung des Trochanters ist aber infolge seiner Topik unmöglich; so bleibt er hinter dem Breitenwachstum der Diaphyse zurück. Um dennoch den vergrößerten Muskeln Ansatz bieten zu können, verbreitert sich die Spitze des Trochanters bei alten Tieren, besonders Bullen, schaufelartig. (Vergl. Fig. 3, 4).

Der nach rückwärts liegende *Trochanter minor* wächst mit zunehmendem Alter ebenfalls stärker als die ihn umgebenden Knochenpartien, beeinflusst aber doch die Gesamtform des Femur nicht erheblich; durch genaue Maße ist sein Wachstum nicht zu erfassen.

Die außerordentlich starke Fixierung des Kniegelenkes wird größtenteils durch Bänder bewirkt; die besonders wichtigen Seitenbänder entspringen an den Epicondylen. Diese sind bei jungen Tieren noch nicht ausgebildet, entwickeln sich aber schließlich zu großen, die

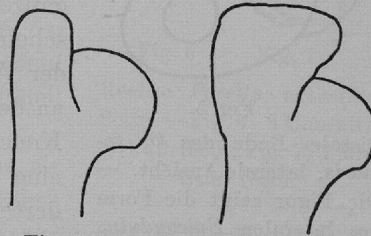


Fig. 3

Fig. 4

Proximales Ende des *Os femoris*, laterale Ansicht. — Fig. 3 juv. Tier. Fig. 4 adultes Tier. — Altersunterschiede in der Form des *Trochanter maior*.



Gelenkflächen seitlich um etwa 1 cm überragenden Höckern. Der laterale *Epicondylus* (Fig. 5) bildet bei alten Tieren eine talergroße, allseitig scharf begrenzte fast kreisrunde Erhebung.

Die übrigen Ansatzstellen von Muskeln und Bändern beeinflussen die Form des Oberschenkelknochens nicht wesentlich. Sie sind bei jugendlichen Tieren kaum angedeutet und treten erst im dritten Lebensjahre als deutlich vorspringende Rauigkeiten in Erscheinung; so besonders an der Hinterseite der Diaphyse und am distalen Kopf; sie erheben sich auch bei älteren Tieren nur wenige mm über die Oberfläche des Knochens.

Wir sehen also, daß im Verlaufe der Alters- und Wachstumsentwicklung eine anhaltende Verbreiterung und Verstärkung aller Teile des Knochens eintritt. Die wesentlichen Altersveränderungen lassen sich aus der Änderung des auf der Extremität lastenden Körpergewichtes erklären, da die Geschwindigkeit der Gewichtszunahme eine viel bedeutendere ist

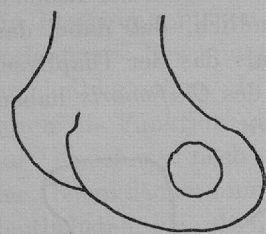


Fig. 5

Distales Ende des *Os femoris*, laterale Ansicht. — Die Figur zeigt die Form des lateralen *Epicondylus* bei einem älteren Tiere.

als die des Größenwachstums. Dem untersuchten Tiere eigentümlich ist das Fortdauern dieser Altersveränderungen bei sehr alten männlichen Exemplaren. Wie schon erwähnt, glaube ich diese Erscheinung wenigstens zum großen Teil auf das auch im Alter zunehmende Gewicht des Schädels und dessen Einfluß auf den ganzen Körper zurückführen zu können. Die eigentümliche Erscheinung der Zunahme der Länge bei alten Bullen glaube ich in der Weise erklären zu müssen, daß eine gewisse Formausgleichung an dem durch das anhaltende Breitenwachstum unförmig gewordenen Knochen in der Weise stattfindet, daß sich die Länge durch eine wenn auch nicht sehr bedeutende Vergrößerung den veränderten Formverhältnissen anpaßt.

Noch weit auffälliger als alle Maße zeigt das Gewicht (Tab. 23) das Wachstum des Knochens. Bei einer Vergrößerung der Länge des Knochens um 100% nimmt das Gewicht um mehr als das 10fache zu. Die Angaben der Gewichte sind allerdings, wie schon erwähnt, höchst ungenau, da die Skelette in ganz verschiedener Weise mazeriert worden sind; doch ergeben auch große individuelle Schwankungen keine grundsätzlichen Änderungen in diesen Verhältnissen.

Die Gewichtszunahme ist nicht allein auf die Formveränderung des Knochens zurückzuführen, sondern beruht zu einem wesentlichen Teile auf einer Umbildung der Knochen-substanz, die in derselben Weise verläuft, wie dies bei der Besprechung des Schädels geschildert wurde. Mit der Zunahme des Alters wird der beim jugendlichen Tiere locker gebaute Knochen fester und härter, was sich am ausgeprägtesten in den oberflächlichen Knochenschichten zeigt. Diese Altersveränderungen sind in den ersten drei Lebensjahren, den hauptsächlichsten Wachstumsjahren, noch wenig bedeutend und treten erst vom vierten Jahre an auffällig in Erscheinung. Bei alten Tieren bekommt die Oberfläche, soweit sie nicht von Muskelansätzen bedeckt ist, auch bei völlig fettfreien Knochen einen elfenbeinartigen Glanz; die Muskelansätze dagegen sind äußerst rauhe, jäh vorspringende Erhabenheiten, deren Oberfläche ebenfalls außerordentlich dicht ist. Diese Verhältnisse zeigen sich an den langen Extremitätenknochen, an deren Oberfläche ausgedehnte Muskelansätze mit großen muskelfreien Feldern abwechseln, besonders deutlich<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> An der Vorderseite des Oberschenkelknochens findet sich häufig ein großes Gefäßloch. Rüt-



## Patella.

Der Einfluß der Muskulatur auf das Wachstum der Knochen ist in besonders deutlicher Weise an der Patella zu beobachten, da die Wachstumsvorgänge hier durch keine anderweitigen Faktoren angeregt oder gestört werden.

Dieser bei den höheren Säugern konstant auftretende Sesamknochen ist eingelagert in die Sehne des *Musculus quadriceps femoris*; die vier Köpfe des Muskels enden an der Basis der Kniescheibe; die distale Fortsetzung bilden die drei geraden Kniescheibenbänder.

Die Länge oder Höhe der Kniescheibe (1, Tab. 4) hält stets Schritt mit dem Längenwachstum des Oberschenkelknochens; die individuelle Variabilität bewegt sich in mäßigen Grenzen (etwa 12%). Die Länge des Knochens entspricht auch fast genau der Länge der Gelenkfläche, die die Patella an der plantaren Seite bildet. Bei älteren Tieren ragt das proximale Ende des Knochens einige mm über die Grenze der Gelenkfläche hinaus; es verknöchern hier die Enden der ansetzenden Sehnen und verschmelzen mit der Kniescheibe.

Die Form dieser Gelenkfläche ist genau der Rollfurche am Femur angepaßt und verändert sich, abgesehen natürlich von der Vergrößerung, während des ganzen Lebens nicht. Die Breite steht stets im gleichen Verhältnis zur Länge (2), wenn auch individuell dieses Verhältnis ziemlich verschieden ist.

Bei jungen Tieren ist der ganze Knochen nicht breiter als diese Gelenkfläche. Da nun mit zunehmendem Alter, wie mehrfach besprochen, sich die Muskeln vergrößern, und zwar rascher vergrößern als die Knochen, so besteht auch in diesem Falle ein Bedarf nach einer entsprechend der Gewichtszunahme sich ständig vergrößernden Ansatzfläche für den vierköpfigen Muskel. Infolgedessen verbreitert sich die Patella über die Gelenkfläche hinaus. (Vgl. 3, Tab. 4, und Fig. 6, 7). Diese Verbreiterung beträgt bei weiblichen Tieren bis 60%, bei männlichen 50 bis 70, ja bis 90% der Breite der Gelenkfläche. Diese außerordentliche Vergrößerung ist zweifellos lediglich auf die Zunahme dieses einen Muskels zurückzuführen.

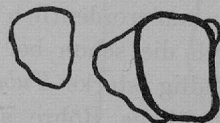


Fig. 6      Fig. 7

Rechte *Patella*, articulare Seite. — Fig. 6 3 Mon. altes ♂ Kalb (960); Fig. 7 7jähr. Stier (938).

## Humerus.

Die Wachstumsverhältnisse des Oberarmbeines sind weitgehend denen des Oberschenkelknochens ähnlich. In entwicklungsgeschichtlicher und in physiologischer Beziehung besteht ja eine große Übereinstimmung zwischen beiden Knochen. Wie das Femur zeigt auch der Humerus in seiner Lage zum Rumpf und zu den umgebenden Organen viele ursprüngliche Eigentümlichkeiten.

meyer (Fauna der Pfahlbauten, 1861) hat es als ein Unterscheidungsmerkmal der Wisente von taurinen Rindern angesehen. Ich fand dieses Gefäßloch unabhängig von Alter und Geschlecht beim Wisent in manchen Fällen an beiden Oberschenkeln, in anderen nur auf einer Seite oder es fehlte auch vollständig. Das Material verteilte sich auf diese drei Gruppen ziemlich zu gleichen Teilen. Das Merkmal ist also systematisch bedeutungslos.



Die Entwicklung des Längenwachstums stimmt völlig mit den Verhältnissen am Oberschenkelknochen überein. Wie dort, ist auch hier ein bedeutender Größenunterschied der Geschlechter festzustellen, ebenso wie dort finden wir auch hier die eigentümliche Fortsetzung des Längenwachstums bei sehr alten männlichen Tieren. Die Epiphysen verwachsen stets zu gleicher Zeit mit denen des Femur im Alter von vier Jahren.

Der Oberarm ist wesentlich kürzer als der Oberschenkel, eine Erscheinung, die bei allen höheren Huftieren anzutreffen ist und die offenbar mit der Spezialisierung der Extremitäten zu rascher Bewegung im Zusammenhange steht. Die Länge des Humerus beträgt beim Wisent, unabhängig von Alter und Geschlecht, stets etwa 78% der Länge des Femur. Die individuelle Variabilität dieser Beziehung bewegt sich, verglichen mit anderen Skelettgrößen, in sehr engen Grenzen (vgl. Tab. 3, 1).

Die Formverhältnisse der Diaphyse sind nicht so einfach wie am Oberschenkelknochen. Die proximale Hälfte der Diaphyse ist bedeutend verstärkt und bildet einen Übergang zu dem außerordentlich mächtigen oberen Kopf; zudem ist die Form dieser Partie beeinflusst durch die schon bei jugendlichen Tieren deutlich ausgebildete, bei erwachsenen Tieren aber auffällig starke *Tuberositas deltoidea*. Während also am Femur die ganze Diaphyse als einheitliche Röhre aufgefaßt werden kann, trifft dies hier nur für die distale Hälfte zu. Diese erscheint lateral stark komprimiert, teilweise aus denselben Gründen wie die Diaphyse des Femur. Hier wie dort ist infolge der schrägen Lage des Knochens die volare und dorsale Seite statisch besonders stark beansprucht und aus diesem Grunde verstärkt. Hierzu tritt aber noch ein weiterer Faktor. Die den Seiten des Oberschenkelknochens anliegenden großen Muskeln (*M. quadriceps femoris*) verlaufen im Wesentlichen parallel zum Knochen; an den entsprechenden Stellen des Humerus dagegen liegen Muskeln, die quer oder schräg zum Knochen liegen (insbesondere *M. brachialis*). Infolge der Bewegung dieser Muskeln wird das Breitenwachstum der Diaphyse eingeschränkt. Dieser Einfluß macht sich offenbar schon von Beginn des Lebens an vorwiegend bemerkbar; denn schon bei jungen Kälbern ist der distale Teil der Diaphyse seitlich zusammengedrückt und der Einfluß der übrigen in Betracht kommenden Faktoren tritt offenbar so stark zurück, daß das Verhältnis der Breite zur Länge des Knochens (4, Tab. 3) sich während des Wachstums nicht sehr verändert. Die individuellen Unterschiede sind zwar sehr bedeutend, doch läßt sich immerhin feststellen, daß bei älteren Bullen die Breite, verglichen mit der Länge, noch um etwa 20% zunimmt.

Die mit dem Alter zunehmende Verstärkung äußert sich in viel deutlicherer Weise an dem dorso-volaren Durchmesser der Diaphyse. Während bei ganz jungen Kälbern der Querschnitt der Diaphyse noch annähernd kreisrund ist und im ersten Halbjahr des Lebens die Breite von dem Durchmesser um kaum ein Fünftel übertroffen wird, vergrößert sich bei alten Tieren der Durchmesser auf mehr als 140% des Querschnitts. In dieser Dimension ist also das Wachstum bedeutend stärker als am Oberschenkelknochen.

Wie schon erwähnt, können diese Verhältnisse an der proximalen Hälfte der Diaphyse nicht beobachtet werden. Die Wachstums- und Altersvergrößerung dieser Partie ist zwar eine außerordentliche. Es ist aber nicht möglich festzustellen, wieviel von dieser Vergrößerung auf veränderte funktionelle Inanspruchnahme zurückzuführen ist und wieviel einfach dadurch zu erklären ist, daß der proximale Kopf infolge außerordentlicher funktioneller Verhältnisse sich sehr stark vergrößert und daher an dem proximalen Teil der Diaphyse ein entsprechender



Übergang geschaffen werden muß. Zudem ist es mir nicht gelungen, ein zuverlässiges Maß zur Erfassung der Größe des proximalen Teiles der Diaphyse zu finden.

Infolge der veränderten Funktion ist die Form des *Caput humeri* bei den Huftieren gegenüber der Form bei primitiven Säugetieren wesentlich verändert. Beim Wisent findet im Schultergelenk nur eine geringgradige Beugung und Streckung statt, Ad- und Abduktion und Torsion sind von geringer Bedeutung. Der einer vielseitigen Bewegung angepaßte halbkugelige Kopf ist daher bei diesem Tier verschwunden; er hat sich in eine flache Kuppe verwandelt, die nur ein kleines Segment der Oberfläche eines kugelähnlichen Körpers bildet. Die Wölbung des Caput ist bei jugendlichen Tieren stärker, zeigt also ursprüngliche Verhältnisse, und wird im Alter flacher.

Infolge der eigenartigen Funktion der Scapula nimmt das Gewicht, mit dem die Scapula auf dem Caput humeri lastet, während des Wachstums in außerordentlicher Weise zu. Diese starke Zunahme der Belastung bewirkt, daß das Wachstum des Caput abweichend von dem ähnlicher Gelenkflächen verläuft. Während wir die bisher betrachteten Gelenkflächen beim jugendlichen Tiere verhältnismäßig groß angelegt fanden, die dann im Wachstum hinter der Länge des Knochens zurückblieben, ist dies beim Kopf des Humerus umgekehrt. Zwar ist auch hier das Gelenk beim Neugeborenen verhältnismäßig groß angelegt; doch ist die Zunahme des Druckes auf die Gelenkfläche während des Wachstums so bedeutend, daß ihre Vergrößerung nicht nur mit der der Länge Schritt hält, sondern sie sogar noch gar nicht unerheblich übertrifft. Diese Vergrößerung der Gelenkfläche gegenüber der Länge beträgt im Durchmesser (6, Tab. 3) etwa 10%. Die Breite verhält sich ähnlich; doch war es hier nicht möglich, ein sicheres Maß zu nehmen. — Ein Collum ist, wie bei den übrigen großen Boviden, nicht ausgeprägt.

Ist die Form des proximalen Gelenkkopfes etwas undeutlich feststellbar, so ist die Form der distalen Gelenkrolle eine um so bestimmtere. Sie bildet mit dem Radius ein Gelenk, das infolge der gleichmäßigen Berührung der kompliziert gebauten Gelenkflächen eine Bewegung, die annähernd in einer Ebene verläuft, nur in diesem einen Sinne möglich macht (8—11, Tab. 3).

Eine bemerkenswerte Eigentümlichkeit des Wachstums der Trochlea ist die Erscheinung, daß sie ihre Stellung zur Achse des Knochens ändert (vgl. Fig. 8, 9). Beim jungen Tiere liegt die Trochlea in einem annähernd rechten Winkel zur Längsachse des Knochens; dieser Winkel vergrößert sich bei wachsenden Tieren um etwa 15°, in der Weise, daß das laterale Ende der Rolle distalwärts verschoben wird. Es ist mir leider nicht gelungen, diese Erscheinung durch Maße festzuhalten. Die Veränderung ist auf Wachstumserscheinungen am Rumpf zurückzuführen. Die Breite des Thorax nimmt im Verlaufe des Wachstums im Vergleich zu benachbarten Organen bedeutend zu. Infolgedessen wird der ventrale Teil der Scapula nach außen gedreht, mit ihm auch der Humerus. Bei unveränderten anatomischen Verhältnissen müßte mit zunehmendem Wachstum der freie Teil der Vorderextremität,



Fig. 8



Fig. 9

Distales Ende des *Humerus*, Vorderansicht. — Fig. 8 3 Mon. altes ♂ Kalb (960). — Fig. 9 Sehr alter Stier (95). — Altersveränderungen in Form und Stellung der *Trochlea*.



beginnend vom Radius, immer weiter seitlich vom Körper absteigen. Die Beine würden sich neben, statt unter dem Rumpf bewegen und der Gang wäre nicht gerade, sondern einwärts. Durch die erwähnte Drehung der Rolle werden diese Möglichkeiten vermieden und die Verschiebung der proximalen Teile der Extremität ausgeglichen.

Beim jugendlichen Tiere ist die Trochlea verhältnismäßig groß; sie bleibt im Verlaufe des Wachstums um etwa 12—15% hinter dem Längenwachstum des Humerus zurück. Der Vergleich der Gelenkflächen des Humerus demonstriert in besonders eindringlicher Weise eine Regel, die sich bei vergleichender Betrachtung der Gelenke aufdrängt: bei einem Vergleich des Wachstums verschiedener Gelenkflächen gewinnt man den Eindruck, daß dem postembryonalen Wachstum komplizierter gebauter Gelenke größere Schwierigkeiten entgegenstehen, da kompliziertere Gelenkflächen stets verhältnismäßig größer angelegt werden als einfacher gebaute (7, Tab. 3).

Auch die Form der Rolle selbst erleidet während des Wachstums gewisse Veränderungen. Beim Vergleich der Skelette verschieden alter Tiere gewinnt man den Eindruck, daß bei jugendlichen Tieren die Rolle einen stumpferen Kegel bilde und die laterale Rolle gegenüber der medialen kleiner sei als bei älteren Tieren. Es ist dies aber das Ergebnis einer optischen Täuschung; das Verhältnis der lateralen Rolle zur medialen (8, 11) ist während des ganzen Lebens unverändert. Veränderungen, die den erwähnten Eindruck hervorrufen, gehen dagegen am mittleren Teile der Rolle vor sich. Die bei jugendlichen Tieren undeutlichere Form des mittleren Kammes (10) wird bei älteren Tieren scharf ausgeprägt. Gleichzeitig geht der Durchmesser des Kammes um etwa 8% im Vergleiche zur übrigen Rolle zurück. Der Durchmesser der Mittelfurche (9) gar verringert sich bei wachsenden Tieren um etwa 18%. Diese Veränderungen erklären den Eindruck, daß die Trochlea bei älteren Tieren schlanker erscheint.

Da die Maße an dieser Gelenkfläche mit großer Genauigkeit genommen werden können, so suchte ich die individuelle Variabilität der Form festzustellen. Rütimeyer (l. c.) hat bekanntlich versucht, auf Grund des Verhältnisses zwischen verschiedenen Dimensionen dieser Gelenkfläche Unterschiede zwischen verschiedenen Rinderarten festzustellen. Das setzt voraus, daß die individuelle Variabilität dieser Verhältnisse gering ist. Nach meinen Ermittlungen ist das durchaus nicht der Fall. Bei Vergleichen variieren die Maße an der Trochlea (7—10) etwa um 15%, der Durchmesser der lateralen Walze gar um mehr als 20%. Unter solchen Umständen ist es aber unmöglich, geringe Formunterschiede an der Trochlea systematisch zu verwerten. Es zeigt sich hier, daß auch an sehr bestimmt geformten Gelenken die individuelle Variabilität sehr groß sein kann.

Die Epicondylen sind mäßig entwickelt und beeinflussen die Form des Humerus nicht wesentlich; sie treten auch in höherem Alter nicht stark hervor.

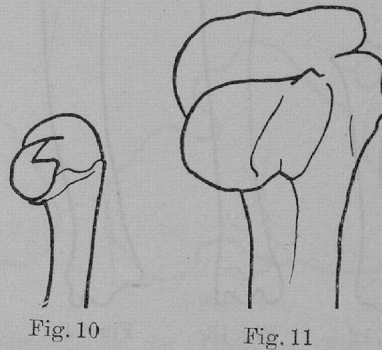
Die stärksten Wachstumsveränderungen gehen am proximalen Kopfe des Humerus vor sich. Schon beim sehr jungen Tiere ist diese Partie sehr kräftig entwickelt. Den kranialen Rand der Gelenkfläche umsäumt ein breiter Knochenstreifen, der durch eine tiefeinschneidende Furche in ein *Tuberculum maius* und ein *Tuberculum minus* geteilt wird. Bei älteren Tieren wird insbesondere das *Tub. maius* sehr breit und hoch; auch die anschließenden Partien bis zur *Tuberositas deltoidea*, die alle starken Muskeln zum Ansatz dienen, vergrößern sich, sodaß schließlich der obere Kopf des Humerus ein unförmig plumpe Aussehen erhält (vgl. Fig. 10, 11). Die Breite des Kopfes vergrößert sich bei älteren Stieren, verglichen mit dem



Längenwachstum, um 50—60%, bei Kühen um etwa 35%. Die laterale Länge nimmt um etwa 12—14% stärker zu als die mediale Länge, doch ist es schwer zu bestimmen, wieviel von dieser Vergrößerung infolge der Drehung der Trochlea erfolgt ist und wieviel auf die Verlängerung des *Tuberculum maius* zu beziehen ist. Diese Vergrößerung der Muskelansätze ist unvergleichlich viel stärker als am Oberschenkel.

Diese auffallende Erscheinung ist zurückzuführen auf die anatomischen Eigentümlichkeiten an der Vorderextremität der Huftiere. Der Schultergürtel ist bekanntlich hier unvollständig: es fehlt eine knöcherne und gelenkige Verbindung zwischen Thorax und Extremität. Die Vorderextremität ist also ausschließlich durch Muskeln mit dem Rumpfe verbunden. Bei alten Bullen bedeutet dies ein Gewicht von etwa zehn Zentnern, das ausschließlich durch Muskelkraft getragen werden muß. Die Verstärkung dieser Muskeln erfordert vergrößerte Ansatzpunkte und dies führt, da diese Muskeln am Schulterblatt und am proximalen Teile des Humerus ansitzen, einerseits zu der noch zu besprechenden außerordentlichen Vergrößerung der Scapula, andererseits zu der Verstärkung des oberen Kopfes des Humerus. Da infolge der Eigentümlichkeiten des Schädels das Gewicht der Vorhand bei alten Bullen immer mehr zunimmt, so äußert sich dies auch an dem oberen Ende des Humerus, der bei alten Bullen unförmig vergrößert ist. Nun ist es nicht allein die Vergrößerung der mit dem Rumpfe verbindenden Muskulatur, die diese Verstärkung der Muskelansätze bewirkt; die Vergrößerung der Scapula bedingt vielmehr auch eine Verstärkung der Muskeln, die Schulterblatt und Oberarm verbinden und die gleichfalls am oberen Ende des Humerus ansetzen. Zudem besteht die Notwendigkeit, das Schultergelenk, das aus entwicklungsgeschichtlichen Gründen eine große Bewegungsmöglichkeit besitzt, die aber für die Bewegung beim Wisent unzweckmäßig geworden ist, durch starke Muskelhemmungen in seiner Bewegungsfähigkeit zu beschränken.

Fassen wir kurz die gesamte Entwicklung des Humerus (Abb. 12, Taf. II) zusammen, so sehen wir, daß im Laufe der Altersentwicklung der distale Teil der Diaphyse seine Form im wesentlichen behält, die distale Epiphyse sich im Vergleiche zur Länge nicht unbedeutend verkleinert und die proximale Epiphyse sich mächtig vergrößert.



Proximales Ende des *Humerus*, caudale Ansicht. — Fig. 10 3 Mon. altes ♂ Kalb (960). — Fig. 11 Sehr alter Stier (95). — Altersveränderungen des *Caput* und des *Tuberculum maius*.

### Tibia.

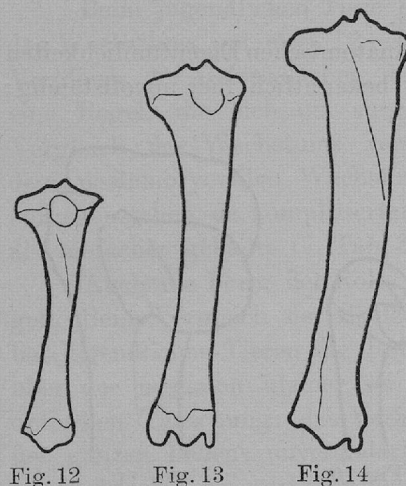
Während die bisher besprochenen proximalen Extremitätenknochen Femur und Humerus größtenteils ursprüngliche Formverhältnisse zeigen, machen sich an der Tibia (s. Tab. 5 und Fig. 12—14) Erscheinungen bemerkbar, die im Zusammenhange stehen mit der für die Huftiere charakteristischen Entwicklung des distalen Teiles der Extremität. Es ist dies in erster Linie die Verminderung der Zehenzahl und die damit im Zusammenhange stehende Rückbildung der Muskulatur.



In den Eigentümlichkeiten des Längenwachstums stimmt das Schienbein mit dem Oberschenkelknochen überein. Es ist etwas länger als dieser, seine Länge ist stets fast genau 102% der Länge des Femur. Zwar verknöchert die distale Epiphyse einige Monate früher

vollständig als die Epiphysen der anderen großen Extremitätenknochen, doch ist dies ohne Einfluß auf die Größenverhältnisse. Was über sonstige Eigentümlichkeiten des Längenwachstums beim Femur gesagt wurde, kann auch für die Tibia gelten.

Die Form der proximalen Gelenkfläche der Tibia ist sehr großen individuellen Schwankungen unterworfen; häufig sind die Gelenkfacetten deformiert und an den Rändern eingedrückt. Da mir infolgedessen das Längenmaß häufig nicht ganz einwandfrei erschien, habe ich noch ein zweites Längenmaß der Tibia genommen (2, Tab. 5). Beim Abnehmen dieses Maßes „Größte Länge“ machte sich eine Altersveränderung am distalen Ende des Knochens störend bemerkbar. Den vorderen Rand des distalen Endes des Knochens bilden drei Höcker, die durch tiefe Einfurchungen deutlich getrennt sind. Im allgemeinen ist der mittlere von diesen Vorsprüngen der distal am weitesten hervorragende. Bei alten Stieren dagegen verlängert sich der mediale Fortsatz so weit, daß er über die anderen vorragt. Eine Erklärung dieser



Rechte Tibia, Vorderansicht. —  
Fig. 12 3 Monate altes ♂ Kalb (960). —  
Fig. 13 2 jähriger Stier (948). —  
Fig. 14 Sehr alter Stier (95).

Veränderung ist kaum zu geben. Als Meßpunkt wurde stets der distalste Punkt des mittleren Höckers verwendet.

Die Störungen, die infolge der erwähnten Deformationen der proximalen Gelenkfläche auftreten, sind jedenfalls nicht erheblich, denn die Benutzung des zweiten Längenmaßes ergab keine merklichen Änderungen der Verhältnisse.

Die Ausbildung des proximalen Teiles ist im wesentlichen abhängig von der Entwicklung der Gelenkfläche. Da sich im Kniegelenk die Gelenkflächen des *Os femoris* und der Tibia nur an verhältnismäßig kleinen Stellen berühren, im übrigen durch die *Menisci* getrennt sind, so paßt sich die Form der oberen Gelenkfläche der Tibia nur in den Größenverhältnissen, nicht aber in den Formeinzelheiten der Gestalt der Rollen des Oberschenkels an. Die Entwicklung der Breite der Gelenkfläche und damit des Kopfes (3, Tab. 5) entspricht ungefähr der distalen Epiphyse des Femur. Beim jugendlichen Tiere verhältnismäßig groß angelegt, geht die Breite im ersten Lebensjahr im Vergleiche zur Längenentwicklung des Knochens um etwa 10% zurück. Später schließt sich die Wachstumsgeschwindigkeit der Längenentwicklung an. Die Form der Gelenkfläche verändert sich sehr viel stärker (Fig. 15, 16). Bei jugendlichen Tieren sind die Gelenkfacetten, die durch eine schmale, teilweise nur 1 mm breite Leiste getrennt sind, stets länger als breit. Mit dem Alter nimmt die Breite zu, sodaß die Breite jeder der Facetten ihren Längsdurchmesser bei erwachsenen Tieren übertrifft. Das Längenwachstum (in dorsoplantarer Richtung) bleibt also erheblich hinter dem Breitenwachstum zurück. Die beiden Abteilungen der Gelenkfläche rücken auch mit dem Alter weiter auseinander, sodaß sich zwischen ihnen ein verhältnismäßig breiter Kamm



bildet, der nicht von Gelenkknorpel überzogen ist. Leider war es technisch nicht möglich, diese Formen durch Maße genau zu bestimmen.

Infolge der Altersveränderungen der Muskel- und Bandansätze erfährt der proximale Kopf der Tibia keine bedeutende Umwandlung. Die Condylen und die übrigen um den Rand der Gelenkfläche liegenden Ansätze werden zwar im Alter größer und deutlicher ausgeprägt, doch übt das auf die Gesamtform des Knochens keinen stärkeren Einfluß aus.

Der distale Kopf erfährt keine bedeutenden Alters- und Wachstumsveränderungen. Seine Gelenkfläche paßt sich morphologisch der Form der anstoßenden kleinen Knochen *Calcaneus*, *Talus* und *Os malleolare* an. Die Entwicklung verläuft demnach auch entsprechend der dieser Knochen. Muskel- und Bandansätze treten auch bei älteren Tieren nicht sehr deutlich in Erscheinung.

An der Diaphyse verhalten sich, ähnlich wie beim Humerus, der proximale und der distale Teil verschieden. Der proximale Teil dient im wesentlichen als Übergangsstück von der schlanken distalen Hälfte zu der breiten proximalen Gelenkfläche. Wie schon an anderer Stelle erwähnt, treffen wir an jugendlichen Extremitätenknochen die Erscheinung an, daß die Diaphyse kräftiger entwickelt ist, als es nach den statischen Verhältnissen erforderlich wäre. Bei der raschen Gewichtszunahme ändert sich diese Sachlage aber bald, sodaß eine Verstärkung der Diaphyse erforderlich wird. An der Tibia geschieht dies nun zum Teil in der Weise, daß zunächst das proximale Ende sich vergrößert und die Verstärkung sich allmählich distalwärts ausbreitet. Dadurch verschiebt sich die schmalste Stelle der Tibia distalwärts. Während bei jugendlichen Tieren die schmalste Stelle des Knochens an der Stelle liegt, die die Länge des Knochens im Verhältnis 2:3 teilt, verschiebt sich diese Stelle bei erwachsenen Tieren an den Punkt, der die beiden unteren Viertel der Länge des Knochens trennt. Der Querschnitt des proximalen Teiles der Tibia ist beim jungen Tier fast gleichseitig dreieckig, da die *Crista* schon embryonal deutlich entwickelt ist. Die Form dieses Querschnittes bleibt während des ganzen Lebens annähernd erhalten, obwohl das Wachstum der einzelnen Teile ungleichmäßig ist. Das Breitenwachstum nimmt, entsprechend der Entwicklung der proximalen Epiphyse mit dem Alter beträchtlich zu; dagegen hält das Wachstum der dorso-plantaren Dimension nicht Schritt. Infolge der Vergrößerung der ansitzenden Muskeln wird aber die *Crista tibiae* bei älteren Tieren höher. Daher bleibt der ungefähre Querschnitt des Knochens erhalten; infolge des Zurückbleibens des Wachstums entsteht an der lateralen Seite der *Crista* eine tiefe Mulde, sodaß die *Crista* bei älteren Tieren als scharfer Kamm hervortritt.

Die distale Hälfte der Diaphyse zeigt infolge der veränderten anatomischen Verhältnisse ein völlig anders geartetes Wachstum, als am Oberschenkel und Oberarm beobachtet werden konnte. Während bei diesen Knochen die Diaphyse allseitig von Muskulatur umgeben ist, liegen an der Tibia die mediale Seite ganz, die laterale distal fast unmittelbar unter der Haut, dorsal und plantar dagegen sind Muskeln und starke Sehnen angelagert. Die

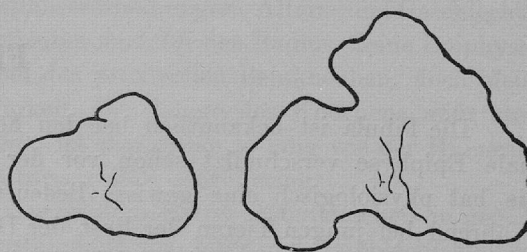


Fig. 15

Fig. 16

Proximale Gelenkfläche der Tibia. — Fig. 15 3 Monate altes ♂ Kalb (960). — Fig. 16 Sehr alter Stier (95).



durch die vermehrte Belastung der Extremität während des Wachstums notwendig werdende Verstärkung des Knochens paßt sich diesen Verhältnissen an. Schon beim neugeborenen Tier ist die Diaphyse dorsoplantar abgeplattet und diese Abplattung wird mit zunehmendem Alter noch stärker. Die Breite der Diaphyse vergrößert sich auf das Zweieinhalbfache, verglichen mit dem Längenwachstum des Knochens, um mehr als 20%; dabei bestehen allerdings individuell recht beträchtliche Unterschiede. Das Wachstum des Durchmessers ist zwar auch nicht unbedeutend, es bleibt aber gegenüber dem Breitenwachstum durchschnittlich um etwa 6% zurück.

### Fibula.

Die Fibula ist bekanntlich bei den höheren Huftieren sehr stark reduziert. Die proximale Epiphyse verschmilzt schon vor der Geburt mit dem lateralen Condylus der Tibia. Sie hat physiologisch eine gewisse Bedeutung als Ansatzstelle des lateralen Gelenkbandes. Während bei jungen Tieren der Rest der Diaphyse der Fibula nicht verknöchert, entwickelt sich bei älteren Tieren, beginnend im zweiten Lebensjahre, ein wenige mm starker Knochenzapfen, der sich in höherem Alter ventral verlängert und bei alten Stieren mehrere cm lang werden kann. Er ist ohne erhebliche funktionelle Bedeutung.

Die Stelle, an der bei ursprünglicheren Huftieren die Diaphyse der Fibula gelegen sein mag, nimmt ein bindegewebiger Strang ein. Bei alten männlichen Tieren, die ja überhaupt sehr zu Zubildung von Knochengewebe neigen, kommt es vor, daß dieser Gewebestrang verknöchert und ein bis zu 10 cm langer, 3—5 mm dicker, zwischen der Muskulatur frei beweglicher Knochenstab entsteht. Wie gesagt, ist diese Bildung, die ohne physiologische Bedeutung ist, als Altersmerkmal aufzufassen.

Das distale Ende der Fibula ist bei allen Wiederkäuern als eigenartig geformtes Knöchelchen erhalten, das sog. *Os malleolare*. Es bildet proximal mit der Tibia, distal mit dem Calcaneus Gelenke, deren Flächen ziemlich kompliziert sind. Obwohl die Bewegungsmöglichkeit gegenüber der Tibia äußerst klein ist, kommt eine Synostose auch bei älteren Tieren nur ausnahmsweise vor. Die physiologische Bedeutung ist aber jedenfalls gering und so bleibt auch das Wachstum gegenüber dem der anderen Extremitätenknochen um etwa 50%, also sehr bedeutend, zurück. Die Form des Knochens ändert sich bei großer individueller Variabilität wenig. Immerhin nimmt die Breite bei ♀♀ um etwa 18%, bei ♂♂ um etwa 25% stärker zu als die Höhe (vgl. 9, 10, Tab. 10).

Die Fibula ist also, obwohl sich einige Reste dauernd erhalten, ein völlig bedeutungsloser Bestandteil des Skelettes.

### Radius — Ulna.

In der Form des Radius besteht eine gewisse Übereinstimmung mit der Tibia insofern, als sich hier wie dort ein Einfluß der Vereinfachung des Aufbaues des distalen Teiles der Extremität bemerkbar macht. Da das proximale Gelenk, an dessen Bildung der Radius beteiligt ist, das Ellenbogengelenk, in seinen Formen schärfer ausgeprägt und dafür nicht



so umfangreich ist wie das Kniegelenk und da die Muskelendigungen zum großen Teil auf die Ulna übertragen sind, so ist das proximale Ende des Radius nicht auffällig groß. Die einzelnen Teile des Knochens sind ziemlich gleichmäßig stark entwickelt.

Während die bisher besprochenen langen Extremitätenknochen in der Ruhe in einem mehr oder weniger großen Winkel zur Horizontale stehen, ist die Stellung des Radius in der Ruhe eine fast genau senkrechte; seine statische Funktion kommt daher der einer Säule gleich. Die durch die Zunahme des Gewichtes entstehenden Altersveränderungen sind hier in deutlicherer Weise als an den proximalen Beinknochen zu beobachten.

Das Längenwachstum des Radius schließt sich vollständig dem von Femur, Tibia und Humerus an; was bei diesen Knochen über Wachstumserscheinungen, Alters- und Geschlechtsunterschiede festgestellt wurde, gilt in allen Einzelheiten auch für den Radius. Seine Epiphysen verwachsen zwar um einige Monate früher als bei den proximalen Beinknochen, doch bleibt das ohne Einfluß auf die Wachstumsgeschwindigkeit. Die Länge des Knochens mißt stets fast genau 78% von der des Oberschenkelknochens, ist also genau so lang wie der Humerus; die individuellen Verschiedenheiten dieses Verhältnisses sind sehr gering.

Die Erscheinung, daß die Längenmaße der vier größten Extremitätenknochen in gegenseitigen Größenverhältnissen stehen, die völlig unbeeinflusst von Alter und Geschlecht bleiben, ist als außerordentlich bemerkenswert anzusehen. Denn wir sehen, daß die funktionelle Inanspruchnahme dieser Knochen eine durchaus verschiedene ist. Eine Ursache dieser Erscheinung ist wohl nicht anzugeben. Es ist bekannt, daß derartige konstante Verhältnisse am ganzen Skelett außerordentlich selten anzutreffen sind, da ja fast stets die ursprünglich wohl allgemein verbreiteten einfachen Verhältnisse durch eine Unmenge von Faktoren, die die einzelnen Größen beeinflussen, verändert und verwirrt werden. So sind z.B. am Schädel der Säugetiere fast nur gewisse Formverhältnisse der Zähne so konstant, daß sie für genaue vergleichende Untersuchungen verwendbar bleiben. Sollte sich bei weiteren Untersuchungen herausstellen, daß die Größenverhältnisse der großen Beinknochen sich auch bei anderen Tieren ähnlich verhalten wie beim Wisent, so wäre dies von unschätzbarem Werte für die vergleichend-osteologische Forschung. Denn diese großen Knochen sind leicht zu beurteilen und zu messen, ihre Länge kann auch an jedem lebenden Tiere bequem festgestellt werden und zudem sind sie von erloschenen Formen ziemlich häufig erhalten. Für diese Untersuchung des gesamten Skelettes eines Tieres bietet jedenfalls dieses konstante Größenverhältnis der großen Beinknochen eine sehr brauchbare Grundlage.<sup>1)</sup>

Die Form der proximalen Gelenkfläche des Radius paßt sich der Trochlea des Humerus vollständig an. Was über die Einzelheiten der Form der Trochlea und ihrer Altersveränderungen oben gesagt wurde, gilt also auch hier. Die Breite des Gelenkes ist bei jungen Tieren verhältnismäßig groß (4, Tab. 6) und bleibt hinter dem Längenwachstum um etwa 12% zurück. Der dorsovolare Durchmesser (5) steht während des ganzen Lebens unverändert im gleichen Größenverhältnis zur Breite des Gelenkes. An der lateralen und medialen Seite des proximalen Kopfes ragen die Bandhöcker, die dem Ansätze der seitlichen Gelenkbänder dienen, einige mm über die Gelenkfläche vor. Ihre Form ist zwar bei älteren Tieren

<sup>1)</sup> Da von anderen Autoren als Längenmaß des Radius vielfach die mediale Länge verwendet wurde, habe ich auch dieses Maß in die Tabelle eingetragen, um Vergleiche mit anderen Arbeiten jederzeit zu ermöglichen.



schärfer ausgeprägt und ihre Oberfläche rauher, doch verändern sie während des gesamten Wachstums die Form des Kopfes nicht merklich (3).

Die distale Gelenkfläche des Radius ist infolge des Umstandes, daß ihr drei sehr unregelmäßig geformte Carpalknochen gegenüberliegen, sehr kompliziert gebaut. Da die Form dieser Carpalknochen individuell sehr verschieden ist, so sind auch die Verschiedenheiten der Gelenkfläche am Radius groß. Entsprechend der Entwicklung des Carpus ist die Breite (8) der Gelenkfläche bei jugendlichen Tieren groß und nimmt langsamer zu als das Längenwachstum des Knochens. Da infolge der erwähnten Variabilität der Form der Carpalknochen die Maße der einzelnen Gelenkflächen weniger genau sind, so wurde das in diesem Falle zuverlässigere Breitenmaß der Epiphyse zur Beurteilung der Wachstumsverhältnisse herangezogen. Durch die ansetzenden Gelenkbänder wird die Form der distalen Epiphyse nicht beeinflusst. Das Wachstum der Breite der Epiphyse (7) bleibt hinter dem Längenwachstum im ersten Lebensjahre um etwa 10% zurück. Im späteren Alter paßt sich die Wachstumsgeschwindigkeit der des Längenwachstums an und es tritt dann keine Veränderung der Formverhältnisse mehr auf.

Die Form der Diaphyse, wie des ganzen Knochens, ist stark dorsoventral komprimiert. Es ist dies eine Folge statischer und mechanischer Verhältnisse; sowohl das proximale wie das distale Gelenk sind sehr breit und in ihrer Form bestimmt einerseits durch die breite und schlanke Trochlea des Humerus, andererseits durch die drei nebeneinander liegenden Carpalknochen der proximalen Reihe des Carpus, die mit dem Radius gelenken. Da sowohl das Ellenbogen- wie das Carpalgelenk einen sehr großen Bewegungsumfang besitzen, so kann sich, ohne die Bewegung zu hindern, nur eine beschränkte dorsoventrale Stärke des Radius entwickeln, während einer Verbreiterung ähnliche Beschränkungen nicht im Wege stehen.

Die Verbreiterung des Radius ist schon in der Anlage gegeben; embryonal weicht die Form des Knochens frühzeitig von den ursprünglich für primitivere Säuger geltenden Verhältnissen ab. Beim neugeborenen Tier ist eine, wenn auch wenig bedeutende Abplattung feststellbar. Auf zunehmende Belastung reagiert die Diaphyse des Radius mit Verbreiterung und zunehmender Abplattung. Die mit dem Alter eintretende Verstärkung des Knochens drückt sich also zum größten Teile in der Verbreiterung aus. Die klare Erfassung dieser Wachstumsveränderung ist dadurch erschwert, daß es bei älteren Tieren nicht möglich ist, den dorsoventralen Durchmesser der Diaphyse einwandfrei zu messen, da der mittlere Teil des Radius mit der Ulna verschmilzt und die Grenzen der beiden Knochen dann rasch verwischt sind und deshalb nicht mehr festgestellt werden können.

Die Zunahme der Breite der Diaphyse (6) während des Wachstums ist sehr bedeutend. Während bei jungen Tieren der Radius in der Mitte eingeschnürt erscheint, ist dieser Knochen bei älteren Tieren vom proximalen bis zum distalen Ende fast an jeder Stelle gleich breit (vergl. Abb. 13 Taf. II). Verglichen mit dem Wachstum der Länge der Speiche, nimmt die Breite in der Mitte des Knochens bei Kühen etwa 15%, bei Stieren etwa 25%, in hohem Alter sogar bis zu 40% mehr zu. Es erscheint dies leicht verständlich, da ja die ganze Verstärkung des Knochens sich lediglich in einer Verbreiterung auswirken kann.

Die Ulna spielt am Skelett der Wiederkäuer bekanntlich keine selbständige Rolle mehr; sie ist ein Hilfsorgan des Radius. Das proximale Ende dient als Muskelansatz des Unterarmes, kleine Abschnitte vergrößern die proximale und distale Gelenkfläche des Radius und das mittlere Stück dient zur Verbindung mit dem Radius und Verstärkung dieses Knochens.



Die gesamte Länge der Ulna ist ungefähr um ein Drittel größer als die des Radius. Da das Olecranon als Muskelansatz sich mit der Verstärkung der Muskeln vergrößert, ist die Zunahme der gesamten Länge der Ulna um etwa 8% größer als die des Radius (9).

Am Olecranon, als dem wichtigsten Muskelansatzpunkt und Kraftarm des Unterarmes, ist die Altersvergrößerung unter dem Einfluß des zunehmenden Gewichtes besonders deutlich zu beobachten. Die Länge dieses Fortsatzes vergrößert sich im Laufe des Wachstums auf das Vierfache. Vergleichen wir dieses Wachstum mit dem Längenwachstum des Radius (11), so sehen wir, daß das Olecranon bei weiblichen Tieren um 40%, bei männlichen um 60%, bei alten Stieren auch noch darüber, mehr zunimmt als die Länge des Radius. Der dorso-volare Durchmesser (13) bleibt hinter dem Längenwachstum des Olecranon erheblich zurück. Der bei jungen Tieren kurze und plumpe Fortsatz wird im Alter länger und schlanker. Die Epiphyse, die das äußere Ende des Fortsatzes einnimmt, verschmilzt mit dem Hauptstück zu gleicher Zeit wie die übrigen Epiphysen der langen Extremitätenknochen.

Die Ulna vergrößert dorsal die proximale Gelenkfläche des Radius nicht unbeträchtlich. Dieser Teil unterliegt denselben Wachstumsgesetzen wie die übrigen Gelenkköpfe; er ist bei jugendlichen Tieren verhältnismäßig groß und nimmt besonders im ersten Jahre im Vergleich mit der Länge des Unterarmes beträchtlich ab, insgesamt etwa um 40% (10). Der größte Durchmesser der Ulna am *Processus anconaeus* steht während des ganzen Lebens im gleichen Größenverhältnis zur Länge des Unterarmes; dadurch, daß einerseits der Gelenkteil dieser Knochenpartie ein verlangsamtes Wachstum, das Olecranon andererseits auch an seiner Basis ein verstärktes Wachstum aufweist, kommt ein gewisser Ausgleich des Wachstums dieser Partie zustande.

Distal schließt an die Gelenkfläche für das Ellbogengelenk eine unregelmäßig geformte, mit Gelenkknorpel überzogene Gelenkfläche an, der eine gleichartige korrespondierende Fläche an der Volarseite des Radius entspricht. Eine Bewegung findet zwischen diesen Gelenkflächen nicht statt. Jedoch verwachsen die beiden Knochen an dieser Stelle nur ganz ausnahmsweise bei sehr alten Individuen.

Der mittlere Teil der Ulna ist eine ziemlich schwache Knochenspanne von dreieckigem Querschnitt, die keine auffälligen Wachstums- und Altersveränderungen zeigt. Sie beginnt vom fünften Lebensjahre an mit dem Radius zu verschmelzen, doch bleibt im proximalen Drittel stets ein *Spatium interosseum* von mehreren cm Länge bestehen.

Die distale Epiphyse der Ulna, die an dem Gelenke gegenüber dem *Os carpi ulnare* Anteil nimmt, verschmilzt mit der Epiphyse des Radius schon im Alter von 6—8 Monaten; dagegen tritt die Verschmelzung mit der Diaphyse erst im vierten Jahre ein. Der volare Rand dieser Epiphyse ist als *Processus styloideus ulnae* distal verlängert. Er überragt die carpale Gelenkfläche, ragt jedoch distal nicht weiter als das mediale Ende des Radius vor, da die carpale Gelenkfläche des Radius schräg zur Achse des Knochens liegt, wobei das mediale Ende der Gelenkfläche distalwärts verschoben ist.

Diese Lage der distalen Gelenkfläche des Radius und der Ulna entwickelt sich post-embryonal erst allmählich. Beim Neugeborenen bildet die Gelenkfläche mit der Längsachse des Radius noch annähernd einen rechten Winkel und die Vergrößerung dieses Winkels tritt erst allmählich mit Zunahme der Körpermasse ein. Die Ursache dieser Erscheinung ist dieselbe, die die eigenartige ähnliche Drehung der Trochlea des Humerus bewirkt. Durch die relative Verbreiterung des Thorax in höherem Alter werden die Vorderextremitäten nach der Seite



gedrängt. Die besprochene Veränderung des Schultergelenkes erzielt zum Ausgleich dieser Entwicklung eine Einwärtsstellung der freien Extremität. Nun ist aus verschiedenen anatomischen und physiologischen Gründen ein schräges Aufstellen der Extremität auf den Boden nicht günstig. Der Metacarpus steht daher auch immer annähernd senkrecht zum Boden. Es ist also notwendig, daß sich noch eine weitere Knickung der Extremität im Carpalgelenk bildet. Diese Knickung kommt überwiegend durch die Drehung der distalen Gelenkfläche des Unterarmes zustande. Entsprechend dem Gesagten ist der Grad dieser Drehung abhängig von der Brustbreite des Tieres; er ist also bei älteren und männlichen Tieren größer als bei jüngeren und weiblichen. Wie weiter unten gezeigt wird, beeinflußt die erwähnte Knickung in ähnlicher Weise die proximale Gelenkfläche des Metacarpus. Es ist mir auch hier leider nicht möglich gewesen, genaue Maße abzunehmen.

### Carpus.

Der Carpus besteht beim Wisent stets aus 6 Knochen. Von den vollzählig erhaltenen Bestandteilen der proximalen Reihe beteiligen sich das *Os carpi radiale*, *intermedium* und *ulnare* an dem mit dem Radius gebildeten Gelenk; letzteres korrespondiert auch teilweise mit der Gelenkfläche der Ulna. Das *Os accessorium* ist nur mit dem *Os ulnare* gelenkig verbunden. In der distalen Reihe fehlt stets das *Os carpale primum*, das sonst bei Wiederkäuern häufig rudimentär erhalten ist. Das *Os carpale secundum* und *tertium* verwachsen zu einem Knochen, der Gelenkflächen auf der proximalen Seite gegen das *Os carpi radiale* und *intermedium*, nach der medialen gegen das *Os carpale quartum* und distal gegen den Hauptmetacarpus bildet. Ähnlich besitzt das *Os carpale quartum* Gelenkflächen gegenüber dem *Os intermedium* und *ulnare*, dem *Os carpale II + III* und dem Metacarpus. Infolge dieser vielen, häufig noch geteilten und gekrümmten Flächen ist die Form der Carpalknochen äußerst kompliziert. Die Abnahme genauer, für Altersuntersuchungen brauchbarer Maße ist nahezu unmöglich. Bei der geringen absoluten Größe der Maße wäre es erforderlich, die Maße auf Bruchteile von mm genau feststellen zu können; die Unregelmäßigkeit der Form dieser Knochen läßt jedoch eine genaue Messung nicht zu. Zudem ist die individuelle Verschiedenheit der Formeinzelheiten auffälligerweise recht groß. Es war daher leider nicht möglich, die vergleichend-anatomisch in verschiedener Beziehung so interessanten Carpalknochen zu einer eingehenden Untersuchung heranzuziehen.

Bei einem Vergleich der einzelnen Carpalknochen von Tieren verschiedenen Alters ist zu erkennen, daß mit zunehmendem Alter die einzelnen Knochen verhältnismäßig niedriger und breiter werden. Diese Erscheinung ist besonders deutlich an den beiden Knochen der distalen Reihe. Trotz der geschilderten Schwierigkeiten habe ich versucht, die wichtigsten Maße eines der Carpalknochen, des *Os intermedium*, an Hand von Maßen eingehender zu untersuchen. Eine Betrachtung der Maßtabelle (3, 4, 5, Tab. 7) zeigt, daß die individuellen Unterschiede so groß sind, daß es schwierig ist, Alters- oder Geschlechtsunterschiede genauer festzustellen. Das Größenwachstum ist im Alter von zwei Jahren völlig abgeschlossen. Das Geschlecht ist von dieser Zeit an an der verschiedenen absoluten Größe erkennbar. Die Formverhältnisse ändern sich in der ganzen Lebenszeit wenig, nur die Breite nimmt etwas stärker zu als die anderen Maße.



Da an der von Gelenkflächen freien Oberfläche der Knochen nur kleinere Bänder ansetzen, ändert sich die Oberfläche im Alter wenig. Kein Teil des Skelettes bietet in seiner Oberflächengestaltung so wenig Anhaltspunkte zur Altersbestimmung, die fast nur auf Grund der absoluten Größenverhältnisse möglich ist, wie die Carpalknochen.

In jeder Beziehung eine abweichende Stellung nimmt das *Os accessorium* ein. An diesem Knochen sitzen proximal, distal und volar kräftige und funktionell wichtige Bänder an. Die Stärke dieser Bänder nimmt mit der Größen- und Gewichtszunahme des Tieres erheblich zu. Dementsprechend vergrößert sich auch das *Os accessorium* sehr bedeutend und wird besonders umfangreich bei den sehr schweren alten männlichen Tieren. Das freie Ende des ursprünglich plattenförmigen Knochens verdickt sich bei älteren Tieren keulenartig. Zudem verknöchern an der Oberfläche allmählich Teile der ansitzenden Bänder, sodaß die ganze Oberfläche des Knochens mit Ausnahme der Gelenkfläche das rauhe Aussehen der Muskelansätze bekommt. Das *Os accessorium* vergrößert sich also bedeutend stärker als die übrigen Knochen des Carpus.

Betrachten wir den Carpus im Zusammenhange, so haben wir einen Gelenkbestandteil vor uns, der trotz mancher Vereinfachungen viele ursprüngliche komplizierte Merkmale bei vereinfachter Funktion aufweist. Bei den Boviden ermöglicht das Carpalgelenk eine Beugung und Streckung, die infolge des eigenartigen Bewegungsablaufes sowohl eine gewisse Torsion einschließt, als auch eine geringe seitliche Beweglichkeit des Metacarpus gestattet. Verloren gegangen ist dagegen die Möglichkeit der Pronation und Supination, wie die selbständige Ab- und Adduktion. Statt eines einfachen für diese Bewegung erforderlichen Gelenkes treffen wir hier ein ganz kompliziertes Gebilde an; sind doch an den sechs Knochen des Carpus nicht weniger als 21 Gelenkflächen festzustellen. Es ist erstaunlich, mit welcher Zähigkeit sich die Kompliziertheit dieses Gelenkes erhalten hat. Diese Verhältnisse bilden durchaus keinen Vorteil für die Funktion; sie sind lediglich aus der Phylogenie zu erklären.

Wenn sich nun das Wachstum des Carpalgelenkes den Regeln entsprechend verhält, die aus der Beobachtung der bisher besprochenen Gelenke abgeleitet wurden, daß nämlich das Wachstum komplizierter gebauter Gelenke verhältnismäßig früh verlangsamt und beendet wird und daher diese Gelenke bei jungen Tieren stets verhältnismäßig groß angelegt sind, so muß dies für das Carpalgelenk in besonders ausgeprägter Weise zutreffen. Das ist in der Tat der Fall. Das Carpalgelenk ist beim jungen Kalb verhältnismäßig sehr groß und bleibt bald hinter dem Wachstum der übrigen Körperteile sehr erheblich zurück. So ist das Wachstum der Länge oder Höhe insgesamt um etwa 40% geringer als das der oben besprochenen langen Extremitätenknochen (1, Tab. 7). Das Wachstum des Carpus ist größtenteils schon im ersten, vollständig aber am Ende des zweiten Jahres abgeschlossen. Die Breite scheint bei älteren Tieren noch etwas zuzunehmen, doch bestehen hierin, wie in der ganzen Form des Carpus, sehr große individuelle Unterschiede (2).

Wenn es aus den erwähnten Gründen nahezu unmöglich ist, am Carpus zuverlässige Maße abzunehmen, so hat man doch den Eindruck, daß bei älteren Tieren die Form dieses Gelenkes verhältnismäßig kürzer und breiter ist als bei ganz jungen. Nun ist in der Phylogenie der Huftiere eine Entwicklung in der Weise zu beobachten, daß bei fortgeschrittenen Tieren das Carpalgelenk verhältnismäßig kürzer wird. Man könnte also geneigt sein zu denken, daß hier ein Parallelismus zwischen ontogenetischer und phylogenetischer Entwicklung vorliegt. Das ist aber sicher nicht der Fall. Die Verbreiterung des Carpus ist



eine Teilerscheinung der Verstärkung der ganzen Extremität, die unter dem Einfluss der ungeheuren Gewichtszunahme bei älteren Tieren eintritt. Diese nämliche Gewichtszunahme hemmt andererseits das Höhenwachstum des Carpus. Die Verkürzung des Carpus aber ist nur eine scheinbare, entstehend durch das sekundäre Breitenwachstum.

### Metacarpus.

Das Längenwachstum des Metacarpus verhält sich vollkommen anders als das der bisher besprochenen proximalen vier langen Extremitätenknochen. Beim neugeborenen Tiere ist der Hauptmetacarpus im Verhältnis zum übrigen Körper sehr lang. Das Wachstum ist zunächst dem anderer Körperteile entsprechend, bleibt aber hinter dem der proximalen Teile der Extremität zurück, um fast plötzlich im Alter von etwa einem Jahre aufzuhören. Spätestens mit eineinhalb Jahren ist das Längenwachstum des Metacarpus abgeschlossen. Bei sehr alten männlichen Tieren wird schließlich der Hauptmittelfußknochen kürzer. Diese Verkürzung beträgt nur einige mm, ist aber mit Sicherheit festzustellen. Eine derartige Erscheinung ist bisher meines Wissens bei keinem Säugetier zur Beobachtung gekommen.

Vergleichen wir das Wachstum des Metacarpus mit dem der proximalen Beinknochen (1, Tab 8), so ist festzustellen, daß das Längenwachstum im ersten Jahre um etwa 15% hinter dem dieser Knochen zurückbleibt. In späteren Jahren, in denen ja kein Längenwachstum mehr stattfindet, vergrößert sich dieser Unterschied noch um 10% bei weiblichen, um etwa 20% bei männlichen Tieren.

Um die Beobachtung dieser interessanten Verhältnisse sicherzustellen und Nachprüfungen zu erleichtern, habe ich drei verschiedene Längenmaße gemessen und in der Tabelle angegeben (1, 2, 3).

Wie sind nun diese eigenartigen Wachstumserscheinungen zu erklären?

Bei der Beantwortung dieser Frage sind Eigentümlichkeiten morphologischer und physiologischer Natur zu berücksichtigen.

Der Hauptmittelfußknochen der Wiederkäuer ist bekanntlich entstanden durch Verschmelzung des dritten und vierten Metacarpalknochens. Postembryonal ist diese Vereinigung noch zu erkennen an der teilweisen Längsteilung des Markraumes, einer seichten Längsrinne an der dorsalen Oberfläche und der doppelten distalen Gelenkrolle. Da die übrigen Zehen und Mittelfußknochen nahezu vollständig rückgebildet sind, ist dieser Hauptmittelfußknochen um so stärker entwickelt.

Beim neugeborenen Tiere setzt sich dieser Knochen zusammen aus einer Diaphyse und einer zweigeteilten distalen Epiphyse. Eine proximale Epiphyse ist nicht vorhanden. Die distalen Epiphysen vereinigen sich mit der Diaphyse im dritten Jahre, einige Monate vor der Mehrzahl der Diaphysen der übrigen Extremitätenknochen; abgesehen davon, daß das epiphysäre Wachstum distal früh aufhört, ist hier nichts Auffälliges zu beobachten. Von erheblichem Einfluß auf die Gesamtentwicklung muß aber der Ausfall des proximalen epiphysären Wachstums sein.

Andererseits sind aber auch die eigenartigen statischen Verhältnisse am Metacarpus von Einfluß auf das Wachstum. Der Mittelfußknochen steht ziemlich senkrecht zur Horizontale. Er trägt also säulenartig das gesamte Gewicht der Vorhand. Gegenüber den pro-



ximalen Teilen der Extremität kommt hier zu dem Gewichte des Kopfes, Halses und Rumpfes auch noch das nicht unerhebliche der Extremität selbst. Bei alten Stieren beträgt das Gewicht, das auf einem Metacarpus ruht, etwa sechs Zentner. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Vorderextremität stets wesentlich stärker belastet ist als die Hinterextremität. Von den Verhältnissen am Radius, der ja auch eine säulenartig tragende Funktion besitzt, ist der Metacarpus insofern verschieden, als die Rückbildung der Nebenmetapodien soweit fortgeschritten ist, daß sie funktionell ganz bedeutungslos geworden sind, während die in Rückbildung begriffene Ulna immerhin den Radius noch merklich verstärkt und unterstützt. Von allen Teilen des Skelettes steht aber beim Wisent der Metacarpus unter dem größten Druck.

Diese Verhältnisse haben zur Folge, daß das Wachstum des Knochens gehemmt und, sobald ein gewisses Körpergewicht erreicht ist, beendet wird. Nun sahen wir weiter oben, daß das Gewicht alter Bullen stetig zunimmt und schließlich eine außerordentliche Höhe erreicht. Es erscheint verständlich, daß sich diese außergewöhnliche Wachstumserscheinung an der Stelle äußert, die der stärksten Belastung unterliegt, am Metacarpus. Und so, infolge eines eigenartigen Zusammentreffens morphologischer und physiologischer Eigentümlichkeiten, erscheint das ganz eigenartige Auftreten der Verkürzung eines Knochens erklärlich.

