Beitr. naturk. Forsch. SüdwDtl.	Band 35	S. 181–188	Karlsruhe, 1. 11. 1976

Das Endocranialvolumen der Pongiden (Mammalia: Primates)[1][2]

von RALF ANGST

Gehirn und Muskulatur sind die wesentlichen Faktoren, die die Gestaltung des Säugetierschädels während des postnatalen Wachstums beeinflussen. Die Schädelkapazität ist am Skelett das bestmögliche Maß für die Gehirngröße und als solches spielt sie eine wesentliche Rolle im Schrifttum über fossile Hominiden und die Evolution des Menschen (SCHULTZ 1965). Im Rahmen weiterreichender Untersuchungen an Primaten war die Nachuntersuchung des Hirnschädelvolumens bei den Menschenaffen vom jugendlichen bis zum erwachsenen Altersstadium notwendig. In der vorliegenden Studie sollen neu ermittelte Meßergebnisse mit in der Literatur veröffentlichten Daten verglichen und diskutiert werden.
Es standen insgesamt 388 Schädel der Arten *Pongo pygmaeus* (LINNE, 1760), *Gorilla gorilla* (SAVAGE and WYMAN, 1847) und *Pan troglodytes* (BLUMENBACH, 1799) zur Verfügung. Bei den Orangs sind Tiere aus Sumatra *(P. p. abeli)* und Borneo *(P. p. pygmaeus)* zusammengefaßt, da in sehr vielen Fällen das Ursprungsland nicht mehr feststellbar war. Etwas mehr als die Hälfte der Gorillaschädel stammt von Vertretern der westlichen Unterart *(G. g. gorilla)*. Der Rest kommt aus dem östlichen Verbreitungsgebiet *(G. g. beringei)*. Die Schimpansen gehören zu knapp 40% zur Unterart *P. t. verus*, zu annähernd 30% zu *P. t. schweinfurthi* und zu ungefähr 25% zu *P. t. troglodytes*. Die Unterartzugehörigkeit eines kleineren Teiles ist unbestimmt.
Mit Ausnahme sehr junger Individuen, die nur kurze Zeit in Gefangenschaft gelebt hatten, wurden nur Schädel von dem Freileben entnommenen Primaten berücksichtigt. Das untersuchte Material stammt aus folgenden Museen und Instituten:

Zoologische Staats-Sammlung, München; Naturmuseum Senckenberg, Frankfurt; Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren; Anthropologisches Institut, Frankfurt; Institut für Anthropologie und Humangenetik, München; Naturhistorisches Museum, Wien; Rijksmuseum van Natuurlijke Historie, Leiden; Staatl. Museum für Naturkunde, Stuttgart; Max-Planck-Institut für Hirnforschung, Frankfurt; Institut de Zoologie, Louvain; Städtisches Museum, Wiesbaden; Anthropologisches Institut, Gießen; Anatomisches Institut, Frankfurt; Hessisches Landesmuseum, Darmstadt; Landessammlungen für Naturkunde, Karlsruhe; Zool. Forschungsinstitut Alexander Koenig, Bonn; Zoologisches Staatsinstitut und Museum, Hamburg. – An dieser Stelle sei den Mitarbeitern all dieser Institutionen für Ihre Hilfe gedankt. Mein besonderer Dank für Unterstützung gilt den Herren Prof. Dr. H. HOFER, Covington, Louisiana und Dr. H. FELTEN, Frankfurt.

Die Schädel wurden entsprechend dem Alter der Individuen in 5 Gruppen eingeteilt. Zur relativen Altersbestimmung diente in erster