Soviel makroskopisch zu beobachten war, entsteht diese Verkürzung durch Schwund von Knochensubstanz am proximalen Ende des Knochens. Eine Klärung der ganzen Frage ist erst nach mikroskopischen Untersuchungen möglich, zu denen mir bisher geeignetes Material nicht zur Verfügung stand.

Eine eigenartige Folgeerscheinung des frühzeitigen Abschlusses des Wachstums ist die Tatsache, daß der Geschlechtsunterschied in der absoluten Größe, der an allen anderen Skeletteilen so auffällig ist, am Metacarpus kaum zu erkennen ist. Es ist dies leicht dadurch zu erklären, daß in dem Alter von einem Jahre, in dem das Wachstum des Metacarpus bereits aufhört, die Geschlechtsverschiedenheit im Größenwuchs sich erst zu entwickeln beginnt. Die Geschlechter sind daher am Metacarpus nur an anderen Merkmalen, insbesondere am Breitenwachstum, zu unterscheiden.

Das Wachstum der proximalen Gelenkfläche paßt sich hauptsächlich dem des Carpus an. Deutlicher, als dies an dem kompliziert gebauten Carpus möglich ist, kann man hier erkennen, daß die Breite der Gelenkfläche nicht unbeträchtlich zunimmt. Ihr Wachstum ist etwas später als das Längenwachstum des Knochens, etwa mit zwei Jahren, abgeschlossen; es übertrifft das der Länge bei weiblichen Tieren um etwa 5%, bei männlichen um bis zu 15% (4, Tab. 8). Die individuellen Größenunterschiede sind ziemlich bedeutend; sie betragen etwa 10%. Der Durchmesser vergrößert sich nicht in dem Maße (5) wie die Breite; sein Wachstum bleibt hinter dem Breitenwachstum um 5% und mehr zurück. Die Form der Gelenkfläche ändert sich also und wird bei älteren Tieren verhältnismäßig breiter<sup>1)</sup> (vgl. Fig. 17, 18).

<sup>1)</sup> Das Vorhandensein dieser Altersveränderungen und die starke individuelle Variabilität erscheinen

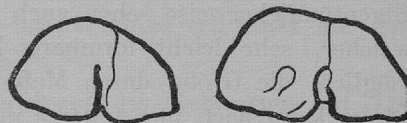


Fig. 17

Fig. 18

Proximale Gelenkfläche des *Metacarpus*. — Fig. 17 3 Monate altes ♂ Kalb (960). — Fig. 18 7 jähr. Stier (938). — Ein Vergleich der Figuren zeigt die geringen Wachstumsveränderungen, die sich fast ausschließlich in einer Verbreiterung äußern.



Die im Laufe des Wachstums auftretende, schon geschilderte Knickung der Extremität im Carpalgelenk wirkt sich auch in einer Veränderung der Form der proximalen Gelenkfläche des Metacarpus aus. Die laterale Gelenkfacette wird dabei distalwärts verschoben. Häufig sieht der Knochen an dieser Stelle aus, als ob er, aus einer weichen Substanz bestehend, hier eingedrückt wäre.

Am proximalen Ende des Metacarpus sehr alter Stiere bekommt man den Eindruck, als ob hier der oberste Teil des Knochens teils abgeschliffen, teils zusammengepreßt sei. Eigentümlicherweise sehen auch diese Erscheinungen aus, als ob sie an einem Körper von weicher, sehr leicht formbarer Substanz entstanden wären. Leider ist es hier ganz unmöglich, die Größe durch Maße genau festzustellen; eine genauere Erklärung dieser Vorgänge kann nach nur äußerer makroskopischer Untersuchung nicht gegeben werden.

Die Ansatzstellen der Gelenkbänder überragen die proximale Gelenkfläche beiderseits um einige mm. Sie sind in keiner Weise auffällig geformt und unterliegen keinen wesentlichen Altersveränderungen; nur bei sehr großen und alten Stieren tritt eine nicht sehr bedeutende Vergrößerung dieser Ansatzstellen ein (6).

Das distale Gelenk wächst nach dem Abschluß des Längenwachstums des Knochens noch weiter; so nimmt der größte Durchmesser der medialen Rolle (9) bei ♀♀ um etwa 5%, bei ♂♂ um 10, ja bis zu 15% stärker zu als die Länge des Knochens.

Grundsätzliche Formveränderungen erfährt der distale Gelenkkopf im Laufe des postembryonalen Wachstums nicht. Ich habe eine größere Anzahl von Maßen hier in erster Linie deshalb angegeben, um zu zeigen, daß die individuelle Variabilität, der ja alle Individuen und alle Körperteile in hohem Maße unterliegen, ohne daß wir ihre Ursachen erkennen können, daß diese Variabilität auch sehr bedeutend sein kann an Körperteilen, die eine ganz einseitig bestimmte Funktion besitzen und die sich im Alter nicht verändern. So zeigt dieser Gelenkkopf, dessen physiologische Bedeutung bei den einzelnen Tieren auf Grund anatomischer Verhältnisse nicht nennenswert verschieden sein kann, eine recht beträchtliche Formvariabilität.

Schon an der Trochlea des Humerus war zu beobachten, daß der vorspringende Kamm bei älteren Tieren zwar schärfer ausgeprägt, aber im Vergleich mit den umgebenden Teilen kleiner wird. Wir können diese Erscheinung auch an der Gelenkwalze des Metacarpus finden. Ein Vergleich des medialen Durchmessers dieser Rolle mit dem größten am Kamm gemessenen (10) zeigt, daß dieser sich im Alter um etwa 4% verringert; dabei ist allerdings die individuelle Variabilität, die bis zu 10% ausmachen kann, zu berücksichtigen.

Die beiden Rollen des distalen Kopfes sind bekanntlich nicht gleich groß, die mediale ist stets deutlich größer. Das gegenseitige Größenverhältnis der beiden Rollen verändert sich im Alter nicht; es unterliegt jedoch einer Variabilität von etwa 8–9%.

Die Breite des Gelenkkopfes nimmt stärker zu als die übrigen Dimensionen; dies er-

---

mir insofern erwähnenswert, als Hilzheimer (Wisent und Ur im K. Naturalienkabinett zu Stuttgart, Mitt. Vaterl. Verein f. Naturkunde. Stuttgart 1908) in der Form der proximalen Gelenkflächen des Metacarpus und Metatarsus Unterschiede zwischen *Bos taurus primigenius* Boj. und *B. bonasus priscus* H. v. Meyer angegeben und zur Artbestimmung verwendet hat. Ich habe diese Unterschiede verschiedentlich bestätigt gefunden; in anderen Fällen waren die Kennzeichen dagegen infolge der individuellen und Altersunterschiede verwischt und zur Bestimmung nicht brauchbar. Diese Unterscheidungsmerkmale dürfen also nur mit einer gewissen Vorsicht verwendet werden.



klärt sich in erster Linie daraus, daß der Zwischenraum zwischen den beiden Rollen, die bei neugeborenen Tieren fast aneinanderstoßen, allmählich größer wird und die Rollen divergieren. Diese Erscheinung wird verursacht durch die zunehmende Verstärkung der Zehen. Verglichen mit dem Längenwachstum des Knochens verbreitert sich das distale Gelenk verhältnismäßig bei Kühen um 6—7%, bei Stieren um mehr als 12, bei sehr alten und großen Bullen sogar bis zu 20%. Die individuelle Größenvariabilität bewegt sich um etwa 10% (13).

Die Verbreiterung der einzelnen Gelenkrolle dagegen (12) ist nur etwa halb so bedeutend. Die individuelle Variabilität der absoluten und relativen Maße schwankt hier um etwa 8%, steigt aber für einzelne Fälle auf das Doppelte.

Die bedeutendsten Altersveränderungen weist die Diaphyse des Metacarpus auf. Die anatomischen Verhältnisse sind hier sehr vereinfacht. Die breite Form wird größtenteils durch die anstoßenden Gelenke bestimmt. Insbesondere die Beweglichkeit des Carpalgelenkes schließt eine volare und dorsale Verstärkung der Diaphyse aus, während die Verbreiterung des Knochens nicht gehemmt wird. Der Einfluß der ansetzenden Bänder und Muskeln auf die Form des Knochens ist nicht erheblich.

Nun sahen wir weiter oben, daß die statische Bedeutung des Metacarpus fast genau die einer Säule und daß die Belastung dieses Knochens am stärksten von allen größeren Skelettknochen ist. Da nun auch infolge der einfachen anatomischen Verhältnisse die Entwicklungsmöglichkeiten fest bestimmt sind, so müssen wir annehmen, daß wir in der Verbreiterung der Diaphyse in denkbar deutlichster Weise die Reaktion des Knochens auf zunehmende Belastung beobachten können. Wenn auch ein vorerst nicht genau bestimmbarer Teil der Belastung durch innere Veränderungen des Knochens kompensiert wird, so können wir doch sehen, daß in natürlicher Folge der oben geschilderten morphologischen und physiologischen Verhältnisse die Zunahme der Breite der Diaphyse bedeutender ist als an irgend einem anderen Extremitätenknochen. In Beziehung gesetzt zur Länge des Knochens (6) nimmt nämlich die Breite der Diaphyse bei ♀♀ um etwa 20% zu, bei den viel schwereren ♂♂ (man bedenke, daß die Länge der Metacarpalia bei beiden Geschlechtern fast gleich ist!) um 60%, ja bei einigen sehr großen und alten Exemplaren sogar bis zu 100%. Daraus ergibt sich nicht nur ein bedeutender Alters-, sondern auch ein sehr auffälliger Geschlechtsunterschied in der Gesamtform des Knochens. Während der Metacarpus bei jüngeren und weiblichen Tieren in der Mitte bedeutend schmaler ist als an den Enden, kommt die Breite der Mitte bei Bullen fast der der Gelenkköpfe gleich (vergl. Abb. 14, Taf. II).

Der dorsovolare Durchmesser (8) der Diaphyse vergrößert sich aus den angegebenen Gründen sehr viel weniger. Sein Wachstum bleibt hinter dem Breitenwachstum um bis zu 15% zurück. Daß bei einem so jähen Wachstum das Verhältnis zwischen Breite und Durchmesser individuell sehr variiert, erscheint verständlich.

Von den rudimentär gewordenen Metacarpalia sind beim Wisent regelmäßig zwei vorhanden. Das *Metacarpale secundum*, das bei *Bos taurus* entweder frühzeitig mit dem Hauptmetacarpus verschmilzt oder postembryonal nicht mehr nachweisbar ist, ist beim Wisent stets vorhanden und behauptet lange seine Selbständigkeit. Es ist meist ein tropfenförmiges Gebilde mit rauher Oberfläche, das eine distale Spitze und dorsal eine fast kreisrunde Gelenkfläche besitzt, der eine entsprechende Fläche am Hauptmetacarpus gegenübergelagert ist. Seine Dicke beträgt bei jungen Tieren 1 mm; sie vergrößert sich auf 5—6 mm. Bei



sehr alten Tieren kann das *Metacarpale II* sich zu einem mehrere cm langen Stäbchen vergrößern und mit dem Hauptmetacarpus verwachsen.

Das *Metacarpale quintum* ist sehr viel stärker entwickelt (6, Tab. 7). Es ist ein schon bei jungen Tieren mehrere cm langes und etwa 2 mm dickes Stäbchen, das sich im Alter mehr durch Verstärkung als durch Verlängerung vergrößert. Es bildet ähnlich wie das *Metacarpale II* gegenüber dem Hauptmetacarpus eine Gelenkfläche, die jedoch länglich oval ist. Bei alten Tieren wird der Knochen mitunter recht groß und verschmilzt häufig mit dem Hauptmetacarpus. Die individuelle Größenvariabilität dieses Knochens ist sehr bedeutend.

### Tarsus.

Das Tarsal- oder Sprunggelenk ist das kompliziertest gebaute Gelenk des Huftierkörpers. Auf seiner zu hoher Spezialisierung entwickelten Ausbildung beruht zum großen Teil die bei den Huftieren ausgebildete Möglichkeit zur Entwicklung sehr rascher Bewegung. Es ist als ein kompliziertes Schraubengelenk anzusehen, das bei starker knöcherner Fixierung eine sehr ausgiebige Beugung und Streckung und eine geringere, durch Knochenhemmungen scharf begrenzte seitliche Bewegung gestattet. Das Gelenk unterliegt keinen erheblichen Wachstumsveränderungen. Abgesehen von der absoluten Größenzunahme sind Alterserscheinungen schwer zu beobachten.

Der auffälligste Knochen des Tarsus ist das *Os tibiale*, der *Talus*. Die Oberfläche dieses Knochens ist zum weitaus größten Teile von Gelenkflächen eingenommen. Das dorsale Ende bildet eine doppelte Gelenkrolle gegenüber der Tibia, das distale eine ähnliche gegenüber dem *Os centrotarsale*; zwischen diese beiden Rollen schiebt sich plantar eine Gelenkfläche gegen den *Calcaneus* ein, die sich an der lateralen Seite gegen die Seitenplatte des *Calcaneus* und das *Os malleolare* fortsetzt. Größere Flächen zum Ansätze von Bändern finden sich nur an der medialen Seite; hier ist auch bei älteren Tieren das Auftreten von vorspringenden Rauigkeiten festzustellen.

Entsprechend den Verhältnissen an anderen kompliziert gebauten Gelenken sind die Knochen des Tarsus bei jugendlichen Tieren verhältnismäßig groß und wachsen langsamer als die übrigen Teile des Skelettes. Während am Carpus das Wachstum früh beendet ist, entspricht die Wachstumsdauer des Talus der der übrigen Teile der Hinterextremität und ist daher bei weiblichen Tieren früher beendet als bei männlichen. Die Länge, der größte Durchmesser des Knochens (3, Tab. 9), bleibt hinter der Größenzunahme der langen Extremitätenknochen bei beiden Geschlechtern um etwa 40% relativ zurück.

Die Formverhältnisse des Knochens ändern sich nicht. Die angegebenen weiteren Maße, ein zweites Längen- (4) und ein Breitenmaß (5), stehen stets im gleichen gegenseitigen Größenverhältnis. Wenn diesbezüglich die individuelle Variabilität auch geringer ist als an anderen Skeletteilen, so kann sie doch in einzelnen Fällen 10% übersteigen. Es ist dies deshalb zu beachten, weil der Talus häufig zu vergleichend-anatomischen Untersuchungen mit aus dem Grunde gern herangezogen wird, weil seine Form individuell wenig variiert (vgl. Abb. 16, Taf. II).

Der *Calcaneus* zerfällt in zwei in ihrer Funktion ganz verschiedene Abschnitte. Während das *Tuber* Ansatzstellen für verschiedene Sehnen wichtiger Muskeln bietet, bildet der



Gelenkteil gelenkige Verbindungen mit dem *Os malleolare*, dem *Talus* und dem *Centrotarsale*. Das Wachstum dieser beiden Teile muß demnach verschieden sein. Während der Gelenkteil langsamer wächst als die großen Beinknochen, ist die Zunahme des freien Teiles des Muskelansatzes größer. Die verschiedene Wachstumsgeschwindigkeit der Teile führt zu einem Ausgleich derart, daß die Wachstumszunahme der gesamten Länge des *Calcaneus* mit der der langen Extremitäten-Knochen übereinstimmt. Es ist mir nicht gelungen, die Grenze zwischen den beiden Wachstumsbezirken durch Maße festzuhalten (vgl. Abb. 17, Taf. II).

Die Länge des Knochens (6, Tab. 10) steht zu der der großen Beinknochen in einem stets gleichbleibenden Verhältnis. Die Formverhältnisse des Knochens ändern sich im Laufe des Wachstums nicht wesentlich (7, 8). Daß die individuellen Formunterschiede an dem so kompliziert gebauten Knochen sehr groß sind, ist ohne Weiteres verständlich. — Das freie Ende des *Tuber calcanei* trägt eine Epiphyse, die etwa zu gleicher Zeit wie die der langen Beinknochen mit dem Hauptstück verschmilzt. Diese Epiphyse verdickt sich bei älteren Tieren keulenartig und zeigt in derselben Weise wie die Muskelansatzstellen an anderen Knochen unregelmäßige Rauigkeiten.

Die Knochen der distalen Reihe sind am Tarsus alle erhalten. Doch verwächst im Alter von etwa zwei Monaten das *Os tarsale* IV mit dem *Centrale* und schon embryonal das *Tarsale* II mit dem *Tarsale* III. Die Form des distalen Teiles des Tarsus wird durch das *Centrotarsale* bestimmt. In einer medialen Lücke zwischen diesem Knochen und dem Metatarsus findet das *Tarsale* II + III, plantar das *Tarsale* I Platz. Obwohl eine Bewegung dieser Knochen gegenüber dem Metatarsus nicht besteht, kommt es doch nur sehr selten zu einer Verwachsung der distalen Tarsalknochen; ich konnte diese Erscheinung nur in einem Falle beobachten.

Die Form des *Centrotarsale* (2) erfährt keine Veränderungen durch Wachstum und Alter. Eine Alters- und Geschlechtsbestimmung ist nur nach den absoluten Größenunterschieden möglich, da ausgedehnte Muskel- und Bandansatzstellen fehlen. Gegenüber der Länge der großen Beinknochen verringert sich die Länge (1) des Knochens um etwa 15%. Die Formunterschiede sind individuell sehr groß. Das Verhältnis zwischen Länge und Breite kann bis zu 30% schwanken. Infolgedessen sind die distalen Tarsalknochen für genauere Untersuchungen nicht brauchbar.

### Metatarsus.

Das Wachstum des Metatarsus ist, entsprechend der Form und Funktion, dem des Metacarpus weitgehend ähnlich. Hier wie dort fehlt eine proximale Epiphyse; die doppelte distale Epiphyse verschmilzt mit der Diaphyse im Alter von etwa 3 Jahren.

Das Längenwachstum ist mit etwa 1½ Jahren beendet; spätere Änderungen in der Länge sind nicht mehr zu beobachten. Insbesondere ist bei alten Bullen keine Verkürzung zu bemerken. Es steht dies wohl damit im Zusammenhang, daß die Belastung der Hinterextremität wesentlich geringer ist als die der vorderen Extremität (1, Tab. 9). Um den infolge der individuellen Unterschiede in der Form der Gelenkflächen auftretenden Störungen auszuweichen, wurden auch hier mehrere verschiedene Längenmaße (2, 3) verwendet.



Die Form der proximalen Gelenkfläche (vgl. Fig. 19, 20) ist einem Quadrat nicht unähnlich. Sie teilt sich ein in drei stets deutlich erkennbare Gelenkfacetten für das *Centrotarsale*, das *Tarsale II + III* und das *Tarsale I*. Die Breite der Gelenkfläche (5) steht während des ganzen Lebens im gleichen Größenverhältnis zur Länge des Knochens; die individuellen Schwankungen dieser Beziehung sind allerdings

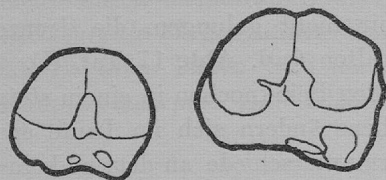


Fig. 19

Fig. 20

Proximale Gelenkfläche des linken *Metatarsus*. — Fig. 19. 3 Monate altes ♂ Kalb (960). — Fig. 20. 7 jähr. Stier (938).

sehr groß. Die Form der Gelenkfläche bleibt unverändert; es findet keine stärkere Zunahme der Breite als des dorsoplantaren Durchmessers statt (7).

Auch hier überragt ein Knochensaum, der zum Ansatz von Bändern und Sehnen dient, die Gelenkfläche seitlich um einige mm. Wie am Metacarpus ist aber auch hier keine auffällige Altersveränderung zu finden (4).

Die distale Epiphyse des Metatarsus besteht aus zwei Rollen, die mit denen des Metacarpus in der Form fast genau übereinstimmen; sie sind nur absolut etwas kleiner. Die Altersveränderungen unterscheiden sich nicht von

denen am Metacarpus. Hier wie dort hält das Wachstum des Gelenkkopfes etwas längere Zeit an als das der Länge des Knochens. Die laterale Rolle ist etwas kleiner als die mediale Rolle. Der Kamm der Rolle wird bei älteren Tieren kleiner und schärfer ausgeprägt. Die Breite vergrößert sich dadurch, daß die Rollen auseinanderrücken, stärker als der Durchmesser, ohne daß dabei die einzelnen Rollen ihre Form ändern. Aber auch hier muß darauf hingewiesen werden, daß die individuelle Formvariabilität verhältnismäßig groß ist, da sie bei einigen Verhältnissen 15% übersteigt (vgl. 9—13, Tab. 9).

Die Diaphyse ist nicht abgeplattet. Ihr Querschnitt bildet nahezu ein Quadrat. Es ist das vorwiegend auf Form und Funktion des Sprunggelenkes zurückzuführen.

Die Breite nimmt, verglichen mit der Länge, bei ♀♀ um etwa 25%, bei ♂♂ um 45% stärker zu. Es besteht also auch hier ein beträchtlicher Formunterschied nach Alter und Geschlecht, wenn er auch nicht so auffallend ist wie am Metacarpus (vgl. Abb. 15, Taf. II). Die Zunahme des dorsoplantaren Durchmessers vollzieht sich in demselben Maßstabe. Das Verhältnis zwischen Breite und Durchmesser bleibt infolgedessen stets das gleiche. Indes bestehen in dieser Formbeziehung große individuelle Unterschiede.

## Phalangen.

Die Phalangen, die in jeder der für diese Untersuchungen in Betracht kommenden Beziehungen ohne wesentliche Bedeutung sind, sollen nur der Vollständigkeit wegen hier erwähnt werden.

Beim Wisent sind an jedem Fuße nur zwei Zehen, die dritte und die vierte, funktionierend vorhanden. Für alle Teile dieser Zehen gilt, daß die der Vorderextremität größer als die der Hinterextremität, die medialen größer als die lateralen sind, in der Weise, daß die mediale Zehe des Hinterfußes noch größer ist als die laterale Zehe des Vorderfußes.

Die erste und die zweite Phalanx besitzen eine Diaphyse und je eine proximale und eine distale Epiphyse, die zu gleicher Zeit mit den Epiphysen der Metapodien verschmelzen.



Die erste Phalanx ist stets etwa um die Hälfte länger als die zweite, die dadurch einen gedrungeneren Eindruck macht. Mit dem Alter nimmt die Stärke der Knochen mehr zu als die Länge; dabei ist die Verbreiterung der Diaphyse am auffälligsten. Bei alten Tieren sind an den Muskelansatzstellen Rauigkeiten erkennbar, die mit denen an den großen Extremitätenknochen übereinstimmen.

Die Endphalangen sind postembryonal in einem Stück verknöchert. Mit dem Alter nimmt ihre absolute Größe zu; ihre Form verändert sich im übrigen nicht.

An der Basis jeder ersten Phalanx liegen je zwei, an der jeder Endphalanx ein weiteres Sesambein. Sie vergrößern sich entsprechend dem Wachstum der ansitzenden Sehne.

Wie bei allen Rindern sind kleine unregelmäßige Rudimente der zweiten und fünften Zehen vorhanden, die vollkommen funktionslos sind.

### Scapula.

Das Wachstum der Scapula ist in manchen Eigentümlichkeiten dem der langen Extremitätenknochen ähnlich. Es ist dies durch die Eigenart der Form und der Funktion dieses Knochens bei Huftieren zu erklären.

Bei primitiveren Säugetieren ist die Scapula als Teil des Schultergürtels ziemlich fest mit dem Rumpfe verbunden; sie bildet mit dem Oberarm ein Gelenk, das der Vorderextremität eine große Bewegungsmöglichkeit gibt, ohne daß das Schulterblatt diese Bewegungen mitmachen kann. Bei den höher entwickelten Huftieren sind diese Verhältnisse vollständig verändert. Da hier die beiden anderen Bestandteile des Schultergürtels verschwunden sind, so ist die ausschließlich durch Muskeln hergestellte Verbindung mit dem Thorax eine ziemlich lockere. Andererseits aber ist das Schulterblatt mit dem Oberarm durch ein Gelenk verbunden, das nur eine eng begrenzte Bewegungsmöglichkeit besitzt und schließt sich jeder Bewegung der Extremität stets an. Genetisch als platter Knochen von den langen Beinknochen grundsätzlich verschieden, ist die Scapula ihrer Funktion nach gewissermaßen ein langer Extremitätenknochen, der nur distal einen Gelenkkopf besitzt, während das proximale Gelenk durch die Muskelverbindung mit dem Thorax ersetzt ist. Dieser eigenartige Ersatz eines echten Gelenkes ist eine bei höheren Wirbeltieren auffällige und seltene Erscheinung.

Die Form der Scapula, die übrigens bei allen Wiederkäuern nahezu die gleiche ist, ist beim Wisent recht wenig kompliziert. Sie stellt eine fast geradlinig begrenzte, dreieckige dünne Knochenplatte dar. Auf ihre laterale Fläche ist eine ziemlich hohe gerade Leiste aufgesetzt, die sich von dem dorsalen kürzesten Rand gegen die ventrale Spitze hin erstreckt. Diese *Spina* steht nahezu senkrecht zu dem dorsalen Rand und teilt die laterale Fläche in zwei ungleiche Teile, in der Weise, daß die *Fossa infraspinata* etwas mehr als doppelt so groß erscheint als die *Fossa supraspinata*; die costale Fläche ist ungegliedert und weist eine schwach konkave Wölbung auf. An diese Platte schließt sich ventral, durch ein wenig ausgeprägtes *Collum* verbunden, die ganz einfach geformte Gelenkpfanne an.

Die statische Aufgabe der Scapula ist es, das Gewicht des Vorderkörpers auf die Extremität zu übertragen. Den anatomischen Verhältnissen entsprechend muß hier der Gelenkteil getrennt von dem übrigen Schulterblatt betrachtet werden. Seine Funktion stimmt vollständig mit der der Gelenkköpfe an den langen Extremitätenknochen überein. Die Über-



tragung des Gewichtes des Rumpfes auf die an den Gelenkteil unmittelbar anschließende Platte der Scapula geschieht durch die Muskulatur und die Faszie des *Musculus serratus*. Wenn, was wir nach dem derzeitigen Stand unserer Kenntnisse annehmen müssen, der Aufbau der Muskulatur einigermaßen unabhängig von Alter und absoluter Größe ist, so müssen Gewicht des Körpers und Größe der Muskulatur in einem konstanten gegenseitigen Verhältnis stehen. Da nun ein großer Teil der costalen Fläche der Scapula dem Ansatz dieser Muskulatur dient, so steht die Größe dieser Fläche in einem Abhängigkeitsverhältnis vom Gewicht des Vorderkörpers.

In der Mechanik der Bewegung wirkt die Scapula, ähnlich einigen langen Extremitätenknochen, als ein zweiarmiger Hebel. Die Arme dieses Hebels verlaufen in einer Linie, die etwa mit der Ansatzlinie der Spina übereinstimmt. Etwas ventral von der Mitte dieser Achse des Knochens wird sie von der Gelenkachse geschnitten, um die sich die Scapula in der Bewegung dreht. Dieser Punkt teilt die Knochenachse in zwei verschieden wirkende Teile. Der ventrale Teil bewegt sich mit der Extremität; seine Bewegung kommt teils durch Übertragung der Bewegung des dorsalen Teiles, teils durch die Wirkung einer Reihe von Muskeln zustande, die diesen Teil der Scapula mit dem Rumpfe verbinden. Die Bewegung des dorsalen Teiles erfolgt stets in der entgegengesetzten Richtung und wird durch Muskeln hervorgerufen, die am Hals und Thorax einerseits und an den Rändern und Flächen andererseits sich ansetzen. Die platte Form der Scapula ist an sich für diese Bewegung keineswegs erforderlich; ein langer Knochen würde denselben Zwecken besser entsprechen. Die platte Form der Scapula ist bedingt durch die Genese und die erwähnten statischen Verhältnisse. Auf die volle Ausnützung dieser Bewegungsmöglichkeit sind wohl eine Reihe von Eigentümlichkeiten der Bewegung der höher entwickelten Huftiere zurückzuführen. Durch die „Schulterfreiheit“ ist die Möglichkeit zu großen, weit ausgreifenden Bewegungen und damit zur Entwicklung großer Schnelligkeit gegeben. Die Huftiere vermögen so ihre Vorderextremitäten einer raschen Bewegung anzupassen und sind dadurch in der Lage, zu den schnellsten landbewohnenden Tieren zu werden. Andererseits erschwert die geringe Beweglichkeit des Schultergelenkes, die im Zusammenhange mit dieser Entwicklung der Extremität steht, den Tieren die Anpassung an veränderte Verhältnisse des Substrates. So sind alle Wiederkäuer außerstande, auf Bäume zu klettern, und nur einzelne haben sich der Fortbewegung auf bergigem und sumpfigem Gelände anzupassen verstanden. Denn wie schon oben besprochen, ist das Schultergelenk außerordentlich stark durch Muskeln und Bänder fixiert und besitzt nur eine engbegrenzte aktive Bewegungsmöglichkeit. Die ausführbare Flexion und Extension ist wenig umfangreich, während seitliche Bewegungen und Drehungen ausgeschlossen sind.

Wir sehen also, daß die Scapula infolge der Einwirkung der mechanischen Verhältnisse gewisse Ähnlichkeiten mit den langen Extremitätenknochen zeigt, während sie unter dem Einfluss der statischen Verhältnisse neue, eigenartige Merkmale erwirbt. Von der primitiven Form entfernt sich die Scapula weiter als die Beinknochen; dieser platte Knochen unterliegt in weit stärkerem Maß dem Einfluß der Funktion, als dies bei langen Knochen der Fall ist.

Wie die Form der Scapula infolge der eigenartigen Funktion eine abweichende Ausbildung erfährt, so verläuft auch das Wachstum infolge besonderer Einflüsse in einer von allen anderen Skeletteilen abweichenden Weise. Aus den oben geschilderten Gründen ver-



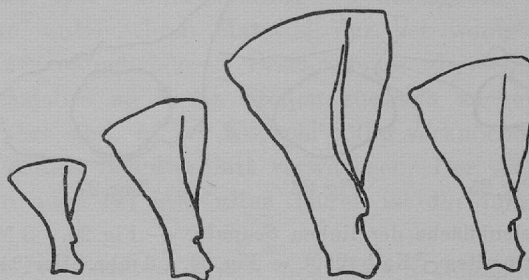
größert sich die Scapula mit der Zunahme des Körpergewichtes, da entsprechend der Gewichtszunahme des Rumpfes eine Verstärkung der verbindenden Muskulatur mit dem Alter eintritt und die Muskeln wieder vergrößerte Ansatzflächen erfordern und da der Vergrößerung des Knochens dorsal, cranial und caudal keine Widerstände entgegenstehen. Da nun, wie wir früher sahen, das Körpergewicht sich rascher vergrößert, als die Länge der Extremität zunimmt, so muß die Scapula in ihrer Längen- und Breitenausdehnung sich stärker vergrößern als die Extremitätenknochen.

Die Länge (1, Tab. 11) — das anatomische Längenmaß fällt zusammen mit der mechanischen Knochenachse — erreicht bei alten Bullen mehr als das Dreifache von der neugeborener Tiere. Das Wachstum ist also wenigstens  $1\frac{1}{2}$  mal so groß wie das der langen Extremitätenknochen. Da für diese Größe, wie gesagt, allein das Körpergewicht maßgebend ist, so ist es verständlich, daß die Größe der Scapula, verglichen mit den langen Extremitätenknochen, bei männlichen Tieren viel größer

ist als bei weiblichen, ebenso bei größeren Individuen auch verhältnismäßig größer als bei kleineren Individuen. Die absoluten Größenunterschiede sind natürlich weit auffälliger, wenn auch für vergleichende Untersuchungen weniger brauchbar als die relativen. Es ist also auch möglich, aus dem Verhältnis der Längen der Scapula und der langen Röhrenknochen Rückschlüsse auf das Gewicht des Tieres zu ziehen. Aus den erwähnten Gründen wird auch bei sehr alten Bullen die Scapula noch deutlich erkennbar vergrößert; eine zeitliche Begrenzung dieses Wachstums besteht demnach nicht.

Die Form der Scapula verändert sich im Laufe des Wachstums nur unbedeutend. Die Stärke der Knochenplatte ist bei jungen Tieren verhältnismäßig groß und verringert sich mit zunehmendem Alter. Von etwa  $1\frac{1}{2}$  Jahren an ändert sich die Dicke jedoch nicht mehr im Rahmen der Gesamtform. Nur bei alten Tieren verdicken sich einzelne Teile stärker infolge von Verknöcherung ansitzenden Sehngewebes. Das Wachstum der Breite bleibt hinter dem der Länge etwas zurück, sodaß im allgemeinen die Schulterblätter älterer Tiere schlanker erscheinen. Doch läßt die Form der Scapula in dieser Beziehung der individuellen Entwicklung ziemlich bedeutenden Spielraum; die Form ist fast bei jedem Tiere verschieden von allen andern. Dabei ist, worauf ich besonders hinweisen möchte, wie übrigens auch an allen Extremitätenknochen, die Übereinstimmung der beiderseitigen Knochen eines Tieres eine sehr große, sodaß es leicht ist, etwa die beiden Schulterblätter eines Tieres aus einer großen Anzahl von gleichartigen Knochen gleicher Größe herauszufinden.

Dieses bedeutende Wachstum der Scapula ist bei einer Betrachtung der Fläche noch deutlicher zu erkennen. Ein Vergleich der Costalflächen (6), deren Größen sich aus der Länge und der Breite ziemlich genau berechnen lassen, zeigt die Alters- und Geschlechtsunterschiede sehr deutlich. Bei alten Bullen vergrößert sich die Fläche auf mehr als das 10fache gegenüber der von jungen Kälbern. Diese Unterschiede passen sich schon in weitgehendem Maße den Gewichtsunterschieden an. Ihr eigenartiger Bau ermöglicht es also der Scapula,



Rechte Scapula, laterale Ansicht. — Fig. 21. 3 Monate altes ♂ Kalb (960). — Fig. 22. 2 jähr. Stier (948). — Fig. 23. Sehr alter Stier (95). — Fig. 24. 10 jährige Kuh (951).



sich dem im Alter vermehrten Gewichte durch Vergrößerung der Fläche in weitestgehendem Maße anzupassen. Sie ist der einzige Knochen, dem diese einfache Reaktion auf die Reize, die die Funktion ausübt, in so klarer Weise möglich ist (vgl. Fig. 21—24).

Mit dem Alter nimmt auch die Länge und Höhe der Spina verhältnismäßig zu. Ihre Ver-

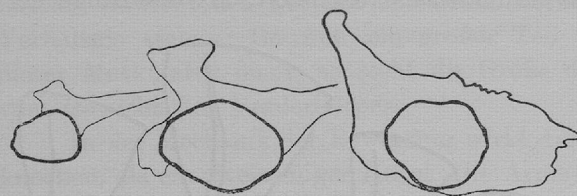


Fig. 25

Fig. 26

Fig. 27

Gelenkfläche der linken *Scapula*. — Fig. 25. 3 Monate altes ♂ Kalb (960). — Fig. 26. 6 jähr. Stier (942). — Fig. 27. Alter Stier aus freier Wildbahn (Kaukasus). Der ventrale Teil der *Scapula* dieses Tieres war völlig zersplittert worden. Bei der Heilung hatte sich eine neue Gelenkfläche gebildet. Dieser Fall<sup>1)</sup> beweist, daß die angelegte Form der Gelenkfläche sehr weitgehend mit der durch die Funktion bedingten Form übereinstimmt.

größern (4). Die Festigung des Gelenkes, in dem ja bei den Wiederkäuern nur eine begrenzte Bewegung möglich ist, wird nicht durch die knöchernen Teile des Gelenkes bewirkt, sondern zum überwiegenden Teile durch Muskeln und Bänder. Daher ist auch die Form der Gelenkpfanne keine sehr ausgeprägte. Sie ist längsoval (5, Tab. 11, Fig. 25—27); doch ist sowohl die Längen- als die Breitenausdehnung individuell recht verschieden, ohne daß hierauf Alter, Geschlecht oder andere Faktoren von besonderem Einflusse zu sein scheinen.

Die Gelenkpfanne wird umgeben von einem schmalen Knochenwulst, an dem sich die Gelenkkapsel ansetzt. Kranial ist dieser Wulst vergrößert zum *Tuber scapulae*, das hauptsächlich zum Ansatz des *Musculus biceps brachii* dient. Dieser Muskelansatz, der als besonderer Knochen angelegt wird und erst postembryonal gegen Ende des ersten Lebensjahres mit der *Scapula* verschmilzt, vergrößert und verändert sich im Alter in derselben Weise wie die Muskelansätze an anderen Knochen, während an den sonstigen ausgedehnten Muskelansatzflächen der *Scapula* die beschriebenen Alterserscheinungen sich nur wenig deutlich zeigen. Es ist dies offenbar darauf zurückzuführen, daß im einen Falle starke Sehnen dem Knochen aufsitzen, durch deren Verknöcherung, wie Weidenreich<sup>2)</sup> kürzlich eingehender ausgeführt hat, die eigenartige unregelmäßige Vergrößerung und die Rauigkeiten an der Oberfläche der Muskelansätze entstehen, während im anderen Falle die in breiter Fläche dem Knochen aufsitzenden Muskeln von diesem nur durch eine unbedeutende Bindegewebsschicht getrennt sind und daher nur eine Verknöcherung geringen Umfangs auftreten kann.

Besonders auffallend ist die Wachstumszunahme der *Scapula* am Gewicht zu erkennen. Es beträgt beim Altbullen etwa das 20fache von dem der *Scapula* des jungen Kalbes; die

Vergrößerung wird durch die ansitzenden kräftigen Muskeln hervorgerufen; die Verlängerung erstreckt sich in ventraler Richtung und die Höhe nimmt besonders im ventralen Teile zu. Die Verlängerung beträgt bei alten Tieren etwa 10% (3), die Höhenzunahme etwa 100% gegenüber den Formverhältnissen bei jungen Tieren. Im übrigen ändert sich die Form der *Crista* nicht.

Die flache Gelenkpfanne ist in ihrer Form dem Kopfe des Humerus angepaßt. Das Gelenk ist daher beim jungen Kalb verhältnismäßig groß und hält mit der Entwicklung des Schulterblattes nicht Schritt, wenn es auch mit zu den Gelenken gehört, die sich postembryonal am stärksten ver-

<sup>1)</sup> W. Koch, Ein Fall von Selbstheilung einer komplizierten Knochenfraktur beim Wisent, Bericht Int. Ges. Erhaltung des Wisents, Bd. 3, S. 88, 1929.

<sup>2)</sup> F. Weidenreich, Knochenstudien, Zeitschrift f. Anatomie u. Entw. Gesch., Bd. 69, 1923.



Zunahme ist also doppelt so groß wie bei den langen Extremitätenknochen. Von alten Kühen wird nur wenig mehr als die Hälfte des Gewichtes der Scapula von dem der alten Bullen erreicht. Trotz der Schwankungen, die in erster Linie auf die geschilderten Schwierigkeiten in der Untersuchungstechnik zurückzuführen sind, bietet das Gewicht der Scapula sichere Anhaltspunkte bei der Bestimmung des Geschlechtes und des Alters (Tab. 23).

Dem dorsalen Rande der Scapula ist der fast halbkreisförmige wohlausgebildete Schulterblattknorpel aufgesetzt. Da er an dem untersuchten Material nur bei wenigen Stücken vollständig erhalten war, muß von einer eingehenderen Beschreibung abgesehen werden. Der Knorpel beginnt im dritten Lebensjahre an vielen Stellen zugleich zu verknöchern; aber erst bei Tieren, die älter als 7 Jahre sind, ist der Knorpel völlig verknöchert und dann auch untrennbar und unbeweglich mit dem Schulterblatt verwachsen. Der Aufbau des Knochens ist offenbar wenig fest, denn auch bei sehr alten Tieren ist die dünne Platte sehr zerbrechlich.

Die an der Scapula beobachteten Wachstumsverhältnisse lassen sich etwa in folgender Weise kurz zusammenfassen:

Die Funktion der Scapula ist bei den Huftieren verhältnismäßig einfach; die Form des Knochens, die sich fast vollständig an die Funktion anpaßt, ist daher außerordentlich vereinfacht. Die Größe der Scapula steht in einem bestimmten Verhältnis zum Körpergewicht. Die absolute Größe läßt die Alters- und Geschlechtsunterschiede in deutlicherer Weise zur Geltung kommen als bei jedem anderen Teile des Skelettes. Einzelne Altersmerkmale an Knochenteilen sind wenig deutlich und schwer zu beurteilen.

Ein Vergleich des Wachstums der Knochen der vorderen Extremität und des Schulterblattes zeigt, daß sich drei Teile der Extremität vollständig verschieden verhalten. Der distale Teil vom Carpus abwärts ist bei jungen Tieren sehr groß und schließt sein Wachstum bald ab; die proximale Scapula ist bei jugendlichen Tieren außerordentlich klein, vergrößert sich sehr stark und setzt ihr Wachstum fort, solange noch irgendwelche Wachstumserscheinungen am Körper vorgehen; die in der Mitte gelegenen Knochen Humerus und Radius nehmen auch wachstumsphysiologisch eine Mittelstellung ein. Diese Verhältnisse waren einigermaßen bekannt durch Beobachtungen an lebenden Tieren und besonders durch die Untersuchungen von Glättli (l.c.); ich glaube aber deutlich gezeigt zu haben, daß sich diese Erscheinungen auf die Wirkung einiger weniger morphologischer und physiologischer Faktoren zurückführen lassen. Das Längenwachstum des Metacarpus ist beschränkt durch das Fehlen der proximalen Epiphyse; zudem sind die distalen Teile der Extremität die ständig unter dem stärksten Drucke stehenden Teile des Skelettes. Das Wachstum der Scapula dagegen ist nicht behindert, da nur ein Ende des Knochens durch ein Gelenk fest begrenzt ist; die Scapula kann sich daher unter dem Einflusse des Gewichtes nahezu unbegrenzt vergrößern; das Wachstum von Radius und Humerus ist durch keine außerordentlichen Faktoren beeinflusst; es kann daher mit einer gewissen Berechtigung als Norm betrachtet werden.



## Becken.

Während die Scapula bei den Boviden als einziger funktionierender Teil des Schultergürtels weitgehende Veränderungen gegenüber der ursprünglichen Anlage erfahren hat und in Form und Funktion einem langen Extremitätenknochen ähnlich geworden ist, hat das Becken die wesentlichsten, für den Anlageplan des Beckengürtels bei den Säugetieren charakteristischen Eigentümlichkeiten bewahrt, wenn auch die Spezialisierung der Rinder in gewissen Richtungen der Körperentwicklung die Gesamtform wesentlich beeinflusst hat.

Bei der Betrachtung der Form des Beckens sind daher andere Gesichtspunkte maßgebend, als sie bisher bei der Behandlung der Extremitätenknochen verfolgt werden konnten. Als Ausgangsgröße bei der Untersuchung der Beinknochen konnte am zweckmäßigsten das Verbindungsstück zwischen zwei Gelenken benutzt werden; dieses Verfahren erfaßt am Becken nur einen verhältnismäßig kleinen Teil des Knochens. Am Becken haben vier Gelenke Anteil: die beiden Hüftgelenke und die Iliosakralgelenke; des anliegenden Lumbosakralgelenkes wird bei der Besprechung der Wirbelsäule zu gedenken sein. Von diesen Gelenken sind die Iliosakralgelenke anatomisch und physiologisch als recht atypische Gelenke anzusehen, deren Untersuchung bei den Rindern, besonders dem Wisent, noch dadurch erschwert ist, daß die Gelenkflächen eine auch nur einigermaßen regelmäßige Form nicht besitzen. Die Verbindung dieser Gelenke wird hergestellt durch den Rahmen des Beckeneinganges, im wesentlichen das Os pubis, das Kreuzbein und die Darmbeinsäulen; dazu kommen dann die großen, hauptsächlich dem Ansätze der Muskulatur dienenden Knochenplatten, die dem Rinderbecken seine charakteristischen Formen geben; es sind das die Darmbeinschaukel und das ebenfalls schaufelartig verbreiterte Sitzbein.

Ist der anatomische Aufbau des Beckens verhältnismäßig einfach, so kompliziert die physiologische Formgestaltung die Betrachtung der Entwicklung des Beckens, da die statischen und mechanischen Aufgaben des Beckens eine Reihe sehr verschiedenartiger Funktionen umfassen.

Die erste Aufgabe des Beckens ist, die Verbindung zwischen der Wirbelsäule und den Hinterextremitäten, beziehungsweise zwischen Hüft- und Iliosakralgelenken herzustellen. Diese Verbindung hat zweckmäßig möglichst kurz und kräftig zu sein, dabei aber die bei der heftigen und raschen Bewegung der Tiere erforderliche Elastizität zu gewährleisten. Diesen Anforderungen entspricht in sehr hohem Maße das Becken der jugendlichen Tiere, an dem die übrigen Beckenfunktionen noch von geringer Bedeutung sind und daher die anderen formbildenden Faktoren noch in sehr geringem Grade zur Auswirkung kommen. Die Verbindung der Hüftgelenke wird durch die sehr kurzen und ziemlich kräftigen *Rami acetabulares* der Schambeine hergestellt; die Verbindung der Hüftgelenke mit den Iliosakralgelenken bilden die kurzen und starken, noch nahezu rundsäulenförmigen Darmbeinsäulen. Eine hinreichende Elastizität wird durch die zur Senkrechten schräge Stellung der Darmbeinsäulen gesichert. Da der Beckenboden schmal, das Kreuzbein aber schon beim sehr jugendlichen Rind breit angelegt ist, so ist bei jugendlichen Rindern der Beckeneingang nahezu dreieckig. Die Hinterextremitäten stehen in geringer Entfernung nebeneinander und stützen in einer in der Bewegung kraftsparenden Weise das Becken von unten. Das Becken der jungen Tiere weist demnach in gewissen Beziehungen äußerst günstige statische Verhältnisse auf.



Mit der Zunahme des Alters und damit des Gewichtes treten grundlegende Veränderungen ein. Infolge der verhältnismäßig größeren Umfangsvermehrung des Rumpfes gegenüber den Extremitäten und infolge der unten zu besprechenden Faktoren werden die Darmbeinsäulen und die kranialen Schambeinäste verlängert und abgeplattet. Der Beckenboden wird verbreitert und zur Stützung der Verbindung der Hüftgelenke werden die medialen Sitzbeinäste beansprucht, die in Verbindung mit dem Schambein eine dünne, aber ausgedehnte Beckenbodenplatte bilden. Die Hüftgelenke werden weiter voneinander entfernt und rücken an die Seiten des Beckens; dieses wird zwischen den Hüftgelenken aufgehängt getragen, eine statisch günstige Lösung, die jedoch infolge der großen Entfernung der Extremitäten voneinander die Beweglichkeit erschwert. Doch liegen die statischen und mechanischen Verhältnisse an den Hinterextremitäten immer noch günstiger als vorne, wo durch die Entwicklung des Thorax die Extremitäten weit auseinandergedrängt werden und zudem eine feste gelenkige Verbindung der Extremität mit dem Rumpfe nicht besteht. Der bei dem großen Gewicht des Körpers noch deutlicher in Erscheinung tretende Vorteil der Hinterextremität wirkt sich in größerer Beweglichkeit und Kraftentfaltung und damit der Hauptwirkung in der Vorwärtsbewegung des gesamten Körpers aus. Beim älteren Rind wird das Becken infolge der Vergrößerung des Rumpfes aufgerichtet, d. h. die Darmbeinsäulen stellen sich in einen kleineren Winkel zur Senkrechten ein; dadurch wird die Elastizität vermindert. Dies wird teilweise dadurch wettgemacht, daß die Darmbeinsäulen in gleicher Weise wie die vorderen Schambeinäste verlängert und abgeplattet werden.

Sahen wir oben, daß das Becken seiner ersten Aufgabe, der Verbindung der Gelenke, am besten gerecht wird durch kurze kräftige Knochenteile, die ein schmales und enges Becken bilden, so äußert sich der Einfluß des zweiten Hauptfaktors, der ansitzenden Bewegungsmuskulatur in entgegengesetzter Weise. Diente der Stabilisierung der Gelenke in der Hauptsache der Beckenrahmen, so sitzt die Muskulatur vorwiegend an den kranialen und kaudalen Endteilen des Beckens, der Darmbeinschaukel und dem Sitzbein an. Bei starker Entwicklung der Muskulatur müssen sich also diese Teile des Beckens sehr stark vergrößern. Da die Muskulatur dem Körpergewicht und der Länge der Extremitäten entsprechend zunimmt, so findet mit dem Alter eine ganz bedeutende Formveränderung statt, die besonders stark bei den schwereren männlichen Tieren ausgeprägt ist (vgl. Taf. III Abb. 22—24). Das Becken wird mit dem Alter breiter, höher und länger, wobei besonders die Randteile, an denen die Muskeln vorzugsweise ansitzen, sich vergrößern.

Einen erheblichen Einfluß auf die Form des Beckens üben ferner das Gewicht und die Größe der Baucheingeweide aus, die zum Teil am Becken aufgehängt sind. Die Bauchmuskeln, die bei den Wiederkäuern unter dem Einfluß des großen Eingeweidedruckes in weiter Ausdehnung zu einer Sehnenplatte umgestaltet sind, sitzen am vorderen Schambeinast, an den Darmbeinsäulen und am Hüfthöcker, also am gesamten kranialen Rande des Beckens an. Nun entwickeln sich die für die Wiederkäuer charakteristischen großen Verdauungsorgane, die Vormägen, der Blinddarm und der Anfangsteil des Grimmdarmes, größtenteils erst postembryonal bei der Umstellung von Milch- auf Pflanzennahrung. Größe und Gewicht der Baucheingeweide machen ihren Einfluß also erst verhältnismäßig spät geltend. Durch den Zug der Bauchmuskeln bilden sich am kranialen Rande des Schambeines und der Darmbeinsäule Muskelkämme und diese Knochenstäbe werden so abgeplattet. Unter dem Einfluß



der Umfangsvergrößerung des Bauches wird mit dem Alter das Becken besonders im kranialen Teile breiter.

Der Einfluß, den Enddarm, Exkretions- und Geschlechtsorgane und die diesen Organen dienende Muskulatur auf die Beckenform nehmen, ist von ziemlich geringer Bedeutung. Er macht sich vorwiegend in einer Verstärkung des kaudalen Sitzbeinrandes geltend, an dem beim Männchen die Ansatzstellen des Penis stärker in Erscheinung treten.

Während des postembryonalen Wachstums entsteht ein ausgeprägter Geschlechtsunterschied in der Beckenform infolge der Bedeutung, die das Becken als Grundlage der Geburtswege beim weiblichen Tiere besitzt. Bei der Gleichartigkeit des Geburtsvorganges bei allen Säugetieren ist es auffällig, daß die Geschlechtsunterschiede am Skelett, besonders am Becken, bei verschiedenen Tieren selbst aus nahe verwandten Arten sehr verschieden sind. Hierfür scheint mir neben der Einwirkung der verschiedenen Ernährungsweise und Bewegung die absolute Körpergröße von Bedeutung zu sein. In einer Gruppe von Tieren mit ähnlichem Körperbau haben in der Regel die kleineren eine gedrungene, breitere, tiefere und kurzbeinigere Form, während die größeren Tiere schmalere, schlankere und langbeiniger gebaut sind. Der Grund dafür ist wohl in Stoffwechselvorgängen, vorwiegend im Wärmehaushalt zu suchen. Um die verhältnismäßig größere Oberfläche kleinerer Tiere zu versorgen, sind größere Nahrungsmengen, also auch umfangreichere Verdauungsorgane erforderlich, während größere Tiere weniger Nahrung, also auch verhältnismäßig kleinere Verdauungsorgane, benötigen. Da die Größe der Baueingeweide wichtig für die Form des Beckens ist, so müssen kleinere Tiere ein verhältnismäßig breiteres, große ein schmaleres Becken aufweisen.

Als Regel kann ferner gelten, daß kleinere Tiere eine größere Anzahl relativ kleiner Früchte gebären, während große Tiere nur wenige, aber bei der Geburt sehr große Junge bringen<sup>1)</sup>. Daher sind auch Schweregeburten bei großen Tieren häufiger. Neben der längeren Trächtigkeitsdauer ist das ein Grund, warum große Tiere sich nur langsam vermehren, und es dürfte dies auch eine der hauptsächlichsten Ursachen für das frühe Aussterben sehr großer Tierformen sein. Bei kleinen Tieren kann das Becken als Geburtshindernis in der Regel keine Rolle spielen. Geschlechtsunterschiede am Becken sind daher nicht oder nur wenig deutlich vorhanden. Bei großen Tieren aber ist eine Umgestaltung des weiblichen Beckens in dem Maße erforderlich, daß die Geburt der großen Früchte ohne Schwierigkeit möglich ist. Daher sind hier Geschlechtsunterschiede an den Beckenknochen deutlich ausgeprägt.

Am Becken des Wisents tritt als hauptsächliches weibliches Geschlechtsmerkmal eine Verbreiterung insbesondere der ventralen Teile ein. Doch wird unter dem gleichzeitigen Einfluß anderer formbildender Kräfte die Deutlichkeit der Geschlechtscharaktere vielfach verwischt. Da durch die Einwirkung der Muskulatur auch das Becken der älteren männlichen Tiere stark verbreitert wird, tritt bei diesen eine Annäherung an die weibliche Beckenform ein. Eine Geschlechtsbestimmung ist daher nur bei Beobachtung verschiedener Merkmale unter Berücksichtigung des Alters möglich.

Zusammenfassend läßt sich als Ergebnis dieser allgemeinen Betrachtungen sagen: Bei jugendlichen Tieren erfüllt das Becken hauptsächlich die Aufgaben der Verbindung und

<sup>1)</sup> Als Ausnahme sind z. B. die Bären anzusehen, die auffallend kleingeborene Junge haben, während dagegen bei Zwergformen, am auffälligsten wohl bei Zwerghunden, die geburtsreifen Früchte verhältnismäßig sehr groß sind.



gegenseitigen Stützung der Gelenke und des Schutzes der wenig umfangreichen Beckenorgane. Es ist schmal und eng und steht der Beckenform erwachsener kleinerer Tiere in vielen Beziehungen nahe. Da bei allen kleineren Tieren der Einfluß der Muskulatur auf das Becken geringer ist, so sind die Beckenformen aller kleinen Säugetiere einander und denen jugendlicher Großsäuger ähnlich. Bei großen Tieren wird die Beckenform unter dem Einfluß der Extremitäten- und Bauchmuskulatur, bei weiblichen Tieren auch durch die Ausbildung der Geburtswege erheblich verändert. Das Becken sehr großer Säuger nimmt daher eine von der Grundform weit abweichende Gestalt an<sup>1)</sup>.

Die Messung der größten Dimension des Beckens (Tab. 12, 1), der Länge, zeigt das bedeutende postembryonale Wachstum dieses Knochens, der beim männlichen Tiere fast das Dreifache, beim weiblichen das Zweieinhalbfache der anfänglichen Größe erreicht. Bei der Größe und dem anatomisch komplizierten Bau des Knochens ist die individuelle Größenschwankung nicht allzu bedeutend. Das Wachstum des Beckens ist ziemlich gleichmäßig und längere Zeit anhaltend als das der langen Extremitätenknochen. In den ersten beiden Lebensjahren hält es Schritt mit dem Wachstum der Extremität. Während der Verlangsamung des Wachstums der Extremitäten überholt das Becken diese rasch und vergrößert sich noch erheblich nach völligem Abschlusse des Extremitätenwachstums. Das tritt besonders deutlich bei sehr alten Bullen in Erscheinung, während die Kühe nur Andeutungen eines Alterswachstums zeigen. Als Ursache dieser Erscheinung ist wie bei ähnlichen, in vorhergehenden Abschnitten besprochenen Fällen die noch erhebliche Zunahme des Körpergewichtes bei älteren Bullen anzusehen. Die Erklärung dieses Wachstumsvorganges ist nicht restlos möglich, da die Epiphysen der Darmbeinschaukel und des Sitzbeines kurz nach denen der Epiphysenknochen verwachsen. Bei älteren Tieren tritt unter dem Einfluß der Muskulatur eine Knochenzubildung an den dem Muskelansatz dienenden Rändern des Beckens ein, die die Vergrößerung des Knochens teilweise erklären läßt. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der theoretischen Betrachtungen zeigt sich, daß größere Individuen ein verhältnismäßig größeres Becken besitzen. Damit steht im Zusammenhang, daß das Becken der stets kleineren weiblichen Tiere in den von den Geburtswegen unbeeinflussten Teilen kleiner und insbesondere kürzer ist als das männliche Becken; ein auffallender Geschlechtsdimorphismus!

Die Ergebnisse der Messungen der morphologisch leichter verständlichen<sup>2)</sup> Länge des *Os coxae* (2) stimmen mit denen der physiologisch wichtigeren Gesamtlänge überein. Nur sind die Alters- und Geschlechtsmerkmale noch verschärft, da die bei älteren und männlichen Tieren größere Breite der Darmbeinschaukel diese Unterschiede vergrößert.

Ein anschauliches, aber oft etwas ungenaues Bild vom Gesamtwachstum des Beckens bietet ein Vergleich der Gewichte (Tab. 23). Nach Ausschaltung der aus eingangs angeführten Gründen recht großen individuellen Unterschiede kann man eine der Formentwicklung des Knochens entsprechende Zunahme feststellen, die auch hier in den ersten beiden Jahren am stärksten ist, um dann langsam nachzulassen. Das Beckengewicht ist bei erwachsenen Tieren beider Geschlechter gleich; angesichts der bedeutend geringeren Gesamt-

<sup>1)</sup> Man vergleiche mit den Becken der großen Boviden etwa die der Perissodactylen Pferd, Rhinoceros, Tapir und der Elefanten.

<sup>2)</sup> Bei jugendlichen Tieren sind die Beckenteile noch wenig fest miteinander verbunden. Das Maß der Beckenlänge ist daher schwer festzustellen und nicht sehr zuverlässig. Ich führe daher dieses zweite Maß auch zur Kontrolle der ersten Messung an.



größe der weiblichen Tiere ist also das weibliche Becken relativ erheblich schwerer als das männliche. Dies wird noch deutlicher bei einem Vergleich mit den Gewichten anderer Skeletteile. Bis zum dritten Jahre ist die Gewichtszunahme bei beiden Geschlechtern gleichmäßig nur wenig stärker als die der großen Extremitätenknochen; von dieser Zeit an, in der sich das Extremitätenwachstum verlangsamt, ist die stärkere Gewichtszunahme des Beckens sehr deutlich und nun bei weiblichen Tieren bedeutend auffälliger als bei Bullen. Eigenartige Ergebnisse bietet ein Vergleich mit dem Schädelgewicht. Dieses weist ja eine sehr viel stärkere Zunahme auf als das Extremitätengewicht. Das Becken nun nimmt an Gewicht in den ersten drei Lebensjahren noch etwas stärker zu als der Schädel; von da an ändert sich infolge des auffallend großen Schädelwachstums bei männlichen Tieren dieses Verhältnis. Bei alten Bullen ist das Becken, verglichen mit dem Schädel, deutlich leichter als bei sehr jugendlichen Tieren; bei den Kühen dagegen wird das Becken mit dem Alter gegenüber dem Schädelgewicht schwerer. Dieser außerordentlich deutlich ausgeprägte Sexualdimorphismus, der sich aus Eigentümlichkeiten des Schädels und des Beckens ergibt, ist so groß, daß bei alten Bullen der Schädel doppelt so schwer ist als das Becken, während bei Kühen das Schädelgewicht vom Beckengewicht noch übertroffen wird. Insgesamt vergrößert sich das Beckengewicht bei Kühen auf das Fünfzehnfache, bei Bullen auf mehr als das Zwanzigfache.

Die Längenausdehnung des Beckens setzt sich zusammen aus der Länge des Darmbeines und des Sitzbeines, zweier Knochen, die bei verschiedenen Formen auch etwas verschiedenes Wachstum aufweisen (3, 4). Bei flüchtiger Betrachtung hat man den Eindruck, als ob bei älteren Tieren und bei Bullen das Darmbein relativ länger sei als bei jüngeren und weiblichen Individuen. Dies beruht auf einem Sehfehler, hervorgerufen durch die größere Breitenentwicklung der kranialen Beckenteile, die diese auch länger erscheinen läßt. Bei genauer Untersuchung ergibt sich, daß eine allerdings unbedeutende Altersveränderung im umgekehrten Sinne auftritt. Mit dem Alter nimmt der Anteil des Sitzbeines an der Gesamtlänge zu, das Darmbein wächst etwas langsamer. Die Verschiebung dieses Verhältnisses macht indes nur 3% der Gesamtlänge aus, was in Anbetracht der großen individuellen Schwankungen im Einzelfalle als ganz bedeutungslos anzusehen ist. Ein Geschlechtsunterschied bezüglich des Größenverhältnisses von Ilium und Ischium ist nicht feststellbar.

Zur Erfassung der Gesamtform des Beckens ist nach den Längenmaßen eine Behandlung der Breitendimensionen von besonderer Wichtigkeit. Ich gehe dabei aus von der physiologisch leichtest verständlichen Größe, der Breite des Beckenbodens oder der Entfernung der Hüftgelenke (15). In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der einleitenden Betrachtungen ist diese Breite bei jugendlichen Tieren sehr gering und vergrößert sich während des Wachstums unter dem Einflusse verschiedener Faktoren sehr bedeutend. Der Beckenboden, dessen Wachstum auch noch sehr bedeutend in späteren Wachstumsabschnitten, besonders im dritten bis fünften Lebensjahre ist, vergrößert sich insgesamt bei Kühen auf etwa das 3,3fache, bei Bullen das 3,6fache der anfänglichen Größe nach der Geburt. Das männliche Becken ist also hier um ein Geringes größer; verglichen mit der Gesamtkörpergröße ist aber das weibliche Becken breiter, wenn der Geschlechtsunterschied auch hier nicht sehr deutlich in Erscheinung tritt. Ein Vergleich mit den Extremitätenknochen zeigt das deutlich — um etwa 60% — stärkere Wachstum der Beckenbodenbreite; auch hier ist ein wenig auffälliger Geschlechtsunterschied zugunsten des weiblichen Tieres feststellbar. Am stärksten fällt das sehr rasche Wachstum des Beckenbodens auf beim Vergleich



mit dem anliegenden Hüftgelenk, das, wie schon bei der Behandlung des Oberschenkels festzustellen war, ein verhältnismäßig geringes postembryonales Wachstum besitzt. Ihm gegenüber ist das Wachstum des Beckenbodens mehr als noch einmal so bedeutend. Der Durchmesser des *Acetabulum* (Tab. 12, 5) mißt bei neugeborenen Wisenten etwa ebensoviel wie die Entfernung zwischen den Hüftgelenken. Schon zweijährig ist der Beckenboden doppelt so breit wie der Durchmesser der Gelenkpfanne und erreicht bei erwachsenen Tieren das Zweieinhalb- bis Dreifache der Größe des Gelenkes. Das Wachstum des Beckenbodens ist noch erheblich stärker als das der Beckenlänge; schon mit einem Jahr ist diese rasch wachsende Größe um etwa 50% überholt und bei alten Tieren ist die Vergrößerung zweieinhalbmal so groß wie die der Beckenlänge. Der Vergleich mit diesen verschiedenen Größen zeigt sehr deutlich, wie durch die Verbreiterung des Beckenbodens die Gesamtform des Beckens verändert wird.

Von allen Breitendimensionen des Beckens die auffälligste ist die größte Breite zwischen den Hüfthöckern, deren Entwicklung für die Gesamtform sehr charakteristisch ist; die Besprechung ihres Wachstums soll daher hier vorweggenommen werden. Wie eingangs erwähnt, wird die Entwicklung dieser Größe durch mehrere gleichsinnige Kräfte, besonders auch durch die Umfangsvergrößerung des Bauches begünstigt, sodaß die Hüftbreite ein Teil des Beckens ist, der mit die stärkste Wachstumsvergrößerung erfährt. Das Wachstum ist bei jüngeren und weiblichen Tieren etwa gleich dem der Beckenbodenbreite, bei Bullen nach dem vierten Lebensjahre ist es aber noch deutlich stärker; die Zunahme ist bei älteren Bullen etwa 10%, bei sehr alten sogar 15 bis 20% größer. Die größere Hüftbreite des Bullen ist also ein wohl ausgeprägter Geschlechtsunterschied, der auch bei einem Vergleich mit anderen Größen stets deutlich zutage tritt. Bei jugendlichen Tieren im ersten Jahre erreicht die größte Beckenbreite etwa drei Viertel der größten Beckenlänge. Die Verbreiterung nimmt nun in dem Maße zu, daß bei Kühen und jüngeren Bullen bis zum vierten Lebensjahre die Beckenbreite etwa 90% der Beckenlänge ausmacht. Bei alten Bullen ist Breite und Länge des Beckens etwa gleich; in einzelnen Fällen ist sogar das Becken breiter als lang.

Die Breite des von dem Kreuzbein gebildeten Beckendaches (17) unterliegt sehr auffälligen Altersveränderungen, die die Beckenform stark beeinflussen. Das Wachstum ist zunächst wie an anderen Teilen besonders stark im ersten Lebensjahre, in dem die Zunahme etwa 70% der anfänglichen Größe beträgt. Später ist das Wachstum bei weiblichen Tieren deutlich stärker als bei Bullen, sodaß bei erwachsenen Tieren die Entfernung zwischen den Iliosakralgelenken im weiblichen Geschlecht etwa das Dreifache, im männlichen das Zweieinhalbfache der anfänglichen Größe beträgt. Das Beckendach ist also beim weiblichen Tier deutlich breiter, was um so auffälliger erscheint, als ja die Hüftbreite umgekehrt beim Bullen größer ist. Die Differenz ist auf Rechnung der Darmbeinschaukeln zu setzen, die beim Bullen besonders stark entwickelt sind. Mit dem Wachstum des Beckenbodens hält das des Beckendaches nicht Schritt. Bei neugeborenen Tieren erheblich breiter als der Beckenboden, wird die Entfernung zwischen den Kreuz-Darmbeingelenken im ersten Jahre um 20% relativ kleiner, sodaß zu Anfang des zweiten Lebensjahres Beckenboden und -dach gleich breit sind. Von diesem Zeitpunkt an, in dem ja auch an anderen Skeletteilen die Geschlechtsunterschiede erkennbar werden, ist das Wachstum bei beiden Geschlechtern deutlich verschieden. Bei den Kühen vergrößern sich nun die beiden Teile gleichmäßig, so-



daß in allen Altersstufen die ventrale und die dorsale Begrenzung des Beckeneinganges gleich breit sind. Bei Bullen dagegen geht der Wachstumsvorgang im Sinne der ersten Jugendentwicklung weiter; das Beckendach wächst auch später langsamer als der Beckenboden, sodaß bei alten Bullen der dorsale Rand des Beckeneinganges etwa 15% schmaler ist als der ventrale Teil. Die Form des Beckeneinganges ist also nach Alter und Geschlecht sehr deutlich verschieden. Schematisiert zeigt der Rahmen des Beckeneinganges bei Kühen die Gestalt eines Rechteckes, bei jungen Kälbern die eines Trapezes, dessen obere Seite größer ist, während bei Bullen umgekehrt sich ein Trapez mit größerer unterer Seite zeigt. Das Wachstum des dorsalen Randes ist wie das fast aller Teile des Beckens bedeutend stärker als das der Extremitätenknochen; der Vergleich mit der Extremität zeigt auch sehr deutlich das stärkere Wachsen des weiblichen Beckens (vgl. Taf. III, Abb. 24).

Die oben besprochene Beckenbodenbreite, die Entfernung zwischen den Hüftgelenken, stellt zwar eine für viele Zwecke sehr brauchbare Größe zur Bezeichnung der ventralen Grenze des Beckeneinganges dar; bei der Bedeutung der Form der Geburtswege für die Ausbildung der Gestalt des Beckens schien ein weiteres an der visceralen Seite des Beckenrohres liegendes Maß für die Beckenbodenbreite wertvoll. Der gewählte Abstand von der linken zur rechten *Eminentia iliopectinea* (19) ist zwar stets eindeutig meßbar, weist aber große individuelle Unterschiede auf, die auf der Variabilität des ziemlich breiten Ansatzes des *Musculus pectineus* beruhen. Diese vordere Beckenbodenbreite steht bei jugendlichen und männlichen Tieren stets in einem gleichbleibenden Verhältnis zu der besprochenen Breite zwischen den Hüftgelenken; bei weiblichen Tieren ist die Zunahme vom dritten Jahre an um ein Geringes größer. Diese Änderung ist wohl ausschließlich durch die Gestaltung der Geburtswege zu erklären. Diese noch späte Ausweitung des ventralen Teiles des Beckenringes ist offenbar für die Geburt von Bedeutung; es wurde wenigstens bei Geburten sehr junger Hausrinder beobachtet, daß die Enge des ventralen Teiles des Beckeneinganges ein Geburtshindernis bilden kann.

Die Stellung der Darmbeinsäulen und ihre Veränderungen sind hauptsächlich bedingt durch die Ausbildung von Beckenboden und -dach. Demnach entspricht der Abstand der Darmbeinsäulen voneinander in der ersten Lebenszeit der Breite der dorsalen und ventralen Begrenzung des Beckeneinganges. Beim neugeborenen Tiere besitzt das Darmbein auch die Form einer geraden, nur etwas lateral abgeplatteten Säule. Bald jedoch tritt eine laterale Ausbiegung des mittleren Teiles ein, vor allem wohl unter dem Einfluß der vergrößerten Breitenausdehnung des Bauches. Dadurch ist die Entfernung der Mitte der Darmbeinsäulen (18), die bei neugeborenen Tieren nur etwa zwei Drittel der Beckenbodenbreite einnimmt, schon im Alter von eineinhalb Jahren auf die gleiche Größe wie diese angewachsen. Mit dem Wachstum dieser Entfernung zwischen den Hüftgelenken hält die Entwicklung der mittleren Breite des Beckeneinganges weiterhin ziemlich Schritt; doch ist ihr Wachstum bei Kühen etwas größer als bei Bullen. Die Entfernung der Darmbeinsäulen ist also bei ausgewachsenen Kühen größer, bei Bullen kleiner als die Beckenbodenbreite. Das Ergebnis dieses Vergleiches bestätigt sich bei der Benutzung einer anderen, fernerstehenden Vergleichsgröße. Das Wachstum der Beckenbreite an dieser Stelle ist deutlich stärker als das der Länge der Extremitätenknochen, besonders stark im ersten und auch im zweiten Lebensjahre; später ist die Zunahme bei weiblichen Tieren etwas größer als bei Bullen.

Zur Vervollständigung des Bildes des Beckeneinganges ist schließlich noch eine Be-



sprechung der Höhe erforderlich. Bei der bis in ziemlich hohes Alter vorhandenen Beweglichkeit des Kreuzbeines gegenüber dem Hüftbein sind alle Höhenmaße von beschränkter Zuverlässigkeit. Am besten geeignet erscheint wohl die *Conjugata vera* der Gynäkologen (23). Auch bezüglich der Höhe des Beckenkanales besteht ein Geschlechtsunterschied; der weibliche Beckeneingang ist auch absolut etwas höher. Sehr auffällig ist die Altersveränderung der Höhe in der Form des Beckeneinganges. Der jugendliche Beckenkanal erscheint außerordentlich hoch, was zum größten Teil auf den geringen Abstand der Darmbeinsäulen zurückzuführen ist. Infolge der Verbreiterung des Beckens wird die Beckenhöhe später verhältnismäßig kleiner. Zeigte beim Neugeborenen sich die Höhe etwa zweieinhalbmal so groß wie die Breite, so verhalten sich bei alten Kühen Breite zu Höhe des Beckeneinganges etwa wie 1:1,4, bei Bullen trotz der geringeren Verbreiterung noch wie 1:1,3. Dabei hält das Wachstum der Beckenhöhe mit verschiedenen Hauptmaßen des Beckens, etwa der größten Länge, ziemlich Schritt.

Der Anteil der Beckenhöhle an der gesamten Höhe (25) des Beckens macht sehr eigenartige Altersveränderungen durch. Er ist beim Neugeborenen mit etwa 70% der Gesamthöhe verhältnismäßig klein und steigt dann in den ersten drei Lebensjahren langsam um etwa 7% an. Vom Ende des dritten Jahres an ist die Zunahme der Beckenhöhle geringer als die der anliegenden Knochenpartien, sodaß der Anteil des Beckenraumes wieder abnimmt, und zwar bei Kühen nur wenig (2%), bei Bullen dagegen so erheblich, daß die relative Beckenhöhe bei alten Bullen geringer ist als bei neugeborenen Kälbern. Diese Veränderungen erklären sich aus dem sehr verschiedenen Wachstum der Knochenteile, aus denen sich die Höhe zusammensetzt. Beim Neugeborenen ist die Wirbelsäule, besonders Körper und Bogen der Wirbel, verhältnismäßig sehr groß; das Wachstum dieser Teile bleibt hinter dem aller anderen Knochenteile weit zurück. Infolge der Ausdehnung der Kreuzbeinwirbel ist also beim Neugeborenen die Beckenhöhle niedriger; ihr Anteil an der Gesamthöhe nimmt mit dem schnelleren Wachstum des Darmbeines zu. Vom vierten Jahre an zeigen besonders die Dornfortsätze der Wirbel ein sehr bedeutendes Wachstum und auf ihren Einfluß vor allem ist es zurückzuführen, daß die Beckenhöhle nun wieder niedriger erscheint. Beim Bullen ist das Wachstum dieser Fortsätze, wie aller Muskelansätze, stärker. Dazu kommt noch die beim Bullen stärkere Ausbildung eines erst vom vierten Jahre an entstehenden Dornes an der ventralen Seite des Beckenbodens, der ebenfalls dem Ansatz von Muskeln dient. Die individuellen Unterschiede sind bei diesen Größen und Verhältnissen sehr bedeutend, was bei der großen Zahl sehr verschiedener Elemente, aus denen sich die Höhe zusammensetzt, nicht zu verwundern ist.

Das Wachstum der Höhe des Beckens ist etwa ebenso stark wie das der Mehrzahl der Breitenmaße; es ist unter dem Einfluß der Muskelfortsätze auf eine lange Wachstumszeit ausgedehnt. Ein Vergleich mit der Länge zeigt, daß die Zunahme der Höhe in den ersten drei Lebensjahren größer ist. Später ist das Wachstum der beiden Dimensionen beim Bullen gleichartig, da ja auch die Länge unter dem Einflusse des Wachstums der terminalen Muskelansätze noch in höherem Alter sich vergrößert. Bei der Kuh bleibt dagegen das Längenwachstum hinter der Höhe zurück, sodaß das weibliche Becken kürzer erscheint (vgl. Taf. III, Abb. 22).

Ein drittes leicht meßbares und übersichtliches Maß stellt die *Conjugata diagonalis* (12, 24) dar, die allerdings ebensowohl die Längen- wie die Höhendimension des Becken-



raumes bezeichnet. Ihr Wachstum muß also die Ergebnisse der besprochenen Entwicklung der Beckenlänge und der Beckenhöhe bestätigen. In der Tat hält sie in den ersten beiden Lebensjahren mit der Entwicklung der inneren Beckenhöhe Schritt, bei älteren Kühen dann verhältnismäßig kürzer, bei Bullen verhältnismäßig länger werdend.

Die Untersuchung der Grundform des Beckens, die sich aus der Bodenplatte und dem Rahmen des Beckeneinganges zusammensetzt, zeigt, daß die Altersentwicklung der Form bei den Geschlechtern divergiert: das weibliche Becken wird höher und breiter, das männliche länger. Verursacht sind diese Unterschiede bei den weiblichen Tieren durch die Entwicklung der Geburtswege, bei den Bullen durch die stärkere Muskulatur, die zu einer Verlängerung der terminalen Teile führt. Auf die relative Verkürzung des weiblichen Beckens wirkt ferner noch die Knickung des von den Achsen des Darmbeins und des Sitzbeins gebildeten Winkels ein. Die Altersveränderung dieses Beckenwinkels, die durch Maße schwer eindeutig bestimmbar, aber stets unschwer zu beobachten ist, ist bei weiblichen Tieren deutlich größer als bei männlichen. Die Ursache der Aufrichtung des Darmbeines ist wohl einmal darin zu suchen, daß bei schwereren Tieren eine festere Stützung des Rumpfes auf die Hinterextremität erzielt wird; zum andern wird der Beckeneingang bei weiblichen Tieren durch eine möglichst senkrechte Einstellung zur Achse des Geburtsweges in eine für die Geburt günstige Lage gebracht. Für diese Annahmen spricht auch, daß im allgemeinen bei kleineren Säugetieren das Becken gestreckt, bei großen sehr stark geknickt ist.

Die bisher besprochenen hauptsächlichlichen Beckenpartien, der Rahmen des Beckeneinganges und der Beckenboden, stimmen weitgehend dahin überein, daß ihre Form abhängig ist von einer großen Zahl von Faktoren, die eine eindeutige Erklärung der Entwicklung oft erschweren, dafür aber eine größere Gleichmäßigkeit der Form gewährleisten. Die nun zu behandelnden mittleren und caudalen Teile des Beckens verhalten sich anders. An der Anlage wirken sich im wesentlichen nur zwei Faktoren umbildend aus: die Verstärkung der Muskulatur, die eine Vergrößerung der Muskelansatzstellen bewirkt, und die Entwicklung der Geburtswege, die bei weiblichen Tieren eine Erweiterung der Beckenhöhle hervorruft. Dadurch ist die Erklärung der einzelnen Altersveränderungen erleichtert; durch das Fehlen von antagonistisch wirkenden Faktoren ist aber der individuellen Variabilität ein weit größerer Spielraum gegeben, sodaß die Gestalt dieser Beckenteile meist weniger typisch ausgeprägt ist.

Der Boden des mittleren Beckenteiles, der durch die Verbindung der Hüftgelenke bestimmt wird, ist schon besprochen worden. Die Beckenhöhle wird in ihrem mittleren Abschnitte nur teilweise durch das Skelett fest begrenzt, durch die vom Ilium und Ischium gebildeten Seitenplatten, während die dorsale Begrenzung durch die starken Beckenfascien und das bis in höheres Alter bewegliche Kreuzbein hergestellt wird. Der Abstand der Seitenplatten des Beckens, der am besten an der engsten Stelle zwischen den dorsalen Rändern festzustellen ist (12, 20), ist bei neugeborenen Tieren außerordentlich gering. Vergrößert sich doch diese Breite postembryonal bei Kühen auf mehr als das Fünffache, bei Bullen noch auf das Viereinhalbfache der Anfangsgröße. Das weibliche Becken wird deutlich breiter als das männliche, doch sind die individuellen Unterschiede so groß, daß in den meisten Fällen eine Geschlechtsunterscheidung hier nicht möglich ist, da bei manchen, besonders sehr alten Bullen das Becken sehr breit, bei manchen Kühen ohne ersichtlichen Grund schmaler als das vieler Stiere ist. Die Form der Beckenmitte verändert sich besonders



dadurch, daß der Abstand der Seitenplatten bis zur Mitte des dritten Jahres auch merklich stärker zunimmt als die Bodenbreite; später ist das Wachstum dieser Teile bei Bullen gleich stark, bei Kühen dagegen wirkt sich die Entwicklung der Geburtswege noch in einer stärkeren Verbreiterung der Beckenhöhle aus. Ein Vergleich mit Extremitätenknochen zeigt das deutlich stärkere Wachstum der Beckenbreite, besonders auch bei der Kuh, im dritten bis fünften Jahre. Das gesamte Wachstum der mittleren Beckenbreite ist postembryonal mehr als doppelt so groß wie das der Extremität.

Die Form des kaudalen Beckenendes wird bestimmt durch die bei den Boviden sehr stark entwickelten Sitzbeinhöcker; sie stellen die Fortsetzung der seitlichen Beckenplatten dar und machen daher sehr ähnliche Altersveränderungen durch. Daneben ist der Sitzbeinhöcker Ansatz für eine Anzahl von größeren Muskeln, die der Bewegung der Hinterextremität dienen. Nun ist die Extremität des Bullen wesentlich größer und stärker als die der Kuh, das männliche Becken aber ist in vielen Ausmaßen kleiner, in anderen nur wenig größer als das weibliche. Der Entwicklung der ansitzenden Muskulatur entsprechend muß also der Sitzbeinhöcker beim Bullen größer sein und mit Hinsicht auf den schmalen hinteren Teil des Beckens besonders mächtig erscheinen (Fig. 28—32).

Bei jugendlichen Tieren ist die Breite zwischen den lateralen Fortsätzen der Sitzbeinhöcker (21) sehr gering, die Höcker selbst sind klein. Im Laufe der postembryonalen Entwicklung vergrößert sich diese Breite auf das Sechsfache der Anfangsgröße bei Bullen, auf das Fünffache bei Kühen. Wie bei anderen Muskelfortsätzen hält das Wachstum lange an und ist auch in höherem Alter bei Bullen noch recht beträchtlich. Der Geschlechtsunterschied ist vom Ende des zweiten Jahres an bemerkbar und vergrößert sich rasch. Verglichen mit dem Beckenboden erscheint auch die Sitzbeinbreite bei Kälbern schmaler und wächst bis zum dritten Jahre rascher, später nur noch bei Bullen.

Wertvolle Anhaltspunkte für die Beurteilung der Gesamtform des Beckens gibt ein Vergleich mit der Breite der kranialen Muskelansatzflächen des Beckens, der Darmbeinschaukeln. Entsprechend dem allgemein schwächeren Bau des kaudalen Beckenteiles bei Jugendlichen ist hier verhältnismäßig die Sitzbeinbreite kleiner als bei älteren Tieren. Das Wachstum des Sitzbeines ist im ersten und zweiten Jahr stärker als das der Hüftbreite, später ist das Wachstum beider Teile bei weiblichen Tieren gleichmäßig. Bei Bullen wächst die Sitzbeinbreite stärker bis zum fünften Jahre, später ebenso rasch wie die Hüftbreite, da bei alten Bullen auch diese noch langsam zunimmt.

Die Entwicklung der Breite zwischen den medialen Grenzen der Sitzbeinhöcker (22) schließt sich eng an die der mittleren Beckenbreite an und wird fast ausschließlich durch die Ausbildung der Beckenhöhle beeinflusst. Ihr Wachstum weicht daher sehr stark von dem der äußeren Sitzbeinbreite ab, die ja vorwiegend von der Entwicklung der Muskulatur abhängig ist. Bei Kühen ist die caudale Beckenweite größer als bei Bullen; doch sind die individuellen Unterschiede so groß, daß eine Unterscheidung auf Grund dieses Merkmals in manchen Fällen schwierig ist. Eigentümlicherweise wird bei sehr alten Kühen das Becken im Bereiche der Sitzbeinhöcker enger; es tritt eine Zubildung von Knochensubstanz ein, die wohl lediglich auf Rechnung der allgemeinen Neigung zu weitergehenden unregelmäßigen Verknöcherungen bei alten Tieren zu setzen ist. Dagegen wird bei alten Bullen der Beckenausgang etwas weiter, wohl unter dem Einfluß der allgemeinen Verbreiterung des kaudalen Beckenendes. Der Geschlechtsunterschied verkleinert sich also merkwürdigerweise in diesem



Merkmal bei sehr alten Tieren! Die bei der Geburt sehr unbedeutende kaudale Breite des Beckenkanales wächst in den ersten Jahren stärker als der Beckenboden; der Wachstumsunterschied wird später geringer, aber auch dieser Vergleich läßt das deutlich stärkere weibliche Wachstum erkennen.

Ein ganz entsprechendes Bild bietet ein Vergleich mit dem Extremitätenwachstum, der besonders die Veränderungen in höherem Alter deutlich macht. Der Anteil der Weite des Beckenkanales an der Sitzbeinbreite zeigt deutliche Unterschiede nach Alter und Geschlecht. Nach der Geburt sehr unbedeutend (etwa 40%) vergrößert sich die innere Breite rasch und hat schon etwa mit einem halben Jahre einen verhältnismäßig hohen Anteil (60%) erreicht, sinkt aber dann bis zur Mitte des zweiten Jahres wieder relativ. Von da an nehmen beide Geschlechter eine verschiedene Entwicklung. Angesichts der starken Vergrößerung der Sitzbeinhöcker beim Bullen bleibt die Breite des Beckenkanals stets ziemlich gleich und nimmt etwa die Hälfte der Gesamtbreite ein. Dabei ist im dritten und vierten Jahre eine Zunahme, in sehr hohem Alter eine geringe Abnahme des Anteils der Beckenhöhle festzustellen, während vom vierten bis etwa zum zehnten Jahre keine Veränderungen stattfinden. Bei Kühen ist der Anteil des Beckenkanales an der Gesamtbreite mit etwa zwei Dritteln bedeutend größer. Er wird im dritten und vierten Jahre in raschem Anstiege erreicht; in hohem Alter tritt ein unbedeutendes Absinken ein. Diese recht komplizierten Altersveränderungen sind aus dem verschiedenen Wachstum der einzelnen Teile zu erklären. Beim neugeborenen Tiere ist das Becken sehr schmal, zur Ver-

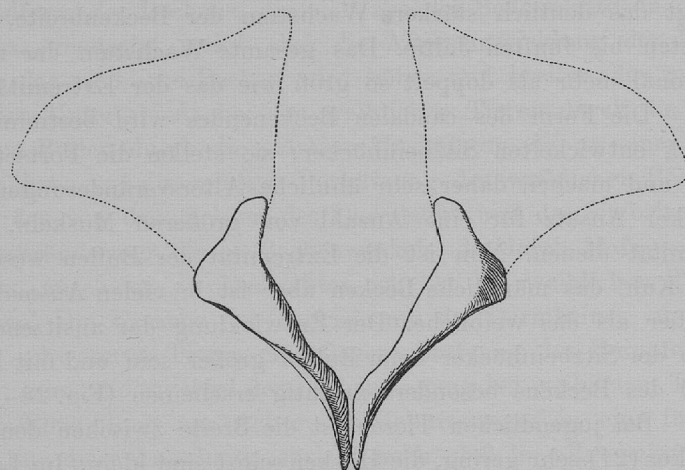


Fig. 28

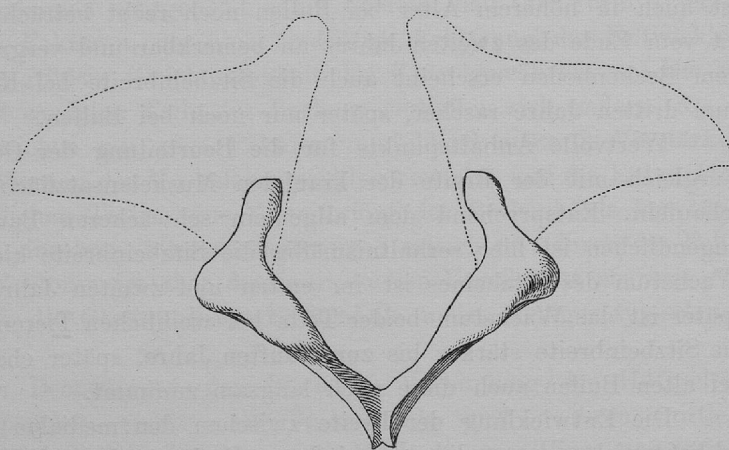


Fig. 29

Kaudalansicht des Sitzbeines. — Als Vergleichsgröße ist die Höhe des Sitzbeines gewählt. Punktiert ist die Lage und Form der Darmbeinschaukeln eingetragen. — Fig. 28. 3 Monate altes ♂ Kalb (960). — Fig. 29. 3 jähriger Stier (945). — Fig. 30. 6 jähriger Stier (942). — Fig. 31. Sehr alter Stier (95). — Fig. 32. 7 jährige Kuh (952).

Absinken ein. Diese recht komplizierten Altersveränderungen sind aus dem verschiedenen Wachstum der einzelnen Teile zu erklären. Beim neugeborenen Tiere ist das Becken sehr schmal, zur Ver-



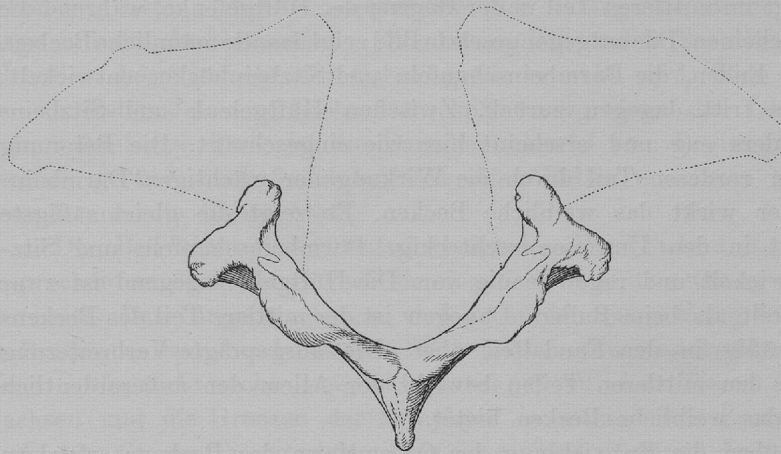


Fig. 30

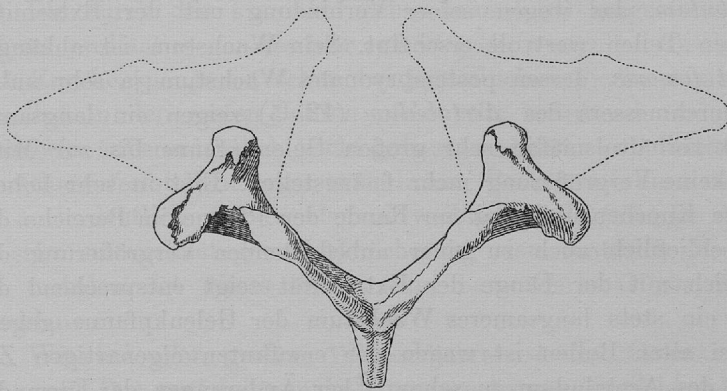


Fig. 31

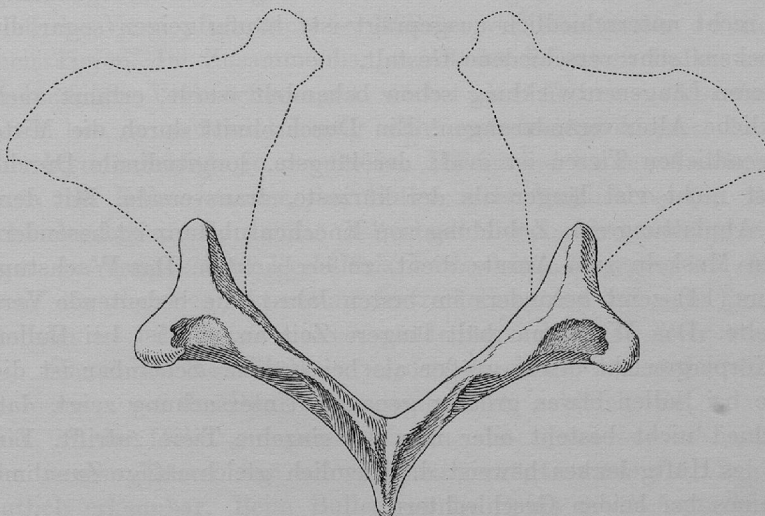


Fig. 32

hütung von Geburtsschwierigkeiten wohl schmäler, als zu freier Bewegung der Extremitäten wünschenswert ist; es tritt daher in den ersten Monaten eine rasche Erweiterung des in seinen Teilen ja noch nicht fest verwachsenen Beckens ein. Durch die Entwicklung der Muskulatur wachsen dann die Sitzbeinhöcker zu Ende des ersten Jahres stärker. Im dritten und vierten Jahre wird dann die Erweiterung des Beckens auf die Endgröße durchgeführt, da ja zu Ende dieses Lebensabschnitts das weibliche Becken schon geburtsfähig sein muß. Im Alter wirken auf das Verhältnis von Weite und größter Breite der Gesäßteile bei Kühen die Verengerung, bei Bullen die zunehmende Vergrößerung der Sitzbeinhöcker ein.

Während die Länge und Höhe des Beckens durch Alter und Geschlecht weit weniger auffällig verändert werden, zeigt ein Vergleich der Breitenentwicklung bei männlichen, weiblichen und jugendlichen Becken ganz verschiedene Bilder (vgl. Taf. III, Abb. 23—24). Am jugendlichen Becken sind die Hüften schmal, die Hüftgelenksgegend stark entwickelt und ziemlich groß, der ganze caudale Teil klein, schwach und unentwickelt.



Die stärkste Entwicklung liegt im mittleren Teil in der Gegend der Hüftgelenke, während die Beckenenden wie zugespitzt erscheinen. Das entgegengesetzte Bild zeigt das alte männliche Becken. Besonders breit sind hier die Enden, die Darmbeinschaukeln und Sitzbeinhöcker entwickelt; die Gegend des Hüftgelenkes tritt dagegen zurück. Zwischen Hüftgelenk und Sitzbeinhöcker ist das Becken besonders eng und erscheint hier wie eingeschnürt. Die Betonung der Breite liegt besonders im vorderen Teil durch die Wirkung der mächtigen Darmbeinschaukeln. Ganz anders wieder wirkt das weibliche Becken. Es zeigt die gleichmäßigste Breitenentwicklung und wirkt in den Umrissen rechteckig. Darmbeinschaukeln und Sitzbeinhöcker sind schwach entwickelt und ragen wenig vor. Die Hüftgelenksgegend ist zwar breit, aber schwächer entwickelt als beim Bullen. Dagegen ist der mittlere Teil des Beckens sehr breit und geht gleichmäßig in den Caudalteil über. Die ausgeprägte Verbreiterung der Beckenhöhle besonders in den mittleren Teilen bewirkt vor Allem den außerordentlich harmonischen Eindruck, den das weibliche Becken bietet.

Nach dieser Übersicht über die Entwicklung der Gesamtform des Beckens erfordern noch einzelne Teile eine eingehendere Betrachtung. Es sei hier ausgegangen von der Hüftgelenkspfanne, dem *Acetabulum*, das wegen seiner Verbindung mit der Extremität auch zu Vergleichen mit anderen Teilen wertvoll erscheint. Sein Wachstum ist abhängig von der Entwicklung des *Caput femoris*, dessen postembryonales Wachstum ja sehr unbedeutend ist. Messungen des Durchmessers des *Acetabulum* (12, 5) zeigen ein langsames Anwachsen der bei der Geburt verhältnismäßig sehr großen Gelenkpfanne bis zur Mitte des dritten Jahres; später ist keine Vergrößerung mehr festzustellen. Erst in sehr hohem Alter kann man bei Bullen eine Knochenzubildung am Rande der Pfanne im Bereiche der Bandansätze beobachten, die schließlich auch zu einer unbedeutenden Vergrößerung der Gelenkfläche führt. Ein Vergleich mit der Länge der Extremität zeigt entsprechend der Entwicklung des Hüftgelenkes ein stets langsames Wachstum der Gelenkpfanne gegenüber den Beinknochen; erst bei alten Bullen ist wegen der erwähnten eigenartigen Zubildung eine raschere Zunahme des *Acetabulum* zu sehen. Über Änderungen der Form des *Acetabulum* sind sichere Feststellungen nicht möglich, da die Form ziemlich unregelmäßig und bei verschiedenen Tieren recht unterschiedlich ausgeprägt ist; häufig zeigen sogar die beiden Gelenkflächen eines Beckens sehr verschiedene Gestalt.

Die Darmbeinsäule, deren Längenentwicklung schon behandelt wurde, erfährt auch in ihrer sonstigen Form merkliche Altersveränderungen. Ein Durchschnitt durch die Mitte dieser Knochenspanne bei jugendlichen Tieren ist oval; der längste, longitudinale Durchmesser dieses Querschnittes ist nicht viel länger als der kürzeste, transversale. Mit dem Alter tritt eine immer stärkere Abplattung ein. Zubildung von Knochensubstanz ist besonders am Vorderrande, der wichtigen Muskeln zum Ansatz dient, zu beobachten. Das Wachstum des longitudinalen Durchmessers (14) zeigt besonders im ersten Jahre eine bedeutende Vergrößerung auf fast das Doppelte. Das Wachstum hält längere Zeit an und ist bei Bullen entsprechend dem größeren Körpergewicht etwas größer als bei Kühen. Scheinbar ist die Abplattung der Darmbeinsäule bei Bullen etwas größer; genauere Untersuchung zeigt, daß ein solcher Geschlechtsunterschied nicht besteht oder nur für einzelne Tiere zutrifft. Ein Vergleich mit dem Wachstum des Hüftgelenkes beweist die ziemlich gleichmäßige Zunahme des Durchmessers des Darmbeines bei beiden Geschlechtern.

Die Darmbeinschaukel (13) ist bei neugeborenen Tieren sehr unbedeutend entwickelt.



Schon im ersten Jahre verdoppelt sie ihre anfängliche Breite und weist auch später ein lange anhaltendes bedeutendes Wachstum auf, sodaß bei alten Kühen das Dreifache, bei Altbullen das Vierfache der Geburtsgröße erreicht wird. Eine Verbreiterung der Form ist nur im ersten Jahre zu beobachten; später vergrößern sich Länge und Breite gleichmäßig. Beim männlichen Tiere ist die Darmbeinschaukel vom Beginne des zweiten Jahres an stets deutlich größer; auch findet bei sehr alten Bullen noch eine weitergehende Vergrößerung, besonders in die Breite, statt.

Die Betrachtung der Entwicklung des Beckenbodens, dessen Gesamtform schon besprochen wurde, verlangt noch die eingehendere Untersuchung einzelner Teile dieses Skelettabschnitts. Das Längenwachstum, verfolgt an der Entwicklung der *Symphysis pelvis* (10), verläuft etwa entsprechend dem der Sitzbeinlänge. Zu eingehenderen Beobachtungen ist jedoch diese Größe nicht recht geeignet, da bei jugendlichen Tieren die Beckenhälften nicht verwachsen und die Grenzen der Symphyse in mazeriertem Zustand nicht mehr festzustellen sind; bei älteren Tieren aber waren in meinem Material die schmalen Epiphysen, die die Begrenzung der Symphyse bezeichnen, vielfach verloren oder beschädigt.

Die durch den kranialen Schambeinast (6) hergestellte vordere Querverbindung des Beckens verdient wegen des hier auftretenden wertvollen Geschlechtsunterschiedes Beachtung. Diese Knochenspange ist schon bei jugendlichen Tieren dünn und schwach; das Wachstum ist selbst in den ersten Jahren nicht sehr bedeutend, sodaß bei erwachsenen Tieren das Schambein außerordentlich leicht gebaut erscheint. Vom dritten Jahre an ist ein Geschlechtsunterschied feststellbar. Am männlichen Becken ist diese Knochenleiste sehr viel breiter und auch deutlich stärker als am weiblichen. Die Stärke dieses Knochenteiles ist wegen der sehr unregelmäßigen Verknöcherung der ventralen Beckenbodenfläche schwer meßbar; trotzdem ist dieses leicht erkennbare Merkmal zur Geschlechtsunterscheidung sehr brauchbar.

Wie bei allen großen Wiederkäuern ist das *Foramen obturatum* (7) beim Wisent sehr groß. Das postembryonale Längenwachstum ist nicht sehr bedeutend; es bleibt hinter der Zunahme der übrigen im Bereiche des Sitzbeines liegenden Abschnitte merklich zurück, sodaß das Verstopfungsloch bei Kälbern verhältnismäßig deutlich größer ist als bei erwachsenen Tieren. Im Zusammenhange mit der bei alten Bullen ausgeprägten Neigung zu unregelmäßigen Verknöcherungen wächst das *Foramen obturatum* in dieser Altersstufe vom Rande her zu und wird häufig nicht unbedeutend kleiner. Im übrigen bestehen keine Geschlechtsunterschiede in der Größe. Häufig hat es den Anschein, als ob das Foramen obturatum bei Kühen runder, bei Bullen mehr länglich sei (8). Dieser Unterschied ist jedoch nicht durchgreifend, da die individuellen Verschiedenheiten sehr groß sind; vielfach wird sogar das umgekehrte Verhältnis beobachtet. Dagegen ist eine Altersveränderung in der Form des Foramen obturatum festzustellen, das bei sehr jungen Kälbern länglicher und schmaler ist; doch ist diese Veränderung schon im Alter von einem Jahre abgeschlossen.

Die Seiten des Beckens werden durch zwei ausgedehnte Knochenplatten, aus Teilen des Ischium und des Ilium zusammengesetzt, gebildet, die etwa in der Mitte einen längeren, stark in die Höhe gezogenen Kamm, die *Spina ischiadica*, tragen. Dieser Fortsatz, bei sehr jungen Tieren nur schwach ausgeprägt, wird vom Beginne des zweiten Jahres an deutlich erkennbar. Beim Bullen ist die Spina deutlich stärker entwickelt und weiter ausgebogen als bei der Kuh; besonders der mittlere Teil ist bei männlichen Tieren auffällig



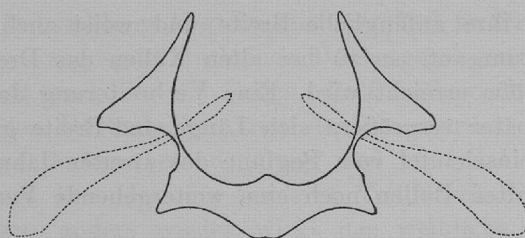


Fig. 33

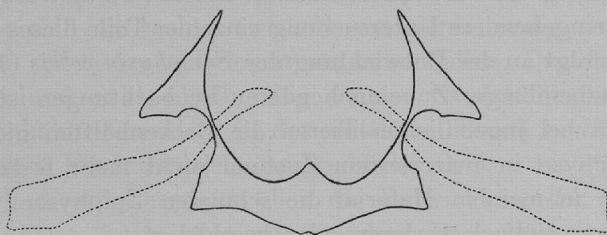


Fig. 34

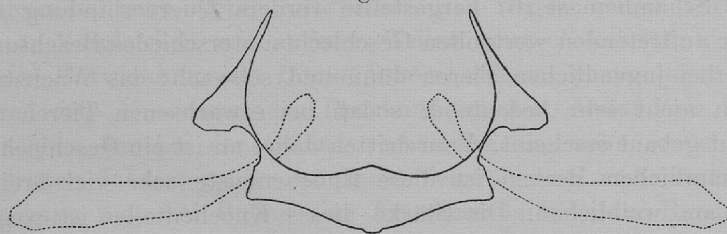


Fig. 35

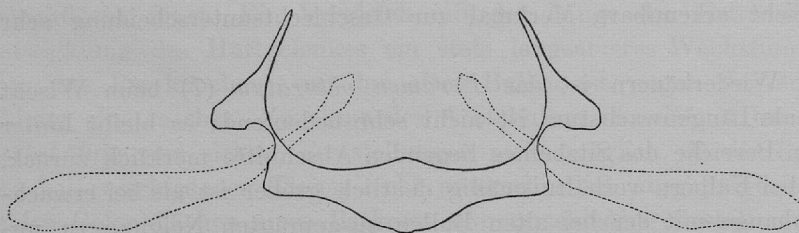


Fig. 36

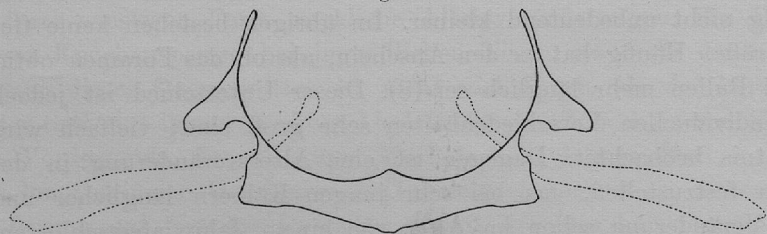


Fig. 37

Transversaldurchschnitt durch das Becken im mittleren Teile, vom höchsten Punkte der *Spina ischiadica* zur Mitte des *Acetabulum*. — Vergleichsgröße ist die Höhe dieses Schnittes. Punktiert ist die Lage und Größe der Darmbeinschaukeln eingetragen. — Fig. 33. 3 Monate altes ♂ Kalb (960). — Fig. 34. 3 jähr. Stier (945). — Fig. 35. 6 jähr. Stier (942). — Fig. 36. Sehr alter Stier (95). — Fig. 37. 7 jähr. Kuh (952). — Besonders beachtenswert ist die Ähnlichkeit alter Stiere mit Kühen in diesem Beckenteil.

hochgezogen (vgl. Fig. 33 — 37). Es bestehen in der Form des Knochenkammes recht große individuelle Unterschiede, die indes bei erwachsenen Tieren die Grenzen der Variationsbreite des anderen Geschlechtes nicht erreichen. Nur bei sehr alten Bullen, deren Becken im kaudalen Teile verlängert und verbreitert ist, erscheint die *Spina ischiadica* nicht mehr so hochgezogen. Die Form des alten männlichen Beckens nähert sich ja auch in manchen anderen Größen und Proportionen der weiblichen; doch wird, besonders bei Berücksichtigung der Form der Muskelausätze, eine Bestimmung keine Schwierigkeiten bieten.

Die Mitte des Dorsalrandes der seitlichen Beckenwände ist mehr oder weniger stark medialwärts eingedrückt. Beim Bullen ist dies an sich schon stärker ausgeprägt; das Acron der *Spina ischiadica* erscheint aber hier wegen seiner bedeutenderen Länge noch über die anderen Teile hinausgehend nach innen eingebogen. Als einfaches Verfahren zur Geschlechtsbestimmung auf Grund dieses Merkmals benutze ich folgendes: Betrachtet man ein Becken aus der Entfernung von etwa einem



Meter von der dorsalen Seite, so kann man bei weiblichen Tieren die gesamte innere Beckenbodenfläche überblicken, während bei Bullen stets ein Teil durch die Seitenwände verdeckt wird. Junge Kälber haben noch so enge Becken, daß, mag dieser Geschlechtsunterschied auch schon bestehen, er doch noch zu schwer festzustellen ist. Von einem halben Jahre an schon sind die Unterschiede erkennbar; zweijährige Färsen haben zwar noch bedeutend stärker zusammengedrückte Beckenwände als ältere, sind aber von Bullen gleichen Alters leicht zu unterscheiden (vgl. Fig. 33—37).

In dem schwächeren Verbindungsstücke des Sitzbeines zwischen dem Mittelteil des Beckens und dem Sitzbeinhöcker sind die Geschlechtsunterschiede weniger deutlich ausgeprägt; immerhin ist auch dieser Teil bei Bullen stets höher (12). Das Höhenwachstum ist im ersten Jahre erheblich, später nicht mehr sehr bedeutend; es ist immerhin noch deutlich stärker als das des Hüftgelenkes.

Die caudalen Teile des Sitzbeines sind vorwiegend abhängig von der Entwicklung des Sitzbeinhöckers, der die für einen großen Muskelansatzteil typischen Altersveränderungen erfährt. Das Längenwachstum des caudalen Sitzbeinastes (9) zeigt etwa dieselbe Stärke und Dauer wie das der Gesamtlänge des Sitzbeines. Ein Geschlechtsunterschied ist nicht erkennbar. Nur bei sehr alten Bullen tritt eine Verlängerung dieses Teiles auch in Bezug auf den Anteil an der Gesamtlänge des Sitzbeines ein, teils infolge der Vergrößerung des Sitzbeinhöckers, teils wegen des Zuwachsens des Foramen obturatum.

Der Sitzbeinhöcker ist bei Kälbern verhältnismäßig klein, seine Form wenig deutlich ausgeprägt. Im ersten und zweiten Jahre ist die Größenzunahme des Ansatzes wie des ganzen caudalen Sitzbeinrandes sehr bedeutend (11), die Formveränderung dagegen nicht wesentlich. In der späteren Entwicklung bilden sich die Muskelansatzstellen stärker aus und werden breit und wulstig; sie dehnen sich allmählich auf fast den ganzen Caudalrand des Sitzbeines aus; gleichzeitig wird die caudale Sitzbeinplatte verstärkt. Entsprechend der stärkeren Bemuskulung ist diese Entwicklung bei männlichen Tieren deutlicher ausgeprägt; bei ihnen zeigt sich eine größere Höhenentwicklung der caudalen Sitzbeinplatte (11), eine größere Länge der Arme des Sitzbeinhöckers und eine massigere Ausbildung der Muskelansatzstellen. In höchstem Maße sind diese Eigentümlichkeiten ausgebildet bei alten Bullen, bei denen die weitergehende Entwicklung der Muskulatur zu einer Verbreiterung des ganzen caudalen Beckenteiles führt.

Der caudale Sitzbeinrand und die Sitzbeinhöcker lassen auch in der Stellung bemerkenswerte Geschlechtsunterschiede erkennen. Der Winkel zwischen den caudalen Sitzbeinrändern ist bei jungen Tieren sehr spitz und wird mit dem Alter größer. Er ist bei weiblichen Tieren größer als bei Bullen; doch tritt bei alten Bullen infolge der erwähnten Verbreiterung eine Vergrößerung des Winkels ein, die die Geschlechtsunterschiede verschleiert. Zur Geschlechtsbestimmung kann daher dieses Merkmal nur unter Mitberücksichtigung anderer Kennzeichen verwendet werden. Eine genaue Messung dieses Winkels ist mir wegen der unregelmäßigen Verknöcherung und der nicht genau feststellbaren Endpunkte nicht möglich gewesen (vgl. Fig. 28—32).

Der dorsale Ast des bei allen Rindern dreiteiligen Sitzbeinhöckers stellt die Fortsetzung und das verstärkte Ende des dorsalen Kammes der Seitenwand des Beckens dar und teilt daher im Wesentlichen seine Richtung. Bei jugendlichen Tieren ist diese Spitze medialwärts stark eingebogen. Doch schon vom Alter von etwa dreiviertel Jahren an entwickelt sich



ein Geschlechtsunterschied: Ungeachtet der Erweiterung des Beckens bleibt der Fortsatz bei männlichen Tieren stets schräg medial gerichtet, während er bei Kühen entweder senkrecht steht oder leicht nach außen gebogen ist. Ich sehe dies als das wichtigste Geschlechtsmerkmal am Becken an, das auch schon in der Jugend stets sicher nachweisbar ist; außer am Wisentmaterial fand ich seine Gültigkeit an etwa hundert Skeletten von Rindern verschiedener anderer Arten stets bestätigt.

Wie schon erwähnt spielen die individuellen Unterschiede an einem so kompliziert aufgebauten Knochen wie dem Becken eine große Rolle und stören dadurch die Untersuchung der Altersveränderungen. Da eine ausführliche Besprechung der Größenschwankungen die Übersichtlichkeit der Darstellungen sehr beschränkt, seien hier nur auszugsweise einige charakteristische Fälle hervorgehoben, während im Übrigen auf die Maßtabelle 12 verwiesen sei.

Die größte Länge (1) zeigt eine Variationsbreite von etwa 7% der Durchschnittsgröße, die größte Höhe (25) etwa 11%, die größte Breite (16) etwa 8%, wobei hier einzelne Individuen bis zu 6% ausnahmsweise vom Mittelwerte abweichen. Die Interacetabularbreite (15) schwankt etwa um 7%, die mittlere Breite (20) 8—10%, die Höhe der Beckenhöhle (23) 9%, wobei die Schwankungsbreite durch sehr vereinzelte Fälle auf 14% sich vergrößern kann. Die Verschiedenheiten in der Breite der Darmbeinschaukel (13) machen bis zu 25% der Durchschnittsgröße aus, am Durchmesser des Acetabulum (5) ebenfalls bis 25%; auch etwa das einfache Verhältnis der Länge des Sitzbeines zu der des Darmbeines schwankt bis zu 15%. Dabei kann es als Regel gelten, daß die individuellen Schwankungen bei Bullen um etwa 20% größer sind als bei Kühen. Die verhältnismäßig gleichmäßigsten Formen hat demnach die Begrenzung der Beckenhöhle; die Außenmaße des Beckens variieren schon viel stärker. Aber hier gleichen sich doch schon die sehr großen Schwankungen aus, denen Einzelteile unterliegen können. Bei der Beurteilung und Bestimmung von Becken ist wie bei anderen komplizierten Knochen deshalb dem Gesamtbild mehr zu vertrauen als einzelnen, wenn auch genau meßbaren Dimensionen.

Die wichtigsten Altersmerkmale am Becken sind kurz zusammengefaßt folgende: Bei jugendlichen Tieren ist, beeinflusst von der Entwicklung der Wirbelsäule, der dorsale Teil des Beckens ziemlich breit und die Hüftgelenksgegend groß. Die übrigen Teile sind noch unbedeutend entwickelt, besonders sind die kaudalen Abschnitte eng und schmal, die vorwiegend den Muskelansätzen dienenden terminalen Teile unentwickelt. Im Laufe der postembryonalen Entwicklung vergrößert sich die Breite bedeutend stärker als Länge und Höhe, die caudalen Abschnitte stärker als die kranialen. Die Entwicklung der Muskelansatzstellen ist besonders bedeutend und hält bis in hohes Alter an. Die einzelnen Beckenäste, bei der Geburt vorwiegend stab- und spangenförmig, wachsen zu umfangreichen Platten aus.

Als wichtigste Geschlechtsmerkmale sind hervorzuheben: Das männliche Becken ist länger und höher, das weibliche breiter und besonders in den Maßen der Beckenhöhle weiter. Das Beckengewicht ist bei beiden Geschlechtern gleich. Beim Bullen sind die Muskelansätze weitaus stärker entwickelt, daher Darmbeinschaukeln und Sitzbeine besonders breit und umfangreich. Dagegen ist das Bild des weiblichen Beckens durch stärkere Entwicklung der mittleren Teile geschlossener. Die auffälligsten Einzelmerkmale beruhen zumeist auf der Entwicklung der Beckenhöhle. Beim weiblichen Becken sind die Darmbeinsäulen und



die seitlichen Beckenplatten weiter ausgebuchtet, am männlichen die Dorsalränder der Seitenplatten und des Sitzbeines stärker eingebogen. Unter dem Einflusse der Muskulatur ist bei Bullen der transversale Schambeinast stärker, die Ränder des Sitzbeinhöckers wulstiger und massiger.

Wegen der sehr auffallenden Veränderungen ist das Becken zur Untersuchung der Alters- und Wachstumsveränderungen einer der bestgeeigneten Teile des Skelettes.

### Wirbelsäule.

Die Untersuchung der Wirbelsäule mußte gänzlich verschieden durchgeführt werden von der an den Extremitätenknochen vorgenommenen; sie gestaltete sich wesentlich schwieriger als die der Beinknochen. Es ist dies darauf zurückzuführen, daß die Wirbelsäule bei verhältnismäßig einfacher Funktion einen sehr komplizierten Aufbau besitzt.

Wie bei allen Huftieren ist die statische Funktion der Wirbelsäule einfach: sie ist ein annähernd wagrecht liegender Stab, der von den vorderen und hinteren Extremitäten getragen wird und an dem der Kopf und die Eingeweide der Körperhöhlen des Rumpfes aufgehängt sind. Diese Wirbelbrücke ist durchbohrt von einem zentralen Kanal, der das Rückenmark allseitig hinreichend schützt. Auch die Bewegung ist verhältnismäßig einfach. Die Biegung des Wirbelstabes ist fast an allen Stellen nach jeder Richtung möglich, besonders stark in den oralen und kaudalen Endabschnitten. Doch ist die Beweglichkeit der einzelnen Gelenke, abgesehen von wenigen Ausnahmen, sehr gering. Eine Drehung ist überhaupt nur in einzelnen Gelenken in größerem Umfange möglich.

Die Bewegung erfolgt wie bei allen Säugetieren in doppelten Gelenken, insofern als die Körper knorpelig und die Bogen gelenkig verbunden sind. Die Verbindung zwischen den einzelnen Wirbeln ist daher eine sehr feste, sie wird noch erhöht durch die zahlreichen Muskeln und Bänder, die die Bogen und deren seitliche und obere Fortsätze verbinden. Der Aufbau der Wirbel stimmt also grundsätzlich überein mit dem primitiver Säugetiere. Nur in einigen Punkten, besonders bezüglich der Ausgestaltung einzelner Apophysen, sind abweichende Entwicklungen zu beobachten. Die Wirbelsäule ist der ursprünglichste und wenigst spezialisierte Teil des Skelettes der Wiederkäuer.

Während an den Extremitäten weitgehende Vereinfachungen der Form vor sich gegangen sind, die die Untersuchung der Altersveränderungen erleichtern, zeigen Form und Funktion der Wirbel die ursprünglichen komplizierten Verhältnisse. Die einzelnen Funktionen werden durch das Zusammenwirken mehrerer Organe und Organteile erfüllt. Das erschwert naturgemäß die Erforschung der einzelnen die Form der Knochen beeinflussenden Faktoren ganz bedeutend. Es ist daher nicht möglich, bei der Untersuchung der Wirbel in derselben Weise vorzugehen wie bei der Behandlung der Extremitätenknochen und alle wesentlichen Formbestandteile zu erfassen und ihre Entwicklung zu beschreiben. Ich habe daher nur eine Reihe von besonders auffälligen Altersveränderungen an den Wirbeln eingehender behandelt und ausgedehnte Teile der Knochen unberücksichtigt gelassen, an denen die Wachstumserscheinungen nicht mit Sicherheit zu erklären waren. Eine Anzahl der Maße, die für die Zwecke dieser Untersuchungen keine Ergebnisse lieferten, werden dennoch in den Tabellen



angeführt, um vergleichend-anatomische Arbeiten und die Bestimmung von Einzelknochen zu erleichtern.

Beim Vergleich der Entwicklung der verschiedenen Teile des Wirbels wurde zunächst ausgegangen von der Größe des Wirbelkanales, denn es war anzunehmen, daß ebenso wie das Gehirn auch das Rückenmark in seiner Form von Außeneinflüssen wenig abhängig ist und daher eine sehr gleichmäßige Gestalt besitzt. Infolge verschiedener sich ergebender Schwierigkeiten wurde auch vielfach die Größe des Körpers herangezogen, dessen Form die einfachsten Verhältnisse von allen Teilen des Wirbels zeigt. Bei der großen Formvariabilität der Wirbel erwies es sich häufig als notwendig als zuverlässigeren Vergleichsmaßstab die Länge des Oberschenkelknochens heranzuziehen, die zwar in keinem näheren Zusammenhange mit den Wirbeln steht, die Übersicht aber wesentlich erleichterte.

Während die beiden ersten Halswirbel eine besondere Behandlung wegen ihrer abweichenden Form und Bewegung erfordern, wurden von den übrigen Teilen der Wirbelsäule nur einzelne Wirbel gemessen, da für eine größere Anzahl benachbarter Wirbel ähnliche Form- und Wachstumsverhältnisse vorliegen.

### Atlas.

Der Atlas weicht in Form und Funktion sehr weit von allen anderen Wirbeln ab. Da der Wirbelkörper fehlt, besteht der Mittelteil des Wirbels nur aus einem ziemlich schwachen Ring, an den die Gelenkflächen und die zu Platten umgewandelten Seitenfortsätze unmittelbar angefügt sind; alle sonstigen Fortsätze fehlen. Das orale Atlanto-Occipitalgelenk und das kaudale Atlanto-Epistrophealgelenk weisen einen auffällig großen Bewegungsumfang auf und zeigen Gelenkformen, die an der Wirbelsäule sonst nicht vorkommen. Neben der Verbindung der Gelenke hat der Atlas noch die Aufgabe, einer Anzahl von Halsmuskeln als Ansatz zu dienen. Die Insertionspunkte dieser Muskeln liegen fast alle an den Flügeln, nur wenige an dem oberen und unteren Bogen. Im Laufe der postembryonalen Entwicklung sind also die stärksten Veränderungen an den Flügeln zu erwarten.

Gehen wir bei der Betrachtung des Atlas aus von der Begrenzung des Wirbelkanales, so ist als auffälligste Erscheinung der frühe Wachstumsabschluß des Wirbelbogens festzustellen. Schon im Alter von drei Vierteljahren ist die volle Größe (Tab. 13, 1) des Kanales erreicht, der dann während des ganzen Lebens ziemlich unverändert bleibt. Hinter dem Wachstum der Beinknochen bleibt das des Wirbelkanales, wie ein Vergleich zeigt, ganz erheblich zurück, bei Kühen um etwa 30%, bei Stieren um mehr als 40%. Die Form des Wirbelkanales (2) bleibt während des ganzen Lebens ziemlich unverändert, doch sind die individuellen Unterschiede sehr groß. Diese frühe Entwicklung des Wirbelkanales ist auf das Wachstum des Rückenmarkes zurückzuführen, das schon frühzeitig seine volle Stärke erreicht hat. Die recht unregelmäßigen Formen des Wirbelkanales sind wohl durch die das Rückenmark umgebenden Organe zu erklären, die infolge ihrer leichten Verschiebbarkeit und unbestimmten Form einen geringen Einfluß auf die Form des Wirbelkanales ausüben.

Bedeutend stärker ist die Wachstumszunahme der Gelenkflächen, da sich deren Größe annähernd der Zunahme des Kopfgewichtes anpassen muß. Die Breite der Epistrophealgelenkfläche (3) nimmt gegenüber der des Wirbelkanales um etwa 25% bei Kühen, um



etwa 35% bei Bullen mehr zu. Trotzdem bleibt das Wachstum dieser Dimension hinter dem der Extremitäten noch ganz erheblich zurück. Diese Gelenkfläche verändert ihre Form im Laufe des postembryonalen Wachstums ganz bedeutend. Einerseits dehnen sich die dorsalen Enden der Gelenkfläche zu beiden Seiten des Wirbelkanales nach oben aus, während andererseits der ventrale Rand sich nach unten vorschiebt; eine entsprechende seitliche Vergrößerung wird wohl durch eine Reihe von anliegenden Halsmuskeln behindert, die ihren Ansatz an den Atlasflügeln nehmen, mit dem Alter sich stark vergrößern und dadurch die Entwicklung der caudalen Teile des Knochens beschränken. Die Gelenkfläche erscheint also bei alten Tieren höher und weniger breit. Das Maß der Höhe (4) nimmt im Vergleich zur Breite bis zu 30% stärker zu. Genauere Angaben sind nicht möglich, da die individuellen Unterschiede dieser Proportion ziemlich bedeutend (bis 25%) sind. Die Funktion des Gelenkes scheint durch diese Formveränderung nicht beeinflusst zu werden.

Das Größenwachstum der kranialen Gelenkgrube stimmt mit dem der kaudalen Gelenkfläche ziemlich überein. Im Übrigen gehen die Altersveränderungen des kranialen Gelenkes einen völlig anderen Weg als die des kaudalen Gelenkes. Durch die bedeutende Altersvergrößerung und insbesondere -verbreiterung, die der Schädel postembryonal erfährt, wird auch der mit dem Occiput durch Muskeln und Bänder eng verbundene Atlas in die Breite gezogen. Dazu kommt die unmittelbare Einwirkung der langen Halsmuskeln, die teilweise nicht am Schädel selbst, sondern am Atlas, vornehmlich an den Flügeln ansitzen. Sie wirken auf eine Verbreiterung der Flügel hin, die wiederum eine Verbreiterung des ganzen Knochens zur Folge hat. Einerseits bietet der so vergrößerte Wirbel Muskeln und Bändern stets genügend große Ansatzflächen, sodaß eine Einengung der Gelenkpartie nicht in Frage kommt. Andererseits führt diese Entwicklung zu einer Verbreiterung der Gelenkfläche, die die Funktion des Gelenkes sehr bedeutend verändert. Bei jugendlichen Tieren hat das Atlanto-occipitalgelenk wie bei primitiveren Säugetieren eine sehr große Bewegungsmöglichkeit. In der Form einem Kugelgelenk nahestehend, gestattet es neben Beugung und Streckung auch eine ziemlich bedeutende Seitwärtsbewegung und sogar Drehung. Durch die Verbreiterung des Gelenkes bei älteren Tieren wird seine Beweglichkeit etwa auf die eines einfachen Wechselgelenkes beschränkt, das nur Beugung und Streckung gestattet. Übrigens würde auch eine größere Beweglichkeit des Gelenkes durch die Entwicklung der anstoßenden Skeletteile illusorisch gemacht werden. Eine Seitwärtsbewegung würde durch das sehr breite Occiput, an das die ebenfalls sehr verbreiterten Atlasflügel schon in der Ruhestellung fast anschließen, verhindert, und eine Drehung würde die sehr kurze und feste Bänderverbindung zwischen Occiput und Atlas verbieten.

Die Breite des Knochens (9) vergrößert sich im Laufe des postembryonalen Wachstums bei Kühen auf das Doppelte, bei Bullen auf das Zweieinhalbfache. Dieser Zuwachs ist, verglichen mit dem der Extremitätenknochen, nicht auffällig, erscheint aber sehr groß bei einem Vergleich mit den zentralen Teilen des Knochens. Gegenüber dem Wirbelkanal ist das Wachstum bei Kühen um etwa 40%, bei Bullen um 75% stärker, verglichen mit dem Wachstum der Gelenkflächen um 20% bzw. 35%. Besonders auffällig ist diese Wachstumsveränderung, wenn die Breitenausdehnung der Flügel getrennt von der des mittleren Teiles des Knochens betrachtet wird. Die Breite der Flügel nimmt bei Kühen um etwa 120%, bei Bullen um 230% zu. Infolge dieses Wachstums der Flügel sind die Formunterschiede nach Alter und Geschlecht sehr groß (vgl. Fig. 38—42, Taf. I, Abb. 6, 7). Während bei jugend-



lichen Tieren gegenüber dem Wirbelkanal und den Gelenkpartien die Flügel nur unbedeutend in Erscheinung treten, bestimmen sie bei erwachsenen Tieren wesentlich die Form des Knochens; durch ihre besonders starke Entwicklung ist die Form des Atlas bei männlichen Tieren ausgezeichnet. In Übereinstimmung mit ähnlichen Veränderungen nimmt bei sehr alten Bullen die Flügelbreite noch sehr deutlich zu. Diese Erscheinung, die besonders auffällig bei sehr großen Bullen ist, ist zurückzuführen auf die fortschreitende Zunahme der Breite und des Gewichtes des Schädels.'

Die Form der Flügel des Atlas ist individuell außerordentlich verschieden. Bei manchen Tieren verlängert sich der Flügel auffallend stark nach rückwärts, während sich bei anderen der hintere Teil des Flügels stärker nach seitwärts ausdehnt; in manchen Fällen liegen



Fig. 38

Fig. 39

Fig. 40

Fig. 41

Fig. 42

Kraniale Ansicht des *Atlas*. — Fig. 38. 3 Monate altes ♂ Kalb (960). — Fig. 39. 2 jähriger Stier (948). — Fig. 40. 6 jähriger Stier (942). — Fig. 41. Sehr alter Stier (95). — Fig. 42. 6 jährige Kuh (172).

die Flügel fast in einer Ebene, in anderen wieder sind sie auffällig schräg nach abwärts gerichtet. Doch steht die Länge (10) in einem ziemlich gleichbleibenden Verhältnis zur

Breite des Fortsatzes, ihr Wachstum ist also ebenfalls sehr bedeutend.

Während der Wirbelkanal außerordentlich früh völlig entwickelt ist und die Gelenkflächen sehr groß angelegt werden, sodaß sie bei jungen Tieren erheblich größer sind, als dem Gewicht, das sie zu tragen haben, entspricht, ist die spangenartige ventrale Verbindung zwischen den seitlichen Teilen des Knochens, die als Rest des Körpers am Atlas verblieben ist, bei jugendlichen Tieren sehr schwach und erreicht erst spät die ihnen zukommende Größe. Die Länge dieser Knochenspange vergrößert sich im Laufe des postembryonalen Wachstums auf etwa das Zweieinhalbfache und nimmt so, verglichen mit dem Wachstum des Wirbelkanales um etwa das Doppelte stärker zu. Das so verschiedene Verhalten des Wachstums der verschiedenen Knochenteile beruht wohl wie an den Extremitätenknochen darauf, daß die Gelenke durch das Zusammenwirken mehrerer Faktoren stärker in der Entwicklung gehemmt werden und zum Ausgleich dafür schon bei neugeborenen Tieren verhältnismäßig sehr groß angelegt sind. Die vorwiegend der Verbindung der seitlichen Teile dienenden Bogen stehen viel weniger unter dem Einfluß solcher entwicklungshemmenden Faktoren. Ihre Entwicklung kann sich daher der zunehmenden Inanspruchnahme weitgehend anpassen. Die Verstärkung dieser bei jungen Tieren sehr schwach ausgebildeten Teile wird hauptsächlich zur Stützung der sehr stark vergrößerten Flügel erforderlich.

Noch auffälliger als die Entwicklung des unteren ist die des oberen Bogens. Dieser stellt bei jugendlichen Tieren eine schmale Spange dar und wird bei älteren Tieren zu einer kräftigen Knochenplatte. Die Länge dieses Bogens (7) vergrößert sich bei männlichen Tieren nahezu auf das Dreifache. Gegenüber dem Wachstum des Wirbelkanales ist das des Bogens bei Bullen um 80%, bei Kühen um 65% größer.

Die Höhe des Wirbels (8) setzt sich zusammen aus der Höhe des Wirbelkanales und



der Dicke der Bogen. Bei jugendlichen Tieren beträgt der Anteil des Wirbelkanales an der gesamten Höhe etwa zwei Drittel und fällt wegen der frühen Beendigung des Wachstums des Rückenmarkkanales bei erwachsenen Tieren auf die Hälfte der Gesamthöhe. Infolge der bedeutenden Verstärkung der Bogen ist das Höhenwachstum des Knochens immerhin noch etwa 10% bedeutender als das der Gelenkflächen. Die Stärke der Bogen vergrößert sich um etwa 100% bei Kühen, um fast 200% bei Bullen; der Geschlechtsunterschied ist hier besonders auffällig. Auch hier ist eine vermehrte Zunahme bei besonders alten Bullen festzustellen. Das Höhenwachstum wird beeinflusst durch einen erst während der postembryonalen Entwicklung entstehenden unteren Dornfortsatz, der als Muskelansatz sich im Alter besonders stark vergrößert.

Das Gesamtwachstum des Knochens spiegelt sich am besten in einem Vergleich der Gewichte wider. Insgesamt nimmt das Gewicht des Atlas (Tab. 23) bei Kühen um das Zehnfache, bei Bullen um das Zwanzigfache zu. Das in den ersten Monaten geringe Wachstum ist am stärksten in den beiden ersten Jahren, hält aber bis in hohes Alter an. Das Gewicht der Extremität nimmt in den ersten Monaten merklich stärker zu, bleibt aber später stets hinter dem Atlas zurück. In höherem Alter wird der Wirbelknochen im Vergleich zu den Beinknochen noch sehr bedeutend schwerer.

### Epistropheus.

Während der Atlas wegen seines vom allgemeinen Bauplan der Wirbelsäule völlig abweichenden Aufbaues eingehendere Besprechung verdient, beansprucht der zweite Halswirbel besondere Beachtung wegen des eigenartigen, äußerst beweglichen Atlanto-Epistrophealgelenkes, das eine umfangreiche Gelenkfläche erfordert, die den Wirbel in vielen Teilen umgestaltet. Der sehr umfangreiche Knochen, einer der massigsten Wirbel des Skelettes, ist zudem besonders häufig fossil erhalten und erfordert daher eine genauere Beschreibung.

Wie der Atlas ist auch dieser Wirbel nicht nur vom Gewicht, sondern auch von der Größe des Schädels besonders stark beeinflusst. Die Muskelansätzen dienenden Fortsätze erfahren daher sehr bedeutende Altersveränderungen, besonders bei den männlichen Tieren.

Der Wirbelkanal (Tab. 14, 1) ist an dem großen Wirbel auf eine längere Strecke knöchern begrenzt und weist daher etwas gleichmäßigere Größenverhältnisse auf als im Atlas. Doch ist die individuelle Größenschwankung bei der am schärfsten bestimmten Breite noch etwa 20%, sodaß kleinere Veränderungen und Einflüsse von kleineren Kräften nicht erkennbar werden. Das Wachstum ist zum größten Teil schon am Ende des ersten Jahres beendet, es dauert aber, wenn auch außerordentlich langsam, bis in hohes Alter an. Der Geschlechtsunterschied ist unbedeutend; bei Bullen ist der Kanal meist nur wenig größer. Gegenüber dem Wachstum der Extremitäten bleibt der Wirbelkanal postembryonal um etwa 20% zurück. Die Form des Kanales ist bei einzelnen Tieren sehr verschieden (2); Alters- und Geschlechtsunterschiede sind nicht feststellbar.

Die Länge des Körpers (3) wächst in der ersten Lebenszeit sehr bedeutend und hat schon gegen Ende des zweiten Jahres sich verdoppelt; wie bei allen anderen Wirbeln ist das Wachstum später langsam, hält aber sehr lange an; auch nach der sehr späten Verschmelzung der Epiphysen ist noch eine Vergrößerung feststellbar. Die Wirbel der erwach-



senen Bullen sind um etwa ein Viertel länger als die der Kühe. Bei der vergleichenden Betrachtung der ganzen Wirbel treten diese Alters- und Geschlechtsunterschiede in der Länge nicht in Erscheinung, da das Breiten- und Höhenwachstum bedeutender sind und daher der jugendliche Wirbel schlanker und länger erscheint, bei erwachsenen Tieren der Epistropheus des Bullen besonders gedrunken und kurz. Ein Vergleich mit dem Wirbelkanal, der das deutlich stärkere Wachstum des Körpers zeigt, läßt Einzelheiten wegen der sehr großen individuellen Schwankungen nicht erkennen.

Der Körper des Atlas, der völlig in die kraniale Gelenkfläche einbezogen und in den ziemlich kurzen Zahnfortsatz umgewandelt ist, schließt sich in seinem Wachstum dem anderer komplizierter Gelenkformen an: sein Wachstum ist schon sehr bald, im Alter von einem Jahre, beendet; die außerordentlichen individuellen Form- und Größenunterschiede — man hat mit Unterschieden von 30% der Länge zu rechnen — machen jede eingehendere Behandlung unmöglich. Durchschnittlich ist der Fortsatz bei Bullen etwas größer. Verglichen mit anderen Teilen des Wirbels erscheint er bei jungen Kälbern groß, später sehr viel unbedeutender (vgl. Tab. 14, 4).

Die kraniale Gelenkfläche ist bei sehr jungen Tieren groß und besonders breit (5); im ersten Jahre ist die Vergrößerung — um fast die Hälfte — noch ziemlich bedeutend, schreitet jedoch später sehr langsam fort. Doch hält diese langsame Vergrößerung bis in hohes Alter an. Die große Gelenkfläche bestimmt besonders bei jüngeren Tieren wesentlich die Gesamtform des Knochens; später wird diese Bedeutung mit dem Anwachsen der Muskelfortsätze geringer. Über die Altersveränderungen der Form der kranialen Gelenkfläche, die entsprechend der Gesamtgröße bei Bullen etwas größer ist, lassen sich genauere Angaben wegen der sehr großen individuellen Formunterschiede nicht machen, eine genauere Feststellung erschwert insbesondere die dorsale Begrenzung der Gelenkfläche, die den Wirbelkanal sehr verschieden weit umfaßt.

Die einfacher gebaute kaudale Gelenkgrube (6, 11) ist etwas leichter zu untersuchen, doch entziehen sich auch hier alle Formveränderungen wegen der großen individuellen Variabilität der Beobachtung. Das Wachstum der Gelenkfläche ist nach Höhe und Breite nur im ersten Jahre bedeutend; später ist die Zunahme gering, hält jedoch lange an; sie ist nur wenig größer als die des Wirbelkanales. In hohem Alter ist bei beiden Geschlechtern noch eine weitergehende geringe Verbreiterung festzustellen.

Die Einwirkung der Muskulatur, die auch am Epistropheus große Änderungen hervorruft, äußert sich vorwiegend an den seitlichen und oberen Fortsätzen. An ihnen spielen sich daher die bedeutendsten Altersveränderungen ab, während die bisher besprochenen zentralen Teile demgegenüber sich nur wenig verändern. Der größte und auffälligste unter diesen Muskelfortsätzen ist der zu einem umfangreichen Kamm ausgestaltete Dornfortsatz. Bei jungen Kälbern sehr unbedeutend, beherrscht er im Alter durch seine Höhe, Länge und massige Ausbildung das Gesamtbild des zweiten Halswirbels. Die Höhe (13) vergrößert sich schon im ersten Jahre fast auf das Doppelte, erreicht bei alten Kühen das Dreifache, bei Bullen fast das Fünffache der Größe nach der Geburt. Das Wachstum ist also lange anhaltend, sehr bedeutend und ist auch in hohem Alter noch deutlich feststellbar. Die individuelle Größenschwankung ist bedeutend, doch wie an den übrigen Muskelfortsätzen eher geringer als an den zentralen Teilen des Wirbels.

Die Höhe des Dornfortsatzes beeinflusst die Gesamthöhe (12) des Wirbels bedeutend.



Infolge der verschiedenen Wachstumsgeschwindigkeit ihrer Teile hat sich im ersten Jahre die Höhe des Wirbels auf das Eineinhalbfache vergrößert und erreicht bei Kühen das Zweieinhalbfache, bei Bullen das Dreieinhalbfache der Anfangsgröße. Der Anteil der Höhe des Dornfortsatzes vergrößert sich dabei, wie aus der untenstehenden Tabelle ersichtlich ist, ständig; die Zunahme ist bei beiden Geschlechtern gleichartig, bei Bullen in allen Altersstufen stärker. Der Wirbelkörper kann seinen Anteil an der Gesamthöhe in den ersten Jahren vergrößern, verliert den Gewinn aber durch das spätere langsame Wachstum wieder.

Entwicklung der Höhe des Epistropheus.

| % der Gesamthöhe        | ♀            |             |      |       | ♂            |             |      |       |
|-------------------------|--------------|-------------|------|-------|--------------|-------------|------|-------|
|                         | 4 Wochen alt | 3 Jahre alt | "    | "     | 4 Wochen alt | 3 Jahre alt | "    | "     |
|                         |              |             | 5-6  | 10-12 |              |             | 5-6  | 10-12 |
| Höhe des Dornfortsatzes | 33           | < 38        | < 42 | < 45  | 33           | < 39        | < 48 | < 52  |
| " " Wirbelkanales       | 32           | > 22        | > 21 | > 20  | 32           | > 22        | > 18 | > 16  |
| " " Wirbelkörpers       | 35           | < 40        | > 37 | > 35  | 35           | < 39        | > 34 | > 32  |

Der Wirbelkanal, dessen Höhe wie die der beiden anderen Bestandteile nach der Geburt fast genau ein Drittel der Gesamthöhe ausmacht, bleibt hinter den übrigen Teilen ständig zurück und nimmt bei alten Tieren kaum mehr ein Fünftel der Gesamthöhe ein.

Die Höhe des Wirbels wächst etwa 10% rascher als dessen größte Länge; doch ist durch die große Variabilität dieser Maße die genauere Entwicklung nicht mit Sicherheit zu verfolgen.

Der Dornfortsatz entwickelt sich wie in die Höhe so auch in die Länge (9) sehr bedeutend. Die doppelte Anfangsgröße wird in der Mitte des zweiten Jahres erreicht; beim Abschluß des Wachstums, das bei beiden Geschlechtern sich bis in hohes Alter fortsetzt, ist die Länge auf das Dreifache der Geburtsgröße bei Kühen, auf das Vierfache bei Bullen angewachsen. Gegenüber der Länge des Wirbelkörpers wächst die des Bogens in den ersten beiden Jahren um mehr als 50% stärker, sodaß der Bogen, der bei jungen Kälbern knapp zwei Drittel der Körperlänge maß, nun auf nahezu die volle Länge des Körpers herangewachsen ist. In höherem Alter wird dieses Größenverhältnis nicht mehr merklich verschoben.

Der Kamm des Dornfortsatzes (10) entwickelt sich in seiner Länge entsprechend der des ganzen Fortsatzes; dabei sind die individuellen Formverschiedenheiten sehr groß. Dieser Kamm, der bei jugendlichen Tieren eine schmale Kante darstellt, wandelt sich im Alter in einen breiten derben Wulst um, der besonders bei männlichen Tieren sehr stark ausgeprägt ist.



Die Seitenfortsätze nehmen eine ähnliche Entwicklung wie die Dornfortsätze; bei jugendlichen Tieren klein und dünn, wachsen sie postembryonal zu sehr langen, bei älteren Tieren stärkeren Fortsätzen aus. Zu genaueren Vergleichen bleiben sie stets ungeeignet wegen des sehr großen Spielraumes der Variabilität; häufig haben sogar die beiden Seitenfortsätze eines Wirbels ganz verschiedene Formen. Die Zunahme der Breite zwischen den Spitzen der Seitenfortsätze (7) ist besonders in der ersten Zeit der Entwicklung sehr erheblich, nach dem zweiten Jahre dagegen nicht mehr sehr bedeutend. Unter Berücksichtigung des Umstandes, daß dieses Maß neben den Fortsätzen selbst auch die langsam wachsende Breite des Wirbelkörpers umfaßt, ist die Zunahme auch im Vergleich mit anderen Teilen des Wirbels groß. Die Länge des Fortsatzes verdoppelt sich schon im zweiten Jahre und erreicht bei alten Bullen mehr als das Dreifache der anfänglichen Größe. Die Breite an dieser Stelle des Wirbels, die bei Kälbern geringer ist als die der kranialen Gelenkfläche, wird bei älteren Tieren deutlich größer als jene.

Auch die Breite zwischen den Spitzen der Gelenkfortsätze (8) nimmt postembryonal sehr bedeutend zu; dabei ist die Verbreiterung der Gelenke selbst ziemlich gering; dagegen treten mit dem Alter die Intervertebralgelenke weiter auseinander. Der Einfluß der an den Gelenkfortsätzen inserierenden Muskeln macht sich etwa vom dritten Jahre an deutlich bemerkbar; die bis dahin dünnen, plattenartigen Fortsätze werden verstärkt und bekommen eine rauhe, wulstige Oberfläche.

Die Entwicklung der Gesamtform des Wirbels läßt sich etwa folgendermaßen zusammenfassen: Bei jugendlichen Tieren ist der Körper, der Bogen und der Wirbelkanal groß; besonders fällt die mächtige kraniale Gelenkfläche ins Auge; dagegen sind alle Apophysen klein und auffallend dünn. In der postembryonalen Entwicklung wachsen besonders diese Fortsätze mächtig an, sodaß bei alten Tieren ihnen gegenüber die zentralen, bei jugendlichen so auffälligen Teile zurücktreten. Unter dem Einfluß der Fortsätze wird der ganze Wirbel verhältnismäßig höher, breiter und kürzer. Die größte Breite geht von der kranialen Gelenkfläche auf die Seitenfortsätze über. Alte Bullen sind durch besonders große und massige Muskelfortsätze ausgezeichnet.

### Cervikalwirbel.

Von den wichtigsten Funktionen des Halses, der Stützung und Bewegung des Kopfes, wird beim Wisent ein großer Teil von der Halswirbelsäule auf andere Organe übertragen. Nur ein Teil des Gewichtes lastet auf der im Leben schräg zur Horizontalen stehenden Wirbelsäule, während gleichzeitig der sehr tief getragene Kopf durch große Bänder an dem hohen und starken Widerrist aufgehängt ist, der einen wesentlichen Teil des Gewichtes trägt. Von den Halsmuskeln sitzen nur die kleineren an den Halswirbeln an, während andere den Kopf unmittelbar mit dem Thorax, bzw. der Extremität verbinden. Die Halswirbel sind daher ihrer Tragfunktion entsprechend breit und kurz; die Muskelfortsätze sind weniger auffällig verlängert als bei anderen Wirbelgruppen. Von den in der Form einander sehr ähnlichen Halswirbeln 3—6 wurde der sechste, vorletzte Halswirbel gemessen (Tab. 15).

In Übereinstimmung mit den bei der Behandlung des Epistropheus besprochenen Verhältnissen sind auch bei den übrigen Halswirbeln in der Jugend Körper, Wirbelkanal und



Bogen (1, 2, 6) verhältnismäßig groß und weisen ein geringes postembryonales Wachstum auf. Auch hier wird eine eingehende Untersuchung der Form durch die großen individuellen Schwankungen sehr erschwert. Das bedeutende Wachstum der ventralen Fortsätze äußert seinen Einfluß auf die Form des Körpers, sodaß sogar der Wirbelkopf (2, 4) bei älteren Tieren verhältnismäßig höher wird.

Die eigenartige Stellung der ventralen Fortsätze macht diese wegen der günstigen Messungsmöglichkeiten besonders geeignet zur Untersuchung der Entwicklung reiner Muskelfortsätze. Der Fortsatz, der bei neugeborenen Tieren sehr klein und im caudalen Teile überhaupt noch nicht meßbar ist (3), erfährt ein so bedeutendes Wachstum, daß seine Höhe bei erwachsenen Kühen die des Wirbelkörpers erreicht, bei Bullen sogar weit übertrifft. Das Wachstum dieses Fortsatzes, im ersten Jahre noch nicht besonders auffällig, ist im zweiten bis fünften Jahre sehr bedeutend und hält auch im höheren Alter noch an. Die bei Kälbern kaum feststellbare Knochenleiste wird zu einer großen schaufelförmigen Platte mit wulstigem Randkamm. Sehr bedeutend ist auch die seitliche Entwicklung dieser ventralen Äste der *Processus transversi* (5). Der Abstand der Spitzen vergrößert sich postembryonal auf das Dreifache bei Kühen, das Vierfache bei Bullen.

Der letzte Halswirbel schließt sich durch die starke Entwicklung seines Dornfortsatzes in Form und Funktion schon eng an die Brustwirbel an. Die Entwicklung der mittleren Teile entspricht der der vorher besprochenen Halswirbel (Tab. 16, 1—3, 5, 6). Die nicht sehr bedeutenden Seitenfortsätze beeinflussen immerhin die Gesamtform des Wirbels merklich. Die Breite des Wirbels (4) vergrößert sich bei Kühen auf das Doppelte, bei Bullen auf das Dreifache. Diese Breitenentwicklung ist besonders bei einem Vergleich mit den wenig wachsenden mittleren Teilen des Wirbels recht erheblich.

Der Dornfortsatz des letzten Halswirbels, der sich mit den Dornfortsätzen der ersten Brustwirbel an der Bildung des beim Wisent besonders mächtigen Widerristes beteiligt, erfährt eine außerordentliche Verlängerung (7). Er erreicht bei Kühen die vierfache, bei Bullen die sechsfache Länge der anfänglichen Größe. Der Gesamteindruck des Wirbels wird dadurch völlig umgestaltet, daß dieser bei Kälbern ganz unbedeutende Fortsatz bei erwachsenen Tieren das Gesamtbild des Wirbels beherrscht.

### Thorakalwirbel.

Die Rückenwirbel stellen bei den Boviden den größten und wichtigsten Teil der Wirbelbrücke dar, die das gewaltige Gewicht des Rumpfes zu tragen hat. Die Grundlage dieser Brücke bildet ein aus den Körpern und Bogen der Wirbel zusammengesetzter Stab von großer Festigkeit und Elastizität, aber geringer Beweglichkeit. Die Verbindung der Wirbel durch die Intervertebralgelenke verstärkt diese Knochenbrücke noch erheblich. Die Seitenfortsätze dienen vorwiegend der Befestigung der Rippen und daneben dem Ansatz einiger kleiner Muskeln. Diese komplizierter gebauten Teile der Wirbel sind bei jugendlichen Tieren groß und machen keine bedeutenderen Altersveränderungen durch. Die auffälligste Veränderung ist die Längenzunahme der Rückenwirbelsäule, die bei dem späten Zeitpunkte des Verwachsens der Epiphysen der Wirbelkörper lange anhält. Zu diesen Teilen der Wirbel treten noch die Dornfortsätze mit ihrer völlig abweichenden Funktion; ihre Aufgabe ist die



Befestigung des Kopfes am Rumpf, der von großen Bändern und Muskeln getragen wird. Da der Kopf des Wisents in der Jugend verhältnismäßig klein, im Alter besonders bei Bullen groß und schwer ist, so ist das Längenwachstum der *Processus spinosi* der Rückenwirbel sehr erheblich. Der für den Wisent so charakteristische äußerst hohe Widerrist ist also durch den außerordentlich großen und massigen Schädel des Tieres verursacht.

Die Zahl der Rückenwirbel beträgt beim Wisent in der Regel 14, während die meisten übrigen Boviden deren 13 besitzen. In einzelnen Fällen hat auch der Wisent nur 13 Rippen, was ich in dem von mir untersuchten Material an zwei Individuen feststellen konnte. Die Zahl der Wirbel kann also als Artmerkmal mit Sicherheit nicht verwendet werden.

In ihrem gesamten Aufbau sind die Brustwirbel einander sehr ähnlich; doch unterscheiden sie sich stets voneinander durch eine Reihe von Merkmalen so deutlich, daß die Bestimmung eines einzelnen Wirbels bezüglich seiner Stellung in der Wirbelreihe meist keine größeren Schwierigkeiten bereitet. Die wichtigsten dieser Merkmale, die keineswegs Artcharakteristika sind, sondern zumeist die Regel bei der Mehrzahl der Säugetiere darstellen, sind folgende: Die größte Breite der Wirbel zwischen den Seitenfortsätzen und die Größe des Wirbelkanales werden von vorne nach hinten kleiner; die Größe der Wirbelkörper nimmt von vorne nach der Mitte der Wirbelreihe ab, nach hinten wieder zu; die Höhe der Dornfortsätze wird von vorne nach hinten geringer, die Köpfe und Gelenkgruben der Wirbelkörper werden flacher, die Intervertebralgelenke schärfer begrenzt und ihre Gelenkflächen stärker gebogen; die *Processus mamillares* der Seitenfortsätze werden nach hinten höher, die Gelenkflächen für die Rippengelenke kleiner. Die Stellung der Dornfortsätze ist an den ersten und letzten Wirbeln steil, in der Mitte der Wirbelreihe sehr schräg. In diesen gegenseitigen Größenverhältnissen der Wirbel treten keine Alters- und Geschlechtsunterschiede auf. (Vgl. Abb. 18—20, Taf. III).

Aus dieser Wirbelgruppe wurde der erste Brustwirbel eingehender untersucht und gemessen. Die bedeutendste Dimension ist hier wie bei allen Brustwirbeln die Höhe (Tab. 18, 1), deren Wachstum während des ganzen Lebens recht bedeutend ist. Die Höhe vergrößert sich schon im ersten Jahre um etwa die Hälfte, um in ihrem länger anhaltenden Wachstum bei Kühen das Dreifache, bei Bullen fast das Vierfache der Anfangsgröße zu erreichen. Das Wachstum der Wirbel ist deutlich stärker als das der langen Extremitätenknochen, das schon früher eingestellt wird; die Zunahme ist bei Kühen etwa 40%, bei Bullen etwa 60% größer. Verglichen mit dem Wirbelkanal ist die Vergrößerung des Wirbels um so bedeutender, als dieser sein Wachstum schon sehr früh beendet hat. Ist die Höhe des Wirbels bei der Geburt insgesamt fünfmal so groß wie die des Kanals, so wächst sie bei Kühen auf das Fünfzehnfache, bei Bullen auf das Zwanzigfache an (vgl. Abb. 8, Taf. I).

Das Längenwachstum des Wirbelkörpers ist viel geringer als das Höhenwachstum des Wirbels; doch hält auch die Verlängerung des Wirbels (8) lange an und endet etwa im siebenten Jahre.

Mit der Zunahme der Muskulatur, insbesondere der durch das größere Rumpfgewicht bedingten Vergrößerung der Stammuskulatur, tritt auch eine bedeutende Zunahme der Seitenfortsätze ein. Dadurch kommt es, daß der Brustwirbel bei älteren Tieren breiter und kürzer erscheint, vor allem auch bei einer Betrachtung von Wirbelkörper und -kanal. Die Verbreiterung fällt freilich nicht so in die Augen wie die Höhenzunahme, ist aber stärker als



das Längenwachstum. Die größte Breite des Wirbels zwischen den Spitzen der Seitenfortsätze (7) erfährt bei weiblichen Tieren eine Gesamtvergrößerung um etwa 100%, bei männlichen um 150%; der größte Teil dieser Zunahme fällt wegen des geringen Wachstums des Körpers auf die Seitenfortsätze selbst. Die individuellen Unterschiede sind ziemlich groß.

Der Wirbelkanal verhält sich in den Rückenwirbeln ähnlich wie in den Halswirbeln. Sein Wachstum ist schon nach einem Jahre abgeschlossen (2). Die individuellen Unterschiede sind sehr bedeutend, doch lassen sie erkennen, daß bei sehr alten Tieren häufig eine geringe Verengerung des Wirbelkanales eintritt. Gegenüber dem Wachstum der Extremität bleibt der Wirbelkanal bald weit zurück und wird von ihm bei weiblichen Tieren um 30%, bei männlichen um etwa 40% überflügelt. Verglichen mit der Gesamtgröße des Wirbels verringert sich der Anteil des Wirbelkanales noch viel stärker (vgl. Abschnitt Epistropheus).

Die Form des Wirbelkanales ist während des ganzen Lebens nicht wesentlich verändert, doch schwankt sie individuell außerordentlich stark. So ist z. B. das Verhältnis von Höhe zu Breite (5) bis 45% verschieden. Wie das Wachstum der Höhe ist auch das der Breite des Wirbelkanales sehr bald abgeschlossen und bleibt nach dem ersten Jahre ziemlich unverändert. Die Gesamtzunahme im ersten Jahre beträgt nur etwa 15%.

Das Wachstum des Wirbelkörpers ist bedeutender als das des Wirbelkanales. Seine Höhe (3) vergrößert sich bei Kühen auf das Doppelte, bei Bullen auf das Zweieinhalbfache. Die Hälfte dieses Zuwachses ist schon im ersten Jahre erreicht; später ist die Wachstumsgeschwindigkeit weit geringer, hält aber merklich bis etwa zum sechsten Jahre an. Wegen der bedeutenden Zunahme der Dornfortsätze nimmt auch der Anteil des Körpers an der Gesamthöhe des Wirbels ständig ab. Diese Abnahme ist wegen des verhältnismäßig großen Eigenwachstums im ersten Jahre geringer und tritt in den späteren Jahren deutlicher in Erscheinung. Die Form des Wirbelkörpers ändert sich während des ganzen Lebens wenig; die Verlängerung ist jedoch bedeutender als die Zunahme der übrigen Dimensionen. Das Verhältnis der Höhe zur Breite (6) ändert sich auch an den Gelenkflächen nicht. Doch machen die großen individuellen Unterschiede auch hier jede genauere Beobachtung unmöglich.

Die Höhe des Dornfortsatzes ist abhängig von dem Schädelgewicht, das beim Wisent postembryonal außerordentlich stark zunimmt. Da dieser Wirbelteil dorsal eine Begrenzung seiner Wachstumsmöglichkeit durch andere Organe nicht erfährt, so kann sich der Einfluß des Schädels uneingeschränkt geltend machen. Daher wird der Dornfortsatz (4) mit dem Alter immer länger und zeigt auch bei sehr alten männlichen Tieren noch ein deutliches Weiterwachsen. Er vergrößert sich auf das Dreifache bei Kühen, das Viereinhalbfache bei Bullen. Ein Vergleich mit der Größe des nur wenig wachsenden Kanales dieses Wirbels läßt die Zunahme dieser Höhe ebenso deutlich erkennen. Sie steigt von 500% auf 1250% bei Kühen, bei Bullen auf 1500% der Höhe des Wirbelkanales an. Der Anteil an der Gesamthöhe des Wirbels nimmt während des ganzen Lebens zu; er steigt von 70% auf 83% bei Kühen, auf 86% bei Bullen. Die individuellen Unterschiede in der Länge des Dornfortsatzes sind verhältnismäßig nicht sehr groß; das ist wohl dadurch zu erklären, daß diese Größe nur von wenigen formbildenden Faktoren abhängig ist und daher eine einheitliche Entwicklung durchmacht. Mit der Verlängerung des *Processus spinosus* geht auch eine entsprechende Vergrößerung seiner übrigen Dimensionen einher. Der dorsale Endteil



vergrößert sich schaufelartig und wird bei älteren Tieren kolbig verdickt. Der größte Längsdurchmesser (9) bleibt in allen Altersstufen etwa im gleichen Größenverhältnis zur Höhe. Der mittlere Teil des Dornfortsatzes ist bei Kälbern sehr dünn und schwach; erst nach dem dritten Jahre tritt eine deutliche, auch relative Verstärkung ein.

Der zweite Thorakalwirbel (Tab. 19, 1, 2) ist durch den längsten Dornfortsatz ausgezeichnet. Wesentliche Unterschiede in Aufbau und Entwicklung bestehen gegenüber den ersten Brustwirbeln nicht.

Am Aufbau des beim Wisent besonders hohen knöchernen Widerristes sind die Dornfortsätze der vorderen 12 Brustwirbel und des letzten Halswirbels beteiligt. Die Spitze dieses Kammes wird jedoch vorwiegend von den vier ersten Brustwirbeln gebildet, während die Dornfortsätze der folgenden Wirbel nach rückwärts rasch kürzer werden. Unter den mittleren Brustwirbeln wurde noch der fünfte gemessen (Tab. 20). Bau und Wachstum von Körper, Bogen und Wirbelkanal (2, 3, 4) weisen keine deutlichen Unterschiede gegenüber den vorderen Wirbeln auf. Das Längenwachstum des Körpers ist recht bedeutend und an dem im Ganzen kleineren Wirbel leichter zu beobachten. Diese Größe hat sich nach einem Jahre schon fast verdoppelt und gerade hier ist das Wachstum in den späteren Jahren noch recht bedeutend. Kühe erreichen etwa 250% der Anfangsgröße bis zum fünften Jahre; später ist ein Weiterwachsen nicht zu beobachten. Dagegen werden die Wirbel der Bullen dann noch deutlich länger und erreichen etwa 300% der Anfangsgröße, ja bei sehr alten Tieren werden infolge des sehr lange anhaltenden Wachstums etwa 350% erreicht.

Die Zunahme des Dornfortsatzes ist bedeutend, doch merklich geringer als an den Fortsätzen der vorderen Wirbel. Die Länge des Fortsatzes (6) vergrößert sich bei Kühen auf das Dreifache, bei Bullen auf das Dreieinhalbfache. Der Längenunterschied zwischen den vorderen und hinteren Dornfortsätzen vergrößert sich also bei älteren Tieren, bei Bullen stärker als bei Kühen. Der mächtige Widerrist des Wisents ist bei Kälbern kaum angedeutet; er kommt erst postembryonal zur Entwicklung.

Ist die auffälligste Veränderung an den Brustwirbeln in der Vergrößerung der Dornfortsätze zu sehen, so ist daneben die sehr bedeutende Verlängerung der Wirbelsäule nicht zu vernachlässigen. Wir sehen, daß der bei Kälbern außerordentlich kurze Rumpf sich postembryonal bedeutend verlängert und erst zu einem viel späteren Zeitpunkt als die Extremitäten die endliche Länge erreicht (vergl. Abb. 18—20 Taf. III). Eine Betrachtung der Längenmaße der gesamten Brustwirbelsäule wäre zum Vergleich mit der Entwicklung anderer Körperteile sehr aufschlußreich. Es ist jedoch am mazerierten Skelett, besonders wegen des Ausfalles der Zwischenwirbelscheiben, unmöglich ein auch nur einigermaßen genaues Maß zu erheben.

### Costae.

Die Aufgabe des Brustkorbes ist es, den Organen der Brusthöhle und einem Teil der Bauchorgane Raum und Schutz zu gewähren. Außerdem ist der Thorax wichtig als Atmungsorgan und als Ansatzfläche für einen Teil der Muskulatur der Vorderextremität und der Bauchmuskulatur. Die Änderungen dieser Funktionen müssen sich in der postembryonalen



Entwicklung des Thorax geltend machen. Bei jungen Kälbern, deren Baueingeweide klein und deren Extremitätenmuskulatur schwach ist, ist der Brustkorb klein, schmal und wenig tief; sein geringes Gewicht belastet die Extremität, an der er durch Muskeln aufgehängt ist, nur wenig. Die Vergrößerung der Baueingeweide und die Verstärkung der Muskulatur führt dazu, daß der Brustkorb auch im Vergleich zu anderen Körperteilen größer, besonders tiefer und breiter wird. Das Wachstum hält länger an als das der meisten Körperteile. Während bezüglich der Höhe und Länge der Körper schon im vierten Jahre als nahezu erwachsen gelten kann, nimmt die Tiefe und Breite dann noch mehrere Jahre lang weiter zu; das Wachstum des Thorax stellt dadurch ein wichtiges Altersmerkmal am lebenden Tiere dar.

Eine genauere Behandlung der Entwicklung des Thorax ist im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich, da aus dem mazerierten Skelett die genaue Form des Thorax nicht wiederhergestellt werden kann; die wichtigen knorpeligen und bindegewebigen Teile, wie die Zwischenwirbelscheiben und die Rippenknorpel, können aber bei einer Besprechung des Thorax nicht vernachlässigt werden.

Da die Funktion des Brustkorbes trotz seiner abweichenden Wachstumsgeschwindigkeit sich postembryonal nicht grundsätzlich ändert, so kann angenommen werden, daß seine ja verhältnismäßig einfach aufgebauten knöchernen Bestandteile, die Rippen, ihre Form nicht sehr verändern.

Die beim Wisent in der Regel 14 Rippen stimmen in den grundsätzlichen Formelementen mit denen anderer Wiederkäuer überein. Das *Capitulum*, das wie das *Collum* an den vorderen Rippen stärker ausgeprägt ist, trägt eine convexe Gelenkfläche, die an den hinteren Rippen immer kleiner und flacher wird. Während an den vorderen Rippen das *Tuberculum* am weitesten dorsal steht, nimmt das *Capitulum* nach rückwärts zunehmend eine immer deutlicher terminale Stellung ein. Der Zeitpunkt des Verwachsens der Epiphyse des *Capitulum* mit der Rippe ist stets derselbe wie für die Epiphysen des betreffenden Wirbels. Die Stärke der Rippen nimmt von vorne nach rückwärts ab. Die längsten und breitesten Rippen sind stets im mittleren Teile des Thorax zu finden und zwar ist die längste Rippe meist die neunte oder zehnte, die breiteste die siebente. Das ventrale Ende der Rippe ist bei den ersten Rippen am stärksten und wird nach rückwärts kleiner und schlanker.

Die Formveränderungen der Rippen im Laufe der Altersentwicklung sind nicht bedeutend. Das Größenverhältnis zwischen der Länge und den dorsalen und ventralen Enden ist ein ziemlich gleichbleibendes; der mittlere Teil ist bei jungen Tieren beträchtlich schlanker und erreicht erst bei ziemlich alten Tieren die volle Stärke, wobei die Rippen der Stiere im Durchschnitt etwas kräftiger sind als die der Kühe.

Aus einem Vergleich der Maße (Tab. 22) geht zunächst hervor, daß die individuellen Formunterschiede der Rippen so groß sind, daß die Wachstumsveränderungen oft nur schwer erkannt werden können. So ist etwa an den ersten Rippen eine nicht sehr bedeutende relative Verbreiterung (3, 4, Tab. 22) zu beobachten, die aber oft kaum feststellbar ist, da die individuellen Schwankungen dieser Größe 30% übersteigen.

An diesen ersten Rippen läßt sich am deutlichsten beobachten, daß der dorsale Teil, schon bei jungen Tieren ziemlich groß, bald den Abschluß seines Wachstums erreicht, während der ventrale Teil auch bei älteren erwachsenen Tieren sich noch vergrößert. Das



Längenwachstum der vorderen Rippen (1, 2, 5) dauert ziemlich lange an, etwa bis in das sechste Lebensjahr. Die Länge der Rippen ist bei alten Bullen etwa 12% größer als bei Kühen; der Geschlechtsunterschied ist also etwas bedeutender als an den Extremitätenknochen.

Das Größenverhältnis zwischen den einzelnen Rippen bleibt während des ganzen Lebens ziemlich gleich; doch nimmt die Länge der mittleren Rippen gegenüber den ersten und letzten etwas stärker zu (vgl. Abb. 21, Taf. III).

Ein Vergleich des Längenwachstums etwa der siebenten Rippe (6, 7) mit dem der großen Beinknochen zeigt, daß die Rippen um etwa 20% stärker wachsen als die Extremitäten. Ein deutlicher Geschlechtsunterschied ist dabei nicht zu erkennen. Das in späteren Jahren noch anhaltende Wachstum der Rippen tritt an der Gesamtform des Körpers durch Zunahme der Rumpftiefe sehr deutlich in Erscheinung.

Die Wölbung der Rippen (8, 12) bleibt im Wesentlichen während des ganzen Lebens unverändert; doch besteht diesbezüglich eine sehr große individuelle Variabilität.

Während an den vorderen Rippen die distalen, breiteren Teile sich stärker vergrößern als die proximalen, schmaleren, ist dies bei den mittleren und hinteren Rippen umgekehrt. Während die schmalsten Teile dieser Rippen sich im Vergleich zur Länge um bis zu 25% vergrößern, ist die verhältnismäßige Zunahme der breiten distalen Teile unbedeutend.

Die letzte Rippe bleibt im Verlaufe des Wachstums gegenüber den übrigen um etwa 20% der Länge zurück (14). Beim jugendlichen Tiere wohlentwickelt, wird diese Rippe beim erwachsenen Wisent zu einem rudimentären Organ, dessen Funktion ziemlich bedeutungslos ist. Sie ist auch die einzige Rippe, die durch keinen Rippenknorpel ventral verlängert wird. Die Form ist sehr charakteristisch: ein nur wenig abgeplatteter, unregelmäßig verbogener zugespitzter Stab.

Alle Rippen haben beim Wisent eine eigentümliche, stets deutlich ausgeprägte Form. Es ist leicht möglich, eine einzelne Rippe genau zu bestimmen, und auch eine Verwechslung mit Rippen anderer Rinderarten ist nicht möglich, da die Formen der Rippen bei den Rindern ohne ersichtlichen Grund verschieden und die charakteristischen Formen ziemlich artbeständig sind. Die Rippen der Büffel sind insbesondere außerordentlich stark abgeplattet, die der Wisente dagegen sehr wenig und erscheinen im Querschnitt ziemlich rundlich. Die Rippen der taurinen Rinder stehen in der Mitte zwischen diesen beiden. Eine genauere Beschreibung aller Einzelheiten würde aus dem Rahmen dieser Arbeit fallen. Da die Messung wegen der großen Variabilität keine sicheren Anhaltspunkte bietet, so empfiehlt sich zur Bestimmung von Skeletten und Skeletteilen die Benutzung eines Vergleichsskelettes, wobei Alter und Geschlecht keine wesentliche Rolle spielen. Ein Vergleich der Rippen wird früher als an den meisten übrigen Skeletteilen bei der Artbestimmung von Bovinen zu einem brauchbaren Ergebnis führen.

Die Altersveränderungen der Rippenknorpel und des Brustbeines konnten nicht berücksichtigt werden, da diese Teile an dem untersuchten Material größtenteils fehlten oder stark beschädigt waren. Die teilweise Verknöcherung dieser knorpeligen Gebilde setzt im zweiten Lebensjahre ein, doch bleibt der Aufbau noch lange Zeit ein sehr lockerer. Erst bei sehr alten Tieren von mehr als zehn Jahren erreicht das *Sternum* die Härte und sonstige Beschaffenheit anderer Knochen.



## Lumbalwirbel.

Die wichtigste Aufgabe der Lendenwirbelsäule ist eine feste und dabei ausreichend bewegliche Verbindung zwischen der vorderen und der hinteren Körperhälfte herzustellen; zudem ist sie der wichtigste Stützpunkt für die Muskeln und Sehnenplatten, die die Baucheingeweide tragen. Bei dem großen Körpergewicht und den umfangreichen Baueingeweiden der Boviden müssen zur Festigung der Lendenpartie bei diesen Tieren besondere Einrichtungen getroffen sein.

Die Lendenwirbelsäule der Rinder ist verhältnismäßig kurz; sie wird beim Wisent in der Regel nur von fünf kurzen gedrungenen Wirbeln gebildet; nur in einem Falle konnte ich das Vorhandensein von sechs Lendenwirbeln feststellen, wie dies die Regel bei den meisten anderen Boviden ist. Die Aufgaben der Lendenwirbelsäule werden wegen ihrer außerordentlichen Kürze teilweise von den anstoßenden Skeletteilen übernommen. Der beim Wisent nach rückwärts verlängerte und verstärkte Thorax wie das breite Becken sind in der Lage einen großen Teil des Gewichtes der Bauchorgane zu tragen. Die einzelnen Wirbel sind zudem sehr fest miteinander verbunden. Die umfangreichen Wirbelkörper bilden große Gelenkflächen und die Intervertebralgelenke sind besonders stabil aufgebaut. An die nahezu röhrenförmigen Gelenkflächen der kranialen Gelenkfortsätze sind die entsprechenden Gelenkkegel der anstoßenden Wirbel so genau angepaßt, daß eine kaum zu übertreffende Festigkeit der Gelenke erzielt wird; ein stärkeres Durchbiegen der Lendenwirbelsäule ist schon wegen dieser Intervertebralgelenke unmöglich. Allerdings wird durch diese Einrichtung die Beweglichkeit ziemlich beeinträchtigt. Die dorsalen und seitlichen Fortsätze sind durch Bänder und kurze Muskeln fest miteinander verbunden und tragen so gleichfalls zu Festigung bei. In manchen Fällen kommt es sogar zu Verschmelzungen zwischen mehreren Seitenfortsätzen, die in der Regel vom Sacrum ausgehen und zur Ankylosierung der Gelenke führen. Weiterhin wird die Lendenwirbelsäule gestützt durch die zahlreichen anliegenden Muskeln, die für die Entwicklung der Wirbelknochen von großer Bedeutung sind. Schließlich dienen der Tragefunktion vorwiegend die großen plattenförmigen Seitenfortsätze, die den Bauchmuskeln Ansatz bieten und durch ihre bedeutende Verlängerung bei alten Tieren umfangreichen Baueingeweiden Platz gewähren.

Die einzelnen Wirbel sind einander sehr ähnlich, ähnlicher als die irgend einer anderen Wirbelgruppe des Skelettes, was wohl auf ihre völlig übereinstimmende Funktion zurückzuführen ist. Trotzdem unterscheiden sie sich in einigen Merkmalen, die ihre Erkennung und Bestimmung ermöglichen. Die Gelenkflächen der Wirbelkörper werden von vorne nach hinten breiter, ihre Wölbungen geringer; der Wirbelkanal wird gegen das kaudale Ende zu dorsoventral abgeplattet. Die sehr ausgeprägten Gelenkflächen der Intervertebralgelenke sind an jedem Wirbel von anderer Form, was ihre Verwechslung unmöglich macht. In dem gesamten von mir untersuchten Material war es in keinem Falle, selbst bei jugendlichen, noch weniger scharf ausgebildeten Skeletten möglich, zwei Lendenwirbel zu vertauschen; meist sind selbst an einem Wirbel die beiderseitigen Gelenke verschieden. Der Abstand der Intervertebralgelenke nimmt gegen das Kreuzbein hin zu. Die Seitenfortsätze sind an den mittleren Lendenwirbeln länger, an den ersten und letzten Lendenwirbeln etwas kürzer.



Von den Lendenwirbeln wurde der vorletzte, das ist in der Regel der vierte, gemessen (Tab. 17, Taf. I, Abb. 9).

Das Wachstum des Wirbelkanales (1) ist an den Lendenwirbeln noch geringer und noch früher beendet als an Hals- und Brustwirbeln. Vielfach ist die Endgröße schon mit einem halben Jahre erreicht. Die Gesamtzunahme ist ganz unbedeutend. Gegenüber dem Wachstum der Extremität bleibt der Wirbelkanal demnach um mehr als 40% zurück. Das Wachstum der Gelenkflächen des Wirbelkörpers (3, 4) stimmt mit dem der entsprechenden Teile an den Brustwirbeln völlig überein. Es ist deutlich stärker als das des Bogens, bleibt aber hinter den anderen Teilen des Wirbels rasch weit zurück.

Die Zunahme der gesamten Höhe des Wirbels (2) ist recht erheblich; sie vergrößert sich auf etwa das Dreifache, wobei der Wirbel des Bullen um etwa 15% größer ist. Das Wachstum ist ziemlich spät abgeschlossen und auch bei älteren Tieren noch recht deutlich. Es ist in der ganzen Wachstumszeit ziemlich gleichmäßig stärker als das der Extremitätenknochen, das um etwa 20% übertroffen wird. Da, wie erwähnt, das Wachstum des Körpers und des Bogens recht unbedeutend ist und eigentlich nur im ersten Jahre ins Gewicht fällt, so ist der größte Teil der Zunahme auf Rechnung des Dornfortsatzes zu setzen. Dessen Wachstum ist also verhältnismäßig bedeutend, bleibt aber doch weit hinter dem der *Processus spinosi* der Rückenwirbel zurück.

Der Abstand der Gelenkfortsätze (5), die in ihren *Processus mamillares* auch Muskeln Ansatz bieten, vergrößert sich zwar stärker als der Wirbelkörper, besitzt aber selbst ein nicht sehr bedeutendes Wachstum, das geringer ist als das der entsprechenden Fortsätze an den Halswirbeln; es beruht dies wohl darauf, daß die schon früh sehr fest gefügten Gelenke mit ihren komplizierten Formen einem raschen Wachstum hindernd im Wege stehen. Bei Bullen kommt es zu einer Verdoppelung dieser Breite, während bei Kühen nur etwa 180% der Anfangsgröße erreicht werden.

Das stärkste Wachstum zeigt die größte Dimension des Wirbels, die Breite (6). Sie vergrößert sich bei Bullen um 300%, bei Kühen um etwa 250%. Der größte Teil dieser Entwicklung trifft auf die Seitenfortsätze, da das Wachstum der mittleren Teile gering ist. Diese Seitenfortsätze sind Ansatzstellen für mehrere wichtige Muskeln und bilden die wichtigste Stütze für das Dach der Bauchhöhle. An ihren lateralen Enden sitzen Bauchmuskeln an. Die Seitenfortsätze stellen eine Verbindungsplatte zwischen den dorsalen Teilen der Rippen und dem Darmbein dar. Mit der Vergrößerung der Baueingeweide und der Verbreiterung des Thorax und des Beckens verlängern sich auch die *Processus transversi* der Lendenwirbel. Ihr Wachstum hält lange an, da die Vergrößerung lateral nicht fest beschränkt ist. Die Form der Seitenfortsätze ändert sich postembryonal nicht sehr; doch ist sie individuell recht verschieden. Im ersten Entwicklungsjahr ist eine Abplattung und Verbreiterung dieser Teile festzustellen, deren Oberfläche im Alter unter dem Einfluß der Muskulatur rau und von unbedeutenden Kämmen überzogen wird.

Ist das Wachstum von Höhe und Breite des Wirbelkörpers unbedeutend, so ist dagegen die Zunahme der Länge, die auch hinter der Verbreiterung des Wirbels nicht merklich zurückbleibt, sehr groß. Schon zu Anfang des zweiten Jahres wird das Zweieinhalbfache der Anfangsgröße erreicht, bei erwachsenen Kühen das Dreieinhalbfache, bei Bullen das Vierfache. Die Lendenwirbel verlängern sich also auffallend stärker als die Brustwirbel.



Demgegenüber bleibt das Längenwachstum des Bogens (8) besonders im ersten Jahre zurück; zu erklären ist dies wohl durch die langsamere Entwicklung der hier ansitzenden komplizierter gebauten Intervertebralgelenke.

Zusammengefaßt zeigt das Wachstum des Lendenwirbels also folgendes Bild: Bei jungen Tieren steht der relativ große Bogen und der gedrungene kurze Körper im Vordergrund; die Intervertebralgelenke sind ziemlich groß und stehen sehr nahe zusammen, die seitlichen und oberen Fortsätze sind unbedeutend. Mit dem Alter verlängern sich vor allem die Seitenfortsätze, die zu dem auffälligsten Charakteristikum des Lendenwirbels werden. Es verlängert sich der Körper und der Dornfortsatz; die Intervertebralgelenke rücken weiter auseinander, während die Bedeutung der beim jugendlichen Tiere so auffällig entwickelten zentralen Teile abnimmt.

### Sacrum.

Die Form des Kreuzbeines ist sehr variabel. Es erklärt sich dies wohl aus dem Zusammentreffen der verschiedenen Kräfte, die an diesem ziemlich kleinen Knochen ansetzen, der zugleich ein Teil des Beckens und der Wirbelsäule ist, die Funktionen der Lendenwirbel wie des Beckens teilt und zudem dem Schwanze Ansatz bietet. Am regelmäßigsten ausgebildet ist noch die Partie, die die Verbindung mit der Lendenwirbelsäule herstellt, in der Hauptsache aus dem sehr in die Breite gezogenen *Caput* und den *Processus articulares* bestehend.

Die Verbindung mit dem Becken bilden kranial die *Alae*; da nun die Darmbeinschaukeln oft verschiedene Formen zeigen und die Form des Iliosakralgelenkes ganz unregelmäßig ist, so ist verständlich, daß auch die *Alae* eine äußerst unregelmäßige Form zeigen; oft ist eine sehr deutliche Asymmetrie ausgeprägt. Mitunter kommt es vor, daß die Flügel sich mit den Enden der Seitenfortsätze des letzten Lendenwirbels vereinigen und eine ausgedehnte Knochenplatte bilden, sodaß der letzte Lendenwirbel fest mit dem Becken verbunden wird.

Die Höhe der *Crista* hängt in erster Linie davon ab, ob das Kreuzbein tiefer oder höher zwischen den Darmbeinschaukeln liegt, was individuell stark schwankt. Der Einfluß, den der Schwanz auf die Form des Beckens ausübt, ist wohl während des ganzen Lebens gleich und daher hier von geringerem Interesse.

Die plattenartig vereinigten Seitenfortsätze der Sakralwirbel sind mit der dorsalen Kante des Sitzbeines durch mächtige Sehnenplatten<sup>1)</sup> verbunden, die das Becken hier abschließen und die im Inneren des Beckens liegenden Organe vor dem Drucke der auf dem Becken liegenden Muskeln schützen. Mit zunehmendem Alter wird das Becken länger, die Bedeutung dieser Sehnenplatten nimmt dadurch ebenso wie durch die Vergrößerung der Muskulatur zu. Dies führt einmal dazu, daß sich an die ursprünglichen fünf Sakralwirbel noch ein bis zwei weitere anschließen, ferner aber zu einer ganz bedeutenden Verbreiterung und Verstärkung der kaudalen Sakralwirbel. Während beim jugendlichen Tiere die Sakralwirbel nach hinten an Größe rasch abnehmen und das Sacrum daher eine pyramidenförmige

<sup>1)</sup> *Ligamentum sacrospinousum* und *L. sacrotuberosum*.



Gestalt besitzt, sind bei erwachsenen Tieren die hinteren Sakralwirbel ziemlich gleich groß, sodaß die Konturen des *Sacrum* kaudal von den Flügeln nahezu parallel verlaufen (vgl. Abb. 23, 24, Taf. III). Bei der großen Variabilität lassen sich diese Erscheinungen durch Maße schwer festlegen. Die bei jugendlichen Tieren getrennten Neurapophysen der Sacralwirbel verschmelzen später, wobei die *Processus spinosi* eine einheitliche Knochenplatte bilden (vgl. Taf. I, Abb. 10).

Das Wachstum der Gelenkfläche des oralen Kopfes (4, Tab. 21) stimmt nach Umfang und zeitlicher Ausdehnung annähernd mit dem der langen Beinknochen überein. Bei alten

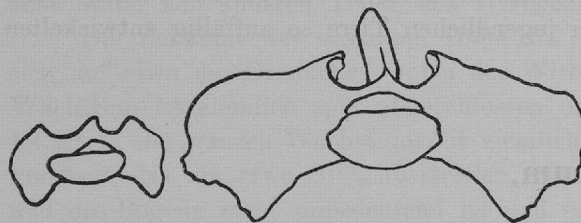


Fig. 43

Fig. 44

Kraniale Ansicht des Kreuzbeines. — Fig. 43. 3 Monate altes ♂ Kalb (960). — Fig. 44. 7 jähr. Stier (938). — Die unregelmäßig geformten und oft unsymmetrischen Apophysen (*Alae*, *Proc. spinosus*) vergrößern sich sehr viel mehr als die zentralen Teile des *Sacrum*.

Bullen tritt noch eine Vergrößerung ein, sodaß der stets deutliche Geschlechtsunterschied im Alter besonders auffällig wird. In Form und Funktion stimmt das Lumbosakralgelenk im Übrigen fast völlig mit den Gelenken zwischen den Lendenwirbeln überein.

Das Wachstum des Wirbelkanales (5) wird nicht so früh abgeschlossen wie an den weiter kranial gelegenen Wirbeln; es hält bei weiblichen Tieren sogar stets Schritt mit dem Wachstum des Kopfes des ersten Körpers, während es bei Bullen hinter diesem um mehr als 12% zurückbleibt.

Das Wachstum der Gelenkfortsätze (3) ist früher abgeschlossen als das des Caput; es bleibt hinter diesem bei Kühen um etwa 12%, bei Bullen um 20% zurück. Da die Variationsbreite jedoch etwa 30% beträgt, kommt diesen Angaben keine große Bedeutung zu. Die Breite des Kreuzbeines an den Flügeln dagegen (2) nimmt entsprechend der Verbreiterung des Beckens sehr stark zu, besonders bei den Kühen — etwa 20% stärker als das Caput —, weniger bei Bullen (12%).

Die Höhe des Kreuzbeines (6) nimmt nicht sehr stark zu; im Laufe der Gesamtentwicklung verdoppelt sich die Anfangsgröße, wobei der Geschlechtsunterschied gering bleibt, da das Sacrum der Bullen nur wenig höher wird als das der Kühe.

Die Längenentwicklung des vordersten Körpers (1) entspricht der der Lendenwirbel. Abschließend möchte ich nochmals betonen, daß bei den großen individuellen Schwankungen der Wert von Messungen am Sacrum sehr gering ist.

### Caudalwirbel.

Da nur von wenigen der untersuchten Skelette die Schwanzwirbel vollzählig vorhanden waren, muß auf ihre eingehendere Behandlung verzichtet werden.

Die Zahl der Schwanzwirbel ist beim Wisent 15 bis 18. Die Epiphysen verwachsen gleichzeitig mit denen der Rückenwirbel. Da die funktionelle Beanspruchung sich nicht ändert, sind die Altersveränderungen, von der absoluten Größenzunahme abgesehen, gering. An den Ansatzstellen der Muskeln entstehen bei alten Tieren durch die Verknöcherung der Sehnenenden Rauigkeiten.



### Zusammenfassung.

Am Skelett des Wisents lassen sich im Laufe der postembryonalen Entwicklung zahlreiche sehr auffällige und bedeutende Formveränderungen feststellen. Das sehr verschiedenartige Wachstum der Skeletteile läßt sich auf die Einwirkung verhältnismäßig nur weniger formbildender Kräfte zurückführen und dadurch sind die vielen Einzelbeobachtungen einfach zu ordnen. Wenn am Wisentskelett viele Wachstumserscheinungen sehr viel deutlicher erkennbar sind als bei den meisten übrigen Säugetieren, so erklärt sich das einmal durch die sehr beträchtliche absolute Körpergröße, die die Einzelheiten leichter erkennen läßt, dann aber auch aus der weitgehenden Spezialisierung der Bewegungsorgane, die durch Vereinfachung der Funktionen des Skelettes die Entwicklung einzelner Teile deutlicher macht.

Die embryonal angelegte Form des Skelettes hat zunächst die Neigung, sich gleichmäßig zu vergrößern, doch so, daß das epiphysäre Wachstum rascher vorschreitet als das periostale. Auf diese Anlage wirkt eine Anzahl von Kräften verschiedener Größe ein, die durchweg entweder einen Druck oder einen Zug ausüben. Druck führt zu Entwicklungshemmung in der Richtung, in der der Druck einwirkt, in der senkrecht zur Druckrichtung gelegenen Ebene dagegen zu Verstärkung durch beschleunigtes Wachstum. Zunehmender Druck erzielt Verlangsamung des Wachstums, in extremen Fällen kann sogar Rückbildung und Verkürzung eintreten. Zug ruft stets Verlängerung und Vergrößerung des Knochenteiles hervor, an dem die Zugwirkung ansetzt. Das periostale Wachstum reagiert auf diese Einwirkungen stärker als das epiphysäre, das sich von dem durch die Anlage bedingten Entwicklungsgang schwerer abdrängen läßt, zudem auch früher abgeschlossen ist.

Die Entwicklung der Masse der Knochensubstanz schreitet nicht gleichmäßig mit der Form vor. Zuerst wird die Form ausgebildet und erst viel später tritt ein deutlicher Zuwachs an Knochensubstanz, insbesondere an Compacta, und damit eine Zunahme der Festigkeit und des Gewichtes ein.

Unter dem Einflusse gleich großer Kräfte wachsen verschiedene Knochenteile verschieden; in der Regel entwickeln sich einfach gebaute Teile leichter und rascher als komplizierte. Da das Wachstum dieser Teile geringer ist, so sind die kompliziert gebauten Teile bei neugeborenen Tieren relativ größer angelegt, die einfacher gebauten kleiner<sup>1)</sup>.

Das geringste Wachstum von allen Körperteilen haben die Schutzorgane des Zentralnervensystems, die Schädelkapsel und die Bogen der Wirbel. Ihre Form ist völlig abhängig von der Entwicklung der Zentralorgane, die bei der Geburt schon nahezu fertig ausgebildet sind und sich nur noch wenig vergrößern.

Eine mittlere Wachstumsgeschwindigkeit zeigen die Teile, die zwischen zwei Gelenken liegen, also etwa die Extremitätenknochen, die zentralen Teile des Beckens und der Wirbel. Die gegenseitige Stützung und der Druck der Gelenke wirkt offenbar hemmend auf das Wachstum. Großenteils haben diese Knochen epiphysäres Wachstum und das Ende ihrer Entwicklung ist daher durch den Zeitpunkt des Verwachsens der Epiphysen bestimmt. Das Längenwachstum der Extremitätenknochen ist daher früh beendet; das der Wirbel-

<sup>1)</sup> Diese Wachstumsregeln können in dieser Form natürlich nur für solche Tiere gelten, bei denen wie beim Wisent und den anderen Wiederkäuern die ganzen Bewegungsorgane gleich nach der Geburt voll in Funktion treten. Bei Tieren, deren Junge in einem weniger entwickelten Zustande geboren werden, verläuft die Jugendentwicklung anders.



körper dauert länger und ist daher auch bedeutender. Die in diese Gruppe gehörenden Knochenteile ohne epiphysäres Wachstum haben eine zeitlich nicht so scharf begrenzte und gleichmäßigere Entwicklung.

Sehr bedeutend ist die Wachstumsvergrößerung der platten Knochen, die meist nur an einer Seite an ein Gelenk anstoßen, an ihren freien Rändern aber nicht durch die Entwicklung anderer Skeletteile beeinträchtigt werden. Hier sind vor allem zu berücksichtigen die Scapula, die großen Platten des Beckens, die Dornfortsätze der Brustwirbel und die Seitenfortsätze der Lenden- und Kreuzbeinwirbel. Sie alle entwickeln sich ungehindert entsprechend den auf sie einwirkenden Zug- und Druckkräften. Diese Teile sind bei der Geburt sehr klein, wachsen rasch während des ganzen Lebens und haben so eine fast unbeschränkte Entwicklungsmöglichkeit und Wachstumsdauer.

Die größten Wachstumsveränderungen zeigen die Muskelansatzstellen. Abweichend vom Wachstum aller übrigen Knochenteile vergrößern sie sich nur zum Teil durch epiphysäres und periostales Knochenwachstum, teilweise aber auch durch Verknöcherung der ansitzenden Sehnenenden. Ihre Form, Größe und Entwicklung steht in engstem Zusammenhang mit Stärke und Lage des ansitzenden Muskels. Häufig sind bei der Geburt noch nicht einmal Andeutungen dieser später oft sehr großen Muskelfortsätze zu sehen und die zu diesem Zeitpunkte vorhandenen Anlagen sind regelmäßig sehr klein. Ohne Kenntnis der Muskulatur können also an jugendlichen Skeletten keine Schlüsse auf die spätere Entwicklung ihrer Form gezogen werden.

Nur die allerwenigsten Knochen fallen allein unter eine von diesen Wachstumsgruppen und zeigen daher eine einheitliche Entwicklung. In der Regel haben die Teile eines Knochens, entsprechend ihren verschiedenen Funktionen, ein sehr verschiedenartiges Wachstum. Das mannigfaltige Bild der Entwicklung der einzelnen Knochen erklärt sich aus der stets verschiedenen gegenseitigen Hemmung und Förderung des Wachstums der einzelnen Teile.

Der größte Teil des Skelettes hat nach der Geburt eine ziemlich indifferente Form; das Skelett ist ja bei neugeborenen Huftieren für die zu erfüllenden Funktionen zumeist viel zu groß und schwer und der Einfluß der Funktionen macht sich daher nur unbedeutend geltend. Einzelheiten des Skelettbaues sind bei jugendlichen Tieren schwer festzustellen. Insbesondere sind Art- und Rassenmerkmale in der Regel noch nicht erkennbar. Dagegen zeigen die Neugeborenen die Merkmale, die auf die Zugehörigkeit zu einer größeren Tiergruppe hinweisen, deutlicher als erwachsene Tiere.

Im allgemeinen bleibt die embryonal entstandene Skelettanlage erhalten und wird nur durch das spätere Wachstum weiterentwickelt. Mitunter kommt es jedoch zu ausgesprochenen Umwandlungen dieser Form. Seltener handelt es sich hier um Embryonal- und Jugendorgane, die nur während der ersten Entwicklungszeit funktionieren und später nach ihrem Ersatz durch andere Organe verschwinden. Vielfach zeigen einzelne Organe in der Anlage eine Form, die für die spätere Funktion nicht geeignet ist und nur wegen ihrer Übereinstimmung mit den Formen der entsprechenden Organe bei primitiveren Tieren als phylogenetische Reminiszenz zu erklären ist. Diese Skeletteile werden stets postembryonal verändert und der Funktion möglichst angepaßt, wenn auch oft ein Teil der Anlage erhalten bleibt. Am deutlichsten ist dies an den postembryonal schwer veränderlichen Gelenkflächen zu erkennen, von denen viele eine sehr einfache Funktion, aber eine sehr komplizierte, nur durch vergleichende Anatomie zu erklärende Form haben.



Im Verlaufe der postembryonalen Entwicklung lassen sich verschiedene Wachstumsperioden mehr oder weniger scharf unterscheiden. Die erste Wachstumsspanne dauert von der Geburt bis etwa zum Ende des ersten halben Jahres. Es ist die Zeit der vorwiegenden Ernährung des Tieres mit Milch. Gebiß und Baueingeweide sind in dieser Zeit noch wenig entwickelt. Daher ist der Rumpf auffallend klein, der Einfluß des Schädelgewichtes auf den Körper gering. Das sehr rasche Wachstum besteht größtenteils in einer ziemlich gleichmäßigen Vergrößerung der bei der Geburt vorhandenen Skelettanlage.

Die zweite Wachstumsperiode von einem halben bis zum Ende des zweiten Jahres bringt den Übergang zur selbständigen Ernährung und den Abschluß des hauptsächlichsten Größenwachstums; dabei ist die Wachstumsgeschwindigkeit schon etwas geringer als in den ersten Lebensmonaten. Die Höhe erreicht schon fast die der erwachsenen Tiere. Auch die Länge, Breite und Tiefe des Rumpfes nimmt bedeutend zu.

In die dritte Wachstumsspanne, die das dritte und vierte Jahr umfaßt, fällt die Geschlechtsreife. Es werden daher vor allem die mit der Fortpflanzung im Zusammenhange stehenden Organe entwickelt. Das Becken erreicht seine volle Breite; das Wachstum des Kopfes und des Gehörnes bei Bullen steht in Zusammenhang mit der stärkeren Entwicklung der Vorhand und der dadurch verursachten Verstärkung des Skelettes. Während durch den nun einsetzenden Abschluß des epiphysären Wachstums die Höhe und die Länge des Körpers die volle Größe erreicht haben, werden besonders noch der Rumpf tiefer und breiter und die einzelnen Skeletteile stärker und fester.

Vom fünften Jahre an ist der Wisent als erwachsen anzusehen. Alle Organe sind fertig ausgebildet. Das Wachstum beschränkt sich auf eine Verstärkung der Knochen durch Festigung des inneren Aufbaues; auch geht das etwas unregelmäßige Wachstum der Muskelansätze langsam weiter. Durch die Vergrößerung des Hornes und des Schädelgewichtes bei Bullen werden besonders die Skeletteile, die den Kopf tragen, noch verstärkt und vergrößert.

Nach dem zehnten bis zwölften Jahre treten Anzeichen hohen Alters auf; sie äußern sich besonders in unregelmäßiger Verknöcherung der Knochenoberfläche, am auffälligsten an den Muskelansatzstellen. Sehr alte Bullen erfahren oft wegen der bis zum Lebensende anhaltenden Vergrößerung des Schädelgewichtes außerordentliche Verstärkungen und Verbreiterungen großer Teile des Skelettes.

Die einzelnen Körperteile haben ein recht verschiedenes Wachstum. Der Kopf ist in der Jugend relativ klein und nimmt an Größe und Gewicht postembryonal sehr bedeutend zu. Er beeinflußt weitgehend die Entwicklung der vorderen Körperhälfte, besonders bei Bullen.

Die Extremitäten sind bei der Geburt verhältnismäßig groß und verlängern sich in den ersten Jahren recht bedeutend, schließen aber ihr Wachstum früh ab. In späteren Jahren ist nur noch eine Verstärkung und Vergrößerung der Muskelansatzstellen zu beobachten. Die Entwicklung der distalen Extremitätenteile ist wesentlich früher beendet als die der proximalen Teile.

Die Extremitätengürtel, Schulterblatt und Becken sind bei der Geburt und in den ersten Jahren klein; erst in den späteren Wachstumsperioden vergrößern sie sich mit der Entwicklung des Rumpfes außerordentlich stark.

An der Wirbelsäule sind in der ersten Zeit nur die Körper und Bogen sehr groß angelegt, während die Fortsätze ganz unbedeutend erscheinen. Das zu allen Entwicklungs-



zeiten sehr starke und lange gleichmäßig anhaltende Wachstum der Wirbelsäule erstreckt sich hauptsächlich auf eine Verlängerung und eine Vergrößerung der Apophysen.

Der Thorax ist in der Jugend sehr klein; mit der hauptsächlichsten Entwicklung des Rumpfes fällt auch sein größtes Wachstum in die späteren Entwicklungsperioden.

Von den zahlreichen Geschlechtsmerkmalen sind die wichtigsten: Das männliche Skelett ist wesentlich größer und massiger als das weibliche. — Am Skelett des Bullen sind alle Muskelfortsätze auch verhältnismäßig größer. Besonders auffällig ist diese Vergrößerung an den Apophysen der Wirbel und den Randteilen des Beckens. — Am Extremitätenskelett entspricht der Sexualdimorphismus in der Länge der langen Extremitätenknochen Humerus, Radius, Femur, Tibia, etwa dem Unterschied in der Körpergröße. Die Metapodien der Bullen sind nur unwesentlich länger als die der Kühe, dagegen ist die Scapula der männlichen Tiere viel größer als die der weiblichen. — Am Becken sind bei der Kuh die zentralen Teile, beim Bullen die peripheren Teile stärker entwickelt. Aus diesem Unterschied ergeben sich zahlreiche wertvolle Geschlechtsmerkmale an Einzelteilen des Beckens.

Alle diese Geschlechtsmerkmale lassen sich auf wenige grundlegende Geschlechtsunterschiede zurückführen. Das männliche Tier ist größer und hat zudem größere Hörner und einen größeren Kopf als das Weibchen, das durch ein breiteres und weiteres Becken ausgezeichnet ist.

Es war nun im Allgemeinen möglich, die Skelettformen und ihre Entwicklung aus Anlage und Funktion zu erklären. Es bestehen aber bei einzelnen Skeletten Formverschiedenheiten, die sich in der durchgeführten Weise nicht begründen lassen. Diese Variabilität ist im Allgemeinen groß. Abweichungen von etwa 5% vom Mittelmaß sind als unbedeutend anzusehen, doch kommen auch solche von 20% und mehr zur Beobachtung. Am größten sind die Unterschiede an Muskelfortsätzen und an solchen Skeletteilen, auf die eine sehr große Anzahl von formbildenden Faktoren einwirkt, am geringsten an den Gelenkflächen; doch sind selbst die Gelenkflächen der Extremitätengelenke, die bei den Wiederkäuern doch sehr vereinfacht sind und nur eine enge Bewegungsmöglichkeit haben, sehr variabel. Die Variabilität ist in allen Teilen bei den männlichen Tieren größer. Nur wenige von diesen Variationserscheinungen lassen sich damit erklären, daß auf den betreffenden Knochenteil bestimmt gerichtete formbildende Faktoren nicht einwirken und daher der Variabilität ein natürlicher Spielraum bleibt. Die meisten Variationen bleiben auch bei genauerer Untersuchung unerklärbar.

Wichtig für den allgemeineren Wert der Wachstumsregeln ist die Beachtung der Wirkung der absoluten Körpergröße. Gewisse Anhaltspunkte gibt diesbezüglich in diesen Untersuchungen die getrennte Behandlung der in der Größe verschiedenen Geschlechter der Art. Es bleibt aber erforderlich durch Untersuchung eines ähnlichen Tieres von ganz anderer Größe den Geltungsbereich der gefundenen Ergebnisse abzugrenzen.

Diesen erwähnten Schwierigkeiten gegenüber ist die Bedeutung der Art- und Rassenmerkmale gering und ihr Einfluß läßt sich leicht ermitteln oder ausschalten.

Ich habe versucht, durch Messungen einzelner Teile ihre Form und Entwicklung genauer zu bestimmen. Diese Messungen haben wertvolle Anhaltspunkte gegeben für die Entwicklung einzelner Skeletteile und zwar vorwiegend solcher von einfacher Funktion, wie etwa der Länge der Röhrenknochen. An anderen Skeletteilen sind die individuellen Schwankungen so groß, daß die Messungen sehr an Wert verlieren; in manchen Fällen



geben sie sogar Veranlassung zu Trugschlüssen. Daher sind die Ergebnisse der Messungen stets nur als Ergänzung der allgemeinen vergleichenden Behandlung der Skeletteile anzusehen. Besonders verfehlt wäre es, allgemeine Wachstumsregeln allein oder vorwiegend auf Grund von Messungsergebnissen an nicht sehr großem Material aufzustellen. Das Wachstum ist ein so komplizierter Lebensvorgang, daß es sich vorerst unmöglich auf einfache Formeln bringen läßt. Zur Aufklärung der Wachstumsvorgänge halte ich eine Erfassung ihrer Mannigfaltigkeit für wichtiger als eine vorerst ungenügend fundierte Konstruktion ihrer Grundregeln.

---

Beim Abschluß dieser Arbeit drängt es mich, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geheimrat Prof. Dr. Ludwig Döderlein, der meine Arbeit stets aufs Liebenswertigste unterstützte und förderte, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Wertvolle Anregungen bei der Korrektur verdanke ich Herrn Geheimrat Prof. Dr. Vogel und Herrn Geheimrat Prof. Dr. Stoß.

Zu größtem Danke bin ich ferner der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft verpflichtet, die durch großzügige Bereitstellung von Mitteln die Durchführung der Arbeit, insbesondere die vielen notwendigen Reisen, ermöglichte.

Den Herren, die mich durch Überlassung des Materiales in freundlichster Weise unterstützt haben, insbesondere Herrn Prof. E. Stechow und Herrn Prof. Leisewitz in München, Herrn Hofrat Rebel und Herrn Hofrat Toldt in Wien, Herrn Prof. Zimmer und Herrn Dr. Pohle in Berlin, Herrn Geheimrat Zur Strassen, Herrn Dr. Mertens und Herrn Dr. Haas in Frankfurt a. M. sei auch an dieser Stelle verbindlichst gedankt.







### Erklärung der Tabellen.

Die Maßtabellen sind in der Weise angeordnet, daß die Individuen, nach Alter und Geschlecht geordnet, nebeneinander, die Maße untereinander angeführt sind. Die Skelette sind mit den Katalognummern, unter denen sie in den Museen geführt werden, bezeichnet (s. S. 559—560, 564—566).

Die erste Gruppe umfaßt jugendliche Tiere aus dem ersten Lebensjahre, beginnend mit dem jüngsten; in der zweiten Gruppe sind die weiblichen, in der dritten die männlichen Tiere aufgeführt, sämtliche in der Weise geordnet, daß links die jüngsten Tiere der Gruppe stehen. Die genaue Altersbestimmung ist aus der Tabelle S. 564—565 ersichtlich.

Den absoluten Maßen sind in der Regel relative beigelegt; diese sind in der Weise errechnet, daß eine mit dem Maß in physiologischer Beziehung stehende Vergleichsgröße desselben Individuums gleich 100 gesetzt und das betr. Maß in Teilen von 100 berechnet wurde. Sehr häufig wurde die Länge des *Os femoris* (Tab. 2, 1), abgekürzt F, als Vergleichsmaß verwendet. Im Übrigen wurden stets Maße an demselben Knochen verglichen; die Zahlenbezeichnung des Vergleichsmaßes bezieht sich also stets auf die betr. Größe in derselben Tabelle.

Mit wenigen Ausnahmen sind die Maße entsprechend den Vorschlägen von Duerst abgenommen. Bezüglich der genauen Beschreibung des einzelnen Maßes wird jeweils auf die Ausführungen von Duerst verwiesen. In den folgenden Erläuterungen ist die Duerst'sche Arbeit jeweils durch ein D abgekürzt gekennzeichnet. Die Abkürzung „D. 16 S. 260“ bedeutet demnach z. B.: Die genaue Beschreibung dieser Größe und ihrer Messung ist zu finden bei J. U. Duerst, Vergleichende Untersuchungsmethoden am Skelett bei Säugern, Abderhaldens Handbuch der Biologischen Arbeitsmethoden, Abt. VII, Heft 2, Urban und Schwarzenberg 1926 auf S. 260 unter Nr. 16.

Sämtliche Maße sind in mm angegeben, die Gewichtsangaben in g. Die Maße sind meist nur auf mm genau abgenommen. Die Proportionen wurden nur bis zur ersten Dezimale berechnet.

Aus satztechnischen Gründen mußte die Bezeichnung der Maße in den Tabellen sehr stark gekürzt werden. Um bei der Benützung der Tabellen das allzu häufige Nachschlagen in den folgenden Tabellen einzuschränken, seien hier die häufig vorkommenden Abkürzungen zusammengestellt:



|        |               |                  |
|--------|---------------|------------------|
| L      | = Länge       | prox. = proximal |
| B      | = Breite      | dist. = distal   |
| D      | = Durchmesser | med. = medial    |
| Ep.    | = Epiphyse    | lat. = lateral   |
| Diaph. | = Diaphyse    | Gel. = Gelenk    |

Im Text ist auf die in der zugehörigen Tabelle verzeichneten Maße mit einfachen arabischen Ziffern hingewiesen. Die Zahl der Tabelle ist im Text mit fetten Ziffern bezeichnet.

#### **Tabelle 1.**

##### **Schädel.**

1. Basilarlänge D. 1 S. 248.
2. Profillänge D. 2 S. 250.
3. Hirnschädellänge D. 16 S. 260.
4. Stirnbreite D. 1—2 S. 294.

#### **Tabelle 2.**

##### **Femur.**

1. Länge vom Caput aus D. 3 S. 448 (vgl. S. 577 dieser Arbeit).
2. Kleinste Breite der Diaphyse D. 16 S. 452.
3. Kleinster Durchmesser der Diaphyse D. 28b S. 454.
4. Größte Breite der proximalen Epiphyse D. 12 S. 451.
5. Größte Breite der distalen Epiphyse D. 18 S. 452.
6. Durchmesser des Caput D. 23 S. 453.
7. Größter Durchmesser der distalen Epiphyse D. 30 S. 455.
8. Größter Durchmesser der lateralen Rolle des distalen Gelenkkopfes.
9. Länge vom Trochanter aus D. 2 S. 448.

#### **Tabelle 3.**

##### **Humerus.**

1. Costale Länge D. 4 S. 410.
2. Größte Länge lateral D. 5 S. 410.
3. Größte proximale Breite D. 8 S. 411.
4. Kleinste Breite der Diaphyse D. 9 S. 411.
5. Kleinster Durchmesser der Diaphyse D. 16 S. 413.
6. Größter transversaler Durchmesser des Caput D. 20 S. 414.
7. Breite der Trochlea D. 11 S. 411.
8. Größte Höhe der Trochlea. Die Höhen oder Durchmesser der Trochlea 8—11 sind parallel der physiologischen Achse des Humerus gemessen, 8 am medialen Ende der Trochlea.
9. Höhe der Trochlea in der Mittelfurche.
10. Höhe der Trochlea am Kamm in der Mitte der Trochlea.
11. Höhe der Trochlea am lateralen Ende D. 21 S. 414.



## Tabelle 4.

**Patella.**

1. Größte Länge D. 1 S. 459.
2. Größte Breite der Gelenkfläche (in Projektion gemessen).
3. Größte Breite D. 2 S. 459.

## Tabelle 5.

**Tibia.**

1. Innere Länge D. 3 S. 461.
2. Größte Länge D. 1 S. 461.
3. Breite der proximalen Epiphyse D. 6 S. 461.
4. Breite der distalen Epiphyse D. 10 S. 463.
5. Kleinste Breite der Diaphyse D. 9 S. 463.
6. Kleinster Durchmesser der Diaphyse D. 13 S. 463.

## Tabelle 6.

**Radius - Ulna.**

1. Physiologische Länge des Radius D. 1 S. 418.
2. Mediale Länge des Radius D. 5 S. 419.
3. Proximale Breite des Radius D. 6 S. 419.
4. Breite der proximalen Gelenkgrube D. 7 S. 419.
5. Durchmesser der proximalen Gelenkgrube D. 12 S. 421.
6. Diaphysenbreite in der Mitte D. 8 S. 419.
7. Distale Epiphysenbreite D. 9 S. 430.
8. Breite der Carpalgelenkfläche D. 10 S. 421, einschließlich der von der Ulna gebildeten Gelenkfläche.
9. Größte Länge der Ulna D. 1 S. 424.
10. Höhe der Cavitas sigmoides maior D. 3 S. 425.
11. Länge des Proximalrandes des Processus olecrani D. 5 S. 426.
12. Durchmesser des Olecranon im Bereiche des Hakenfortsatzes D. 14 S. 427.
13. Proximaler Durchmesser des Olecranon D. 12 S. 427.

## Tabelle 7.

**Carpus.**

1. Höhe des Carpus D. 1 S. 430.
2. Größte Breite des Carpus D. 2 S. 431.

Os carpi intermedium (s. lunatum).

3. Größter Durchmesser der oberen Fläche D. 1 S. 433 direkt gemessen.
4. Höhe der dorsalen Fläche D. 3 S. 433.
5. Größte Breite des dorsalen Randes D. 3 S. 433.

Os metacarpale quintum.

6. Größte Länge des Griffelbeines.

## Tabelle 8.

**Metacarpus.**

1. Länge; vom distalsten Punkt der lateralen Facette der oberen Gelenkfläche zum distalsten Punkt des medialen Abschnittes der lateralen Gelenkrolle.



2. Größte Länge D. 1 S. 482.
3. Laterale Länge D. 2 S. 482.
4. Breite der proximalen Gelenkfläche D. 10 S. 485.
5. Größter Durchmesser der proximalen Gelenkfläche D. 19 S. 487.
6. Größte Breite der proximalen Epiphyse D. 9 S. 484.
7. Kleinste Breite der Diaphyse D. 11 S. 485.
8. Kleinster Durchmesser der Diaphyse D. 20 S. 487.
9. Größter Durchmesser der distalen Gelenkwalze D. 23 S. 488.
10. Medialer Durchmesser der distalen Gelenkwalze D. 25 S. 489.
11. Lateral Durchmesser der distalen Gelenkwalze D. 24 S. 489.
12. Größte Breite des medialen Teiles der distalen Gelenkwalze D. 16 S. 486.
13. Größte Breite der distalen Gelenkfläche D. 15 S. 486.

## Tabelle 9.

**Metatarsus.**

1. Länge; vom distalsten Punkte der lateralen Facette der oberen Gelenkfläche zum distalsten Punkte des medialen Abschnittes der lateralen Gelenkrolle.
2. Größte Länge D. 1 S. 482.
3. Laterale Länge D. 2 S. 482.
4. Größte Breite der proximalen Epiphyse D. 9 S. 484.
5. Breite der proximalen Gelenkfläche D. 10 S. 485.
6. Größter Durchmesser der proximalen Gelenkfläche D. 19 S. 487.
7. Kleinste Breite der Diaphyse D. 11 S. 485.
8. Durchmesser der Diaphyse, gemessen in derselben Höhe wie 7.
9. Größte Breite der distalen Gelenkfläche D. 15 S. 486.
10. Größter Durchmesser der distalen Gelenkwalze D. 23 S. 488.
11. Medialer Durchmesser der distalen Gelenkwalze D. 25 S. 489.
12. Lateraler Durchmesser der distalen Gelenkwalze D. 24 S. 489.
13. Größte Breite des medialen Teiles der distalen Gelenkwalze D. 16 S. 486.

## Tabelle 10.

**Tarsus.**

## Os tarsi centrale.

1. Dorsale Höhe D. 16 S. 481.
2. Größte Breite D. 1 S. 479.

## Talus (Os tarsi tibiale).

3. Äußere Länge des Rollbeines D. 1 S. 470, direkt gemessen.
4. Innere Länge des Rollbeines D. 2 S. 470, direkt gemessen.
5. Größte Breite D. 6 S. 471.

## Calcaneus (Os tarsi fibulare).

6. Größte Länge<sup>1)</sup> D. 1 S. 475.
7. Länge des Körpers<sup>1)</sup> D. 3 S. 475.
8. Größter Durchmesser D. 10 S. 469.

## Os malleolare.

9. Größte Höhe D. 1 S. 469.
10. Größte Breite D. 2 S. 469.

<sup>1)</sup> Die mit \* bezeichneten Maße sind von Skeletten abgenommen, an denen die Epiphyse des Calcaneus fehlte; diese Maße sind daher mit den übrigen nicht vergleichbar.



## Tabelle 11.

## Scapula.

1. Physiologische Länge D. 1 S. 402.
2. Größte Breite D. 5 S. 404.
3. Länge der Spina am lateralen Rande D. 4 S. 403.
4. Laterocostaler Durchmesser der Cavitas glenoidalis D. 13 S. 407.
5. Orocaudaler Durchmesser der Cavitas glenoidalis D. 11 S. 406.

## Tabelle 12.

## Pelvis.

1. Beckenlänge D. 1 S. 439.
2. Länge einer Beckenhälfte. Vom kranialsten Punkte der Darmbeinschaukeln bis zum kaudalen Punkt des Sitzbeinhöckers, direkt gemessen.
3. Sitzbeinlänge D. 3 S. 439, direkt gemessen.
4. Darmbeinlänge D. 2 S. 439, direkt gemessen.
5. Länge des Acetabulum D. 7 S. 440, direkt gemessen.
6. Längsdurchmesser des horizontalen Schambeinastes D. 8 S. 440.
7. Längsdurchmesser des Foramen obturatum D. 9 S. 440.
8. Breite des Foramen obturatum D. 21 S. 442, direkt gemessen.
9. Kleinste Länge der Sitzbeinkommissur D. 10 S. 441.
10. Symphysenlänge D. 4 S. 439.
11. Größte Breite des Sitzbeines D. 20 S. 442, direkt gemessen.
12. Breite des lateralen Astes des Sitzbeines D. 19 S. 442.
13. Breite der Darmbeinschaukel D. 14 S. 441.
14. Kleinste Breite der Darmbeinsäule D. 15 S. 441.
15. Interacetabularbreite D. 4 S. 437.
16. Größte Interiliospinalbreite D. 1 S. 437.
17. Interauricularbreite D. 3 S. 437.
18. Mittlere Breite des Beckeneinganges D. 5 S. 438.
19. Ventrale Breite des Beckeneinganges D. 6 S. 438.
20. Mittlere Breite der Beckenhöhle D. 7 S. 438.
21. Interischialbreite D. 10 S. 438.
22. Breite des Angulus pubicus D. 11 S. 439.
23. Conjugata vera D. S. 446.
24. Conjugata diagonalis D. S. 446.
25. Conjugata externa D. S. 446.

## Tabelle 13.

## Atlas.

1. Breite des Wirbelkanales am kaudalen Ende D. 12 S. 372.
2. Höhe des Wirbelkanales kaudal D. 16 S. 373.
3. Größte Breite der kaudalen Gelenkfläche D. 9 S. 371.
4. Höhe der kaudalen Gelenkfläche D. 15 S. 372.
5. Breite der kranialen Gelenkgrube an ihrer breitesten Stelle D. 6 S. 370.
6. Länge des Körpers D. 2 S. 369.
7. Länge des dorsalen Bogens in der Sagittalnaht D. 3 S. 370.
8. Größte Höhe des Atlas D. 13 S. 372.
9. Größte Flügelbreite D. 10 S. 371.
10. Größte Länge an den Flügeln D. 1 S. 369.



## Tabelle 14.

## Epistropheus.

1. Kaudale Breite des Wirbelkanales D. 11 S. 376.
2. Kaudale Höhe des Wirbelkanales D. 22 S. 378.
3. Größte Länge des Körpers D. 1 S. 374.
4. Länge der Dens D. 5 S. 375.
5. Größte Breite der kranialen Gelenkfläche D. 8 S. 375.
6. Größte Breite der kaudalen Gelenkfläche D. 13 S. 376.
7. Größte Breite an den Processus transversi D. 14 S. 376.
8. Größte Breite an den kaudalen Gelenkfortsätzen D. 15 S. 376.
9. Größte Länge des Bogens D. 4 S. 374.
10. Länge der Crista des Bogens D. Fig. 138. 38—39 S. 378.
11. Höhe der Fossa vertebrae D. 19 S. 377.
12. Größte Höhe des Epistropheus D. 17 S. 377.
13. Höhe des Dornfortsatzes über dem Wirbelkanal D. 17 S. 377.

## Tabelle 15.

## 6. Cervikalwirbel.

1. Kaudale Höhe des Wirbelkanales D. 25 S. 384.
2. Höhe des Wirbelkopfes D. 21 S. 383.
3. Höhe des ventralen Fortsatzes der Processus transversi, vom ventralsten Punkt der Fossa vertebrae bis zum ventralen Ende der Fortsätze (in Projektion gemessen).
4. Größte Breite des Wirbelkopfes an der Basis D. 10 S. 382.
5. Größte Breite zwischen den ventralen Fortsätzen der Processus transversi.
6. Größte Länge des Bogens D. 4 S. 381.

## Tabelle 16.

## 7. Cervikalwirbel.

1. Physiologische Länge des Körpers D. 2 S. 381.
2. Kraniale Breite des Wirbelkanales D. 11 S. 382.
3. Größte Breite des Wirbelkopfes an der Basis D. 10 S. 382.
4. Größte Breite an den Processus transversi D. 16 S. 383.
5. Kraniale Höhe des Wirbelkanales D. 24 S. 384.
6. Höhe des Wirbelkopfes D. 21 S. 383.
7. Höhe des Dornfortsatzes über dem Wirbelkanal D. 23 S. 383.

## Tabelle 17.

## 4. Lumbalwirbel.

1. Kraniale Höhe des Wirbelkanales D. 27 S. 391.
2. Höhe des Wirbels bis zum dorsalsten Punkte des Dornfortsatzes D. 23 S. 391.
3. Höhe des Wirbelkopfes D. 24 S. 391.
4. Größte Breite des Wirbelkopfes an der Basis D. 12 S. 389.
5. Größte Breite des Wirbels an den kranialen Gelenkfortsätzen D. 11 S. 389.
6. Größte Breite des Wirbels zwischen den Querfortsätzen D. 15 S. 389.
7. Größte Länge des Körpers D. 1 S. 388.
8. Größte Länge des Bogens D. 4 S. 388.



## Tabelle 18.

## 1. Thorakalwirbel.

1. Höhe des Wirbels bis zum dorsalsten Punkte des Dornfortsatzes D. 26 S. 387, direkt gemessen.
2. Kraniale Höhe des Wirbelkanales D. 30 S. 388.
3. Höhe des Wirbelkopfes D. 27 S. 388.
4. Höhe des Dornfortsatzes über dem Wirbelkanal D. 29 S. 388.
5. Kraniale Breite des Wirbelkanales D. 15 S. 386.
6. Größte Breite des Wirbelkopfes an der Basis D. 13 S. 386.
7. Größte Breite zwischen den Processus transversi D. 21 S. 387.
8. Physiologische Körperlänge D. 2 S. 385.
9. Größte Länge des Dornfortsatzes an der Epiphyse.

## Tabelle 19.

## 2. Thorakalwirbel.

1. Höhe des Wirbels bis zum dorsalsten Punkte des Dornfortsatzes D. 26 S. 387.
2. Höhe des Dornfortsatzes über dem Wirbelkanal D. 29 S. 388.

## Tabelle 20.

## 5. Thorakalwirbel.

1. Größte Länge des Körpers D. 1 S. 385.
2. Kraniale Breite des Wirbelkanales D. 15 S. 386.
3. Kraniale Höhe des Wirbelkanales D. 30 S. 388.
4. Höhe der Fossa vertebrae D. 28 S. 388.
5. Höhe des Dornfortsatzes über dem Wirbelkanal D. 29 S. 388.

## Tabelle 21.

## Sacrum.

1. Länge des ersten Körpers an der Basis D. 28 S. 392.
2. Größte Breite D. 8 S. 393.
3. Größte Breite an den kranialen Gelenkfortsätzen D. 9 S. 393.
4. Größte Breite des Wirbelkopfes D. 10 S. 393.
5. Kraniale Breite des ersten Wirbels D. 11 S. 393.
6. Größte Höhe des ersten Wirbels D. 16 S. 394 (in Projektion gemessen).

## Tabelle 22.

## Costae.

## 1. Rippe.

1. Länge der Sehne der Rippe<sup>1)</sup> D. 2 S. 397.
2. Größte geradlinige Rippenlänge<sup>1)</sup> D. 3 S. 397.
3. Größte Breite der Rippe.
4. Kleinste Breite der Rippe.

<sup>1)</sup> Den mit \* bezeichneten Rippen fehlen die kurzen Verbindungsstücke mit dem Sternum, die in diesen Fällen nicht mitgemessen wurden.



## 4. Rippe.

5. Größte geradlinige Rippenlänge D. 3 S. 397.

## 7. Rippe.

6. Größte geradlinige Rippenlänge D. 3 S. 397.

7. Länge der Sehne der Rippe D. 2 S. 397.

8. Größte Länge der Rippe längs der Krümmung D. 15 S. 397.

9. Kleinste Breite der Rippe am Collum D. 8 S. 398.

10. Größte Breite der Rippe.

## 10. Rippe.

11. Länge der Sehne der Rippe D. 2 S. 397.

12. Größte Länge der Rippe längs der Krümmung D. 15 S. 397.

13. Größte Breite der Rippe.

## 14. Rippe.

14. Größte geradlinige Rippenlänge D. 3 S. 397.

## Tabelle 23.

## Gewichte.

1. Femur.
2. Schädel. Die Schädel wurden ohne Unterkiefer und ohne Hörner gewogen. Am Schädel 942 ließen sich die Hörner nicht abziehen und wurden daher mitgewogen. Dem Schädel 953 fehlten beide Nasalia.
3. Atlas.
4. Scapula.
5. Pelvis.



| Tabelle I. |  | juv. ♂ | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  | ♂ |  |
|------------|--|--------|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|
|------------|--|--------|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|



### Tabelle 2

## Femur

[illegible]

### Tabelle 3

## Humerus

[illegible]

### Tabelle 4

## Patella

| Tabelle 4      |      | juv.  |     |     |      |      |       |     |      |     |     |   |      |     |      |     |      |       |      |     |       |     |       |      |       |       |       |      |      |       |
|----------------|------|-------|-----|-----|------|------|-------|-----|------|-----|-----|---|------|-----|------|-----|------|-------|------|-----|-------|-----|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| Patella        |      | 16246 | 962 | 961 | 960  | ♂    | 15648 | 959 | 4406 | 958 | 957 | ♀ | 4427 | 956 | ♀    | 955 | 4407 | 33559 | ♀    | 954 | 33553 | 953 | 33536 | 4340 | 33565 | 33539 | 33537 | 172  | 952  | 33538 |
| 1. Länge       | 32   | .     | .   | .   | 45   | 48.5 | .     | .   | .    | .   | .   | . | 52.5 | .   | 59   | .   | .    | 62    | 68   | .   | .     | 65  | 67    | 70   | 69    | 67.5  | 65    | 68   | 63   | 67    |
| in % v. F      | 15.6 | .     | .   | .   | 17.1 | 17.2 | .     | .   | .    | .   | .   | . | 17   | .   | 18.5 | .   | .    | 17.4  | 18.3 | .   | .     | 17  | 16.9  | 17.6 | 17.8  | 17    | 16.8  | 18.5 | 18.2 | 17.3  |
| 2. B. Gelenkf. | 15   | .     | .   | .   | 29   | 31.5 | .     | .   | .    | .   | .   | . | 37.5 | .   | 34   | .   | .    | 41    | 41   | .   | .     | 41  | 43    | 38   | 38    | 41    | 37    | 37   | 40   | 41    |
| in % v. 1      | 47   | .     | .   | .   | 64.5 | 65   | .     | .   | .    | .   | .   | . | 71.5 | .   | 63   | .   | .    | 66.2  | 60.3 | .   | .     | 63  | 64.2  | 54.3 | 55    | 60.7  | 57    | 54.5 | 59   | 61.2  |
| 3. GröÙte B.   | 15   | .     | .   | .   | 35   | 32.5 | .     | .   | .    | .   | .   | . | 39.5 | .   | 43   | .   | .    | 49    | 57   | .   | .     | 59  | 60    | 55   | 58    | 59    | 59    | 55   | 58   | 59    |
| in % v. 1      | 47   | .     | .   | .   | 78   | 67   | .     | .   | .    | .   | .   | . | 75   | .   | 73   | .   | .    | 79    | 84   | .   | .     | 91  | 89.6  | 78.5 | 84    | 87.5  | 90.8  | 81   | 85.4 | 88    |
| in % v. 2      | 100  | .     | .   | .   | 121  | 103  | .     | .   | .    | .   | .   | . | 105  | .   | 129  | .   | .    | 119   | 139  | .   | .     | 144 | 140   | 145  | 153   | 144   | 159   | 149  | 145  | 144   |



| 951   | 950   | 22074 | 4462 | 1023  | 949  | 948 Q <sub>3</sub> | 947   | 946   | 945   | 944  | 943   | 33852 | 33833 | 942   | 33863 | 1558  | 939  | 22072 | 938   | 33855 | 941   | 22078 | 940   | 2765 | 95    | 33834 | 20465 |
|-------|-------|-------|------|-------|------|--------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| 389   | 399   | 407   | 408  | 408   | 416  | 370                | 372   | 384   | 424   | 419  | 439   | 439   | 422   | 424   | 424   | 440   | 445  | 418   | 448   | 432   | 438   | 427   | 432   | 431  | 435   | 455   | 469   |
| 38    | 38    | 39    | 37   | 40    | 40   | 34                 | 34    | 33    | 40    | 37   | 41    | 40    | 43    | 41    | 45    | 42    | 45   | 41    | 47    | 42    | 41    | 42    | 44    | 46   | 46    | 48    | 44    |
| 9.8   | 9.5   | 9.6   | 9.1  | 9.8   | 9.6  | 8.9                | 9.1   | 8.6   | 9.4   | 8.8  | 9.3   | 9.1   | 10.2  | 9.7   | 10.6  | 9.6   | 10.1 | 9.8   | 10.5  | 9.7   | 9.4   | 9.9   | 10.2  | 10.7 | 10.7  | 10.6  | 9.4   |
| 43    | 44    | 47    | 49   | 52    | 47   | 40                 | 40    | 41    | 55    | 45   | 49    | 48    | 51    | 51    | 51    | 48    | 52   | 54    | 55    | 50    | 52    | 50    | 50    | 57   | 54    | 59    | 55    |
| 113   | 116   | 120   | 133  | 130   | 117  | 114                | 118   | 124   | 138   | 122  | 120   | 120   | 119   | 124   | 113   | 109   | 116  | 132   | 117   | 119   | 127   | 119   | 113   | 124  | 117   | 123   | 125   |
| 120   | 123   | 124   | 120  | 124   | 122  | 114                | 122   | 119   | 132   | 132  | 132   | 139   | 135   | 132   | 135   | 139   | 139  | 126   | 143   | 135   | 140   | 143   | 135   | 149  | 143   | 145   | 152   |
| 30.2  | 30.8  | 30.5  | 29.4 | 30.4  | 29.3 | 30.8               | 32.8  | 31.0  | 31.2  | 31.5 | 30.1  | 31.6  | 32    | 31.1  | 31.8  | 31.6  | 31.2 | 30.1  | 31.9  | 31.3  | 32    | 33.5  | 31.3  | 34.6 | 33.3  | 31.9  | 32.4  |
| 316   | 324   | 318   | 328  | 310   | 305  | 336                | 359   | 360   | 330   | 357  | 322   | 348   | 314   | 322   | 300   | 331   | 309  | 307   | 304   | 321   | 342   | 340   | 307   | 324  | 310   | 302   | 310   |
| 101   | 106   | 102   | 104  | 103   | 116  | 98                 | 102   | 103   | 109   | 115  | 112   | 110   | 107   | 113   | 113   | 119   | 116  | 105   | 113   | 116   | 119   | 116   | 112   | 115  | 120   | 120   | 125   |
| 26    | 26.6  | 25.1  | 25.5 | 25.3  | 25.5 | 26.5               | 27.4  | 26.8  | 25.8  | 28.1 | 25.5  | 25    | 25.4  | 26.7  | 26.6  | 27    | 26.1 | 25.1  | 25.2  | 27.8  | 27.2  | 27.1  | 25.9  | 26.7 | 28    | 26.4  | 26.9  |
| 52    | 56    | 53    | 55   | 54    | 56   | 54                 | 56    | 55    | 58    | 56   | 58    | 55    | 55    | 55    | 60    | 56    | 57   | 52    | 56    | 56    | 57    | 56    | 55    | 59   | 59    | 63    | 56    |
| 13.4  | 14.0  | 13.0  | 13.5 | 13.2  | 13.5 | 14.6               | 15.3  | 14.3  | 13.7  | 13.4 | 13.2  | 12.5  | 13    | 13.0  | 14.3  | 12.7  | 12.8 | 12.4  | 12.5  | 12.9  | 13    | 13.1  | 12.7  | 13.7 | 13.7  | 11.9  |       |
| 134   | 134   | 132   | 136  | 133   | 140  | 133                | 131   | 134   | 142   | 143  | 142   | 140   | 136   | 140   | 143   | 142   | 145  | 135   | 150   | 140   | 140   | 143   | 146   | 144  | 146   | 155   | 145   |
| 34.4  | 33.6  | 32.7  | 33.4 | 32.6  | 33.7 | 35                 | 35.2  | 34.9  | 33.5  | 34.1 | 32.3  | 32    | 32.3  | 33    | 33.7  | 32.3  | 33.6 | 32.3  | 33.5  | 32.4  | 32    | 33.5  | 33.8  | 33.4 | 33.6  | 34    | 30.9  |
| 107   | 109   | 108   | 107  | 105   | 111  | 105                | 107   | 109   | 112   | 113  | 116   | 113   | 110   | 110   | 115   | 114   | 120  | 107   | 120   | 114   | 112   | 113   | 115   | 116  | 113   | 119   | 117   |
| 80    | 82    | 82    | 78.7 | 79    | 79.3 | 79                 | 76.5  | 81.4  | 78.9  | 79.0 | 81.2  | 80.7  | 81    | 78.6  | 80.5  | 80.5  | 83.5 | 79.5  | 80    | 81.5  | 80    | 79    | 78.8  | 80.5 | 80    | 77    | 81    |
| 410   | 420   | 423   | 437  | 430   | 437  | 384                | 388   | 405   | 447   | 444  | 457   | 460   | 450   | 450   | 453   | 469   | 464  | 443   | 479   | 465   | 472   | 455   | 455   | 466  | 467   | 473   | 504   |
| 105.4 | 105.3 | 104   | 107  | 105.2 | 105  | 103.7              | 104.3 | 105.4 | 105.5 | 106  | 104.1 | 105   | 106.7 | 106.2 | 107   | 106.6 | 104  | 106   | 106.7 | 108   | 107.8 | 106.5 | 105.3 | 108  | 107.4 | 104   | 107.5 |

| 33838 | 951  | 950  | 22074 | 4462 | 1023 | 949  | 948 Q <sub>3</sub> | 947  | 946  | 945  | 944  | 943  | 33852 | 33833 | 942  | 33863 | 1558 | 939  | 22072 | 938  | 33855 | 941  | 22078 | 940  | 2765 | 95   | 33834 | 20465 |
|-------|------|------|-------|------|------|------|--------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|-------|
| 304   | 301  | 305  | 315   | 325  | 319  | 322  | 287                | 282  | 288  | 325  | 326  | 334  | 348   | 340   | 339  | 337   | 347  | 355  | 320   | 353  | 335   | 343  | 334   | 335  | 335  | 348  | 361   | 363   |
| 77.4  | 76.3 | 77.5 | 79.6  | 78.2 | 78.1 | 77.6 | 77.6               | 75.8 | 75   | 77.8 | 78.6 | 76   | 79.3  | 80.6  | 80   | 79.5  | 79   | 79.8 | 76.6  | 78.7 | 77.8  | 79   | 78.2  | 77.6 | 77.8 | 80   | 79.4  | 77.5  |
| 343   | 349  | 355  | 368   | 360  | 365  | 316  | 316                | 313  | 325  | 373  | 371  | 374  | 390   | 393   | 393  | 388   | 394  | 404  | 363   | 403  | 395   | 395  | 384   | 389  | 391  | 400  | 414   | 429   |
| 114   | 113  | 113  | 113   | 113  | 113  | 110  | 111                | 113  | 115  | 114  | 112  | 112  | 116   | 116   | 115  | 114   | 114  | 114  | 115   | 118  | 115   | 115  | 116   | 117  | 115  | 115  | 118   |       |
| 110   | 112  | 111  | 118   | 112  | 115  | 93   | 96                 | 100  | 122  | 119  | 121  | 115  | .     | 127   | 127  | 125   | 135  | 116  | 140   | 128  | 134   | 125  | 133   | 132  | 135  | 133  | 135   |       |
| 36.6  | 36.8 | 35.2 | 36.3  | 35.1 | 35.7 | 32.4 | 34                 | 34.7 | 37.5 | 36.5 | 36.2 | 33   | .     | 37.5  | 37.6 | 36    | 38   | 36.3 | 39.7  | 38.2 | 39.1  | 37.5 | 40.6  | 39.4 | 38.8 | 36.8 | 37.2  |       |
| 37    | 35   | 41   | 39.5  | 40   | 40   | 33   | 33                 | 32   | 36   | 36   | 37   | 39   | 42    | 41    | 44   | 40    | 45   | 40   | 48    | 44   | 48    | 43.5 | 47    | 47   | 47   | 53   | 46    |       |
| 12.8  | 11.5 | 13   | 12.1  | 12.5 | 12.7 | 11.5 | 11.7               | 11.1 | 11.1 | 11   | 11.1 | 11.2 | 12.3  | 12.1  | 13.1 | 11.5  | 12.7 | 12.5 | 13.6  | 13.1 | 12.5  | 13   | 14    | 14   | 13.5 | 14.7 | 14.7  |       |
| 53    | 50   | 53   | 51.5  | 51   | 53   | 43   | 42                 | 43   | 53   | 50   | 50   | 53   | 59    | 54    | 59   | 55    | 58   | 54   | 63    | 59   | 56    | 60   | 65    | 64   | 67   | 64   | 62    |       |
| 143   | 143  | 129  | 130   | 128  | 133  | 130  | 127                | 134  | 147  | 139  | 135  | 136  | 140   | 132   | 134  | 137   | 129  | 135  | 131   | 134  | 117   | 138  | 138   | 136  | 142  | 121  | 135   |       |
| 68    | 80   | 72   | 80    | 74   | 73   | 73   | 74                 | 76   | 82   | 81   | 77   | 82   | 83    | 82    | 83   | 83    | 82   | 77   | 93    | 83   | 89    | 81   | 82    | 82   | 83   | 99   | 88    |       |
| 22.6  | 26.3 | 22.8 | 24.6  | 23.2 | 22.7 | 25.4 | 26.2               | 26.4 | 25.2 | 25   | 22.5 | 23.6 | 24.4  | 24.2  | 24.6 | 24.9  | 23.1 | 24   | 26.4  | 24.8 | 26    | 24.2 | 24.5  | 24.5 | 24   | 27.5 | 24.3  |       |
| 77    | 82   | 80   | 79.5  | 80   | 81   | 79   | 80                 | 78   | 85   | 85   | 85   | 85   | 87    | 84    | 91   | 87    | 89   | 83   | 94    | 83   | 88    | 91   | 90    | 92   | 89   | 95   | 92    |       |
| 25.6  | 27   | 25.4 | 24.4  | 25.1 | 25.2 | 27.5 | 28.4               | 27.1 | 26.2 | 26.1 | 25.5 | 24.4 | 25.6  | 24.8  | 27   | 25    | 25.1 | 26   | 26.6  | 24.8 | 25.7  | 27.2 | 27    | 24.4 | 25.6 | 26.3 | 25.3  |       |
| 50    | 52   | 53   | 53    | 51   | 53   | 49   | 55                 | 53   | 53   | 53   | 56   | 58   | 55    | 54    | 60   | 57    | 59   | 52   | 57    | 55   | 57    | 58   | 56    | 57   | 59   | 65   | 60    |       |
| 65    | 63.4 | 66.3 | 66.7  | 63.8 | 65.4 | 62   | 68.8               | 68   | 62.3 | 62.3 | 66   | 68.3 | 63.2  | 64.3  | 66   | 67.5  | 66.3 | 62.6 | 60.6  | 66.2 | 64.8  | 63.8 | 62.2  | 62   | 66.3 | 68.5 | 65.2  |       |
| 38    | 40   | 38   | 39.5  | 40   | 40   | 39   | 40                 | 40   | 40   | 40   | 40   | 41   | 42    | 42    | 40   | 44    | 41   | 43   | 39    | 44   | 41    | 42   | 42    | 41   | 42   | 41   | 49    | 44    |
| 49.4  | 48.8 | 47.5 | 49.7  | 50   | 49.6 | 49.4 | 50                 | 51.3 | 47   | 47   | 48   | 49.5 | 48.3  | 47.7  | 48.3 | 47.1  | 48.4 | 47   | 46.8  | 49.5 | 47.8  | 46.1 | 45.6  | 45.7 | 46   | 51.6 | 47.8  |       |
| 41.5  | 43   | 43   | 44    | 43   | 45   | 44   | 45                 | 44   | 46   | 46   | 46   | 47   | 46    | 45    | 47   | 46    | 47   | 43   | 47    | 47   | 47    | 47   | 47    | 45   | 46   | 47   | 54    | 49    |
| 54    | 52.4 | 53.8 | 55.3  | 55.8 | 55.6 | 55.7 | 56.3               | 56.4 | 54.1 | 54.1 | 54.1 | 55.3 | 53    | 53.6  | 51.6 | 53    | 52.8 | 51.8 | 50    | 56.6 | 53.4  | 51.6 | 50    | 50   | 52.8 | 57   | 53.3  |       |
| 31.5  | 33   | 32   | 31.5  | 32   | 34   | 33   | 33                 | 33   | 33   | 33   | 33   | 35   | 37    | 36    | 34   | 35    | 37   | 38   | 32    | 35   | 35    | 37   | 36    | 33   | 39   | 36   | 42    | 38    |
| 41    | 40.3 | 40   | 39.6  | 40   | 42   | 41.8 | 41.3               | 42.3 | 38.8 | 38.8 | 41.2 | 43.5 | 41.4  | 41.4  | 38.5 | 42.5  | 42.7 | 38.6 | 37.2  | 42.2 | 42    | 39.6 | 36.7  | 42.5 | 40.5 | 44.2 | 41.3  |       |
| 63    | 63.5 | 60.5 | 59.5  | 62.8 | 64.2 | 67.4 | 60                 | 62.3 | 62.3 | 62.3 | 62.5 | 64   | 65.5  | 63    | 58.4 | 65    | 64.4 | 61.5 | 61.4  | 63.6 | 65    | 62   | 59    | 68.5 | 61   | 64.7 | 63.4  |       |

| 33838 | 951 | 950  | 22074 | 4462 | 1023 | 949  | 948 Q <sub>3</sub> | 947  | 946  | 945  | 944  | 943  | 33852 | 33833 | 942  | 33863 | 1558 | 939  | 22072 | 938  | 33855 | 941  | 22078 | 940 | 2765 | 95   | 33834 | 20465 |
|-------|-----|------|-------|------|------|------|--------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|-------|-----|------|------|-------|-------|
| 67    | .   | 70   | 68    | 80   | 79   | 70   | 65                 | 68   | 69   | 75.5 | 76   | 75   | 72    | .     | 77   | 83    | .    | 78   | 75    | 76   | 74    | 76   | 77    | .   | .    | 77   | 80    | 88    |
| 17.3  | .   | 17.5 | 16.7  | 19.4 | 19.3 | 16.8 | 17.6               | 18.3 | 18   | 17.8 | 18.1 | 17.1 | 16.4  | .     | 18.1 | 19.5  | .    | 17.5 | 17.9  | 17   | 17.2  | 17.4 | 18    | .   | .    | 17.7 | 17.6  | 18.8  |
| 41    | .   | 43   | 40    | 40   | 43   | 42   | 45                 | 43   | 43   | 45   | 40   | 47   | 42    | .     | 44   | 44    | .    | 42   | 38    | 42   | 44    | 48   | 46    | .   | .    | 49   | 47    | 37    |
| 61.2  | .   | 61.4 | 58.8  | 50   | 54.4 | 60   | 69.3               | 63.2 | 62.2 | 59.7 | 52.7 | 62.7 | 58.6  | .     | 57.2 | 53    | .    | 53.8 | 50.7  | 55.2 | 59.5  | 63.5 | 59.8  | .   | .    | 63.6 | 58.8  | 42    |
| 59    | .   | 60   | 65    | 63   | 61   | 68   | 48                 | 55   | 56   | 65   | 65   | 66   | 69    | .     | 67   | 71    | .    | 74   | 66    | 75   | 69    | 72   | 74    | .   | .    | 77   | 75    | 70    |
| 88    | .   | 85.7 | 95.6  | 73.8 | 77.3 | 97.2 | 73.8               | 81   | 81.2 | 86.2 | 85.5 | 88   | 96    | .     | 87   | 85.6  | .    | 95   | 88    | 99   | 93.3  | 94.7 | 96    | .   | .    | 100  | 94    | 79.5  |
| 144   | .   | 140  | 162   | 157  | 142  | 162  | 107                | 128  | 130  | 144  | 163  | 140  | 164   | .     | 152  | 161   | .    | 176  | 174   | 179  | 157   | 150  | 161   | .   | .    | 157  | 159   | 189   |



### Tabelle 5

## Tibia

[illegible]

### Tabelle 6

## Radius-Ulna

[illegible]

### Tabelle 7

## Carpus

[illegible]



| 951  | 950  | 22074 | 4462 | 1023 | 949  | 948 Q <sub>1</sub> | 947  | 946  | 945  | 944  | 943  | 33852 | 33833 | 942  | 33863 | 1558 | 939  | 22072 | 938   | 33855 | 941  | 22078 | 940  | 2765 | 95   | 33834 | 20465 |
|------|------|-------|------|------|------|--------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|------|-------|-------|
| 393  | 397  | 408   | 412  | 417  | 422  | 389                | 379  | 392  | 431  | 422  | 426  | 446   | 429   | 435  | 432   | 442  | 449  | 411   | 459   | 437   | 446  | 430   | 439  | 442  | 443  | 449   | 450   |
| 101  | 100  | 100   | 101  | 102  | 101  | 105                | 102  | 102  | 102  | 101  | 103  | 102   | 102   | 103  | 102   | 100  | 101  | 99    | 102.5 | 101   | 102  | 101   | 102  | 102  | 102  | 99    | 96    |
| 401  | 413  | 427   | 429  | 433  | 439  | 403                | 392  | 409  | 452  | 439  | 445  | 462   | 449   | 449  | 450   | 470  | 462  | 428   | 476   | 454   | 463  | 448   | 455  | 459  | 462  | 463   | 491   |
| 105  | 104  | 104   | 104  | 104  | 104  | 104                | 103  | 109  | 105  | 104  | 102  | 103   | 105   | 103  | 104   | 106  | 103  | 104   | 106   | 104   | 104  | 104   | 104  | 104  | 104  | 103   | 109   |
| 104  | 108  | 109   | 108  | 111  | 114  | 100                | 104  | 102  | 113  | 112  | 112  | 114   | 113   | 118  | 121   | 118  | 120  | 110   | 120   | 122   | 121  | 122   | 123  | 125  | 124  | 130   | 129   |
| 26.5 | 27.5 | 26.7  | 26.2 | 27.3 | 27.1 | 25.8               | 27.4 | 26   | 26.2 | 26.6 | 26.3 | 25.6  | 26.4  | 27.7 | 28    | 26.7 | 26.7 | 26.8  | 26.1  | 27.9  | 27.4 | 28.4  | 27.2 | 28.3 | 27.5 | 28.4  | 28.7  |
| 64   | 68   | 67    | 67   | 70   | 68   | 63                 | 65   | 63   | 71   | 71   | 72   | 73    | 70    | 71   | 75    | 72   | 74   | 67    | 73    | 74    | 71   | 71    | 71   | 78   | 76   | 78    | 78    |
| 16.3 | 17.1 | 16.4  | 16.2 | 16.8 | 16.1 | 16.2               | 17.2 | 16.1 | 16.5 | 16.8 | 16.9 | 16.4  | 16.3  | 16.3 | 17.4  | 16.3 | 16.5 | 16.3  | 15.9  | 16.9  | 15.9 | 16.5  | 16.2 | 17.6 | 17.1 | 17.4  | 17.3  |
| 41   | 40   | 42    | 42   | 46   | 45   | 37                 | 38   | 38   | 42   | 40   | 43   | 45    | 47    | 47   | 48    | 48   | 49   | 43    | 50    | 47    | 47   | 49    | 49.5 | 50   | 50.5 | 53    | 52    |
| 10.4 | 10.1 | 10.3  | 10.2 | 11   | 10.6 | 9.5                | 10   | 9.7  | 9.7  | 9.5  | 10.1 | 10.1  | 10.9  | 10.8 | 11.1  | 10.9 | 10.9 | 10.5  | 10.9  | 10.8  | 10.5 | 11.4  | 11.3 | 11.3 | 11.4 | 11.8  | 11.6  |
| 29   | 30   | 31    | 31   | 31   | 30   | 26                 | 28   | 28   | 30   | 30   | 31   | 32    | 34    | 32   | 35    | 31   | 35   | 31    | 36    | 35    | 36   | 35    | 34   | 32   | 34   | 38    | 35    |
| 70.8 | 75   | 74    | 74   | 67.4 | 66.7 | 70.2               | 73.7 | 73.7 | 71.5 | 75   | 72.2 | 71.2  | 72.4  | 68.2 | 73    | 64.6 | 71.5 | 72.1  | 72    | 74.5  | 76.5 | 71.5  | 68.5 | 64   | 67.5 | 71.8  | 67.3  |

| 951  | 950  | 22074 | 4462 | 1023 | 949  | 948 Q <sub>1</sub> | 947  | 946  | 945  | 944  | 943  | 33852 | 33833 | 942  | 33863 | 1558 | 939  | 22072 | 938  | 33855 | 941  | 22078 | 940  | 2765 | 95   | 33834 | 20465 |
|------|------|-------|------|------|------|--------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|-------|
| 306  | 322  | 321   | 319  | 324  | 300  | 291                | 302  | 341  | 332  | 337  | 342  | 330   | 329   | 339  | 343   | 343  | 312  | 343   | 335  | 333   | 331  | 339   | 332  | 337  | 359  | 358   |       |
| 76.7 | 79.1 | 78.6  | 78.2 | 78   | 81   | 78.2               | 78.7 | 80.4 | 79.2 | 76.8 | 78   | 78.2  | 77.6  | 80   | 78    | 77.1 | 75   | 76.6  | 77.5 | 76    | 77.5 | 78.5  | 77   | 77.4 | 79   | 76.4  |       |
| 310  | 329  | 339   | 326  | 334  | 302  | 306                | 309  | 346  | 336  | 342  | 345  | 348   | 331   | 334  | 358   | 353  | 315  | 350   | 335  | 341   | 331  | 343   | 338  | 340  | 360  | 354   |       |
| 87   | 86   | 87    | 89   | 87   | 82   | 81                 | 83   | 89   | 90   | 98   | 91   | 92    | 90    | 100  | 94    | 90   | 89   | 96    | 90   | 96    | 96   | 91    | 96   | 97   | 103  | 101   |       |
| 80   | 76   | 78    | 80   | 79   | 77   | 76                 | 78   | 82   | 83   | 83   | 83   | 84    | 80    | 90   | 84    | 85   | 82   | 89    | 83   | 86    | 89   | 85    | 86   | 87   | 93   | 85    |       |
| 26.1 | 23.6 | 24.3  | 25.1 | 24.4 | 25.7 | 27.2               | 25.8 | 24   | 25   | 24.6 | 24.2 | 25.4  | 24.3  | 26.6 | 24.5  | 24.8 | 26.2 | 26    | 24.8 | 25.8  | 26.9 | 25.1  | 25.9 | 25.8 | 25.9 | 26.7  |       |
| 41   | 37   | 39    | 37   | 42   | 38   | 43                 | 40   | 46   | 40   | 43   | 41   | 42    | 44    | 40   | 44    | 44   | 38   | 46    | 41   | 43    | 40   | 44    | 41   | 44   | 46   | 42    |       |
| 51.3 | 48.7 | 50    | 46.3 | 53.2 | 49.4 | 54.4               | 51.3 | 56.8 | 48.2 | 51.8 | 49.5 | 50    | 55    | 44.5 | 52.4  | 51.8 | 46.4 | 52.3  | 49.5 | 50    | 45   | 51.8  | 47.7 | 50.6 | 49.5 | 49.5  |       |
| 42   | 43   | 47    | 41   | 47   | 38   | 37                 | 39   | 45   | 44   | 47   | 47   | 51    | 49    | 52   | 48    | 52   | 49   | 54    | 50   | 49    | 51   | 54    | 54   | 61   | 59   | 59    |       |
| 13.7 | 13.6 | 14.6  | 13.8 | 14.5 | 12.7 | 12.7               | 12.9 | 13.2 | 13.3 | 14   | 13.7 | 15.5  | 14.9  | 15.3 | 14    | 15.2 | 15.7 | 15.7  | 14.9 | 14.7  | 15.4 | 15.9  | 16.3 | 18.1 | 16.4 | 16.5  |       |
| 80   | 73   | 78    | 82   | 81   | 81   | 81                 | 80   | 89   | 84   | 87   | 84   | 85    | 88    | 90   | 91    | 92   | 83   | 90    | 86   | 84    | 86   | 91    | 93   | 91   | 98   | 89    |       |
| 26   | 22.6 | 24.3  | 25.7 | 25   | 27   | 27.8               | 26.5 | 26.2 | 25.3 | 25.8 | 24.6 | 25.8  | 26.8  | 26.8 | 26.5  | 26.8 | 26.6 | 26.2  | 25.7 | 25.2  | 26   | 26.8  | 28   | 26.8 | 27.4 | 24.8  |       |
| 70   | 69   | 73    | 69   | 71   | 71   | 70                 | 74   | 73   | 73   | 72   | 76   | 75    | 73    | 82   | 82    | 82   | 72   | 78    | 79   | 76    | 80   | 87    | 82   | 90   | 90   | 90    |       |
| 430  | 425  | 437   | 430  | 428  | 393  | 382                | 399  | 463  | 442  | 452  | 465  | 459   | 452   | 464  | 477   | 478  | 455  | 463   | 449  | 457   | 443  | 459   | 452  | 478  | 488  | 479   |       |
| 141  | 132  | 136   | 135  | 132  | 134  | 135                | 132  | 136  | 133  | 134  | 136  | 139   | 137   | 137  | 139   | 139  | 146  | 140   | 134  | 137   | 134  | 135   | 136  | 139  | 136  | 134   |       |
| 45   | 38   | 41    | 40   | 46   | 43   | 42                 | 41   | 48   | 45   | 48   | 43   | 42    | 47    | 45   | 46    | 47   | 40   | 50    | 42   | 54    | 41   | 46    | 46   | 47   | 50   | 46    |       |
| 14.7 | 11.8 | 12.8  | 12.5 | 14.2 | 14.3 | 14.4               | 13.6 | 14.1 | 13.6 | 13.9 | 12.6 | 12.7  | 14.3  | 13.3 | 13.4  | 13.7 | 12.8 | 14.9  | 12.5 | 16.2  | 12.4 | 13.5  | 13.9 | 13.7 | 13.9 | 12.8  |       |
| 105  | 117  | 110   | 106  | 110  | 99   | 103                | 99   | 129  | 121  | 123  | 130  | 130   | 134   | 130  | 137   | 138  | 123  | 143   | 132  | 128   | 127  | 132   | 127  | 138  | 151  | 156   |       |
| 34.3 | 36.4 | 34.3  | 33.2 | 34   | 33   | 35.4               | 33.6 | 38   | 36.5 | 36.5 | 38   | 39.4  | 40.7  | 38.4 | 40    | 40.2 | 39.4 | 41.7  | 39.4 | 38.4  | 38.4 | 39.9  | 38.2 | 40.2 | 42   | 43.6  |       |
| 69   | 76   | 71    | 68   | 78   | 64   | 62                 | 66   | 75   | 74   | 80   | 80   | 80    | 78    | 82   | 81    | 85   | 73   | 90    | 82   | 83    | 82   | 86    | 83   | 85   | 95   | 90    |       |
| 22.6 | 23.6 | 22.2  | 21.3 | 24   | 21.4 | 21.3               | 21.8 | 19.1 | 22.3 | 23.7 | 23.4 | 24.2  | 23.7  | 24.2 | 23.6  | 24.8 | 23.4 | 26.2  | 24.5 | 25    | 24.8 | 25.4  | 25   | 25.2 | 26.4 | 25.2  |       |
| 63   | 68   | 70    | 66   | 68   | 58   | 53                 | 57   | 63   | 63   | 67   | 68   | 70    | 73    | 76   | 71    | 72   | 67   | 74    | 69   | 74    | 71   | 72    | 77   | 72   | 89   | 86    |       |

| 951 | 950 | 22074 | 4462 | 1023 | 949  | 948 $\bigcirc$ | 947 | 946 | 945  | 944  | 943  | 33852 | 33833 | 942  | 33863 | 1558 | 939 | 22072 | 938  | 33855 | 941  | 22078 | 2765 | 95   | 33834 | 20465 |
|-----|-----|-------|------|------|------|----------------|-----|-----|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|-----|-------|------|-------|------|-------|------|------|-------|-------|
| .   | .   | 45    | 41   | .    | 55   | 54             | .   | .   | 58   | 56   | 59   | 47    | 43    | 56   | 49    | .    | 58  | 46    | 58   | 52    | 53   | 49    | .    | 58   | 52    | 48    |
| .   | .   | 11    | 10   | .    | 13.2 | 14.6           | .   | .   | 13.7 | 13.4 | 13.4 | 10.7  | 10.2  | 13.2 | 11.5  | .    | 13  | 11    | 12.9 | 12    | 12.1 | 11.5  | .    | 13.3 | 11.4  | 10.2  |
| .   | .   | 73    | 77   | .    | 79   | 77             | .   | .   | 81   | 80   | 84   | 88    | 83    | 83   | 82    | .    | 88  | 81    | 88   | 84    | 90   | 84    | .    | 96   | 92    | 91    |
| .   | .   | 162   | 188  | .    | 143  | 142            | .   | .   | 140  | 143  | 142  | 187   | 193   | 148  | 167   | .    | 152 | 176   | 152  | 161   | 170  | 171   | .    | 165  | 177   | 190   |

|      |      |      |      |     |      |      |     |      |      |      |     |     |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|-----|------|------|-----|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| 50   | 50   | 52   | 50   | 51  | 53   | 52   | 54  | 54   | 51   | 53   | 57  | 54  | 51   | 54   | 56   | 56   | 60   | 56   | 60   |
| 167  | 167  | 173  | 156  | 164 | 183  | 179  | 169 | 180  | 179  | 177  | 173 | 163 | 182  | 163  | 180  | 113  | 171  | 113  | 171  |
| 30   | 30   | 30   | 32   | 31  | 29   | 29   | 32  | 30   | 28.5 | 30   | 33  | 33  | 28   | 33   | 31   | 50   | 35   | 50   | 35   |
| 66.8 | 73.2 | 58.2 | 57.5 | 50  | 51.8 | 54.3 | 64  | 66.3 | 53.6 | 67.3 | 57  | 61  | 63.3 | 63.4 | 86.2 | 57.4 | 57.4 | 57.4 | 57.4 |
| 33   | 32   | 32   | 33   | 35  | 35   | 36   | 37  | 33   | 33   | 35   | 38  | 36  | 32   | 35   | 33   | 35   | 39   | 35   | 39   |
| 110  | 107  | 107  | 103  | 113 | 120  | 124  | 116 | 110  | 116  | 106  | 115 | 109 | 114  | 106  | 70   | 111  | 111  | 111  | 111  |

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |     |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|
| 60 | 54 | 70 | 55 | 55 | 62 | 59 | 59 | 63 | 70 | 87 | 61 | 67 | 73 | 63 | 69 | 101 | 64 | 150 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|



**Tabelle 8**  
**Metacarpus**

| Tabelle 8         | JULY. |      |      |      |       |      |      |      |       |      |      |      |       |       |      |       |      |       |      |       |       |       |       |      |       |
|-------------------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| Metacarpus        | 16248 | 962  | 961  | 960  | 15648 | 959  | 4406 | 958  | 957   | 4427 | 956  | 955  | 4407  | 33859 | 954  | 33853 | 953  | 33836 | 4340 | 33865 | 33839 | 33837 | 172   | 952  | 33838 |
| 1. L. lateral     | 148   | 164  | 171  | 168  | 177   | 173  | 177  | 184  | 185   | 185  | 192  | 188  | 195   | 202   | 198  | 203   | 204  | 203   | .    | .     | 199   | 190   | 192   | 201  | 195   |
| in % v. F.        | 72.3  | 65.3 | 67.8 | 64   | 63    | 60.7 | 61.7 | 62.8 | 60    | 60   | 61   | 59   | 58.5  | 56.6  | 53.2 | 53.5  | 53.2 | 51.2  | .    | .     | 50    | 49    | 49.7  | 54   | 50.4  |
| 2. Größte L.      | 152   | 179  | 176  | 169  | 184   | 183  | 185  | 190  | 190   | 192  | 199  | 195  | 201   | 207   | 200  | 209   | 206  | 210   | .    | .     | 206   | 198   | 196   | 209  | 202   |
| 3. Lat. L.        | 146   | .    | 169  | 164  | 175   | 174  | 174  | 180  | 180   | 182  | 188  | 184  | 192   | 199   | 191  | 199   | 197  | 201   | .    | .     | 196   | 187   | 187   | 195  | 193   |
| 4. B. prox. Gfl.  | 45    | 52   | 52   | 55   | 52.5  | 54   | 60   | 55   | 57    | 57   | 56   | 58   | 56    | 59    | 66   | 59    | 60   | 61    | .    | .     | 61    | 61    | 59    | 58   | 62    |
| in % v. 1         | 30.4  | 31.7 | 30.4 | 32.7 | 29.6  | 31.2 | 34   | 30   | 30.8  | 30.8 | 29.2 | 31   | 28.7  | 29.2  | 33.3 | 29    | 29.4 | 30    | .    | .     | 30.6  | 31.1  | 30.7  | 29   | 31.8  |
| 5. D. prox. Gfl.  | 27    | 30   | 30   | 34   | 31    | 33   | 34   | 33   | 34    | 32   | 32   | 32   | 32    | 32    | 34   | 34    | 34   | 35    | .    | .     | 35    | 34    | 35    | 32   | 35    |
| in % v. 4         | 60    | 57.7 | 57.7 | 62   | 59    | 61   | 51.7 | 60   | 59.7  | 56.2 | 57.2 | 55.2 | 57.2  | 54.3  | 51.5 | 57.6  | 56.7 | 57.3  | .    | .     | 57.3  | 55.7  | 59.3  | 55.2 | 56.5  |
| 6. B. prox. Ep.   | 48    | 52   | 53   | 55   | 55    | 55   | 61   | 56   | 59    | 57   | 56   | 59   | 58    | 61    | 66   | 62    | 61   | 63    | .    | .     | 62    | 63    | 64    | 62   | 68    |
| in % v. 4         | 107   | 100  | 102  | 100  | 105   | 102  | 102  | 102  | 103.5 | 100  | 100  | 102  | 103.5 | 103   | 100  | 105   | 102  | 103   | .    | .     | 102   | 103   | 108.5 | 107  | 110   |
| 7. B. Diaph.      | 23    | 22   | 24   | 26   | 25    | 25   | 27   | 23   | 26    | 26   | 24.5 | 26   | 30    | 33    | 32   | 33    | 33   | 35    | .    | .     | 36    | 35    | 33    | 36   | 34    |
| in % v. 1         | 15.5  | 13.4 | 14   | 15.5 | 14.1  | 14.5 | 15.2 | 12.5 | 14    | 14   | 13   | 13.8 | 15.4  | 16.3  | 16.2 | 16.2  | 16.2 | 16.2  | .    | .     | 18    | 18.4  | 17.2  | 18   | 17.4  |
| 8. D. Diaph.      | 14.3  | 15   | 17   | 19   | 17.3  | 18   | 19   | 18   | 19    | 18.5 | 18.5 | 19   | 20    | 26.5  | 22   | 23    | 21   | 24    | .    | .     | 23.5  | 22    | 22    | 25   | 22    |
| in % v. 7         | 62.2  | 68.2 | 71   | 73   | 69.2  | 72   | 70.5 | 78.3 | 73    | 71.2 | 75.5 | 73   | 66.6  | 80.5  | 69   | 69.7  | 63.6 | 72.7  | .    | .     | 65.3  | 63    | 68    | 69.5 | 64.7  |
| 9. D. dist. R.    | 25    | 28   | 30   | 31   | 33    | 32   | 35   | 32.5 | 33    | 33   | 33   | 34   | 33.5  | 35.6  | 36   | 36    | 34   | 34.2  | .    | .     | 35    | 35    | 34    | 36   | 34    |
| in % v. 1         | 16.9  | 17   | 17.5 | 18.5 | 18.6  | 17.5 | 19.8 | 17.6 | 17.8  | 17.8 | 17.2 | 18   | 17.2  | 17.7  | 18.2 | 17.8  | 16.7 | 168   | .    | .     | 17.6  | 18.4  | 17.7  | 17.9 | 17.4  |
| 10. Med. D.       | 19    | 19.5 | 22   | 22   | 23.3  | 23   | 25   | 24.5 | 24    | 25   | 24   | 25   | 26    | 26    | 27   | 27    | 26   | 26    | .    | .     | 26    | 25    | 26    | 27   | 25.5  |
| in % v. 9         | 76    | 69.6 | 73.3 | 71   | 70.5  | 72   | 71.5 | 75.4 | 72.7  | 75.7 | 72.7 | 73.5 | 77.7  | 73    | 75   | 75    | 74.7 | 76    | .    | .     | 74.3  | 71.5  | 74.7  | 75   | 75    |
| in % v. 1         | 12.8  | 12   | 12.9 | 13.1 | 13.2  | 13.3 | 14.1 | 13.3 | 13    | 13.5 | 12.5 | 13.3 | 13.3  | 12.9  | 13.6 | 13.3  | 12.7 | 12.8  | .    | .     | 13.1  | 13.2  | 13.5  | 13.4 | 13.1  |
| 11. Lat. D.       | 17.7  | .    | 20   | 21   | 21    | 22   | 24   | 23   | 22    | 22.5 | 22   | 23   | 24.3  | 25    | 25   | 24.7  | 25   | 24    | .    | .     | 23    | 24    | 24    | 25   | 24.6  |
| in % v. 10        | 93    | .    | 91   | 95.5 | 90    | 95.7 | 96   | 93.7 | 91.7  | 90   | 91.7 | 92   | 93.5  | 96    | 92.6 | 91.5  | 96.2 | 92.4  | .    | .     | 88.5  | 96    | 92.3  | 92.6 | 96.5  |
| in % v. 13        | 41.2  | .    | 46.8 | 41   | 40.8  | 42.6 | 41.5 | 46.2 | 42    | 42.5 | 44.5 | 45.4 | 42.6  | 42    | 44.3 | 41    | 43.3 | 38.8  | .    | .     | 37    | 38.8  | 43.3  | 45.8 | 39.6  |
| 12. B. med. R.    | 20    | 22.2 | 24   | 26   | 25    | 26   | 28   | 25.6 | 27.5  | 26   | 26   | 28   | 27    | 29    | 29.5 | 30    | 29.2 | 30    | .    | .     | 30.5  | 29.5  | 28.5  | 29.3 | 30    |
| in % v. 9         | 80    | 79.2 | 80   | 83.8 | 76    | 81.3 | 80   | 78.8 | 83.5  | 79   | 79   | 82.5 | 80.5  | 81.5  | 82   | 83.5  | 86   | 88    | .    | .     | 87    | 84.3  | 84    | 81.4 | 88    |
| 13. B. dist. Gfl. | 43    | .    | 47   | 53   | 51.5  | 54   | 58   | 53   | 57    | 53   | 54   | 55   | 57    | 59.5  | 61   | 60    | 60   | 62    | .    | .     | 62.3  | 62    | 60    | 59   | 62    |
| in % v. 1         | 29    | .    | 27.5 | 31.8 | 29.1  | 31.2 | 32.8 | 29   | 30.8  | 28.6 | 28   | 30.6 | 29.2  | 29.4  | 30.8 | 29.6  | 29.4 | 30.6  | .    | .     | 31.3  | 32.6  | 31.3  | 28.7 | 31.8  |
| in % v. 9         | 172   | .    | 157  | 171  | 156   | 169  | 166  | 163  | 173   | 161  | 164  | 162  | 170   | 167   | 170  | 167   | 176  | 181   | .    | .     | 178   | 177   | 176   | 164  | 182   |

**Tabelle 9**  
**Metatarsus**

| Tabelle 9       | juv.                 |      |      |                    |          |      |      |      |        |      |                    |      |      |          |      |       |       |       |      |       |       |       |      |      |       |
|-----------------|----------------------|------|------|--------------------|----------|------|------|------|--------|------|--------------------|------|------|----------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| Metatarsus      | 16248 Q <sub>3</sub> | 962  | 961  | 960 Q <sub>3</sub> | 15648 +C | 959  | 4406 | 958  | 957 +C | 4427 | 956 Q <sub>3</sub> | 955  | 4407 | 33859 +C | 954  | 33853 | 953   | 33856 | 4340 | 33865 | 33839 | 33857 | 172  | 952  | 33838 |
| 1. Länge        | 174                  | 200  | 205  | 202                | 211      | 211  | 214  | 219  | 231    | 223  | 225                | 231  | 237  | 246      | 239  | 245   | 250   | 247   | 248  | .     | 248   | 231   | 240  | 248  | 240   |
| in % v. F       | 85                   | 79.8 | 81.4 | 76.8               | 75       | 74   | 74.5 | 74.7 | 75     | 72.2 | 71.4               | 72.4 | 71.2 | 69       | 63.1 | 64.5  | 65.3  | 62.5  | 62.5 | .     | 62.3  | 59.5  | 65.2 | 67   | 62    |
| 2. Größte L.    | 184                  | 210  | 208  | 205                | 224      | 215  | 224  | 223  | 236    | 233  | 229                | 232  | 246  | 260      | 243  | 255   | 252   | 261   | 257  | .     | 257   | 241   | 240  | 250  | 249   |
| 3. Laterale L.  | 173                  | 199  | 201  | 197                | 213      | 209  | 210  | 217  | 229    | 220  | 221                | 225  | 235  | 244      | 235  | 242   | 242   | 249   | 246  | .     | 245   | 229   | 231  | 242  | 235   |
| 4. B. prox. Ep. | 42                   | 41   | 43   | 45                 | 46       | 46   | 51   | 45   | 44     | 44   | 48                 | 47   | 47   | 49       | 50   | 48    | 49    | 52    | 52   | .     | 51    | 51    | 49   | 50   | 54    |
| in % v. 1       | 24.2                 | 20.5 | 21   | 22.2               | 21.8     | 21.8 | 23.8 | 20.5 | 19     | 19.7 | 21.3               | 20.3 | 19.8 | 19.9     | 21   | 19.6  | 19.6  | 21    | 21   | .     | 20.6  | 22    | 20.4 | 20.2 | 22.5  |
| 5. B. Gel.f.    | 40                   | 41   | 43   | 45                 | 45       | 46   | 51   | 45   | 44     | 44   | 48                 | 45   | 45   | 48       | 48   | 46    | 47    | 50    | 50   | .     | 48    | 48    | 47   | 47   | 48.5  |
| in % v. 1       | 23                   | 20.5 | 21   | 22.2               | 21.3     | 21.8 | 23.8 | 20.5 | 19     | 19.7 | 21.3               | 19.5 | 19   | 19.5     | 20.1 | 18.7  | 18.8  | 20.2  | 20.2 | .     | 19.3  | 20.8  | 19.6 | 18.8 | 20.2  |
| 6. D. Gel.f.    | 35.5                 | 43   | 41   | 42                 | 43       | 46   | 49   | 44   | 44     | 43   | 48                 | 45   | 47   | 48       | 48   | 45    | 49    | 46    | 49   | .     | 47    | 46    | 40   | 43   | 46    |
| in % v. 5       | 89                   | 105  | 95.5 | 93.4               | 95.6     | 100  | 96   | 97.8 | 100    | 98   | 100                | 100  | 104  | 100      | 100  | 98    | 104.2 | 92    | 98   | .     | 98    | 96    | 87   | 91.5 | 95    |
| 7. B. Diaph.    | 20.2                 | 19   | 23   | 22                 | 21       | 21   | 24   | 20   | 22     | 24   | 23                 | 24   | 25   | 26       | 28   | 28    | 29    | 29.5  | 29.6 | .     | 31    | 30    | 28   | 31   | 30.7  |
| in % v. 1       | 11.6                 | 9.5  | 11.2 | 10.9               | 10       | 10   | 11.2 | 9.1  | 9.5    | 10.8 | 10.2               | 10.4 | 10.5 | 10.6     | 11.7 | 11.4  | 11.6  | 12    | 12   | .     | 12.5  | 13    | 11.7 | 12.4 | 12.8  |
| 8. D. Diaph.    | 16.6                 | 19   | 20   | 22                 | 21       | 21.5 | 24   | 22   | 23     | 23   | 24                 | 23   | 25   | 28       | 26   | 26    | 29    | 25    | 28.6 | .     | 27    | 25    | 29   | 29   | 26.6  |
| in % v. 7       | 82                   | 100  | 87   | 100                | 100      | 102  | 100  | 110  | 105    | 96   | 104.3              | 95.8 | 100  | 108      | 93   | 93    | 100   | 85.5  | 97   | .     | 87    | 83.5  | 104  | 93.6 | 86.7  |
| 9. B. Rolle     | 40                   | 44.5 | 46   | 52                 | 50       | 51   | 55   | 49   | 50     | 50   | 54                 | 51   | 52.5 | 55.4     | 56   | 56    | 57    | 58    | 61   | .     | 56.6  | 57    | 57   | 59   | 58    |
| in % v. 1       | 23                   | 22.2 | 22.4 | 25.7               | 23.7     | 24.2 | 25.7 | 22.4 | 21.7   | 22.2 | 24                 | 22.1 | 22.2 | 22.5     | 23.4 | 22.8  | 22.8  | 23.4  | 24.6 | .     | 22.8  | 24.7  | 23.8 | 23.6 | 24.2  |
| in % v. 10      | 157                  | 151  | 148  | 162                | 144      | 155  | 153  | 149  | 147    | 151  | 150                | 148  | 148  | 150      | 145  | 151   | 158   | 167   | 166  | .     | 157   | 158   | 163  | 159  | 161   |
| 10. D. Rolle    | 25.5                 | 29.5 | 31   | 32                 | 34.6     | 33   | 36   | 33   | 34     | 33   | 36                 | 35   | 35.5 | 37       | 38   | 37    | 36    | 34.7  | 36.7 | .     | 36    | 36    | 35   | 37   | 36    |
| in % v. 1       | 14.8                 | 14.8 | 15.1 | 15.8               | 16.4     | 15.6 | 16.8 | 15.1 | 14.7   | 14.8 | 16                 | 15.1 | 15   | 15       | 16   | 15.1  | 14.4  | 14    | 14.8 | .     | 14.5  | 15.6  | 14.6 | 15   | 15    |
| 11. Med. D.     | 19.5                 | 21   | 22   | 24                 | 24.5     | 24   | 26   | 25   | 24     | 24.3 | 24                 | 25   | 26   | 27       | 27   | 26    | 26    | 26    | 27   | .     | 26    | 26    | 25   | 27   | 26    |
| in % v. 1       | 11.2                 | 10.5 | 10.7 | 11.9               | 11.6     | 11.4 | 12.1 | 11.4 | 10.4   | 10.9 | 10.7               | 10.8 | 11   | 11       | 11.3 | 10.6  | 10.4  | 10.5  | 11.9 | .     | 10.5  | 11.3  | 10.4 | 10.9 | 10.8  |
| in % v. 10      | 76.5                 | 71.2 | 71   | 75                 | 70.8     | 72.7 | 72.2 | 75.8 | 70.6   | 73.5 | 66.7               | 71.4 | 73.2 | 73       | 71.1 | 70.3  | 72.2  | 75    | 73.6 | .     | 72.2  | 72.2  | 71.4 | 73   | 72.2  |
| 12. Lat. D.     | 17.5                 | 20   | 20   | 21                 | 22.4     | 22   | 24.5 | 23   | 23     | 23   | 22                 | 23   | 24   | 25       | 25   | 24    | 24    | 24    | 25   | .     | 24    | 24    | 24   | 24   | 25    |
| in % v. 9       | 43.8                 | 45   | 43.5 | 40.4               | 44.8     | 43.1 | 44.6 | 47   | 46     | 46   | 40.7               | 45   | 46   | 45.1     | 44.6 | 43    | 42    | 41.4  | 41   | .     | 42.5  | 42.1  | 42   | 40.7 | 43.1  |
| in % v. 11      | 89.7                 | 95.4 | 90.9 | 87.5               | 91.5     | 91.7 | 94.2 | 92   | 95.8   | 94.8 | 91.7               | 92   | 94.2 | 92.5     | 92.4 | 92.4  | 92.3  | 92.4  | 92.5 | .     | 92.4  | 92.4  | 96   | 89   | 96.2  |
| 13. B. med. R.  | 19                   | 22   | 23.5 | 24.5               | 23.6     | 25   | 26   | 23.5 | 24.3   | 24   | 24                 | 25.6 | 25   | 27       | 27   | 27    | 27    | 27    | 30   | .     | 26    | 28    | 26.5 | 28   | 28    |
| in % v. 10      | 74.6                 | 74.7 | 75.8 | 76.8               | 68.2     | 75.7 | 72.2 | 71.5 | 71.5   | 72.8 | 66.7               | 73.1 | 70.5 | 73       | 71   | 73    | 75    | 77.7  | 80.8 | .     | 72.2  | 78    | 75.7 | 75.7 | 78    |



| 951  | 950 | 22074 | 4462 | 1023 | 949  | 948 Q <sub>3</sub> | 947  | 946  | 945  | 944  | 943  | 33852 | 33833 | 942  | 33863 | 1558 | 939  | 22072 | 938  | 33855 | 941  | 22078 | 940  | 2765 | 95   | 33834 | 20465 |
|------|-----|-------|------|------|------|--------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|-------|
| 204  | .   | 206   | 208  | 210  | 207  | 208                | 222  | 209  | 204  | 209  | 204  | 209   | 200   | 205  | 205   | 215  | .    | 200   | 211  | 203   | 203  | 203   | 212  | 203  | 199  | 216   | 207   |
| 52.5 | .   | 50.6  | 51   | 51.4 | 49.7 | 56.2               | 55   | 53.5 | 52.3 | 50   | 46.5 | 47.6  | 47.5  | 48.3 | 48.3  | 48.8 | .    | 47.8  | 47   | 47    | 46.3 | 47.6  | 49   | 47   | 45.7 | 47.5  | 44.2  |
| 209  | .   | 212   | 215  | 218  | 210  | 214                | 208  | 211  | 225  | 217  | 213  | 216   | 204   | 211  | 213   | 221  | .    | 206   | 220  | 210   | 210  | 211   | 217  | 208  | 205  | 224   | 212   |
| 201  | .   | 202   | 204  | 206  | 198  | 204                | 198  | 200  | 215  | 205  | 201  | 205   | 195   | 200  | 201   | 211  | .    | 195   | 208  | 201   | 200  | 200   | 208  | 198  | 197  | 211   | 203   |
| 61   | .   | 67    | 66   | 65   | 66   | 64                 | 66   | 64   | 68   | 64   | 68   | 63    | 66    | 67   | 75    | 72   | 71   | 65    | 68   | 67    | 68   | 72    | 73   | 72   | 69   | 76    | .     |
| 30   | .   | 32.5  | 31.7 | 31   | 33.8 | 30.8               | 32.4 | 30.9 | 30.6 | 30.6 | 31.4 | 32.5  | 33    | 32.7 | 36.6  | 33.5 | .    | 32.5  | 32.2 | 33    | 33.5 | 35.5  | 34.4 | 35.5 | 34.7 | 35.2  | .     |
| 36   | .   | 37    | 34   | 34   | 35   | 34                 | 38   | 37   | 41   | 38   | 41   | 37    | 39    | 37   | 40    | 41   | 42   | 37    | 41   | 38    | 39   | 38    | 41   | 30   | 40   | 45    | .     |
| 59   | .   | 55.2  | 51.5 | 52.3 | 53   | 53                 | 57.6 | 58   | 60.3 | 59.4 | 60.3 | 54.5  | 59    | 55.2 | 53.3  | 57   | 59.2 | 57    | 60.3 | 56.8  | 57.3 | 52.8  | 56.2 | 41.7 | 58   | 59.2  | .     |
| 64   | .   | 69    | 69   | 70   | 74   | 67                 | 66   | 66   | 72   | 70   | 77   | 71    | 76    | 71   | 77    | 77   | 77   | 73    | 74   | 73    | 74   | 76    | 76   | 82   | 79   | 85    | 88    |
| 105  | .   | 103   | 105  | 108  | 112  | 105                | 100  | 103  | 106  | 109  | 113  | 104   | 115   | 106  | 103   | 107  | 108  | 112   | 109  | 109   | 109  | 106   | 104  | 114  | 115  | 112   | .     |
| 36   | .   | 39    | 37   | 39   | 40   | 33                 | 33   | 34   | 40   | 36   | 39   | 39    | 42    | 43   | 48    | 42   | .    | 40    | 48   | 43    | 46   | 46    | 46   | 45   | 55   | 51.5  | 57    |
| 17.7 | .   | 18.9  | 17.8 | 18.6 | 16   | 16                 | 16.2 | 16.4 | 18   | 17.2 | 19   | 18.7  | 21    | 21   | 23.2  | 19.5 | .    | 20    | 22.8 | 21.2  | 22.7 | 22.7  | 21.6 | 22.2 | 27.6 | 20.8  | 27.6  |
| 24   | .   | 24    | 24   | 29   | 23   | 23                 | 24   | 22.5 | 26   | 25   | 26   | 25    | 24    | 26   | 25.5  | 28   | .    | 25    | 28   | 26    | 30   | 25    | 29   | 22   | 29   | 30    | 32    |
| 67   | .   | 61.5  | 65   | 74.4 | 57.5 | 69.7               | 72.7 | 66.2 | 65   | 69.5 | 66.7 | 64    | 57    | 62   | 53.1  | 66.7 | .    | 62.5  | 58.3 | 60.5  | 65.4 | 54.3  | 63   | 49   | 52.7 | 58.2  | 56.1  |
| 36   | .   | 38    | 37   | 39   | 37   | 37                 | 38   | 38   | 39   | 39   | 40   | 39    | 38    | 40   | 42    | 42   | .    | 38    | 39   | 40    | 40   | 39    | 40   | 39   | 40   | 43    | .     |
| 17.7 | .   | 18.4  | 17.8 | 18.6 | 17.8 | 17.7               | 18.6 | 18.5 | 17.6 | 18.6 | 19.6 | 18.7  | 19    | 19.5 | 20.5  | 19.5 | .    | 19    | 18.5 | 19.7  | 19.7 | 19.2  | 19   | 19.2 | 20   | 19.9  | .     |
| 28   | .   | 27    | 28   | 29   | 27   | 27.5               | 28   | 29   | 29   | 28   | 29   | 30    | 28    | 28   | 30.5  | 32   | .    | 29    | 30.5 | 30    | 31   | 30    | 31   | 30   | 30   | 32.5  | .     |
| 77.8 | .   | 71    | 75.5 | 74.4 | 73   | 74.3               | 73.7 | 76.3 | 74.4 | 71.8 | 72.5 | 77    | 75.7  | 70   | 72.5  | 76.2 | .    | 76.4  | 78.5 | 75    | 77.5 | 77    | 77.5 | 77   | 75   | 75.5  | .     |
| 13.7 | .   | 13.1  | 13.5 | 13.8 | 13   | 13.2               | 13.7 | 14.3 | 13.1 | 13.4 | 14.2 | 14.4  | 14    | 13.7 | 14.9  | 14.9 | .    | 14.5  | 14.4 | 14.8  | 15.3 | 14.8  | 14.6 | 14.8 | 15.1 | 15    | .     |
| 26   | .   | 26    | 26   | 27   | 24   | 26.5               | 27   | 26   | 28   | 27   | 27   | 27    | 27    | 27   | 28    | 30   | .    | 27.5  | 28.5 | 28    | 27   | 29    | 29   | 28   | 28.6 | 30    | .     |
| 93   | .   | 96.5  | 93   | 96.6 | 88.7 | 96.4               | 96.4 | 89.7 | 96.6 | 96.4 | 93   | 90    | 96.5  | 96.4 | 92    | 94   | .    | 95    | 93.4 | 93    | 89   | 96.5  | 93.6 | 93   | 95.3 | 92.5  | .     |
| 41.3 | .   | 40    | 40   | 45.3 | 43   | 42.4               | 43.8 | 42   | 41   | 40.6 | 39.7 | 38.5  | 38.9  | 40   | 37.8  | 42.2 | .    | 40.4  | 41.8 | 40    | 44.3 | 39.7  | 43.7 | 39.5 | 41.7 | 38.5  | .     |
| 26   | .   | 31    | 31   | 30.2 | 31   | 31                 | 31.7 | 33.6 | 34.5 | 34   | 35   | 34    | 34    | 33.5 | 37    | 37   | .    | 33.5  | 36   | 34    | 34   | 35    | 34   | .    | 35   | 38    | 36    |
| 72.3 | .   | 81.5  | 84   | 77.5 | 83.8 | 83.8               | 83.5 | 88.5 | 88.5 | 87.2 | 87.5 | 87    | 89.5  | 83.8 | 88    | 88   | .    | 88    | 92.3 | 85    | 85   | 90    | 85   | .    | 87.5 | 88.5  | .     |
| 63   | .   | 65    | 65   | 64   | 63   | 65                 | 64   | 66   | 71   | 69   | 73   | 70    | 69.5  | 70   | 74    | 71   | .    | 68    | 73   | 70    | 70   | 73    | 71   | 71   | 72   | 78    | 70    |
| 31   | .   | 31.6  | 31.2 | 30.5 | 30.4 | 31.3               | 31.4 | 33.7 | 32.7 | 33   | 35.8 | 33.5  | 34.8  | 34.2 | 36    | 33   | .    | 34    | 34.6 | 34.4  | 34.5 | 36    | 33.5 | 35   | 36.2 | 36    | 33.8  |
| 175  | .   | 171   | 176  | 164  | 170  | 176                | 168  | 174  | 182  | 177  | 182  | 180   | 183   | 175  | 176   | 169  | .    | 179   | 187  | 175   | 175  | 187   | 177  | 182  | 180  | 181   | .     |

| 951 | 950 | 22074 | 4462 | 1023 | 949  | 948 Q <sub>3</sub> | 947  | 946  | 945  | 944  | 943  | 33852 | 33833 | 942  | 33863 | 1558 | 939  | 22072 | 938  | 33855 | 941  | 22078 | 940 | 2765 | 95   | 33834 | 20465 |
|-----|-----|-------|------|------|------|--------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|-------|-----|------|------|-------|-------|
| .   | .   | 248   | 259  | 256  | 255  | 256                | 246  | 250  | 264  | 260  | 252  | 259   | 232   | 250  | 253   | 267  | .    | 242   | 260  | 245   | 252  | 247   | .   | 251  | 249  | 239   | 264   |
| .   | .   | 61    | 63.5 | 62.7 | 61.3 | 67.2               | 66   | 65   | 62.4 | 62   | 57.4 | 59    | 55    | 59   | 59.7  | 60.8 | .    | 58    | 58   | 56.8  | 57.5 | 58    | .   | 58.2 | 58   | 52.5  | 56.3  |
| .   | .   | 261   | 268  | 260  | 259  | 261                | 250  | 255  | 266  | 262  | 255  | 271   | 251   | 252  | 264   | 276  | .    | 254   | 262  | 257   | 258  | 261   | .   | 258  | 254  | 254   | .     |
| .   | .   | 245   | 258  | 254  | 247  | 253                | 240  | 246  | 257  | 255  | 247  | 256   | 234   | 245  | 248   | 258  | .    | 240   | 256  | 242   | 249  | 249   | .   | 247  | 234  | 234   | 259   |
| .   | .   | 54    | 53   | 53   | 55   | 53                 | 53   | 52   | 56   | 55   | 59   | 59    | 58    | 58   | 62    | 61   | 57   | 55    | 56   | 60    | 59   | 62    | .   | 62   | 61   | 61    | 60    |
| .   | .   | 21.8  | 21.3 | 20.7 | 21.6 | 20.7               | 21.6 | 20.8 | 21.2 | 21.2 | 23.4 | 22    | 25    | 23.2 | 24.5  | 22.8 | .    | 22.7  | 21.5 | 24.5  | 23.4 | 25.1  | .   | 24.7 | 24.5 | 25.5  | 22.7  |
| .   | .   | 48    | 48   | 48   | 52   | 51                 | 50   | 52   | 52   | 52   | 50   | 52    | 51    | 56   | 55    | 53   | 53   | 53    | 55   | 53    | 51   | 55    | .   | 55   | 53   | 56    | .     |
| .   | .   | 19.4  | 18.5 | 18.8 | 20.4 | 20                 | 20.3 | 20.8 | 19.7 | 20   | 19.8 | 20    | 22    | 22.4 | 21.7  | 19.8 | 53   | 53    | 55   | 53    | 51   | 55    | .   | 21.9 | 21.3 | 23.4  | .     |
| .   | .   | 47    | 47   | 48   | 46   | 45                 | 50   | 50   | 49   | 47   | 45   | 50    | 47    | 50   | 53    | .    | 48   | 47    | 50   | 49    | 49   | 49    | .   | 48   | 53   | .     | .     |
| .   | .   | 98    | 98   | 100  | 88.5 | 88.5               | 100  | 96.2 | 94.5 | 90.5 | 90   | 96.2  | 92.1  | 89.5 | 96.5  | .    | 90.5 | 88.7  | 91   | 92.5  | 96   | 89    | .   | .    | 90.5 | 94.7  | .     |
| .   | .   | 32    | 32   | 33   | 33   | 29                 | 29   | 34   | 31   | 33   | 35   | 36    | 37    | 40.3 | 37    | .    | .    | 34    | 40   | 38    | 38   | 37    | .   | 37   | 41   | 37.5  | 40    |
| .   | .   | 12.8  | 12.6 | 12.9 | 12.9 | 11.3               | 11.8 | 11.6 | 12.9 | 11.9 | 13.1 | 13.5  | 15.5  | 14.8 | 15.9  | 13.8 | .    | 14    | 15.4 | 15.5  | 15.1 | 15    | .   | 14.7 | 16.5 | 15.7  | 15.3  |
| .   | .   | 28.5  | 29   | 30   | 30   | 30                 | 28   | 28   | 32   | 31   | 34   | 30    | 29    | 36   | 29.4  | 34   | .    | 29    | 36   | 30    | 36   | 31    | .   | 35   | 35   | 30.5  | 39    |
| .   | .   | 89    | 90.5 | 91   | 91   | 103                | 96.6 | 96.6 | 94   | 100  | 103  | 85.8  | 80.5  | 97.3 | 73    | 92   | .    | 85.2  | 90   | 79    | 94.8 | 84    | .   | 94.5 | 85.4 | 81.4  | 97.5  |
| .   | .   | 61    | 60   | 58   | 61   | 61                 | 61   | 61   | 65   | 62   | 65   | 65    | 63    | 65   | 68    | 66   | .    | 62    | 67   | 64    | 66   | 66    | .   | 65   | 66   | 67    | 66    |
| .   | .   | 24.6  | 23.2 | 22.7 | 24   | 23.8               | 24.8 | 24.4 | 24.6 | 24   | 25.8 | 25.1  | 27.2  | 26   | 26.9  | 24.7 | .    | 25.6  | 25.8 | 26.1  | 26.2 | 26.7  | .   | 25.9 | 25.6 | 28    | 25    |
| .   | .   | 156   | 154  | 145  | 156  | 156                | 156  | 156  | 162  | 155  | 158  | 163   | 166   | 163  | 158   | 157  | .    | 159   | 163  | 160   | 161  | 165   | .   | 163  | 161  | 176   | 153   |
| .   | .   | 38    | 39   | 40   | 39   | 39                 | 39   | 39   | 40   | 40   | 41   | 40    | 38    | 40   | 43    | 42   | .    | 39    | 41   | 40    | 41   | 40    | .   | 40   | 41   | 38    | 43    |
| .   | .   | 15.3  | 15.1 | 15.6 | 15.3 | 15.2               | 15.8 | 15.6 | 15.2 | 15.4 | 16.3 | 16.5  | 16.4  | 16   | 17    | 15.7 | .    | 16.2  | 15.8 | 16.3  | 16.3 | 16.2  | .   | 16.9 | 16.5 | 15.9  | 16.3  |
| .   | .   | 27    | 29   | 30   | 28   | 29                 | 29   | 28   | 29.5 | 30   | 31   | 29    | 27.6  | 29   | 30    | 31   | .    | 28.6  | 29   | 28.5  | 30   | 30    | .   | 30   | 30   | 27    | 30    |
| .   | .   | 10.9  | 11.2 | 11.7 | 10.8 | 11.3               | 11.8 | 11.2 | 11.2 | 11.5 | 12.3 | 11.2  | 11.9  | 11.6 | 11.9  | 11.6 | .    | 11.8  | 11.1 | 11.6  | 11.9 | 12.1  | .   | 12   | 12   | 11.3  | 11.4  |
| .   | .   | 71    | 74.2 | 75   | 71.8 | 74.4               | 71   | 71.8 | 75.5 | 75   | 75.6 | 72.5  | 72.5  | 72.5 | 70    | 73.8 | .    | 73.4  | 70.7 | 71.2  | 73.2 | 75    | .   | 75   | 73.2 | 71    | 70    |
| .   | .   | 26    | 27   | 26   | 26   | 26                 | 27   | 26   | 28   | 27   | 28   | 27    | 26.2  | 28   | 27.5  | 29   | .    | 26.2  | 28.5 | 27    | 28   | 28    | .   | 28   | 28   | 24    | 28    |
| .   | .   | 42.6  | 45   | 44.8 | 43.6 | 43.6               | 44.3 | 42.6 | 42.4 | 42.5 | 43.1 | 41.5  | 41.6  | 43.1 | 40.5  | 44   | .    | 42.3  | 42.5 | 42.2  | 42.4 | 42.5  | .   | 43   | 42.4 | 38.8  | 42.5  |
| .   | .   | 96.2  | 93.1 | 86.7 | 93   | 89.7               | 93   | 93   | 95   | 92   | 92.4 | 93.1  | 95    | 96.6 | 92    | 93.5 | .    | 91.7  | 98.3 | 94.7  | 93.3 | 93.5  | .   | 93.5 | 93.3 | 89    | 93.5  |
| .   | .   | 29    | 28   | 28   | 29   | 28                 | 29   | 29   | 32   | 30.5 | 32.5 | 31    | 30.5  | 30.5 | 34    | .    | .    | 29.5  | 31.5 | 31    | 31   | 32    | .   | .    | 31   | 32    | 32    |
| .   | .   | 76.5  | 72   | 70   | 74.4 | 72                 | 74.4 | 74.4 | 80   | 71.2 | 79.3 | 77.5  | 80.2  | 71.2 | 79    | .    | .    | 75.5  | 76.8 | 77.5  | 75.6 | 80    | .   | .    | 75.6 | 84    | 74.5  |







| 951 | 950 | 22074 | 4462 | 1023 | 949 | 948 Q <sub>3</sub> | 947 | 946 | 945 | 944 | 943 | 33852 | 33833 | 942 | 33863 | 1558 | 939 | 22072 | 938 | 33855 | 941 | 22078 | 940 | 2765 | 95  | 33834 | 20465 |
|-----|-----|-------|------|------|-----|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-----|-------|------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|------|-----|-------|-------|
| 24  | 26  | 24    | 23   | 22   | 22  | .                  | .   | .   | .   | .   | .   | 27    | 28    | .   | 25    | .    | 26  | 25    | 23  | 24    | .   | 25    | 26  | .    | 22  | 29.5  | 28    |
| 6.2 | 6.5 | 5.9   | 5.6  | 5.4  | 5.3 | .                  | .   | .   | .   | .   | .   | 6.1   | 6.6   | .   | 5.9   | .    | 5.9 | 6.0   | 5.1 | 5.6   | .   | 5.9   | 6.0 | .    | 5.1 | 6.5   | 6.0   |
| 58  | 63  | 59    | 60   | 62   | 64  | .                  | .   | .   | .   | .   | .   | 68    | 65    | .   | 73    | .    | 69  | 62    | 66  | 69    | .   | 68    | 68  | .    | 70  | 67.5  | 69    |
| 242 | 242 | 246   | 260  | 282  | 291 | .                  | .   | .   | .   | .   | .   | 252   | 232   | .   | 292   | .    | 265 | 248   | 287 | 288   | .   | 272   | 262 | .    | 318 | 239   | 246   |

|      |      |      |      |      |      |      |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 73   | 75   | 77   | 76   | 77   | 80   | 77   | . | . | 81   | 81   | 81   | 80   | 75   | 80   | 83   | 82   | 81   | 76   | 82   | 79   | 81   | 78   | 82   | 79   | 78   | 86   | 82   |
| 18.8 | 18.8 | 18.9 | 18.6 | 18.9 | 19.2 | 21.6 | . | . | 19.1 | 19.3 | 18.5 | 18.2 | 17.8 | 18.8 | 19.6 | 18.6 | 18.2 | 18.2 | 18.3 | 18.3 | 18.5 | 18.3 | 19   | 18.3 | 17.9 | 18.9 | 17.5 |
| 67   | 71   | 70.5 | 72   | 71   | 75   | 71   | . | . | 74   | 73   | 75   | 74   | 69   | 72   | 75   | 75   | 76   | 69   | 76   | 73   | 73   | 70   | 77   | 74   | 71   | 78.5 | 78   |
| 92   | 94.7 | 91.5 | 94.8 | 92.2 | 94   | 92.2 | . | . | 91.5 | 90   | 92.5 | 92.5 | 92   | 90   | 90.5 | 91.5 | 94   | 91   | 92.7 | 92.5 | 90   | 90   | 94   | 93.6 | 91   | 91.3 | 95   |
| 48   | 50   | 49   | 50   | 50   | 52   | 50   | . | . | 54   | 53   | 52   | 55   | 52   | 53   | 57   | 52   | 52   | 51   | 54   | 52   | 54   | 52   | 57   | 54   | 55   | 61   | 56   |
| 65.8 | 66.7 | 63.6 | 65.8 | 65   | 65   | 65   | . | . | 66.7 | 65.5 | 64.2 | 68.8 | 69.4 | 66.7 | 68.7 | 63.5 | 64.2 | 67.1 | 66   | 66   | 66.7 | 66.7 | 69.5 | 68.5 | 70.5 | 71   | 68.3 |

|     |      |      |     |      |      |      |   |   |      |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |   |      |      |     |      |
|-----|------|------|-----|------|------|------|---|---|------|------|-----|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|---|------|------|-----|------|
| 148 | 150  | 152  | 153 | 155  | 150  | 149  | . | . | 162  | 151  | 157 | 162  | 155  | 155  | 175  | 167 | 158  | 152  | 167  | 168  | 159  | 162  | . | 160  | 166  | 170 | 168  |
| 146 | 148  | 135  | 135 | 142  | 145  | 147  | . | . | 145  | 141  | 143 | 136  | 135  | 142  | 137  | 136 | 138  | 137  | 141  | 135  | 145  | 134  | . | 140  | 148  | 134 | 130  |
| 101 | 101  | 113  | 114 | 109  | 103  | 101  | . | . | 112  | 107  | 110 | 119  | 115  | 109  | 128  | 123 | 114  | 111  | 118  | 124  | 110  | 121  | . | 114  | 112  | 127 | 129  |
| 26  | 26.4 | 27.8 | 28  | 26.7 | 24.8 | 27.4 | . | . | 26.4 | 25.6 | 25  | 27.1 | 27.3 | 25.7 | 30.2 | 28  | 25.6 | 26.5 | 26.4 | 28.6 | 25.1 | 28.4 | . | 26.4 | 25.8 | 28  | 27.6 |
| 62  | 63   | 50   | 58  | 64   | 62   | 60   | . | . | 65   | 65   | 66  | 60   | 67   | 59   | 64   | 59  | 71   | 57   | 70   | 61   | 65   | 59   | . | 58   | 65   | 65  | 68   |

|    |      |      |      |      |      |      |   |   |      |   |      |      |      |   |      |   |   |    |   |      |    |    |   |   |      |      |    |
|----|------|------|------|------|------|------|---|---|------|---|------|------|------|---|------|---|---|----|---|------|----|----|---|---|------|------|----|
| 27 | 29   | 28   | 29   | 29   | 28   | 31   | . | . | 35   | . | 31   | 31   | 29   | . | 38   | . | . | 30 | . | 32   | 31 | 31 | . | . | 33   | 23   | .  |
| 75 | 78.5 | 77.8 | 80.5 | 74.5 | 75.7 | 83.8 | . | . | 87.5 | . | 75.7 | 75.7 | 72.5 | . | 90.5 | . | . | 86 | . | 75.2 | 74 | 66 | . | . | 78.5 | 54.7 | .  |
| 36 | 39   | 36   | 36   | 39   | 37   | 37   | . | . | 40   | . | 41   | 41   | 40   | . | 42   | . | . | 35 | . | 42.5 | 42 | 47 | . | . | 42   | 42   | 43 |

| 951   | 950  | 22074 | 4462 | 1023 | 949  | 948 Q <sub>3</sub> | 947  | 946  | 945  | 944  | 943  | 33852 | 33833 | 942  | 33863 | 1557 | 839  | 22072 | 938  | 33855 | 941 | 22078 | 940  | 2765 | 95   | 33834 | 20465 |
|-------|------|-------|------|------|------|--------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------|-------|-----|-------|------|------|------|-------|-------|
| 406   | 415  | 454   | 437  | 421  | 436  | 332                | 335  | 343  | 425  | 420  | 423  | 463   | 470   | 478  | 465   | 458  | 494  | 460   | 520  | 485   | .   | 469   | 463  | 492  | 492  | 531   | 560   |
| 101.3 | 104  | 99.5  | 107  | 103  | 105  | 89.8               | 90   | 89.5 | 100  | 100  | 96.5 | 105   | 111   | 113  | 110   | 104  | 111  | 110   | 116  | 112   | .   | 110   | 107  | 114  | 113  | 117   | 119   |
| 225   | 233  | 232   | 244  | 226  | 260  | 203                | 203  | 272  | 271  | 240  | 245  | 267   | 257   | 284  | 274   | 277  | 297  | 273   | 310  | 278   | .   | 293   | .    | 278  | 308  | 285   | 328   |
| 55.4  | 51.2 | 57.4  | 56   | 53.7 | 59.6 | 61.2               | 60.6 | 79   | 64   | 57.2 | 58   | 57.6  | 54.7  | 59.4 | 59    | 60.5 | 60   | 59.3  | 59.5 | 57.5  | .   | 62.5  | .    | 56.5 | 62.5 | 53.7  | 58.5  |
| 337   | 340  | 334   | 367  | 343  | 354  | 265                | 278  | 291  | 331  | 346  | 327  | 394   | 402   | 404  | 385   | 383  | 415  | 397   | 435  | 405   | .   | 382   | 380  | 430  | 405  | 450   | 463   |
| 88    | 82   | 82.6  | 83.8 | 81.2 | 82   | 80                 | 83   | 85   | 78   | 82.5 | 77.3 | 85    | 85.5  | 84.5 | 83    | 83.5 | 84   | 86.5  | 83.5 | 83.5  | .   | 81.5  | 82   | 87.5 | 82.5 | 85    | 83    |
| 51    | 55   | 52    | 55   | 52   | 56   | 50                 | 53   | 51   | 58   | 59   | 55   | 60    | 58    | 61   | 58    | 57   | 62   | 58    | 59   | 56    | .   | 56    | 57   | 56   | 58   | 58    | 63    |
| 12.6  | 13.3 | 12.9  | 12.6 | 12.4 | 12.8 | 15.1               | 15.8 | 14.9 | 13.7 | 14   | 13   | 13    | 12.3  | 12.8 | 12.5  | 12.4 | 12.5 | 12.6  | 11.3 | 11.5  | .   | 11.9  | 12.3 | 11.4 | 11.8 | 10.9  | 11.3  |
| 58    | 69   | 64    | 61   | 62   | 65   | 62                 | 65   | 65   | 68   | 65   | 68   | 68    | 70    | 69   | 73    | 66   | 72   | 68    | 73   | 66    | .   | 76    | 70   | 73   | 72.5 | 70    | 70    |
| 114   | 125  | 123   | 111  | 119  | 115  | 124                | 123  | 127  | 117  | 110  | 124  | 113   | 121   | 117  | 126   | 116  | 116  | 117   | 124  | 118   | .   | 135   | 123  | 130  | 125  | 121   | 111   |
| 456   | 485  | 467   | 533  | 477  | 568  | 334                | 341  | 460  | 562  | 514  | 518  | 617   | 600   | 678  | 640   | 634  | 733  | 630   | 805  | 673   | .   | 690   | .    | 760  | 760  | 760   | 920   |



## Pelvis

[illegible]



| 38838 | 951  | 950  | 22074 | 4462 | 1023 | 949  | 948  | 947  | 946   | 945  | 944  | 943  | 38852 | 38833 | 942   | 38863 | 1558 | 939  | 22072 | 938   | 38855 | 22078 | 940  | 2765 | 95   | 38834 | 20465 |
|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|
| 454   | 460  | 445  | 448   | 491  | 497  | 495  | 375  | 395  | 400   | 475  | 490  | 485  | 495   | 533   | 505   | 503   | 504  | 540  | 488   | 540   | 495   | 480   | 505  | 555  | 550  | 575   | .     |
| 117   | 118  | 112  | 110   | 120  | 122  | 119  | 101  | 106  | 104   | 112  | 117  | 110  | 113   | 126   | 119   | 119   | 115  | 121  | 117   | 121   | 115   | 112   | 117  | 129  | 126  | 126   | .     |
| 474   | 477  | 474  | 491   | 516  | 519  | 510  | 413  | 411  | 410   | 503  | 493  | 498  | 498   | 539   | 529   | 540   | 534  | 569  | 518   | 582   | 530   | 521   | 530  | 583  | 580  | 592   | 620   |
| 104   | 104  | 107  | 110   | 105  | 104  | 103  | 110  | 104  | 102.5 | 106  | 101  | 103  | 101   | 101   | 105   | 107   | 106  | 105  | 106   | 108   | 107   | 108   | 105  | 105  | 105  | 103   | .     |
| 765   | 780  | 730  | 820   | 770  | 825  | 760  | 655  | 612  | 650   | 740  | 760  | 765  | 790   | 830   | 840   | 750   | .    | 825  | 810   | 870   | 814   | 790   | 757  | .    | 708  | 690   | 940   |
| 228   | 228  | 231  | 232   | 246  | 243  | 238  | 192  | 192  | 194   | 247  | 230  | 233  | 254   | 274   | 259   | 249   | 250  | 272  | 243   | 275   | 253   | 244   | 261  | 260  | 273  | 287   | 295   |
| 50    | 48   | 49   | 52    | 50   | 47   | 46.7 | 46.5 | 46.7 | 47.3  | 49   | 46.7 | 48.8 | 51.3  | 51.3  | 49    | 49.5  | 49.5 | 47.8 | 49.8  | 47.3  | 49    | 48.7  | 49.3 | 47   | 47   | 50    | .     |
| 291   | 285  | 277  | 288   | 294  | 309  | 305  | 242  | 244  | 233   | 296  | 285  | 282  | 270   | 302   | 315   | 314   | 319  | 328  | 308   | 331   | 310   | 302   | 305  | 331  | 338  | 338   | 365   |
| 127   | 125  | 120  | 124   | 119  | 127  | 128  | 126  | 127  | 120   | 120  | 124  | 119  | 106   | 110   | 121.6 | 126   | 128  | 121  | 127   | 120.4 | 122   | 124   | 117  | 127  | 124  | 118   | 124   |
| 62    | 61   | 65   | 60    | 67   | 63   | 67   | 63   | 67   | 63    | 68   | 65   | 66   | 63    | 65    | 63    | 72    | .    | 69   | 64    | 67    | 65    | 66    | 70   | .    | 81   | 86    | 66    |
| 16    | 15.7 | 16.3 | 14.8  | 16.4 | 15.5 | 16.1 | 17   | 18   | 16.4  | 16   | 15.5 | 15   | 14.4  | 15.4  | 14.9  | 17    | .    | 15.5 | 15.3  | 15    | 15    | 15.5  | 16.2 | .    | 18.6 | 18.6  | 14.1  |
| 33    | 28   | 31   | 36    | 38   | 31   | 30   | 29.5 | 28   | 30.5  | 34   | 39   | 36   | 38    | 40    | 39    | 46    | .    | 40   | 40    | 38    | 44    | 40    | 39   | .    | 40   | 47    | 43    |
| 53.2  | 46   | 47.7 | 60    | 57   | 49.2 | 44.8 | 47   | 41.8 | 48.4  | 50   | 60   | 59.5 | 60.4  | 61.5  | 62    | 64    | .    | 58   | 62.5  | 56.7  | 67.6  | 60.6  | 55.7 | .    | 44.5 | 54.6  | 65    |
| 108   | 102  | 96   | 108   | 108  | 102  | 106  | 84   | 88   | 90    | 111  | 106  | 111  | 126   | 111   | 119   | 108   | 121  | 129  | 111   | 114   | 112   | 102   | 113  | 109  | 112  | 105   | 121   |
| 47.5  | 44.7 | 41.5 | 46.5  | 44   | 42   | 44.6 | 43.7 | 45.8 | 46.4  | 45   | 46   | 47.7 | 49.6  | 40.5  | 46    | 43.4  | 48.5 | 47.5 | 45.7  | 41.5  | 44.3  | 41.8  | 43.2 | 42   | 41   | 36.8  | 41    |
| 66    | 63   | 65   | 67    | 66   | 63   | 74   | 51   | 51   | 54    | 65   | 72   | 61   | 75    | 74    | 70    | 66    | 73   | 77   | 67    | 72    | 69    | 66    | .    | 71   | 70   | 72    | 74    |
| 61    | 61.8 | 67.7 | 62    | 61   | 61.8 | 69.8 | 60.7 | 58   | 60    | 58.6 | 68   | 55   | 59.5  | 66.6  | 58.8  | 61    | 60.3 | 59.7 | 60.3  | 63.2  | 61.6  | 64.7  | .    | 65   | 62.5 | 68.5  | 61    |
| 98    | 106  | 103  | 92    | 107  | 127  | 123  | 85   | 79   | 70    | 105  | 97   | 96   | 70    | 114   | 111   | .     | .    | 104  | 93    | 120   | 100   | 91    | 111  | .    | 129  | 123   | 130   |
| 48    | 46.5 | 44.6 | 39.6  | 43.5 | 52.3 | 51.7 | 44.2 | 41   | 36.3  | 42.5 | 42.2 | 41.2 | 27.5  | 41.6  | 43.0  | .     | .    | 38.3 | 38.2  | 43.7  | 39.5  | 37.3  | 42.6 | .    | 47.3 | 43    | 44.2  |
| 183   | 178  | 190  | 182   | 200  | 190  | 195  | 158  | 155  | 145   | 190  | 160  | 175  | 197   | 204   | 225   | 206   | 187  | 222  | 208   | 215   | 207   | 179   | .    | 208  | 210  | 219   | 231   |
| 139   | 140  | 137  | 138   | 151  | 149  | 151  | 118  | 119  | 118   | 131  | 158  | 161  | 171   | 171   | 148   | 159   | .    | 183  | 155   | 181   | 171   | 174   | 160  | .    | 164  | 180   | 163   |
| 58    | 57   | 58   | 60    | 64   | 70   | 72   | 53   | 52   | 50    | 60   | 61   | 60   | 63    | 65    | 65    | 63    | .    | 65   | 62    | 70    | 65    | 70    | 67   | .    | 70   | 70    | 67    |
| 93.5  | 39.5 | 89.3 | 100   | 95.5 | 111  | 107  | 84   | 77.7 | 79.5  | 88.2 | 94   | 91   | 100   | 100   | 103   | 87.5  | .    | 94   | 97    | 104   | 100   | 106   | 95.7 | .    | 86.5 | 81.3  | 101.5 |
| 207   | 201  | 228  | 228   | 219  | 210  | 235  | 186  | 174  | 172   | 233  | 224  | 226  | 231   | 247   | 241   | 256   | .    | 250  | 251   | 277   | 264   | 217   | .    | .    | 258  | 264   | 288   |
| 71.2  | 70.5 | 69.8 | 79    | 74.5 | 68   | 77   | 77   | 71.2 | 73.8  | 78.7 | 78.7 | 80.2 | 85.5  | 82    | 76.5  | 81.5  | .    | 76.3 | 81.5  | 83.7  | 85    | 72    | .    | .    | 79.5 | 68    | 79    |
| 59    | 51   | 51   | 56    | 51   | 54   | 58   | 45   | 40   | 43    | 48.5 | 49   | 51   | 52    | 57    | 52    | 61    | .    | 59   | 57    | 61    | 58    | 51    | 54   | .    | 58   | 65    | 57    |
| 95    | 83.6 | 78.5 | 93.5  | 76   | 86   | 86.5 | 71.5 | 60   | 68.2  | 71.3 | 75.5 | 77   | 82.5  | 88    | 82.5  | 85    | .    | 85.5 | 89    | 91    | 89    | 77    | 77   | .    | 71.5 | 75.5  | 86    |
| 162   | 181  | 159  | 173   | 164  | 167  | 174  | 116  | 119  | 120   | 152  | 151  | 152  | 170   | 184   | 161   | 174   | 177  | 182  | 167   | 188   | 184   | 185   | 184  | 176  | 178  | 181   | 184   |
| 42.2  | 46.6 | 40   | 42.5  | 40.2 | 41   | 41.8 | 31.4 | 32   | 31.3  | 35.9 | 36   | 34.6 | 39.8  | 43.5  | 38    | 41    | 40.2 | 40.9 | 40    | 42    | 42.6  | 43.4  | 42.6 | 40.8 | 41.4 | 39.8  | 39.2  |
| 262   | 297  | 245  | 288   | 245  | 265  | 260  | 184  | 178  | 190   | 224  | 233  | 230  | 275   | 283   | 256   | 242   | .    | 264  | 261   | 281   | 283   | 274   | 263  | .    | 220  | 210   | 279   |
| 422   | 425  | 439  | 418   | 433  | 435  | 436  | 326  | 326  | 318   | 435  | 415  | 427  | 420   | 472   | 480   | 478   | 470  | 476  | 467   | 532   | 507   | 472   | .    | 490  | .    | 514   | 562   |
| 109   | 109  | 106  | 103   | 106  | 107  | 105  | 88   | 87.6 | 83    | 103  | 99   | 97.3 | 95.6  | 112   | 113   | 113   | 107  | 107  | 112   | 119   | 117   | 111   | .    | 114  | .    | 113   | 120   |
| 93    | 92.3 | 98.7 | 93.2  | 88   | 87.6 | 88   | 87   | 82.5 | 79.5  | 91.5 | 84.7 | 88   | 85    | 88.5  | 95    | 95    | 93.2 | 88   | 95.7  | 98.5  | 102   | 98.3  | .    | 88.5 | .    | 89.5  | .     |
| 260   | 234  | 276  | 242   | 264  | 260  | 250  | 280  | 274  | 265   | 286  | 275  | 280  | 247   | 256   | 300   | 274   | 268  | 261  | 280   | 283   | 275   | 255   | .    | 278  | .    | 284   | 305   |
| 154   | 154  | 177  | 183   | 167  | 165  | 173  | 130  | 123  | 122   | 152  | 142  | 152  | 153   | 156   | 159   | 165   | 166  | 157  | 151   | 166   | 165   | 130   | 161  | 150  | 153  | 174   | 153   |
| 95    | 85   | 112  | 106   | 102  | 98.8 | 99.5 | 112  | 103  | 102   | 100  | 94   | 100  | 90    | 85    | 98.7  | 94.8  | 93.8 | 86.3 | 90.5  | 88.3  | 95    | 70.2  | 87.5 | 85   | 86   | 96.2  | 83    |
| 40    | 39.6 | 44.4 | 45    | 41   | 40.4 | 41.6 | 35   | 32   | 31.3  | 35   | 36   | 34   | 34.8  | 37    | 34.6  | 39    | 37.8 | 35.3 | 36.3  | 37    | 38.2  | 30.5  | 37.3 | 34.8 | 35.6 | 38.2  | 32.6  |
| 165   | 170  | 167  | 186   | 169  | 173  | 181  | 126  | 127  | 124   | 152  | 141  | 155  | 165   | 179   | 160   | 168   | 173  | 176  | 167   | 188   | 162   | 171   | 176  | 163  | 167  | 183   | .     |
| 102   | 94   | 105  | 107   | 103  | 104  | 104  | 108  | 107  | 103   | 100  | 93.5 | 102  | 97    | 97    | 99.4  | 96.5  | 97.5 | 96.7 | 100   | 100   | 88    | 92.5  | 95.8 | 93   | 94   | 101   | .     |
| 42.6  | 43.7 | 42   | 45.7  | 41.5 | 42.4 | 43.5 | 27.1 | 34   | 32.3  | 36   | 33.7 | 35.3 | 37.6  | 42.5  | 37.7  | 39.6  | 39.4 | 39.6 | 40    | 42    | 37.5  | 40    | 40.7 | 37.9 | 38.8 | 40.2  | .     |
| 78    | .    | 75   | 90    | 89   | 89   | 89.5 | 59   | 62   | 63    | 66   | 66   | 75   | 81    | 82.5  | 70    | 91    | .    | 75   | 80    | 92    | 80    | 85    | 79.5 | .    | 85   | 82    | .     |
| 48.1  | .    | 47.1 | 52    | 54.3 | 53.2 | 51.5 | 50.8 | 52   | 52.5  | 43.5 | 43.7 | 49.3 | 47.6  | 44.8  | 43.5  | 52.3  | .    | 41.2 | 47.8  | 49    | 43.5  | 46    | 43.2 | .    | 47.8 | 45.3  | .     |
| 157   | 156  | 150  | 153   | 147  | 148  | 160  | 94   | 97   | 103   | 126  | 118  | 120  | 135   | 142   | 131   | 145   | 144  | 140  | 138   | 148   | 139   | 133   | 148  | 135  | 143  | 149   | .     |
| 97    | 86.3 | 94.4 | 88.5  | 89.7 | 88   | 92   | 81   | 81.3 | 86    | 83   | 78.3 | 79   | 89.5  | 77.2  | 81.4  | 83.5  | 81.5 | 77   | 82.5  | 78.8  | 75.5  | 72    | 80.5 | 76.7 | 80.5 | 82.3  | .     |
| 40.6  | 40   | 37.6 | 37.6  | 36   | 36.3 | 38.5 | 25.4 | 26   | 26.8  | 23.7 | 28.2 | 27.3 | 30.4  | 33.6  | 31    | 39.2  | 32.8 | 31.5 | 33    | 33    | 32.2  | 31.2  | 34.3 | 31.4 | 33.3 | 32.8  | .     |
| 243   | 242  | 260  | 241   | 243  | 229  | 260  | 162  | 190  | 170   | 245  | 225  | 232  | 269   | 264   | 263   | 295   | 269  | 291  | 254   | 318   | 292   | 265   | 266  | 310  | 285  | 312   | .     |
| 150   | 134  | 163  | 139   | 148  | 137  | 150  | 140  | 159  | 142   | 162  | 150  | 157  | 158   | 143   | 164   | 169   | 152  | 160  | 152   | 169   | 158   | 143   | 145  | 176  | 160  | 173   | .     |
| 57.6  | 57   | 60   | 57.6  | 56.1 | 52.7 | 59.6 | 49.7 | 58.3 | 53.5  | 56.4 | 54.2 | 54.5 | 64    | 56    | 55    | 61.8  | 57.2 | 61.1 | 54.5  | 59.8  | 57.7  | 56.2  | .    | 63.2 | .    | 60.7  | .     |
| 168   | 166  | 162  | 174   | 174  | 156  | 193  | 84   | 89   | 107   | 130  | 116  | 123  | 145   | 145   | 146   | 150   | 148  | 166  | 140   | 178   | 167   | 132   | 145  | 168  | 134  | 168   | .     |
| 104   | 91.7 | 102  | 100   | 106  | 93.5 | 94   | 72.4 | 75   | 90    | 85.5 | 76.8 | 81   | 85.3  | 78.8  | 90.6  | 86.3  | 83.5 | 91   | 84    | 94.7  | 90.8  | 71.5  | 79   | 95.5 | 75.2 | 93    | .     |
| 43.5  | 42.7 | 40.6 | 42.8  | 42.8 | 38.2 | 39.2 | 22.7 | 24   | 28    | 30.7 | 27.7 | 28   | 33    | 34.4  | 34.4  | 35.4  | 33.6 | 37.3 | 33.5  | 39.7  | 38.6  | 31    | 33.6 | 39   | 31.2 | 37    | .     |
| 69.1  | 68.6 | 62.3 | 72.2  | 71.6 | 68.1 | 62.7 | 51.8 | 46.8 | 62.9  | 53.1 | 51.6 | 53.0 | 53.9  | 54.9  | 55.5  | 50.8  | 55.0 | 57.0 | 55.1  | 56.0  | 57.2  | 49.8  | 54.5 | 54.2 | 47.0 | 53.8  | .     |
| 245   | .    | 220  | 239   | 253  | 245  | 250  | 197  | 190  | 177   | 210  | 220  | 220  | 235   | 225   | 235   | 240   | .    | 240  | 220   | 235   | 230   | 230   | .    | 244  | 334  | 225   | .     |
| 148   | .    | 132  | 128   | 150  | 142  | 138  | 156  | 149  | 143   | 138  | 156  | 142  | 142   | 125   | 148   | 143   | .    | 136  | 132   | 125   | 142   | 135   | .    | 150  | 140  | 123   | .     |



Tabelle 13

# Atlas

[illegible]

### Tabelle 14

# Epistropheus

| Tabelle 14        | jun.   |      |      |      |        |      |      |      |      |      |      |      |      | oct.   |      |       |      |       |      |       |       |       |      |      |       |  |
|-------------------|--------|------|------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|--|
| Epistropheus      | 16248♂ | 962  | 961  | 960♂ | 15648♂ | 959  | 4406 | 958  | 957♂ | 4427 | 956♂ | 955  | 4407 | 33859♂ | 954  | 33853 | 953  | 33836 | 4340 | 33865 | 33839 | 33837 | 172  | 952  | 33838 |  |
| 1. B. Kan.        | 21     | 21   | 21   | 23   | 24     | 24   | 25   | 24   | 24   | 26   | 27   | 22   | 27   | 25     | 26   | 30    | 29   | 32.5  | 31   | 31    | 32    | 31    | 30   | 29   | 31    |  |
| in % v. F         | 10.2   | 8.4  | 8.35 | 8.7  | 8.5    | 8.4  | 8.7  | 8.2  | 7.8  | 8.4  | 8.6  | 6.9  | 8.1  | 9.7    | 7    | 7.9   | 7.5  | 8.2   | 7.8  | 8     | 8     | 8     | 8.2  | 7.8  | 8     |  |
| 2. H. Kan.        | 19     | 18   | 18   | 18   | 22     | 16   | 20   | 20   | 21   | 24   | 21   | 21   | 21   | 20     | 25   | 26    | 25   | 28    | 23   | 26    | 28    | 22    | 25   | 26   | 27    |  |
| in % v. 1         | 90.5   | 85.7 | 85.7 | 78.4 | 91.6   | 66.7 | 80   | 83.5 | 87.5 | 92.4 | 78   | 95.3 | 77.8 | 80     | 96   | 76.7  | 81.2 | 86    | 74.3 | 84    | 87.5  | 71    | 83.5 | 90   | 87.1  |  |
| 3. L. Körper      | 50     | 61   | .    | 69   | 74     | 84   | 80   | 81   | 80   | 83   | 84   | 79   | 92   | 97     | 104  | 106   | 104  | 104   | 105  | 106   | 113   | 110   | 101  | 99   | 104   |  |
| in % v. 1         | 238    | 290  | .    | 300  | 308    | 350  | 320  | 338  | 334  | 320  | 311  | 359  | 340  | 388    | 400  | 354   | 359  | 320   | 339  | 342   | 354   | 356   | 337  | 341  | 335   |  |
| 4. L. Dens        | 18     | 21   | .    | 20   | 24     | 20   | 23   | 21   | 22   | 29   | 27   | 23   | 30   | 25     | 29   | 31    | 24   | 21    | 28   | 24    | 25    | 22    | 20   | 24   | 24    |  |
| in % v. 3         | 36     | 34.4 | .    | 29   | 32.5   | 23.8 | 28.8 | 26   | 27.6 | 35   | 32.2 | 29   | 32.6 | 26.4   | 28   | 29.2  | 23   | 20.2  | 26.6 | 22.6  | 22.2  | 20    | 19.8 | 24.2 | 23    |  |
| 5. B. cr. Gel.f.  | 58.5   | 67   | 69   | 73   | 76     | 85   | 77   | 80   | 79   | 83   | 86   | 79   | 87   | 96     | 98   | 103   | 98   | 95    | 99   | 94    | 95    | 94    | 95   | 90   | 96    |  |
| in % v. 1         | 278    | 319  | 328  | 318  | 316    | 354  | 308  | 334  | 330  | 319  | 318  | 360  | 322  | 334    | 376  | 342   | 338  | 292   | 319  | 303   | 297   | 303   | 316  | 310  | 310   |  |
| 6. B. ca. Gel.f.  | 24     | 30   | 33   | 36   | 33     | 40   | 35   | 36   | 36   | 36   | 40   | 39   | 38   | 41     | 46   | 44    | 43   | 45    | 42   | 45    | 45    | 44    | 45   | 48   | 46    |  |
| in % v. 1         | 114    | 143  | 157  | 157  | 137    | 167  | 140  | 150  | 150  | 138  | 148  | 177  | 141  | 164    | 177  | 147   | 148  | 138   | 135  | 145   | 141   | 142   | 150  | 165  | 148   |  |
| 7. B. Seitenfs.   | 49     | 57   | 56   | 61   | 64     | 67   | .    | .    | 69   | 69.5 | 74   | 80   | .    | 83     | 92   | 92    | 101  | 99    | 90   | 102   | 98    | 96    | 89   | 90   | 102   |  |
| in % v. 1         | 234    | 272  | 267  | 265  | 266    | 279  | .    | .    | 288  | 268  | 274  | 364  | .    | 332    | 354  | 306   | 349  | 305   | 290  | 330   | 306   | 310   | 296  | 310  | 303   |  |
| 8. B. Gel. forts. | 38     | 42   | 43   | 47   | 43.6   | 44   | 49   | 47   | 52   | 48.5 | 53   | 53   | 51   | 64     | 61   | 72    | 67   | 75.5  | 89   | 70    | 75    | 64    | 73   | 72   | 68    |  |
| in % v. 1         | 181    | 200  | 204  | 204  | 182    | 183  | 196  | 196  | 216  | 187  | 197  | 241  | 189  | 256    | 234  | 240   | 231  | 232   | 287  | 226   | 234   | 206   | 243  | 248  | 219   |  |
| 9. L. Bogen       | 31     | 48   | 48   | 46   | 41.6   | 60   | 46   | 62   | 63   | 56   | 68   | 71   | .    | 74     | 88   | 80    | 92   | 86.5  | 83   | .     | 95    | 87    | 105  | 94   | 87    |  |
| in % v. 3         | 62     | 78.7 | .    | 66.7 | 56.2   | 71.5 | 57.5 | 67.5 | 79   | 67.5 | 81   | 90   | .    | 77.3   | 84.5 | 75.5  | 88.5 | 83    | 79   | .     | 84    | 79    | 104  | 95   | 83.6  |  |
| 10. L. Christa    | 31     | 35   | 38   | 43   | 49     | 44   | 44   | 46   | 50   | 54   | 56   | 51   | .    | 65     | 73   | 78    | 76   | 82    | 76   | .     | 85    | 78    | 75   | 83   | 86.5  |  |
| in % v. 9         | 100    | 73   | 79.3 | 93.5 | 118    | 73.2 | 95.5 | 74.2 | 79.4 | 96.5 | 82.4 | 72   | .    | 88     | 83   | 97.5  | 82.5 | 95    | 91.5 | .     | 89.5  | 89.5  | 71.5 | 88.2 | 99.5  |  |
| 11. H. Fossa      | 17     | 25   | 25   | .    | 26     | 30   | 33   | 33   | 34   | 37   | 36   | 30   | 37   | 40     | 37   | 45    | 43   | 44    | 47   | 43    | 47    | 43    | 45   | 42   | 42    |  |
| in % v. 2         | 89.5   | 139  | 139  | .    | 118    | 187  | 165  | 165  | 162  | 154  | 171  | 143  | 176  | 200    | 148  | 173   | 172  | 157   | 204  | 165   | 168   | 195   | 180  | 162  | 155   |  |
| 12. Gr. Höhe      | 56     | 65   | 69   | 71   | 73     | 72   | 78   | 79   | 77   | 84   | 86   | 84   | .    | 92     | 109  | 117   | 119  | 112   | 117  | 126   | 132   | 125   | 134  | 120  | 127   |  |
| 2 in % v. 12      | 34     | 27.7 | 26.1 | 25.4 | 30.2   | 22.2 | 25.6 | 25.3 | 27.3 | 23.6 | 24.4 | 25   | .    | 21.8   | 23   | 22.2  | 21   | 25    | 19.6 | 20.6  | 21.2  | 17.6  | 18.6 | 21.6 | 21.2  |  |
| 11 in % v. 12     | 30.4   | 38.4 | 36.3 | .    | 35.6   | 41.6 | 42.3 | 40.5 | 45.5 | 44   | 42   | 35.8 | .    | 43.5   | 34   | 38.4  | 36.2 | 39.3  | 40.1 | 34.1  | 35.6  | 34.4  | 33.6 | 35   | 33    |  |
| 13 in % v. 12     | 31.4   | 30.8 | 29   | .    | 31.5   | 34.7 | 30.8 | 34.2 | 30   | 35.8 | 33.6 | 33.4 | .    | 34.8   | 40.4 | 41    | 38.6 | 40.2  | 42   | 41    | 41    | 42    | 39.6 | 35.8 | 41    |  |
| 12 in % v. 3      | 112    | 107  | .    | 103  | 98.5   | 85.5 | 97.5 | 97.5 | 96   | 101  | 102  | 106  | .    | 95     | 105  | 110   | 115  | 108   | 111  | 119   | 117   | 114   | 133  | 121  | 122   |  |
| 13. H. Dornfs.    | 17.6   | 20   | 20   | .    | 23     | 25   | 24   | 27   | 23   | 30   | 29   | 28   | .    | 32     | 44   | 48    | 46   | 45    | 48   | 53    | 54    | 52.5  | 53   | 43   | 52    |  |
| in % v. 2         | 92.5   | 111  | 111  | .    | 105    | 156  | 120  | 135  | 110  | 125  | 138  | 133  | .    | 160    | 176  | 185   | 184  | 161   | 208  | 204   | 193   | 239   | 212  | 165  | 193   |  |



| 951  | 950  | 22074 | 4462 | 1023 | 949  | 948 $Q_1$ | 947 | 946  | 945  | 944  | 943  | 33852 | 33833 | 942  | 33863 | 1558 | 939  | 22072 | 938  | 33855 | 941  | 22078 | 940  | 2765 | 95   | 33834 | 20465 |
|------|------|-------|------|------|------|-----------|-----|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|-------|
|      | 46   | 46    | 50   | 50   |      | 47        |     |      | 52   | 52   | 50   | 52    | 54    | 49   | 53    | 49   |      | 50    | 48   | 46    | 48   | 46    |      | 48   | 45   | 53    |       |
| 11.5 | 11.3 | 12.2  | 12.2 |      | 12.7 |           |     | 12.3 | 12.4 | 11.4 | 11.8 | 12.8  | 11.6  | 12.5 | 11.1  |      | 12   | 10.7  | 10.6 | 11.0  | 10.8 |       | 11.1 | 10.3 | 11.6 |       |       |
| 49   | 46   | 47    | 49   |      | 49   |           |     | 50   | 50   | 52   | 50   | 50    | 50    | 53   | 52    |      | 49   | 49    | 46   | 54    |      |       | 54   | 53   | 52   |       |       |
| 106  | 100  | 96    | 98   |      | 104  |           |     | 96   | 96   | 104  | 96   | 92.5  | 102   | 100  | 106   |      | 98   | 102   | 100  | 112   |      |       | 112  | 118  | 98   |       |       |
| 100  | 101  | 101   | 102  |      | 98   |           |     | 105  | 102  | 106  | 111  | 111   | 109   | 117  | 108   |      | 106  | 116   | 111  | 118   | 109  |       | 106  | 114  | 118  |       |       |
| 218  | 220  | 202   | 204  |      | 208  |           |     | 202  | 195  | 212  | 214  | 206   | 222   | 221  | 220   |      | 212  | 242   | 242  | 246   | 237  |       | 221  | 255  | 223  |       |       |
| 52   | 56   | 48    | 55   |      | 46   |           |     | 59   | 58   | 61   | 53   | 59    | 61    | 64   | 62    |      | 51   | 63    | 55   | 58    | 55   |       | 59   | 58   | 65   |       |       |
| 106  | 122  | 102   | 112  |      | 94   |           |     | 118  | 116  | 117  | 106  | 118   | 122   | 121  | 119   |      | 104  | 129   | 120  | 107   |      |       | 109  | 109  | 125  |       |       |
| 111  | 114  | 118   | 111  |      | 109  |           |     | 116  | 117  | 121  | 116  | 105   | 118   | 125  | 123   |      | 114  | 122   | 103  | 123   | 116  |       | 115  | 126  | 128  | 130   |       |
| 242  | 248  | 236   | 222  |      | 232  |           |     | 223  | 225  | 224  | 223  | 195   | 241   | 236  | 251   |      | 228  | 254   | 224  | 256   | 252  |       | 240  | 280  | 242  |       |       |
| 43   | 47.5 | 44    | 43   |      | 31.5 |           |     | 46   | 45   | 47   | 45   | 46    | 47    | 44   | 49    |      | 48.5 | 49    | 46   | 51    | 47   |       | 55   | 46   | 53   | 51    |       |
| 93.5 | 103  | 88    | 86   |      | 62   |           |     | 88.5 | 86.5 | 94   | 86.5 | 85.2  | 96    | 83   | 100   |      | 97   | 102   | 100  | 106   | 98   |       | 115  | 102  | 100  |       |       |
| 54   | 54   | 56    | 59   |      | 49   |           |     | 64   | 55   | 56.5 | 57   | 56    | 63.5  | 66   | 57    |      | 63   | 69.5  | 61   | 73    | 64   |       | 60   | 70   | 67   | 73    |       |
| 117  | 117  | 112   | 118  |      | 132  |           |     | 123  |      | 113  | 109  | 104   | 130   | 124  | 116   |      | 126  | 145   | 133  | 152   | 139  |       | 125  | 155  | 126  |       |       |
| 54   | 53.3 | 55.3  | 58   |      | 50   |           |     | 61   |      | 53.2 | 51.3 | 46    | 58.2  | 56.4 | 52.7  |      | 59.5 | 60    | 55   | 61.8  | 58.8 |       | 56.6 | 61.5 | 56.7 |       |       |
| 92   | 98   | 93    | 91   |      | 83   |           |     | 99   | 99   | 103  | 110  | 104   | 103   | 104  | 102   |      | 103  | 114   | 107  | 108   | 105  |       | 109  | 107  | 116  | 112   |       |
| 188  | 213  | 198   | 185  |      | 170  |           |     | 198  | 198  | 198  | 220  | 208   | 206   | 196  | 196   |      | 210  | 233   | 233  | 200   |      |       | 202  | 202  | 224  |       |       |
| 177  | 175  | 194   | 165  |      | 180  |           |     | 168  | 171  | 169  | 208  | 176   | 169   | 163  | 165   |      | 202  | 181   | 195  | 186   | 198  |       | 185  | 185  | 179  |       |       |
| 151  | 158  | 162   | 168  |      | 131  |           |     | 165  | 167  | 169  | 185  | 189   | 192   | 198  | 181   |      | 172  | 204   | 177  | 196   | 191  |       | 191  | 197  | 226  | 219   |       |
| 328  | 344  | 324   | 336  |      | 279  |           |     | 317  | 320  | 338  | 356  | 350   | 392   | 374  | 369   |      | 344  | 425   | 385  | 456   | 415  |       | 398  | 438  | 427  |       |       |
| 151  | 156  | 160   | 165  |      | 134  |           |     | 157  | 164  | 165  | 167  | 171   | 176   | 169  | 168   |      | 162  | 179   | 166  | 166   | 175  |       | 180  | 172  | 191  |       |       |
| 108  | 95   | 108   | 115  |      | 96   |           |     | 114  | 105  | 119  | 106  | 120   | 131   | 122  | 114   |      | 110  | 142   | 100  | 133   | 119  |       | 129  | 136  | 125  | 125   |       |
| 71.5 | 60   | 66.8  | 68.5 |      | 73.2 |           |     | 69   | 63   | 70.4 | 57.3 | 63.5  | 68    | 64.5 | 63    |      | 64   | 69.8  | 56.5 | 68    | 67.3 |       | 67.5 | 69   | 55.6 | 54.6  |       |
| 108  | 94   | 107   | 113  |      | 98   |           |     | 108  | 103  | 102  | 95.5 | 108   | 120   | 104  | 105   |      | 104  | 122   | 90   | 113   | 109  |       | 122  | 119  | 116  |       |       |

| 951  | 950  | 22074 | 4462 | 1023 | 949  | 948 Q <sub>1</sub> | 947 | 946  | 945  | 944  | 943 | 33852 | 33833 | 942  | 33863 | 1559 | 939  | 22072 | 938  | 33855 | 941  | 22078 | 940  | 2765 | 95   | 33834 | 20465 |
|------|------|-------|------|------|------|--------------------|-----|------|------|------|-----|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|-------|
| .    | 33   | 36    | 35   | 33   | .    | 26                 | 30  | .    | 32   | 31   | 36  | .     | 30    | 35   | 35    | 30   | 35   | 34    | 36   | 33    | 31   | 33    | .    | 37   | 36   | 42    | .     |
| 8.3  | 8.8  | 8.6   | 8.1  | .    | 8.1  | 8.1                | .   | 7.5  | 7.4  | 8.2  | .   | 7.1   | 8.3   | 8.2  | 6.8   | 7.9  | 8.1  | 8     | 7.6  | 7.1   | 7.7  | .     | 8.6  | 8.3  | 9.2  | .     |       |
| 28   | 18   | 26    | 27   | .    | 22   | 22                 | .   | 24   | 25   | 25   | .   | 28    | 27    | 28   | 30    | 28   | 30   | 29    | 25   | 29    | 35   | .     | 28   | 26   | 28   | .     |       |
| 85   | 50   | 74.3  | 82   | .    | 84.5 | 70                 | .   | 75   | 80.5 | 69.5 | .   | 93.4  | 77    | 80   | 100   | 80   | 88.3 | 80.5  | 75.7 | 93.5  | 106  | .     | 75.6 | 72.2 | 66.7 | .     |       |
| 105  | 109  | 130   | 110  | .    | 101  | .                  | .   | 107  | 108  | 120  | .   | 122   | 117   | 123  | 121   | 121  | 122  | 130   | 118  | 126   | .    | .     | 130  | 135  | 135  | .     |       |
| 319  | 303  | 372   | 334  | .    | 388  | .                  | .   | 334  | 348  | 334  | .   | 407   | 335   | 351  | 404   | 346  | 359  | 361   | 358  | 407   | .    | .     | 352  | 375  | 322  | .     |       |
| 30   | 25   | 27    | 34   | .    | 31   | .                  | .   | 29   | .    | 30   | .   | 33    | 30    | 28   | 23    | 27   | 34   | 30    | 23   | 34    | .    | .     | 27   | 30   | 38   | .     |       |
| 28.6 | 23   | 20.8  | 31   | .    | 30.6 | .                  | .   | 27   | .    | 25   | .   | 27    | 25.7  | 22.8 | 19    | 22.3 | 27.9 | 23.1  | 19.5 | 27    | .    | .     | 20.8 | 22.2 | 28.1 | .     |       |
| 101  | 101  | 111   | 104  | .    | 99   | 108                | .   | 109  | .    | 111  | .   | 109   | 109   | 115  | 104   | 115  | 103  | 113   | 110  | 116   | .    | .     | 102  | 112  | 119  | 115   |       |
| 316  | 280  | 317   | 315  | .    | 380  | 360                | .   | 341  | .    | 308  | .   | 354   | 312   | 330  | 346   | 330  | 303  | 314   | 334  | 374   | .    | .     | 286  | 311  | 284  | .     |       |
| 52   | 47   | 55    | 47   | .    | 50   | 47                 | .   | 53   | 55   | 55   | .   | 42    | 55    | 51   | .     | 57   | 47   | 62    | 53   | 57    | 46   | .     | .    | 63   | 55   | .     |       |
| 158  | 130  | 157   | 142  | .    | 192  | 157                | .   | 166  | 177  | 153  | .   | 140   | 157   | 146  | .     | 163  | 138  | 172   | 161  | 184   | 139  | .     | .    | 175  | 131  | .     |       |
| 101  | 108  | 120   | 115  | .    | 86   | 92                 | .   | 114  | .    | 113  | .   | 132   | 133   | 133  | 119   | 142  | 124  | 146   | 130  | 135   | 156  | .     | 138  | 150  | 151  | 139   |       |
| 306  | 300  | 343   | 349  | .    | 330  | 306                | .   | 356  | .    | 314  | .   | 440   | 380   | 380  | 397   | 406  | 365  | 406   | 396  | 436   | 473  | .     | 373  | 417  | 360  | .     |       |
| 67   | 79   | 87    | 74   | .    | 56   | 61                 | .   | 77   | 81   | 84   | .   | 83    | 88    | 81   | .     | 84   | 81   | 94    | 78   | 80    | 81   | .     | .    | 89   | 86   | 87    |       |
| 210  | 220  | 248   | 224  | .    | 215  | 203                | .   | 240  | 261  | 234  | .   | 276   | 251   | 232  | .     | 214  | 238  | 261   | 236  | 258   | 246  | .     | 104  | 129  | 117  | .     |       |
| 107  | 92   | 94    | 108  | .    | 90   | 78                 | .   | 107  | .    | 107  | .   | 105   | 123   | 112  | 95    | 119  | 85   | 106   | 100  | 117   | 107  | .     | 80   | 95.5 | 86.7 | .     |       |
| 102  | 94.4 | 72.2  | 98   | .    | 89   | .                  | .   | 100  | .    | 89.2 | .   | 86    | 105   | 91   | 78.5  | 98.5 | 69.7 | 81.5  | 84.8 | 93    | .    | .     | 103  | 109  | 114  | .     |       |
| 85   | 93   | 89    | 91   | .    | 75   | 68                 | .   | 102  | .    | 90   | .   | 106   | 99    | 101  | .     | 108  | 87   | 101   | 113  | 101   | 108  | .     | .    | 80   | 93.2 | .     |       |
| 79.5 | 101  | 95    | 84.2 | .    | 83.3 | 88.3               | .   | 95.5 | .    | 84   | .   | 101   | 80.5  | 90.2 | .     | 91   | 102  | 96.3  | 113  | 86.5  | 101  | .     | .    | 62   | 52   | 54    | .     |
| 44   | 46   | 47    | 46   | .    | 40   | 39                 | .   | 50   | 46   | 45   | .   | 54    | 51    | 53   | 55    | 52   | 45   | 52    | 53   | 53    | 53   | .     | 222  | 200  | 193  | .     |       |
| 157  | 256  | 181   | 170  | .    | 182  | 186                | .   | 187  | 184  | 180  | .   | 193   | 189   | 189  | 183   | 186  | 150  | 179   | 212  | 183   | 152  | .     | 160  | 165  | 181  | 180   |       |
| 123  | 129  | 137   | 143  | .    | 102  | 105                | .   | 135  | 136  | 142  | .   | 172   | 152   | 161  | 154   | 167  | 153  | 165   | 164  | 163   | 167  | .     | 17.5 | 15.8 | 15.5 | .     |       |
| 22.8 | 14   | 19    | 18.9 | .    | 21.6 | 20                 | .   | 17.8 | 18.4 | 17.6 | .   | 16.3  | 17.8  | 17.4 | 19.5  | 16.7 | 19.6 | 17.8  | 15.2 | 17.8  | 21   | .     | 38.7 | 31.6 | 29.8 | .     |       |
| 35.8 | 35.6 | 34.3  | 32.2 | .    | 39.1 | 37.1               | .   | 37   | 33.8 | 31.6 | .   | 31.4  | 33.6  | 33   | 35.7  | 31.2 | 29.4 | 31.6  | 32.3 | 32.5  | 31.8 | .     | 46.2 | 45.5 | 49   | .     |       |
| 41.5 | 43.4 | 43.1  | 46.1 | .    | 39.2 | 40                 | .   | 50.4 | 45.6 | 45.7 | .   | 47.8  | 44.7  | 46   | 45.5  | 48   | 45.8 | 46.6  | 49.5 | 36.8  | 45.5 | .     | 123  | 122  | 134  | .     |       |
| 117  | 118  | 105   | 130  | .    | 101  | .                  | .   | 126  | 126  | 118  | .   | 141   | 130   | 131  | 127   | 138  | 125  | 127   | 139  | 129   | .    | .     | 74   | 75   | 89   | .     |       |
| 51   | 56   | 59    | 66   | .    | 40   | 42                 | .   | 68   | 62   | 65   | .   | 84    | 68    | 74   | 70    | 80   | 70   | 77    | 81   | 60    | 76   | .     | 264  | 288  | 318  | .     |       |
| 182  | 311  | 226   | 244  | .    | 182  | 200                | .   | 284  | 248  | 260  | .   | 300   | 252   | 264  | 233   | 286  | 233  | 266   | 324  | 206   | 217  | .     | .    | .    | .    | .     |       |



**Tabelle 15**  
**6. Cervicalw**

| Tabelle 15                 | Jah.         |            |     |            |            |           |            |            |            |            |            |           |            |            |            |            |            |            |      |            |            |           |            |            |            |
|----------------------------|--------------|------------|-----|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|
| 6. Cervicalw.              | 16248        | 962        | 961 | 960 ♀      | 15648 ♂    | 959       | 4406       | 958        | 957 +0     | 4427       | 956 ♀      | 955       | 4407       | 33859 +0   | 954        | 33853      | 953        | 33836      | 4340 | 33865      | 33839      | 33837     | 172        | 952        | 33838      |
| 1. H. Kan.<br>in % v. F    | 17<br>8.3    | 20<br>8.0  | .   | 23<br>8.3  | 19<br>6.7  | 19<br>6.8 | 19<br>6.6  | 22<br>7.5  | 23<br>7.5  | 27<br>8.2  | 23<br>7.3  | 24<br>7.5 | 23<br>6.9  | 22<br>6.2  | 26<br>7.0  | 28<br>7.4  | 26<br>6.8  | 26<br>6.7  | .    | 25<br>6.5  | 28<br>4.3  | 25<br>6.7 | 26<br>7.1  | 27<br>7.3  | 28<br>7.2  |
| 2. H. Kopf<br>in % v. F    | 26.5<br>12.9 | 26<br>10.4 | .   | 29<br>11.1 | 28<br>10.8 | 28<br>9.8 | 32<br>11.1 | 30<br>10.2 | 31<br>10.1 | 31<br>10.2 | 32<br>10.3 | 33<br>9.6 | 32         | 39<br>10.7 | 39<br>10.5 | 40<br>10.5 | 41<br>10.7 | 42<br>10.6 | .    | 38<br>9.8  | 43<br>10.8 | 37<br>9.5 | 40<br>10.9 | 42<br>11.3 | 40<br>10.3 |
| in % v. 1                  | 156          | 130        | .   | 126        | 147        | 147       | 168        | 136        | 135        | 115        | 139        | 137       | 139        | 177        | 150        | 143        | 158        | 161        | .    | 152        | 153        | 148       | 154        | 155        | 143        |
| 3. H. unt. F.<br>in % v. 1 | 0<br>0       | 0<br>0     | .   | 1<br>4.4   | 0<br>0     | 2<br>10.5 | 0<br>0     | 4<br>18.2  | 5<br>21.7  | 0<br>0     | 5<br>21.7  | 6<br>25   | .          | 9<br>41    | 14<br>54   | 23<br>82   | 18<br>69   | 24<br>92.5 | .    | 25<br>100  | 24<br>85.7 | 20<br>80  | 26<br>100  | 25<br>92.5 | 29<br>103  |
| 4. B. Kopf<br>in % v. 2    | 19.5<br>73.1 | 22<br>84.5 | .   | 24<br>83   | 25<br>89.5 | 26<br>93  | 28<br>87.5 | 28<br>83.5 | 27<br>87   | 24<br>77.5 | 27<br>84.5 | 24<br>73  | 29<br>90.5 | 28<br>71.7 | 31<br>79.5 | 28<br>70   | 27<br>66   | 27<br>64.3 | .    | 29<br>76.4 | 31<br>73.3 | 27<br>84  | 26<br>67.5 | 29<br>62   | 26<br>72.5 |
| 5. B. unt. F.<br>in % v. 4 | 29.6<br>152  | 42<br>191  | .   | 43<br>178  | 46<br>184  | 45<br>173 | .          | 49<br>196  | 50<br>185  | 53<br>220  | 54<br>200  | 53<br>220 | .          | 66<br>236  | 70<br>226  | 75<br>268  | 70<br>259  | 83<br>307  | .    | 86<br>196  | 87<br>310  | .         | 79<br>292  | 79<br>304  | 82<br>283  |
| 6. L. Bogen<br>in % v. 1   | 53<br>312    | .          | .   | 79<br>344  | 82<br>431  | .         | .          | 91<br>413  | 95<br>412  | .          | 103<br>450 | 96<br>400 | .          | .          | 131<br>505 | .          | 144<br>555 | .          | .    | .          | .          | .         | 153<br>579 | 153<br>566 | .          |

**Tabelle 16**  
**7. Cervicalw**

| Tabelle 16                 | Juv.   |      |      |       |        |      |      |      |        |      |       |      |      | Ad.    |     |       |     |       |      |       |       |       |      |      |       |  |
|----------------------------|--------|------|------|-------|--------|------|------|------|--------|------|-------|------|------|--------|-----|-------|-----|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|--|
| 7. Cervicalw.              | 19248♂ | 962  | 961  | 960 ♀ | 15648♂ | 959  | 4406 | 958  | 957 +0 | 4427 | 956 ♀ | 955  | 4407 | 33859♂ | 954 | 33853 | 953 | 33836 | 4340 | 33865 | 33839 | 33837 | 172  | 952  | 33858 |  |
| 1. L. Körper<br>in % v. F  | 10.2   | 21   | 26   | .     | 31     | 31   | 34.5 | 35   | 36     | 42   | 35    | .    | 41   | 42     | .   | 46    | .   | 50    | 47   | 48    | 53    | 49    | 48   | 47   | 45    |  |
| 2. B. Kan.<br>in % v. F    | 10.2   | 10.4 | .    | .     | 11     | 10.9 | 12   | 11.9 | 11.7   | 13.6 | 11.1  | .    | 12.3 | 11.8   | .   | 12.1  | .   | 12.6  | 11.8 | 12.4  | 13.3  | 12.6  | 13   | 12.6 | 11.9  |  |
| 3. B. Kopf<br>in % v. 2    | 24     | 27   | 27   | 28    | 27     | 28   | 28   | 28   | 29     | 29   | 28    | 27   | 30   | 28     | 28  | 28    | 29  | 29    | 30   | 31    | 29    | 30    | 30   | 29   | 30    |  |
| 4. Gr. B.<br>in % v. 2     | 11.7   | 10.7 | 10.7 | 10.7  | 9.6    | 9.8  | 9.8  | 9.5  | 9.4    | 9.4  | 8.9   | 8.5  | 9    | 7.9    | 7.5 | 7.4   | 7.6 | 9.8   | 7.5  | 8.0   | 7.3   | 7.7   | 8.1  | 7.8  | 7.8   |  |
| 5. H. Kan.<br>in % v. 5    | 20     | 22.5 | 25   | 24    | 25     | 25   | 28   | 24   | 30     | 25   | 26    | 26   | 30   | 29     | 33  | 30    | 29  | 30    | 30   | 31    | 32.4  | 31    | 30   | 27   | 30    |  |
| 6. H. Kopf<br>in % v. 2    | 83.4   | 83.3 | 92.5 | 86    | 92.6   | 89   | 100  | 86   | 103    | 86.2 | 93    | 91.5 | 100  | 103    | 118 | 107   | 100 | 103   | 100  | 100   | 112   | 103   | 100  | 93   | 100   |  |
| 7. H. Dornf.<br>in % v. 2  | 56     | 66   | 60   | 72    | 68     | 74   | .    | 75   | 78     | 79   | 76    | 74   | .    | 90     | 95  | 100   | 100 | 102   | 93   | 106   | 105   | 102   | 100  | 100  | 106   |  |
| 8. H. Kopf<br>in % v. 1    | 233    | 244  | 222  | 257   | 252    | 264  | .    | 268  | 269    | 272  | 271   | 274  | .    | 322    | 339 | 356   | 345 | 352   | 310  | 342   | 362   | 340   | 334  | 345  | 354   |  |
| 9. H. Dornf.<br>in % v. 5  | 21     | 21   | 20   | 20    | 22     | 22   | 22   | 21.5 | 23     | 23   | 23    | 23   | 26   | 25     | 24  | 28    | 25  | 27    | 31   | 22    | 29    | 24    | 26   | 26   | 29    |  |
| 10. H. Kopf<br>in % v. 1   | 20.5   | 25   | 26   | 28    | 25     | 29   | 32   | 30   | 31     | 30   | 30    | 27   | 33   | 40     | 36  | 43    | 42  | 40    | 43   | 40    | 42    | 39    | 39   | 40   | 41    |  |
| 11. H. Dornf.<br>in % v. 5 | 98     | 119  | 130  | 140   | 114    | 132  | 145  | 140  | 135    | 130  | 130   | 117  | 127  | 160    | 150 | 154   | 168 | 148   | 138  | 181   | 145   | 162   | 150  | 154  | 141   |  |
| 12. H. Kopf<br>in % v. 1   | 98     | 96   | .    | .     | 80.6   | 93.5 | 92.8 | 85.8 | 86.1   | 71.5 | 85.8  | .    | 80.6 | 95     | .   | 93.5  | .   | 80    | 91.5 | 83.5  | 79.3  | 79.6  | 81.3 | 85   | 91    |  |
| 13. H. Dornf.<br>in % v. 5 | 45     | 65   | 91   | 81    | 81     | 84   | .    | 95   | 105    | 92   | 104   | 123  | .    | 132    | 144 | 146   | 155 | 129   | .    | 166   | 178   | .     | 195  | 209  | 202   |  |
| 14. H. Kopf<br>in % v. 1   | 214    | 310  | 455  | 405   | 358    | 382  | .    | 441  | 557    | 400  | 453   | 535  | .    | 530    | 600 | 520   | 620 | 480   | .    | 755   | 614   | .     | 762  | 803  | 637   |  |

Tabelle 17  
4. Lumbalw.

| Tabelle 17      | Juv.  |      |     |      |       |      |      |      |      |      |      |     |      |       | Ad.  |       |      |       |      |       |       |       |      |      |       |  |  |  |
|-----------------|-------|------|-----|------|-------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|--|--|--|
| 4. Lumbalw.     | 16248 | 962  | 961 | 960  | 15648 | 959  | 4406 | 958  | 957  | 4427 | 956  | 955 | 4407 | 33859 | 954  | 33853 | 953  | 33836 | 4340 | 33865 | 33839 | 33837 | 172  | 952  | 33838 |  |  |  |
| 1. H. Kan.      | 18    | 20   | .   | 20   | 18    | 20   | 21   | 19   | 21   | 22   | 20   | .   | .    | 19    | 21   | 27    | 21   | 23    | 24   | 25    | 23    | 21    | .    | 23   | 23    |  |  |  |
| in % v. F       | 8.8   | 8.0  | .   | 7.6  | 10    | 7.0  | 11.2 | 6.5  | 6.8  | 7.1  | 6.4  | .   | .    | 5.3   | 5.7  | 7.1   | 5.5  | 5.8   | 6.0  | 6.5   | 5.8   | 5.4   | .    | 6.2  | 5.9   |  |  |  |
| 2. Höhe         | 52    | 75   | .   | 76   | 79    | 84   | .    | 86   | 82   | 83   | 95   | 89  | .    | 101   | 109  | 114   | 112  | 123   | 110  | 111   | 119   | 117   | 112  | 114  | 124   |  |  |  |
| in % v. F       | 25.3  | 29.9 | .   | 29   | 28.1  | 29.5 | .    | 29.4 | 26.6 | 27.8 | 30.2 | 28  | .    | 28.4  | 29.3 | 30.0  | 29.3 | 31.1  | 27.7 | 28.8  | 29.9  | 30.2  | 30.5 | 30.7 | 32    |  |  |  |
| 3. H. Kopf      | 21    | 27   | .   | 28   | 31    | 30   | 33   | 30   | 30   | 30   | 33   | 35  | .    | 37    | 38   | 34    | 35   | 38    | 39   | 37    | 37    | 39    | .    | 35   | 39    |  |  |  |
| in % v. 1       | 116   | 135  | .   | 140  | 172   | 150  | 157  | 158  | 143  | 136  | 165  | .   | .    | 195   | 181  | 126   | 167  | 165   | 163  | 148   | 161   | 186   | .    | 152  | 170   |  |  |  |
| 4. B. Kopf      | 29    | 32   | .   | 38   | 37    | 38   | 43   | 36   | 39   | 36   | 37   | 35  | .    | 42    | 40   | 40    | 42   | 43    | 43   | 39    | 42.5  | 43    | 41   | 44   | 44.6  |  |  |  |
| 5. B. Gelforts. | 42    | 43   | .   | 52   | 52    | 56   | 57   | 54   | 58   | 55   | 54   | 57  | .    | 66    | 70   | 64    | 72   | 69    | 67   | 68.5  | 69.5  | 63    | 63   | 70   | 74    |  |  |  |
| in % v. 2       | 81    | 57.4 | .   | 68.5 | 66    | 66.7 | .    | 63   | 70.8 | 66.3 | 57   | 64  | .    | 65.2  | 64.2 | 56    | 64.4 | 56    | 61   | 61.7  | 58.5  | 54    | 56.2 | 61.5 | 59.7  |  |  |  |
| 6. Breite       | 93    | 116  | .   | 136  | .     | 157  | .    | 159  | 190  | 178  | 186  | 184 | .    | 237   | 246  | .     | 274  | 285   | 265  | 301   | 310   | .     | 283  | 295  | 319   |  |  |  |
| in % v. 2       | 179   | 155  | .   | 179  | .     | 187  | .    | 185  | 232  | 215  | 196  | 207 | .    | 234   | 226  | .     | 245  | 232   | 241  | 271   | 260   | .     | 253  | 258  | 258   |  |  |  |
| 7. L. Körper    | 17.5  | .    | .   | 34   | 31    | .    | 38   | 42   | 43   | 42   | 45   | 45  | .    | 51    | 60   | 59    | 58   | 61    | 58.5 | 60    | 61    | 58    | 61   | 60   | 50    |  |  |  |
| in % v. 1       | 97    | .    | .   | 170  | 172   | .    | 181  | 221  | 205  | 191  | 225  | .   | .    | 268   | 286  | 218   | 276  | 268   | 244  | 240   | 268   | 276   | .    | 260  | 217   |  |  |  |
| 8. L. Bogen     | 34.5  | 47   | .   | 49   | 53    | 51   | 53   | 58   | 58   | 59   | 63   | 65  | .    | 77    | 79   | 81.8  | 84   | 85    | 78   | 89    | 81    | 80    | 86   | 76   | 85    |  |  |  |
| in % v. 7       | 177   | .    | .   | 144  | 173   | .    | 139  | 138  | 135  | 140  | 142  | 144 | .    | 151   | 132  | 135   | 145  | 139   | 134  | 148   | 133   | 138   | 141  | 127  | 170   |  |  |  |



| 951 | 950  | 22074 | 4462 | 1023 | 949  | 948 $\alpha$ | 947  | 946 | 945  | 944  | 943  | 33852 | 33833 | 942  | 33863 | 1558 | 939  | 22072 | 938  | 33855 | 941  | 22078 | 940  | 2765 | 95   | 33834 | 20465 |
|-----|------|-------|------|------|------|--------------|------|-----|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|-------|
| .   | 29   | 26    | 28   | 28   | 30   | 22           | 23   | .   | 22   | 27   | 27   | 30    | 30    | 27   | 28    | .    | 28   | 30    | 26   | 27    | 29   | 31    | 29   | .    | 30   | 24    | .     |
| .   | 7.3  | 6.4   | 6.4  | 6.8  | 7.2  | 5.9          | 6.2  | .   | 5.2  | 6.5  | 6.2  | 6.8   | 7.1   | 6.4  | 6.6   | .    | 6.3  | 7.2   | 5.8  | 6.3   | 6.6  | 7.3   | 6.8  | .    | 6.9  | 5.3   | .     |
| .   | 43   | 42    | 42   | 43   | 43   | 40           | 44   | .   | 47   | 45   | 46   | 49    | 50    | 48   | 49    | .    | 48   | 51    | 51   | 52    | 52   | 49    | 49   | .    | 52   | 54    | .     |
| .   | 10.8 | 10.3  | 10.3 | 10.5 | 10.3 | 10.8         | 11.8 | .   | 11.1 | 10.7 | 10.5 | 11.2  | 11.8  | 11.3 | 11.5  | .    | 10.8 | 12.2  | 11.4 | 12    | 11.8 | 11.5  | 11.4 | .    | 11.9 | 11.8  | .     |
| .   | 148  | 161   | 150  | 153  | 143  | 182          | 191  | .   | 214  | 167  | 170  | 163   | 167   | 178  | 175   | .    | 171  | 170   | 196  | 139   | 179  | 158   | 169  | .    | 173  | 225   | .     |
| .   | 25   | 28    | 26   | 25   | 27   | 7            | 13   | .   | 26   | 27   | 29   | 30    | 46    | 30   | 34    | .    | 41   | 29    | 46   | 36    | 34   | 32    | 36   | .    | 34   | 28    | 35    |
| .   | 86.5 | 108   | 93   | 89.5 | 90   | 31.8         | 56.5 | .   | 118  | 100  | 107  | 100   | 153   | 111  | 121   | .    | 146  | 97    | 177  | 133   | 117  | 103   | 124  | .    | 113  | 117   | .     |
| .   | 31   | 32    | 31   | 34   | 33   | 30           | 32   | .   | 33   | 33   | 35   | 36    | 33    | 35   | 35    | .    | 37   | 34    | 35   | 38.8  | 35   | 38    | 35   | .    | 38   | 39    | 37    |
| .   | 72   | 76.2  | 73.8 | 79   | 77   | 75           | 73   | .   | 70.2 | 73.5 | 76   | 73.5  | 66    | 73   | 71.3  | .    | 77   | 66.7  | 68.5 | 74.6  | 67.3 | 77.7  | 71.5 | .    | 73   | 72.2  | .     |
| .   | 88   | 88    | 82   | 89   | 85   | 61           | 68   | .   | 102  | 97   | 101  | 108   | 87    | 110  | 110   | .    | 114  | 103   | 114  | 105   | 107  | 114   | 113  | .    | 112  | 124   | 105   |
| .   | 284  | 275   | 264  | 262  | 258  | 203          | 212  | .   | 309  | 294  | 289  | 300   | 264   | 314  | 314   | .    | 309  | 303   | 326  | 270   | 306  | 300   | 324  | .    | 295  | 318   | 284   |
| .   | 163  | .     | .    | 164  | 161  | 130          | 113  | .   | 173  | 167  | 176  | .     | .     | 184  | .     | .    | 217  | .     | 222  | .     | 204  | .     | 199  | .    | 213  | .     | .     |
| .   | 563  | .     | .    | 586  | 537  | 590          | 578  | .   | 780  | 620  | 652  | .     | .     | 682  | .     | .    | 775  | .     | 855  | .     | 685  | .     | 686  | .    | 712  | .     | .     |

| 951 | 950 | 22074 | 4462 | 1023 | 949  | 948 $\alpha$ | 947  | 946 | 945  | 944 | 943 | 33852 | 33833 | 942 | 33863 | 1558 | 939  | 22072 | 938  | 33855 | 941  | 22078 | 940 | 2765 | 95   | 33834 | 20465 |
|-----|-----|-------|------|------|------|--------------|------|-----|------|-----|-----|-------|-------|-----|-------|------|------|-------|------|-------|------|-------|-----|------|------|-------|-------|
| .   | .   | 52    | 56   | 53   | 55   | 45           | 44   | .   | 53   | .   | .   | .     | 58    | .   | 50    | 51   | 61   | 57    | 61   | 58    | 60   | 62    | .   | 62   | 63   | 59    | .     |
| .   | .   | 12.8  | 13.7 | 13.2 | 13.2 | 12.2         | 11.8 | .   | 12.5 | .   | .   | .     | 13.7  | .   | 11.8  | 12.7 | 13.7 | 13.6  | 13.6 | 13.4  | 13.7 | 14.5  | .   | 14.4 | 14.5 | 13    | .     |
| .   | 30  | 30    | 31   | 31   | 30   | 29           | 29   | 29  | 30   | 30  | 31  | .     | 31    | 33  | 33    | .    | 29   | 30    | 33   | 28    | 31   | 29    | .   | .    | 33   | 32    | .     |
| .   | 7.5 | 7.4   | 7.6  | 7.6  | 7.2  | 7.8          | 7.8  | 7.5 | 7.1  | 7.2 | 7.1 | .     | 7.4   | 7.5 | 7.7   | .    | 6.5  | 7.2   | 7.4  | 6.5   | 7.1  | 6.8   | .   | .    | 7.6  | 7.1   | .     |
| .   | 34  | 33    | 31   | 34   | 33   | 31           | 33   | 35  | 35   | 36  | 34  | .     | 36    | 34  | 34    | .    | 38   | 38    | 41   | 38    | 37   | 37    | .   | .    | 39   | 42    | .     |
| .   | 113 | 110   | 100  | 110  | 110  | 107          | 114  | 121 | 116  | 120 | 110 | .     | 116   | 103 | 103   | .    | 131  | 127   | 124  | 136   | 119  | 128   | .   | .    | 118  | 128   | .     |
| .   | 103 | 112   | 111  | 118  | 116  | 88           | 95   | 96  | 117  | 110 | 118 | .     | 129   | 131 | 127   | .    | 140  | 128   | 143  | 130   | 134  | 139   | .   | .    | 142  | 145   | 143   |
| .   | 343 | 373   | 358  | 381  | 387  | 303          | 328  | 330 | 390  | 367 | 381 | .     | 416   | 397 | 385   | .    | 483  | 427   | 433  | 465   | 433  | 480   | .   | .    | 430  | 453   | .     |
| .   | 29  | 29    | 30   | 29   | 28   | 23           | 21   | 25  | 22   | 28  | 28  | .     | 31    | 25  | 32    | .    | 31   | 35    | 26   | 27    | 30   | 30    | .   | .    | 33   | 28    | .     |
| .   | 40  | 46    | 40   | 43   | 42   | 35           | 43   | 29  | 44   | 22  | 45  | .     | 51    | 48  | 52    | 48   | 49   | 50    | 52   | 50    | 48   | 50    | .   | 55   | 50   | 55    | .     |
| .   | 138 | 158   | 133  | 148  | 150  | 152          | 205  | 156 | 200  | 150 | 160 | .     | 164   | 192 | 162   | .    | 158  | 148   | 200  | 185   | 160  | 167   | .   | .    | 151  | 196   | .     |
| .   | .   | 85.5  | 71.5 | 81   | 76.4 | 78           | 98   | .   | 83   | .   | .   | .     | 88    | .   | 104   | 85.7 | 80.4 | 88    | 85   | 86.3  | 80   | 80.7  | .   | 88.8 | 79.5 | 93.2  | .     |
| .   | 188 | 164   | 225  | 192  | 188  | 161          | 130  | 163 | 223  | 220 | 190 | .     | 286   | 190 | 214   | 266  | 225  | 240   | 310  | 264   | 206  | 212   | .   | 246  | 297  | 309   | 251   |
| .   | 650 | 566   | 750  | 663  | 670  | 723          | 620  | 653 | 1010 | 785 | 680 | .     | 923   | 760 | 680   | .    | 725  | 686   | 1190 | 978   | 687  | 706   | .   | .    | 900  | 1100  | .     |

| 951 | 950  | 22074 | 4462 | 1023 | 949  | 948 $\alpha$ | 947  | 946  | 945  | 944  | 943  | 33852 | 33833 | 942  | 33863 | 1558 | 939  | 22072 | 938  | 33855 | 941  | 22078 | 940 | 2765 | 95   | 33834 | 20465 |
|-----|------|-------|------|------|------|--------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|-------|-----|------|------|-------|-------|
| .   | 23   | 20    | 21   | 23   | 22   | .            | 22   | 24   | 24   | 23   | .    | .     | 24    | 23   | 24    | .    | 21   | 25    | 24   | 22    | 22   | 24    | .   | .    | 23   | 25    | .     |
| .   | 5.8  | 4.9   | 5.2  | 5.6  | 5.3  | .            | 5.9  | 6.3  | 5.7  | 5.5  | .    | .     | 5.7   | 5.4  | 5.7   | .    | 4.7  | 6     | 5.4  | 5.1   | 5.0  | 5.6   | .   | .    | 5.3  | 5.5   | .     |
| .   | 123  | 128   | 127  | 134  | 135  | 108          | 110  | 111  | 127  | 122  | 136  | .     | 143   | 152  | 140   | .    | 153  | 139   | 160  | 150   | 148  | 153   | .   | .    | 155  | 161   | 152   |
| .   | 30.9 | 31.4  | 31.2 | 33   | 32.5 | 29.2         | 29.6 | 29   | 30   | 29.2 | 31   | .     | 33.9  | 35.9 | 33    | .    | 34.4 | 33.2  | 35.8 | 34.7  | 34.3 | 35.9  | .   | .    | 35.6 | 32.6  | 32.4  |
| .   | 39   | 41    | 42   | 40   | 42   | 42           | 40   | 38   | 44   | 41   | 47   | .     | 45    | 47   | 48    | 45   | 49   | 44    | 46   | 46.5  | 45   | 48    | .   | 48   | 49   | 50    | .     |
| .   | 169  | 204   | 200  | 174  | 191  | .            | 182  | 158  | 183  | 178  | .    | .     | 187   | 204  | 200   | .    | 234  | 176   | 192  | 211   | 205  | 200   | .   | .    | 213  | 200   | .     |
| .   | 47   | 44    | 43   | 44   | 40   | 44           | 43   | 44   | 48   | 46   | 49   | .     | 51    | 50   | 50    | .    | 50   | 49    | 56   | 52    | 50   | 53    | .   | .    | 52   | 54    | 54    |
| .   | 80   | 70    | 78   | 69   | 87   | 68           | 66   | 68   | 72   | 78   | 74   | .     | 75    | 76   | 82    | 78   | 83   | 76    | 85   | 73    | 82   | 82    | .   | 84   | 88   | 82    | .     |
| .   | 65   | 54.6  | 61.5 | 51.5 | 64.5 | 63           | 60   | 61.2 | 56.6 | 64   | 54.4 | .     | 52.5  | 50   | 58.5  | .    | 54.2 | 54.6  | 53   | 48.6  | 55.5 | 53.5  | .   | .    | 56.7 | 51    | .     |
| .   | 313  | 309   | 328  | 337  | 321  | 233          | 257  | 250  | 308  | 308  | 295  | .     | 335   | 343  | 337   | 304  | 367  | 352   | 386  | 342   | 384  | 371   | .   | 344  | 358  | 377   | 354   |
| .   | 254  | 242   | 258  | 251  | 328  | 222          | 244  | 226  | 242  | 252  | 217  | .     | 234   | 226  | 240   | .    | 240  | 253   | 241  | 228   | 260  | 242   | .   | .    | 231  | 234   | 232   |
| .   | 61   | 63    | .    | 63   | 63   | .            | .    | .    | 62   | 67   | 68   | .     | 69    | 73   | 70    | 66   | 70   | 68    | 72   | 68    | 71   | 67    | .   | 60   | 73   | 70    | 75    |
| .   | 266  | 315   | .    | 274  | 286  | .            | .    | .    | 258  | 291  | .    | .     | 288   | 318  | 292   | .    | 334  | 272   | 300  | 310   | 323  | 280   | .   | .    | 313  | 280   | .     |
| .   | 86   | 83    | 90   | 90   | 97   | 78           | 80   | 80   | 88   | 84   | 89   | .     | 112   | 94   | 97    | 91   | 101  | 91    | 111  | 94    | 98   | 93    | .   | 104  | 104  | 104   | 105   |
| .   | 141  | 132   | .    | 143  | 154  | .            | .    | .    | 142  | 125  | 131  | .     | 162   | 129  | 147   | 138  | 144  | 138   | 154  | 138   | 138  | 139   | .   | 174  | 154  | 149   | 140   |



| Tabelle 18      | juv.                |      |      |                    |          |     |      |      |        |      |                    |      |      |          |      |       |      |       |      |       |       |       |      |      |       |  |  |  |
|-----------------|---------------------|------|------|--------------------|----------|-----|------|------|--------|------|--------------------|------|------|----------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|--|--|--|
| 1. Thorakalw.   | 16248Q <sub>3</sub> | 962  | 961  | 960 Q <sub>3</sub> | 15684 +0 | 959 | 4406 | 958  | 957 +0 | 4427 | 656 Q <sub>3</sub> | 955  | 4407 | 33859 +0 | 954  | 33853 | 953  | 33836 | 4340 | 33865 | 33839 | 33837 | 172  | 952  | 33838 |  |  |  |
| 1. Höhe         | 162                 | 162  | 196  | 194                |          |     |      | 209  | 228    | 212  | 245                | 225  |      | 278      | 295  |       | 318  |       |      | 347   | 385   | 348   | 356  | 348  | 383   |  |  |  |
| in % v. F       | 64.5                | 64.5 | 75   | 69                 |          |     |      | 71.5 | 74     | 68.7 | 78                 | 70.5 |      | 78       | 79   |       | 83   |       |      | 89.7  | 96.8  | 89.7  | 97   | 93.5 | 99    |  |  |  |
| in % v. 2       | 495                 | 495  | 870  | 840                |          |     |      | 820  | 980    | 880  | 1060               | 950  |      | 1150     | 1280 |       | 1330 |       |      | 1510  | 1600  | 1450  | 1590 | 1330 | 1530  |  |  |  |
| 2. H. d. Kan.   | 19                  | 23   | 21   | 23                 |          |     |      | 23   | 23     | 24   | 23                 | 23   | 26   | 24       | 23   | 28    | 24   | 28    |      | 53    | 24    | 24    | 23   | 26   | 25    |  |  |  |
| in % v. 1       | 14.2                | 14.2 | 10.7 | 11.8               |          |     |      | 11   | 10.1   | 11.3 | 9.4                | 10.2 |      | 8.6      | 7.8  |       | 7.5  |       |      | 6.6   | 6.2   | 6.9   | 6.3  | 7.5  | 6.5   |  |  |  |
| in % v. F       | 9.3                 | 9.2  | 8.0  | 8.2                |          |     |      | 7.8  | 7.5    | 7.8  | 7.3                | 7.2  | 7.8  | 6.7      | 6.2  | 7.4   | 6.3  | 7.1   |      | 6.0   | 6.0   | 6.9   | 6.3  | 7.0  | 6.5   |  |  |  |
| 3. H. d. Kopfes | 24                  | 24   | 28   | 23                 |          |     |      | 27   | 28     | 30   | 30                 | 27   | 33   | 38       | 35   | 35    | 37   | 35    |      | 39    | 39    | 38    | 36   | 35   | 37    |  |  |  |
| in % v. 1       | 14.8                | 14.8 | 14.3 | 11.8               |          |     |      | 12.9 | 12.3   | 14.1 | 12.2               | 12.0 |      | 13.7     | 11.9 |       | 11.6 |       |      | 11.2  | 10.1  | 10.9  | 10.1 | 10.1 | 9.7   |  |  |  |
| in % v. 2       | 104                 | 104  | 133  | 100                |          |     |      | 117  | 122    | 125  | 130                | 117  | 127  | 158      | 152  | 125   | 154  | 125   |      | 170   | 162   | 158   | 156  | 135  | 148   |  |  |  |
| 4. H. Dornfs.   | 98                  | 116  | 148  | 145                |          |     |      | 160  | 177    | 159  | 192                | 177  |      | 218      | 240  |       | 256  |       |      | 287   | 324   | 286   | 298  | 287  | 322   |  |  |  |
| in % v. 1       | 71.5                | 71.5 | 75.5 | 74.7               |          |     |      | 76.5 | 77.5   | 75   | 78                 | 78.7 |      | 78.5     | 81.5 |       | 80.6 |       |      | 82.7  | 82.7  | 82.3  | 84   | 82.5 | 84.2  |  |  |  |
| in % v. 2       | 515                 | 505  | 705  | 630                |          |     |      | 695  | 770    | 791  | 835                | 770  |      | 910      | 1044 |       | 1066 |       |      | 1250  | 1350  | 1190  | 1296 | 1100 | 1280  |  |  |  |
| 5. B. d. Kan.   | 23                  | 23   | 21   | 23                 | 19       |     |      | 26   | 25     | 24   | 27                 | 23   | 27   | 27       | 25   | 28    | 27   | 27    |      | 28    | 28    | 28    | 26   | 25   | 27    |  |  |  |
| in % v. 2       | 121                 | 100  | 110  | 82.6               |          |     |      | 113  | 109    | 100  | 117                | 100  | 104  | 112      | 109  | 100   | 112  | 96.5  |      | 122   | 117   | 117   | 113  | 96.4 | 108   |  |  |  |
| 6. B. d. Kopfes | 22                  | 22   | 24   | 27                 |          |     |      | 24   | 24     | 25   | 24                 | 24   | 30   | 30       | 28   | 29    | 30   | 29    |      | 30    | 30    | 30    | 30   | 29   | 31    |  |  |  |
| in % v. 5       | 95.5                | 95.5 | 104  | 142                |          |     |      | 92.5 | 96     | 104  | 89                 | 104  | 111  | 111      | 112  | 104   | 111  | 107   |      | 107   | 107   | 107   | 115  | 116  | 115   |  |  |  |
| 7. Breite       | 53                  | 64   | 54   | 68                 | 72       |     |      | 76   | 77     | 75   | 81                 | 74   |      | 90       | 97   | 101   | 92   | 108   |      | 100   | 102   | 98    | 100  | 97   | 105   |  |  |  |
| in % v. 5       | 279                 | 278  | 257  | 296                | 380      |     |      | 292  | 308    | 312  | 300                | 322  |      | 338      | 388  | 361   | 340  | 400   |      | 357   | 364   | 350   | 385  | 388  | 390   |  |  |  |
| 8. L.d.Körpers  |                     |      |      | 36                 |          |     |      | 34   | 33     | 34   | 38                 |      | 40   | 43       |      |       | 54   |       |      | 52    | 57    | 52    | 50   | 48   | 51    |  |  |  |
| in % v. 3       |                     |      |      | 151                |          |     |      | 126  | 118    | 113  | 127                |      | 121  | 113      |      |       | 154  |       |      | 133   | 146   | 137   | 139  | 137  | 138   |  |  |  |
| 9. L. Dornfs.   | 15.3                | 25   | 28   | 35                 |          |     |      | 33   | 33     | 35   | 34                 | 30   |      | 32       | 41   |       | 39   |       |      | 44    | 46    | 45    | 43   | 42   | 43    |  |  |  |
| in % v. 8       |                     |      |      | 97.3               |          |     |      | 97.2 | 100    | 103  | 89.5               |      |      | 74.5     |      |       |      |       |      | 84.6  | 80.7  | 86.5  | 86   | 87.5 | 84.4  |  |  |  |

| Tabelle 19    | juv.                |      |     |                    |         |      |      |      |        |      |                    |      |      |          |     |       |     |       |      |       |       |       |     |     |       |
|---------------|---------------------|------|-----|--------------------|---------|------|------|------|--------|------|--------------------|------|------|----------|-----|-------|-----|-------|------|-------|-------|-------|-----|-----|-------|
| 2. Thorakalw. | 16248Q <sub>3</sub> | 962  | 961 | 960 Q <sub>3</sub> | 15648+0 | 959  | 4406 | 958  | 957 +0 | 4427 | 956 Q <sub>3</sub> | 955  | 4407 | 33859 +0 | 954 | 33853 | 953 | 33836 | 4340 | 33865 | 33839 | 33837 | 172 | 952 | 33838 |
| 1. Höhe       | .                   | 170  | .   | 205                | 202     | 206  | .    | 223  | 241    | 225  | 256                | 244  | .    | 291      | 313 | 343   | 330 | 390   | .    | 368   | 392   | 368   | 377 | 371 | 394   |
| in % v. F     | .                   | 68   | .   | 78                 | 72      | 77.3 | .    | 76   | 78.3   | 73   | 81.5               | 76.5 | .    | 81.5     | 84  | 90    | 86  | 98.5  | .    | 95    | 102   | 95    | 102 | 100 | 102   |
| 2. H. Dornfs. | .                   | 139  | .   | 167                | 172     | 168  | .    | 181  | 199    | 183  | 211                | 202  | .    | 245      | 265 | 295   | 288 | 309   | .    | 321   | 341   | 315   | 334 | 324 | 347   |
| in % v. 1     | .                   | 81.5 | .   | 81.5               | 85.2    | 81.5 | .    | 81.5 | 82.5   | 81.4 | 82.5               | 83   | .    | 84.2     | 85  | 86    | 87  | 79.2  | .    | 87.3  | 87    | 85.7  | 89  | 87  | 88    |

| Tabelle 20    | juv.                |     |     |                    |          |     |      |      |        |      |                    |      |      |          |      |       |      |       |      |       |       |       |      |      |       |  |
|---------------|---------------------|-----|-----|--------------------|----------|-----|------|------|--------|------|--------------------|------|------|----------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|--|
| 5. Thorakalw. | 16248Q <sub>3</sub> | 962 | 961 | 960 Q <sub>3</sub> | 15648 +0 | 959 | 4406 | 958  | 957 +0 | 4427 | 956 Q <sub>3</sub> | 955  | 4407 | 33859 +0 | 954  | 33853 | 953  | 33836 | 4340 | 33865 | 33839 | 33837 | 172  | 952  | 33838 |  |
| 1. L. Körper  | 22                  | .   | .   | 31                 | 31       | .   | .    | 34   | 36     | 32   | 38                 | .    | .    | 45       | 58   | .     | .    | 54    | .    | 55    | 57    | 55    | 57   | 52   | 55    |  |
| in % v. F     | 10.7                | .   | .   | 11.8               | 11.1     | .   | .    | 11.6 | 11.7   | 10.4 | 12.1               | .    | .    | 12.6     | 15.6 | .     | .    | 13.6  | .    | 14.2  | 14.3  | 14.2  | 15.3 | 14   | 14.2  |  |
| 2. B. Kan.    | 18                  | .   | .   | 21                 | 20       | 20  | .    | 23   | 23     | 23   | 22                 | 23   | .    | 22       | 27   | .     | 27   | 24    | .    | 25    | 25    | 26    | 25   | 26   | 25    |  |
| in % v. 1     | 82                  | .   | .   | 68                 | 64.5     | .   | .    | 67.5 | 64     | 72   | 58                 | .    | .    | 49       | 46.5 | .     | .    | 44.5  | .    | 45.5  | 44    | 47.3  | 44   | 50   | 47.3  |  |
| 3. H. Kan.    | 14                  | .   | .   | 18                 | 19       | 18  | .    | 18   | 18     | 18   | 19                 | 18   | .    | 17       | 19   | .     | 19   | 20    | .    | 17    | 18    | 19    | 18   | 18   | 20    |  |
| in % v. F     | 6.8                 | .   | .   | 6.8                | 6.8      | 6.8 | .    | 6.1  | 5.8    | 5.8  | 6.1                | 5.6  | .    | 4.8      | 5.1  | .     | 5.0  | 5.0   | .    | 4.4   | 4.5   | 6.6   | 4.9  | 4.8  | 5.2   |  |
| 4. H. Körper  | 20                  | .   | .   | 29                 | 29       | 30  | .    | 29   | 28     | 30.7 | 30                 | 30   | .    | 37       | 37   | .     | 37   | 37    | .    | 36.5  | 39    | 39    | 36   | 35   | 37.5  |  |
| in % v. 3     | 143                 | .   | .   | 161                | 153      | 166 | .    | 161  | 155    | 170  | 158                | 166  | .    | 218      | 195  | .     | 195  | 185   | .    | 214   | 216   | 205   | 200  | 194  | 187   |  |
| 5. H. Dornfs. | 115                 | .   | .   | 152                | .        | 159 | .    | 173  | 184    | 180  | 194                | 188  | .    | 228      | 242  | .     | 277  | .     | .    | 295   | 292   | 282   | 276  | 278  | 296   |  |
| in % v. 3     | 821                 | .   | .   | 845                | .        | 884 | .    | 960  | 1020   | 1000 | 1200               | 1043 | .    | 1340     | 1273 | .     | 1460 | .     | .    | 1740  | 1620  | 1480  | 1530 | 1540 | 1480  |  |

| Tabelle 21<br>Sacrum | juv.                |     |      |                    |          |      |      |      |        |      |                    |      |      |          |      |       |      |       |      |       |       |       |      |      |       |
|----------------------|---------------------|-----|------|--------------------|----------|------|------|------|--------|------|--------------------|------|------|----------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|
|                      | 16248♂ <sub>3</sub> | 962 | 961  | 960 ♂ <sub>3</sub> | 15648 +0 | 959  | 4406 | 958  | 957 +0 | 4427 | 956 ♂ <sub>3</sub> | 955  | 4407 | 33859 +0 | 954  | 33853 | 953  | 33836 | 4340 | 33865 | 33839 | 33837 | 172  | 952  | 33838 |
| 1. L. 1. Körper      | 27                  | .   | 29   | 31                 | .        | 37   | 36.5 | 36   | 40     | 40   | 38                 | 39   | 48   | 48       | 52   | 51    | 50   | 54    | 56   | 49    | 57    | 51    | 51   | 49   | 50    |
| 2. Breite            | 75                  | .   | 94   | 95                 | .        | 125  | 99   | 109  | 123    | 118  | 126                | 134  | 140  | 155      | 190  | 179   | 137  | 194   | 170  | 206   | 200   | 184   | 210  | 185  | 191   |
| in % v. 4            | 214                 | .   | 192  | 202                | .        | 246  | 220  | 198  | 228    | 236  | 221                | 253  | 246  | 250      | 322  | 294   | 266  | 307   | 275  | 338   | 339   | 288   | 350  | 318  | 303   |
| 3. B. Gel. forts.    | 45                  | .   | 53   | 52                 | .        | 60   | 52   | 59   | 54     | 62   | 63                 | 60   | 64   | 60       | 60   | 58    | 53   | 67    | 66   | 62    | 60    | 64    | 61   | 58   | 60    |
| in % v. 4            | 134                 | .   | 108  | 111                | .        | 118  | 115  | 107  | 100    | 124  | 111                | 113  | 112  | 97       | 102  | 95    | 102  | 106   | 106  | 102   | 102   | 100   | 102  | 100  | 95.3  |
| 4. B. Kopf           | 35.5                | .   | 49   | 47                 | .        | 51   | 45   | 55   | 54     | 50   | 57                 | 53   | 57   | 62       | 59   | 61    | 52   | 63    | 62   | 61    | 59    | 64    | 60   | 58   | 63    |
| in % v. F            | 16.3                | .   | 19.5 | 17.8               | .        | 17.9 | 15.7 | 18.7 | 17.5   | 16.2 | 18.1               | 16.6 | 17.1 | 17.3     | 15.9 | 16    | 14   | 15.9  | 15.7 | 15.8  | 14.8  | 16.5  | 16.3 | 15.6 | 16.3  |
| 5. B. Kan.           | 26                  | .   | 34   | 33                 | .        | 38   | 32   | 38   | 37     | 37   | 41                 | 35   | 43   | 21       | 37   | 43    | 37   | 43    | 49   | 41    | 40    | 46    | 44   | 39   | 43    |
| in % v. 4            | 73.3                | .   | 69.5 | 70.2               | .        | 74.5 | 71   | 69   | 68.5   | 74   | 72                 | 66   | 75.5 | 34       | 62.8 | 70.5  | 71.1 | 69.4  | 79   | 67.3  | 67.8  | 72    | 73.2 | 67.2 | 68.3  |
| 6. Gr. Höhe          | 55                  | .   | 46   | 52                 | .        | 53   | .    | 55   | 55     | 55   | 54                 | 60   | .    | 71       | .    | 72    | 63   | 68    | .    | 81    | .     | 72    | 90   | 80   | 98    |



| 951 | 950  | 22074 | 4462 | 1023 | 949  | 948 $Q_3$ | 947  | 946  | 945  | 944  | 943  | 33852 | 33833 | 942  | 33863 | 1558 | 939  | 22072 | 938  | 33855 | 941 | 22078 | 940  | 2765 | 95   | 33834 | 20465 |
|-----|------|-------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------|-------|-----|-------|------|------|------|-------|-------|
| .   | 390  | 372   | 405  | 392  | 402  | 319       | 297  | 326  | 416  | 384  | 389  | 457   | 470   | 441  | 445   | .    | 470  | 455   | 500  | .     | .   | 485   | .    | .    | 512  | 517   | 540   |
| .   | 98   | 91.4  | 99.4 | 96   | 97   | 86.2      | 80   | 85   | 98   | 92   | 89   | 96    | 111   | 104  | 105   | .    | 106  | 109   | 112  | .     | .   | 114   | .    | .    | 118  | 114   | 115   |
| 25  | 1560 | 1380  | 1440 | 1450 | 1610 | 1330      | 1300 | 1250 | 1590 | 1470 | 1490 | 1520  | 1880  | 1690 | 1650  | .    | 2020 | 1620  | 2280 | .     | .   | 1670  | .    | .    | 1690 | 1990  | 1800  |
| .   | 25   | 27    | 28   | 27   | 25   | 24        | 23   | 26   | 26   | 26   | 26   | 30    | 25    | 26   | 27    | .    | 23   | 28    | 22   | 29    | .   | 29    | 29   | .    | 30   | 26    | 30    |
| 6.4 | 6.4  | 7.2   | 6.9  | 6.9  | 6.2  | 7.5       | 7.7  | 8.0  | 6.3  | 6.8  | 6.7  | 6.6   | 5.3   | 5.9  | 6.1   | .    | 4.9  | 6.1   | 4.4  | .     | .   | 5.8   | .    | .    | 5.9  | 5.0   | 5.5   |
| 38  | 37   | 40    | 40   | 39   | 41   | 37        | 40   | 32   | 41   | 42   | 41   | 44    | 47    | 50   | 50    | .    | 48   | 47    | 45   | 49    | .   | 49    | 47   | .    | 48   | 50    | 46    |
| .   | 9.5  | 10.8  | 9.9  | 10   | 10.2 | 11.6      | 10.1 | 9.8  | 9.9  | 10.9 | 10.5 | 9.6   | 10    | 11.3 | 11.2  | .    | 10.2 | 10.3  | 9.0  | .     | .   | 10.1  | .    | .    | 9.4  | 9.7   | 8.5   |
| 152 | 148  | 148   | 143  | 144  | 164  | 154       | 174  | 123  | 158  | 162  | 158  | 147   | 188   | 192  | 185   | .    | 208  | 168   | 204  | 169   | .   | 169   | 162  | .    | 160  | 192   | 153   |
| .   | 328  | 308   | 340  | 323  | 334  | 260       | 236  | 265  | 352  | 316  | 323  | 385   | 398   | 373  | 376   | .    | 404  | 384   | 432  | .     | .   | 415   | .    | .    | 447  | 448   | 460   |
| .   | 84   | 83    | 84   | 83.8 | 83.2 | 81.5      | 79.6 | 81.2 | 84.7 | 82.3 | 83   | 84.2  | 84.8  | 84.5 | 84.5  | .    | 86   | 84.5  | 86.5 | .     | .   | 85.6  | .    | .    | 87.5 | 86.5  | 85.4  |
| 30  | 1312 | 1140  | 1210 | 1215 | 1335 | 1085      | 1026 | 1020 | 1354 | 1216 | 1240 | 1250  | 1580  | 1434 | 1390  | .    | 1760 | 1370  | 1963 | .     | .   | 1430  | .    | .    | 1490 | 1720  | 1530  |
| 120 | 28   | 28    | 29   | 28   | 29   | 27        | 25   | 25   | 28   | 32   | 30   | 35    | 28    | 29   | .     | .    | 28   | 30    | 29   | 27    | .   | 34    | 28   | .    | 27   | 32    | 28    |
| .   | 112  | 104   | 104  | 104  | 116  | 112       | 109  | 96.4 | 96.4 | 108  | 123  | 100   | 140   | 108  | 107   | .    | 122  | 107   | 132  | 93    | .   | 117   | 96.7 | .    | 90   | 123   | 93.2  |
| .   | 32   | 33    | 32   | 32   | 32   | 32        | 33   | 33   | 34   | 33   | 34   | 35    | 36    | 34   | 33    | .    | 38   | 37    | 34   | 26    | .   | 35    | 36   | .    | 38   | 37    | 42    |
| .   | 114  | 118   | 110  | 114  | 110  | 118       | 132  | 132  | 136  | 118  | 106  | 117   | 108   | 121  | 114   | .    | 136  | 123   | 117  | 96.3  | .   | 103   | 128  | .    | 141  | 116   | 150   |
| .   | 112  | 113   | 108  | 113  | 110  | 91        | 101  | 98   | 104  | 115  | 117  | 119   | 123   | 119  | 120   | .    | 124  | 118   | 129  | 117   | .   | 128   | 123  | .    | 122  | 128   | 152   |
| 55  | 400  | 404   | 372  | 404  | 380  | 337       | 404  | 392  | 416  | 411  | 360  | 397   | 353   | 425  | 415   | .    | 443  | 394   | 445  | 433   | .   | 376   | 440  | .    | 452  | 400   | 543   |
| 145 | 56   | 54    | 59   | 54   | 53   | 48        | 44   | .    | .    | .    | .    | 62    | 59    | .    | 55    | .    | 60   | 55    | 60   | 58    | .   | 60    | 62   | .    | 61   | 62    | 70    |
| 45  | 151  | 135   | 147  | 138  | 129  | 130       | 110  | .    | .    | .    | .    | 141   | 125   | .    | 110   | .    | 125  | 117   | 133  | 118   | .   | 122   | 132  | .    | 127  | 124   | 152   |
| 82  | 52   | 50    | 47   | 39   | 53   | 49        | 45   | 41   | 60   | 54   | 50   | 56    | 59    | 60   | 61    | .    | 66   | 62    | 68   | 60    | .   | 70    | 66   | .    | 62   | 70    | 69    |
| .   | 93   | 92.5  | 79.7 | 72.3 | 100  | 102       | 102  | .    | .    | .    | .    | 90.3  | 100   | .    | 111   | .    | 110  | 113   | 115  | 103   | .   | 117   | 106  | .    | 102  | 113   | 98.6  |

| 951 | 950  | 22074 | 4462 | 1023 | 949  | 948 $Q_3$ | 947  | 946 | 945  | 944  | 943 | 33852 | 33833 | 942 | 33863 | 1558 | 939 | 22072 | 938 | 33855 | 941 | 22078 | 940 | 2765 | 95  | 33834 | 20465 |
|-----|------|-------|------|------|------|-----------|------|-----|------|------|-----|-------|-------|-----|-------|------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|------|-----|-------|-------|
| .   | 382  | 383   | 415  | 417  | 417  | 326       | 321  | .   | 437  | 400  | 420 | 460   | 475   | 483 | 479   | .    | 496 | 470   | 514 | 508   | 491 | 485   | .   | .    | 526 | 525   | 565   |
| .   | 95.6 | 94.2  | 101  | 102  | 100  | 88        | 86.5 | .   | 103  | 95.5 | 96  | 105   | 113   | 114 | 115   | .    | 112 | 112   | 115 | 118   | 112 | 114   | .   | .    | 121 | 125   | 121   |
| .   | 328  | 328   | 360  | 366  | 360  | 280       | 271  | .   | 383  | 343  | 371 | 414   | 410   | 424 | 427   | 361  | 437 | 410   | 456 | 453   | 433 | 423   | .   | 411  | 473 | 468   | 495   |
| .   | 86   | 85.6  | 87   | 88   | 86.5 | 86        | 84.5 | .   | 87.6 | 86   | 88  | 90    | 86.4  | 88  | 89.1  | .    | 88  | 87.2  | 89  | 89    | 88  | 88.2  | .   | .    | 90  | 89.1  | 87.6  |

| 951  | 950  | 22074 | 4462 | 1023 | 949  | 948 ♀ | 947  | 946 | 945  | 944  | 943  | 33852 | 33833 | 942  | 33863 | 1558 | 939  | 22072 | 938  | 33855 | 941  | 22078 | 940  | 2765 | 95   | 33834 | 20465 |
|------|------|-------|------|------|------|-------|------|-----|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|-------|
| .    | 56   | 57    | 56   | 56   | 59   | 58    | 56   | .   | .    | 58   | 58   | .     | 65    | 64   | 66    | 68   | 66   | 61    | 68   | 68    | 66   | 64    | 63   | 78   | 67   | 67    | 77    |
| .    | 14   | 14    | 13.7 | 13.7 | 14.2 | 15.7  | 15   | .   | .    | 13.8 | 13.2 | .     | 15.4  | 15.1 | 15.6  | 15.4 | 14.8 | 14.6  | 15.2 | 15.7  | 15.1 | 15    | 14.6 | 18.1 | 15.4 | 14.7  | 16.4  |
| .    | 29   | 28    | 26   | 26   | 27   | 24    | 26   | 26  | 28   | 27   | 33   | .     | 28    | 28   | 28    | 31   | 26   | 28    | 27   | 28    | 28   | 27    | 23   | 26   | 26   | 28    |       |
| 51.8 | 49.1 | 46.5  | 46.5 | 45.7 | 41.4 | 46.5  | .    | .   | 46.5 | 57   | .    | 43    | 43.5  | 42.5 | 45.6  | 39.5 | 46   | 39.7  | 41.2 | 42.5  | 42.2 | 42.9  | 29.5 | 38.8 | 38.8 | 36.4  |       |
| .    | 19   | 17    | 18   | 23   | 21   | 19    | 17   | 19  | 21   | 21   | 19   | .     | 18    | 19   | 18    | 25   | 19   | 20    | 21   | 18    | 20   | 20    | 19   | 22   | 19   | 20    | 18    |
| .    | 4.8  | 4.2   | 4.4  | 5.6  | 5.1  | 5.1   | 4.6  | 5.0 | 5.0  | 5.0  | 4.3  | .     | 4.3   | 4.5  | 4.2   | 5.7  | 4.3  | 4.8   | 4.7  | 4.2   | 4.6  | 4.7   | 4.4  | 5.1  | 4.4  | 4.4   | 3.8   |
| .    | 39   | 40    | 38   | 39   | 40   | 39    | 41   | 37  | 43   | 42   | 42   | .     | 45    | 44   | 50    | .    | 49   | 46    | 48   | 49    | 47   | 47    | 47   | .    | 47   | 50    | 43    |
| .    | 205  | 235   | 211  | 170  | 190  | 205   | 242  | 195 | 204  | 200  | 221  | .     | 250   | 232  | 278   | .    | 258  | 280   | 238  | 272   | 235  | 235   | 248  | .    | 248  | 250   | 238   |
| .    | 284  | 295   | 319  | 328  | 303  | 247   | 255  | .   | 327  | 294  | 312  | .     | .     | 319  | 364   | 375  | .    | 325   | 375  | 384   | 348  | 369   | 374  | 381  | 386  | 379   | 420   |
| .    | 1490 | 1740  | 1770 | 1426 | 1440 | 1300  | 1500 | .   | 1560 | 1400 | 1640 | .     | .     | 1680 | 2020  | 1500 | .    | 1620  | 1785 | 2130  | 1740 | 1840  | 1970 | 1730 | 2015 | 1899  | 2340  |

| 951 | 950  | 22074 | 4462 | 1023 | 949  | 948 $Q_3$ | 947  | 946  | 945  | 944  | 943  | 33852 | 33833 | 942  | 33863 | 1558 | 939  | 22072 | 938  | 33855 | 941  | 22078 | 940 | 2765 | 95   | 33834 | 20465 |
|-----|------|-------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|-------|-----|------|------|-------|-------|
| .   | 51   | 51    | 54   | 56   | 51   | 51        | 50   | 52   | 55   | 57   | 58   | 59    | 58    | 62   | 61    | .    | 59   | 52    | 62   | 58    | 49   | 56    | .   | .    | 59   | 57    | 62    |
| .   | 178  | 208   | 200  | 233  | .    | 160       | 165  | 140  | 188  | 190  | 198  | 209   | 210   | 218  | 221   | 216  | 230  | 204   | 206  | 213   | 209  | 209   | .   | 224  | 231  | 232   | 250   |
| .   | 301  | 330   | 313  | 359  | .    | 266       | 266  | 234  | 272  | 284  | 283  | 294   | 270   | 326  | 312   | 292  | 329  | 300   | 312  | 305   | 290  | 290   | .   | 299  | 321  | 310   | 368   |
| .   | 58   | 61    | 64   | 65   | 71   | 70        | 61   | 57   | 62   | 61   | 67   | 67    | 63    | 66   | 66    | .    | 44   | 65    | 63   | 63    | 66   | 67    | .   | .    | 66   | 65    | 75    |
| .   | 98.5 | 97    | 100  | 100  | 129  | 117       | 98.5 | 112  | 90   | 91   | 95.6 | 94.4  | 80.8  | 98.5 | 93    | .    | 63   | 95.6  | 95.5 | 90    | 91.5 | 93    | .   | .    | 91.5 | 86.7  | 110   |
| .   | 59   | 63    | 64   | 65   | 55   | 60        | 62   | 60   | 69   | 67   | 70   | 71    | 78    | 67   | 71    | 74   | 70   | 68    | 66   | 70    | 72   | 72    | .   | 75   | 72   | 75    | 68    |
| .   | 14.8 | 15.5  | 15.7 | 16   | 13.2 | 16.2      | 16.6 | 15.6 | 16.3 | 16   | 15.9 | 16.1  | 18.5  | 15.7 | 16.7  | 16.8 | 15.7 | 16.3  | 14.7 | 16.2  | 16.5 | 16.9  | .   | 17.4 | 16.5 | 16.5  | 14.5  |
| .   | 41   | 45    | 44   | 45   | 41   | 52        | 41   | 37   | 43   | 42   | 48   | 42    | 44    | 43   | 45    | .    | 48   | 43    | 40   | 47    | 47   | 46    | .   | .    | 40   | 42    | 45    |
| .   | 69.5 | 71.5  | 69   | 69.2 | 74.6 | 86.7      | 66.2 | 61.7 | 62.3 | 62.6 | 68.6 | 59.2  | 56.3  | 64.3 | 63.5  | .    | 68.6 | 63.2  | 60.7 | 67.2  | 66.3 | 64    | .   | .    | 55.6 | 56    | 66.2  |
| .   | 81   | 78    | 81   | 100  | 100  | 62        | 74   | 70   | 95   | 85   | 91   | 78    | 94    | 96   | 88    | .    | 90   | 102   | 109  | 106   | 99   | 94    | .   | .    | 100  | 118   | 110   |



| Tabelle 22<br>Costae | juv.  |     |       |      |      | ♀     |      |       |      |       | ♂     |       |      |      |       | ♀    |     |       |      |      | ♂ |  |  |  |  |
|----------------------|-------|-----|-------|------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|-----|-------|------|------|---|--|--|--|--|
|                      | 16248 | 960 | 15648 | 4427 | 955  | 33859 | 954  | 33853 | 953  | 33886 | 33865 | 33889 | 172  | 952  | 33838 | 951  | 950 | 22074 | 4462 | 1023 |   |  |  |  |  |
| 1. Rippe             |       |     |       |      |      |       |      |       |      |       |       |       |      |      |       |      |     |       |      |      |   |  |  |  |  |
| 1. Physiol. L.       | 87    | 144 | 129   | 172  | 158  | 217   | 200* | 222   | 218* | .     | 242   | 233   | 265  | 275  | 271   | .    | 285 | 297   | 297  | 285  |   |  |  |  |  |
| 2. Gr. Länge         | 103.5 | 167 | 150   | 192  | 180  | 192   | 230* | 250   | 244* | .     | 273   | 266   | 293  | 297  | 299   | .    | 311 | 274   | 326  | 313  |   |  |  |  |  |
| 3. Gr. Breite        | 22    | 34  | 33    | 31   | 34   | 44    | 34   | 45    | 44   | .     | 46    | 37    | 42   | 46   | 44    | 40   | 48  | 51    | 40   | 44   |   |  |  |  |  |
| 4. Kl. Breite        | 6.6   | 11  | 10.6  | 13   | 13   | 16    | 18   | 17    | 17   | 17    | 18    | 21    | 17.5 | 20   | 18    | 20   | 15  | 21    | 20.5 | 20   |   |  |  |  |  |
| 4. Rippe             |       |     |       |      |      |       |      |       |      |       |       |       |      |      |       |      |     |       |      |      |   |  |  |  |  |
| 5. Gr. Länge         | 145   | 212 | 216   | 246  | 258  | 298   | 323  | .     | 339  | 313   | 377   | 347   | 359  | 377  | 368   | .    | 360 | 378   | 419  | 383  |   |  |  |  |  |
| 7. Rippe             |       |     |       |      |      |       |      |       |      |       |       |       |      |      |       |      |     |       |      |      |   |  |  |  |  |
| 6. Länge             | 187   | 268 | 269   | 323  | 331  | 379   | 382  | .     | 433  | 438   | 466   | 488   | 464  | 376  | 466   | .    | 467 | 475   | 525  | 479  |   |  |  |  |  |
| 7. Physiol. L.       | 177   | 256 | 250   | 308  | 311  | 349   | 357  | .     | 411  | 412   | 437   | 462   | 472  | 461  | 442   | .    | 445 | 450   | 502  | 462  |   |  |  |  |  |
| in % v. F            | 86    | 109 | 96    | 100  | 98   | 98    | 96   | .     | 107  | 104   | 113   | 116   | 128  | 124  | 114   | .    | 111 | 111   | 122  | 113  |   |  |  |  |  |
| 8. L. Bandm.         | 192   | 280 | 290   | 342  | 348  | 405   | 402  | .     | 461  | 470   | 508   | 522   | 464  | 509  | 502   | .    | 503 | 500   | 562  | 516  |   |  |  |  |  |
| 9. Kl. Breite        | 8     | 13  | 12.5  | 15.5 | 16.5 | 19    | 22   | .     | 22   | 22    | 25    | 21    | 23.5 | 21   | 22.5  | 21   | 25  | 26    | 26   | 26   |   |  |  |  |  |
| 10. Gr. Breite       | 16.5  | 23  | 30    | 27   | 37   | 30    | 33   | .     | 34   | 23    | 38    | 36    | 36   | 39.5 | 35    | 40   | 28  | 40    | 41   | 37   |   |  |  |  |  |
| 10. Rippe            |       |     |       |      |      |       |      |       |      |       |       |       |      |      |       |      |     |       |      |      |   |  |  |  |  |
| 11. Länge            | 175   | 256 | 264   | 318  | 334  | 380   | 406  | .     | 343  | 460   | 475   | 492   | 447  | 468  | 465   | .    | 485 | 505   | 520  | 491  |   |  |  |  |  |
| 12. L. Bandm.        | 212   | 304 | 318   | 373  | 387  | 465   | 495  | .     | 523  | 535   | 582   | 590   | 551  | 575  | 583   | .    | 590 | 585   | 622  | 585  |   |  |  |  |  |
| in % v. 11           | 121   | 119 | 120   | 117  | 116  | 122   | 122  | .     | 153  | 116   | 122   | 120   | 123  | 123  | 123   | .    | 122 | 116   | 119  | 119  |   |  |  |  |  |
| 13. Gr. Breite       | 14    | 15  | 22    | 18   | 24   | 23    | 29   | .     | 28   | 27    | 30    | 29    | 29   | 27.5 | 30    | 31.5 | 32  | 35    | 31   | 28   |   |  |  |  |  |
| 14. Rippe            |       |     |       |      |      |       |      |       |      |       |       |       |      |      |       |      |     |       |      |      |   |  |  |  |  |
| 14. Länge            | 100   | 151 | 171   | 213  | 209  | 303   | 316  | .     | 280  | 326   | 387   | 387   | 363  | 297  | 293   | 357  | 340 | 290   | 339  | 362  |   |  |  |  |  |

| Tabelle 23               | juv. |      | ♂    |     |      | +    | ♂    |      | +    |      |      |      |
|--------------------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Gewichte                 | 962  | 961  | 960  | 959 | 958  | 957  | 956  | 955  | 954  | 953  | 172  | 952  |
| 1. Femur                 | 125  | 240  | 220  | 260 | 270  | 280  | 370  | 600  | 1050 | 1190 | 1050 | 1000 |
| 2. Schädel               | .    | 390  | 500  | .   | .    | .    | .    | .    | 2070 | 2220 | 2130 | .    |
| in % v. 1                | .    | 156  | 185  | .   | .    | .    | .    | .    | 195  | 199  | 202  | .    |
| in % d. Schädellänge     | .    | 143  | 186  | .   | .    | .    | .    | .    | 506  | 539  | 500  | .    |
| in % d. Hirnschädellänge | .    | 253  | 305  | .   | .    | .    | .    | .    | 900  | 1022 | 960  | .    |
| 3. Atlas                 | 30   | 25   | 30   | .   | 50   | 50   | 80   | .    | 170  | 170  | 186  | 160  |
| in % v. 1                | 24   | 10.5 | 13.6 | .   | 18.5 | 17.8 | 21.6 | .    | 16.2 | 14.3 | 17.7 | 16   |
| 4. Scapula               | 70   | 80   | 100  | 110 | 130  | 130  | 170  | 230  | 400  | 520  | 500  | 500  |
| in % v. 1                | 56   | 33   | 45   | 42  | 53   | 46   | 46   | 38.4 | 38   | 44   | 47.6 | 41.5 |
| 5. Pelvis                | 180  | .    | 300  | 320 | 370  | 380  | 500  | 670  | 1620 | 1880 | 2050 | 1800 |
| in % v. 1                | 144  | 136  | 136  | 123 | 137  | 136  | 135  | 112  | 154  | 158  | 195  | 180  |
| in % v. 2                | .    | 66.7 | 66.7 | .   | .    | .    | .    | .    | 78.3 | 84.7 | 96.2 | .    |



| 949 | 948 Q <sub>1</sub> | 947  | 946  | 945  | 944  | 943 | 33852 | 33833 | 942  | 33863 | 1558 | 939  | 22072 | 938 | 33855 | 941  | 22078 | 2765 | 95   | 33834 | 20465 |
|-----|--------------------|------|------|------|------|-----|-------|-------|------|-------|------|------|-------|-----|-------|------|-------|------|------|-------|-------|
| 287 | 195*               | 190  | 250  | 200* | 239* | 277 | 262   | 271   | 264* | 258   | 292  | 233* | 258   | 333 | 273   | 323  | 268   | 354  | 325  | 331   | 322   |
| 318 | 219*               | 219  | 284  | 233* | 272* | 303 | 297   | 301   | 296* | 296   | .    | 317* | 290   | 364 | 308   | 347  | 305   | .    | 357  | 372   | 349   |
| 49  | 44                 | 43   | 52   | 45   | 48   | 47  | 52    | 58    | 45   | 59    | 52   | 51   | 45    | 61  | 52    | 59   | 55    | 61   | 64   | 63    | 55    |
| 22  | 19                 | 17.5 | 21   | 21   | 21   | 22  | 22    | 25    | 20   | 23    | 21   | 24   | 21.5  | 23  | 24    | 24   | 27    | 25   | 28   | 29    | 22    |
| 395 | 317                | 302  | 372  | 234  | 384  | 378 | 397   | .     | 415  | 422   | 394  | 427  | 396   | 448 | 409   | 427  | 407   | 437  | 457  | 441   | 468   |
| 510 | 404                | 393  | 482  | .    | 490  | 490 | 502   | .     | 533  | 535   | 514  | 558  | 508   | 548 | 525   | 531  | 516   | 533  | 556  | 535   | 580   |
| 481 | 378                | 365  | 456  | .    | 465  | 464 | 491   | .     | 510  | 520   | .    | 520  | 479   | 520 | 502   | 504  | 495   | .    | 530  | 500   | 550   |
| 115 | 102                | 98   | 118  | .    | 111  | 106 | 111   | .     | 120  | 123   | .    | 117  | 115   | 116 | 116   | 115  | 116   | .    | 122  | 110   | 117   |
| 554 | 418                | 408  | 495  | .    | 503  | 502 | 525   | .     | 568  | 590   | 550  | 576  | 540   | 557 | 564   | 554  | 560   | 600  | 600  | 585   | 633   |
| 25  | 21                 | 20   | 23   | .    | 21.5 | 27  | 24    | 26    | 28   | 24    | 26   | 28   | 25    | 30  | 27    | 28   | 25    | 28   | 30   | 32    | 33    |
| 43  | 30                 | 33.5 | 39   | .    | 39   | 36  | 40    | 46    | 42   | 47    | 42   | 50   | 40    | 53  | 31    | 47.5 | 47    | 48   | 51.5 | 52    | 51    |
| 497 | 401                | 396  | 475  | .    | 494  | 485 | 503   | 515   | 543  | 520   | 527  | 565  | 497   | 565 | 545   | 525  | 533   | 558  | 533  | 535   | 580   |
| 575 | 481                | 468  | 578  | .    | 578  | 587 | 575   | 645   | 644  | 620   | 570  | 660  | 615   | 669 | 655   | 628  | 640   | 617  | 647  | 645   | 705   |
| 116 | 120                | 118  | 122  | .    | 117  | 121 | 114   | 125   | 118  | 119   | 108  | 117  | 124   | 118 | 120   | 119  | 122   | 111  | 121  | 121   | 121   |
| 32  | 21                 | 25   | 29.5 | .    | 33   | 32  | 29    | 32    | 33   | 35    | 33   | 35   | 31    | 37  | 34    | 37   | 37    | 44   | 42   | 39    | 39    |
| 374 | 264                | 272  | 327  | .    | 297  | 354 | 362   | .     | 386  | 418   | 350  | 417  | 355   | 339 | 420   | 367  | 379   | 297  | 375  | 365   | 430   |

| 951  | 950  | 1023 | 949  | 948 Q <sub>1</sub> | 947  | 946  | 945  | 944  | 943  | 942  | 938  | 941  | 940  | 939  | 95   |
|------|------|------|------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 770  | 700  | 690  | 1170 | 1120               | 1056 | 1130 | 1520 | 1600 | 1700 | 1520 | 2100 | 1100 | 1100 | 1550 | 1200 |
| .    | .    | 2670 | 2560 | 2410               | .    | .    | .    | .    | 3300 | 5640 | .    | .    | .    | .    | 6255 |
| .    | .    | 273  | 209  | 217                | .    | .    | .    | .    | 190  | 355  | .    | .    | .    | .    | 522  |
| .    | .    | 627  | 582  | 602                | .    | .    | .    | .    | 718  | 1213 | .    | .    | .    | .    | 1300 |
| .    | .    | 1023 | 1012 | 1012               | .    | .    | .    | .    | 1280 | 2170 | .    | .    | .    | .    | 2400 |
| .    | 160  | 270  | .    | 170                | .    | .    | 300  | 280  | 270  | 410  | 560  | 410  | .    | .    | 490  |
| .    | 22.8 | 28.1 | .    | 15.2               | .    | .    | 19.7 | 17.5 | 15.8 | 27   | 26   | 37.2 | .    | .    | 40.8 |
| 520  | 460  | 600  | 820  | 400                | 410  | 400  | 800  | 700  | 750  | 990  | 1400 | .    | .    | 1080 | 1200 |
| 67.5 | 66   | 62.5 | 70   | 35.6               | 39   | 35.4 | 52.5 | 43.7 | 44   | 65   | 67   | .    | .    | 69.6 | 100  |
| 1850 | 1300 | 2750 | 2750 | 1700               | 1500 | 1450 | 2750 | 2700 | 2750 | 3350 | 4400 | .    | 2200 | 3400 | 2650 |
| 240  | 186  | 297  | 244  | 152                | 143  | 128  | 180  | 169  | 162  | 220  | 210  | .    | 200  | 220  | 220  |
| .    | .    | 103  | 107  | 70.5               | .    | .    | .    | .    | 83.3 | 59.4 | .    | .    | .    | .    | 42.4 |



## Inhaltsübersicht.

|                                                         | Seite |
|---------------------------------------------------------|-------|
| Einleitung . . . . .                                    | 553   |
| Material . . . . .                                      | 559   |
| Altersbestimmung . . . . .                              | 562   |
| Technik . . . . .                                       | 566   |
| Schädel . . . . .                                       | 570   |
| Femur . . . . .                                         | 576   |
| Die Länge des Oberschenkels als Vergleichsmaß . . . . . | 578   |
| Form des Femur . . . . .                                | 583   |
| Patella . . . . .                                       | 583   |
| Humerus . . . . .                                       | 587   |
| Tibia . . . . .                                         | 590   |
| Fibula . . . . .                                        | 590   |
| Radius-Ulna . . . . .                                   | 594   |
| Carpus . . . . .                                        | 596   |
| Metacarpus . . . . .                                    | 600   |
| Tarsus . . . . .                                        | 601   |
| Metatarsus . . . . .                                    | 602   |
| Phalangen . . . . .                                     | 603   |
| Scapula . . . . .                                       | 603   |
| Pelvis . . . . .                                        | 608   |
| Grundlagen der Untersuchung der Beckenform . . . . .    | 611   |
| Beckenrahmen . . . . .                                  | 616   |
| Caudaler Beckenteil . . . . .                           | 620   |
| Einzelteile . . . . .                                   | 624   |
| Variabilität . . . . .                                  | 624   |
| Alters- und Geschlechtsmerkmale . . . . .               | 625   |
| Wirbelsäule . . . . .                                   | 626   |
| Atlas . . . . .                                         | 629   |
| Epistropheus . . . . .                                  | 632   |
| Cervicalwirbel . . . . .                                | 633   |
| Thorakalwirbel . . . . .                                | 636   |
| Costae . . . . .                                        | 639   |
| Lumbalwirbel . . . . .                                  | 641   |
| Sacrum . . . . .                                        | 642   |
| Caudalwirbel . . . . .                                  | 643   |
| Zusammenfassung . . . . .                               | 649   |
| Erklärung der Tabellen . . . . .                        | 657   |
| Tabellen . . . . .                                      | 677   |
| Erklärung der Tafeln . . . . .                          |       |



## Erklärung der Tafeln.

### Tafel I—III.

Die photographischen Abbildungen sollen in Auswahl charakteristische Altersveränderungen am Skelett zeigen. Es wurden jeweils Stücke abgebildet, die die Alterserscheinung deutlich zeigen. In manchen Fällen soll lediglich die Gesamterscheinung des Knochens, in anderen die Veränderungen der Formverhältnisse größerer Knochenpartien gezeigt werden. Dementsprechend ist die Verkleinerung verschieden groß gewählt. Die jeweils zu vergleichenden Stücke sind jedoch stets in genau dem gleichen Maßstab verkleinert und möglichst in genau der gleichen Lage aufgenommen.

Im Text ist auf die photographischen Bilder hingewiesen durch die Abkürzung Abb. 1—24; die Strichzeichnungen sind im Text als Fig. 1—44 bezeichnet.

### Tafel I.

- Abb. 1. Schädel des 6 jährigen Stieres 942. Frontalansicht.
- Abb. 2. Derselbe Schädel. Ventralansicht.
- Abb. 3. Schädel eines 3 Monate alten ♂ Kalbes (960). Frontalansicht.
- Abb. 4. Schädel eines sehr alten Stieres (95). Frontalansicht.
- Abb. 5. Schädeldach eines etwa 10 Monate alten ♂ Kalbes. Ventralansicht. — Schon in diesem jugendlichen Alter ist der Anteil des Gehirndaches an der Stirnfläche gering.
- Abb. 6. Atlas, craniale Ansicht. — Oben: 3 Mon. altes ♂ Kalb (960); unten: Sehr alter Stier (95). — Vergleiche Fig. 38—42 im Text.
- Abb. 7. Atlas, ventrale Ansicht. — Von rechts nach links: 3 Mon. altes ♂ Kalb (960); 2 jähr. Stier (938); 6 jähr. Stier (942); sehr alter Stier (95); 6 jähr. Kuh (172).
- Abb. 8. 1. und 2. Rückenwirbel, craniale Ansicht. — Links: 3 Mon. altes ♂ Kalb (960); 7 jähr. Stier (938).
- Abb. 9. Dritter Lendenwirbel, craniale Ansicht. — Oben: 7 jähr. Stier (938); Mitte: 6 jähr. Kuh (172); unten 3 Mon. altes ♂ Kalb (960).
- Abb. 10. Kreuzbein, von der linken Seite. — Links: 3 Mon. altes ♂ Kalb (960); rechts: 7 jähr. Stier (938).

### Tafel II.

- Abb. 11. Linkes Os femoris, Vorderansicht. — Von rechts nach links: 3 Mon. altes ♂ Kalb (960); 2 jähr. Stier (938); 6 jähr. Stier (942); sehr alter Stier (95); 7 jähr. Kuh (952).
- Abb. 12. Linker Humerus, laterale Ansicht. — Von rechts nach links: 3 Mon. altes ♂ Kalb (960); 2 jähr. Stier (948); 6 jähr. Stier (942); sehr alter Stier (95); 7 jähr. Kuh (952).
- Abb. 13. Rechte Unterarmknochen, laterale Ansicht. — Von links nach rechts: 3 Mon. altes ♂ Kalb (960); sehr alte Kuh (950); 6 jähr. Stier (942); sehr alter Stier (95).



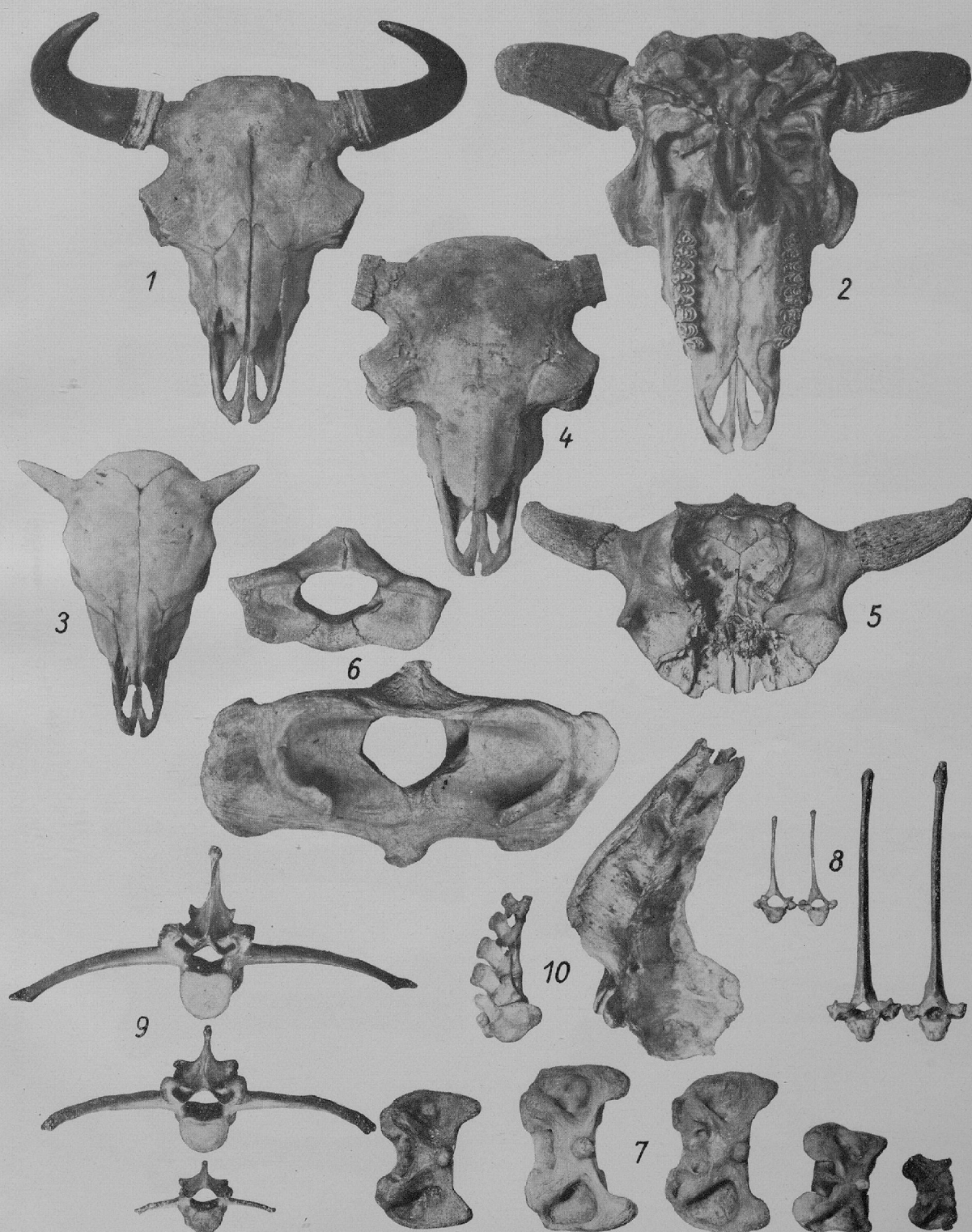
- Abb. 14. Rechte Metacarpalia, Vorderansicht. — Von links nach rechts: 3 Mon. altes ♂ Kalb (960); 3 jähr. Kuh (953); 8 jähr. Kuh (950); 2 jähr. Stier (948); 10 jähr. Stier (940); sehr alter Stier (95).  
 Abb. 15. Rechte Metatarsalia, Vorderansicht. — Von links nach rechts: 3 Mon. altes ♂ Kalb (960); 8 jähr. Kuh (950); 8 jähr. Stier (941).  
 Abb. 16. Rechter Astragalus. — Rechts: 3 Mon. altes ♂ Kalb (960); links: 7 jähr. Stier (938).  
 Abb. 17. Rechter Calcaneus. — Rechts: 3 Mon. altes ♂ Kalb (960); links: 7 jähr. Stier (938).

## Tafel III.

- Abb. 18. Rückenwirbelsäule. — 3 Mon. altes ♂ Kalb (960).  
 Abb. 19. Rückenwirbelsäule. — 3 jähr. Stier (945).  
 Abb. 20. Rückenwirbelsäule. — 7 jähr. Stier (938).  
 Abb. 21. Rechte Rippen, mediale Fläche. — 7 jähr. Stier (938).  
 Abb. 22. Becken, laterale Ansicht. — 3 Mon. altes ♂ Kalb (960); 6 jähr. Kuh (172); sehr alter Stier (95).  
 Abb. 23. Becken, dorsale Ansicht. — Von links nach rechts: Sehr alter Stier (95); 6 jähr. Stier (942); 2 jähr. Stier (948); 3 Mon. altes ♂ Kalb (960); 6 jähr. Kuh (172).  
 Abb. 24. Becken, oroventrale Ansicht. — Links: 6 jähr. Kuh (172); Mitte: Sehr alter Stier (95); rechts: 3 Mon. altes ♂ Kalb (960).



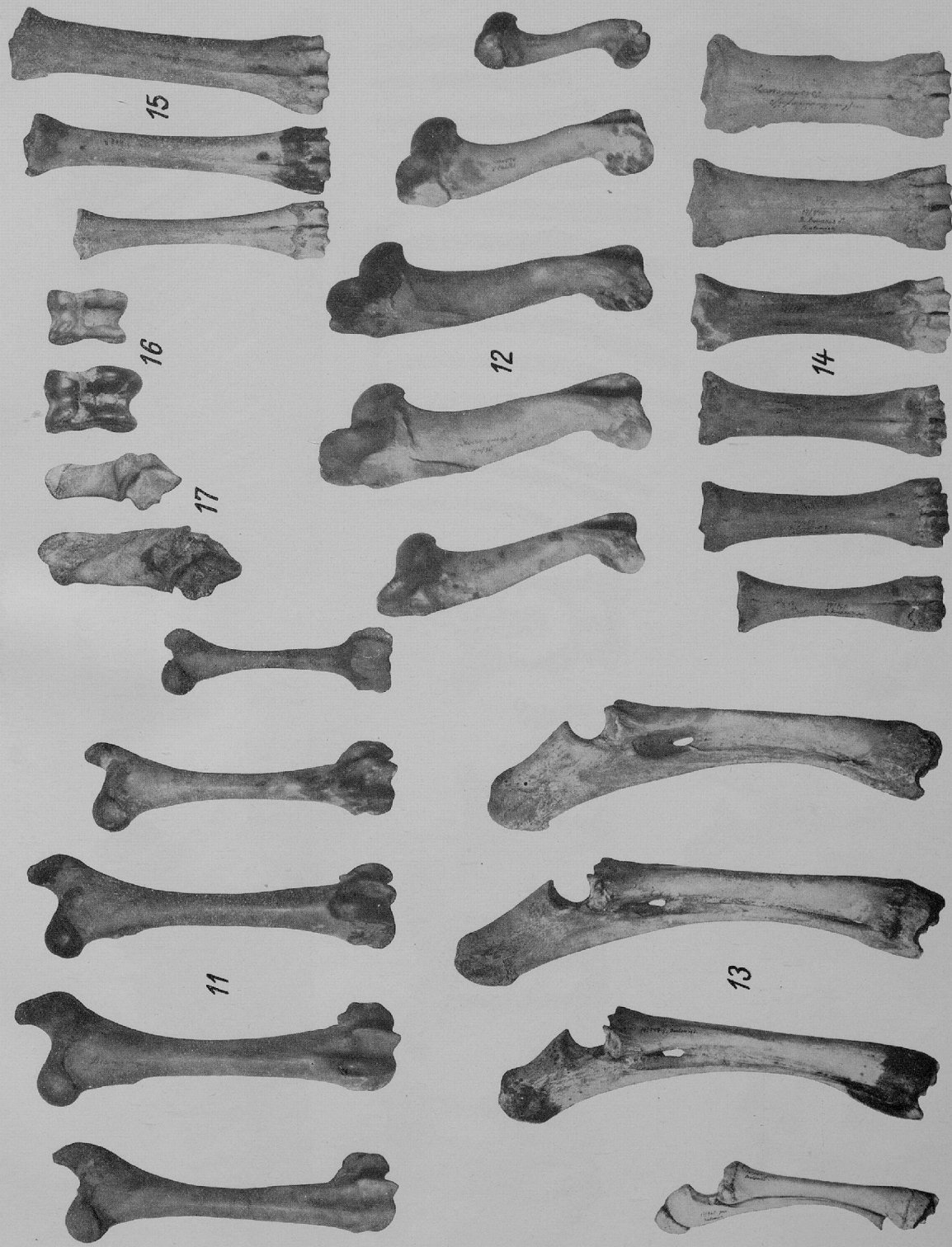
*E. Stechow, Naturgesch. Lith., 15. Abh. — W. Koch, Wachst.- u. Altersveränd. a. Skel. d. Wisents.*











Abh. d. math.-naturw. Abt. Suppl.-Bd. 15. Abh.

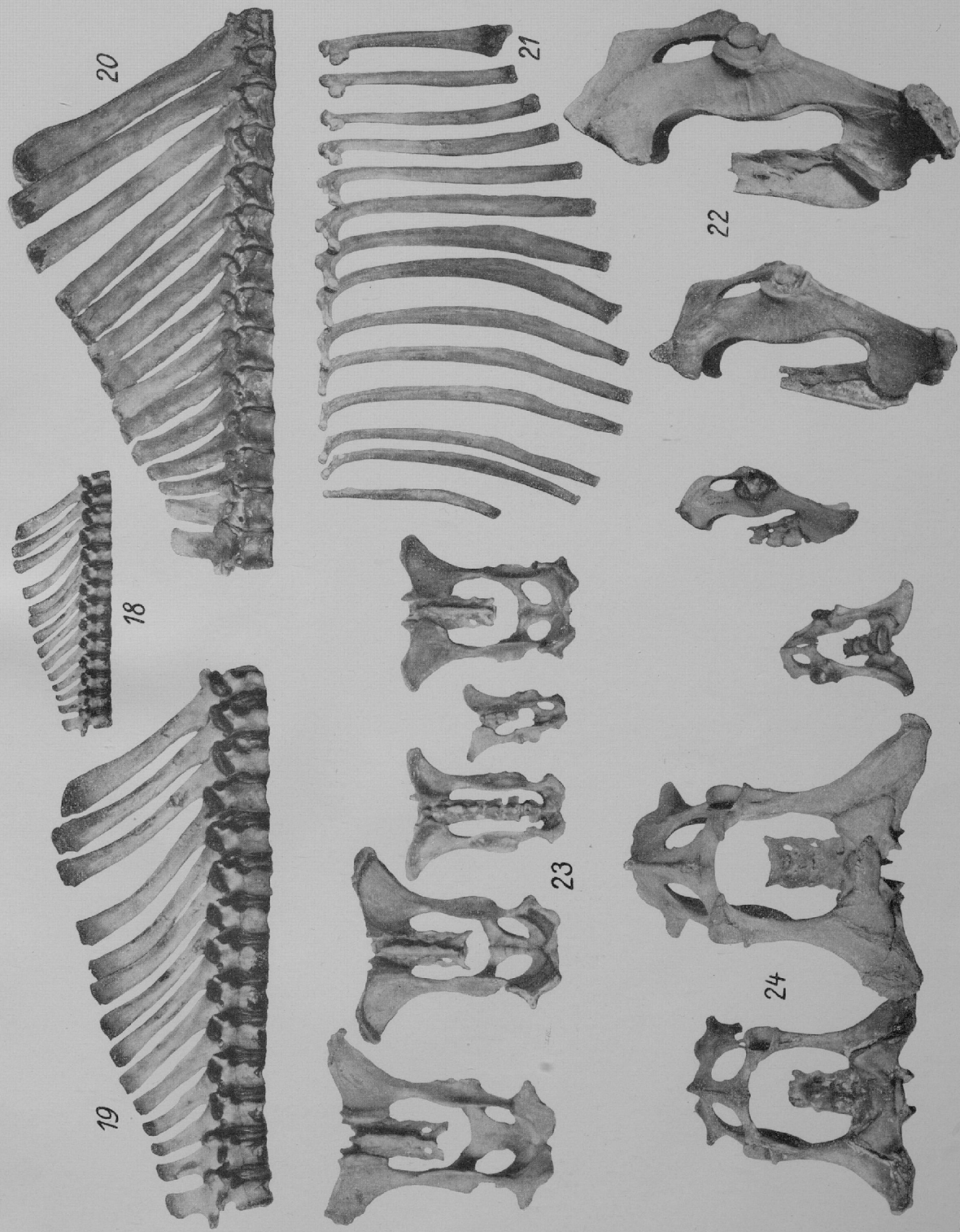






TAFEL 3.

E. Stechow, *Naturgeschichte Lithauens*, 15. Abh. — W. Koch, *Wachstums- und Altersveränderungen am Skelett des Wisents*.



Abh. d. math.-naturw. Abt. Suppl.-Bd. 15. Abh.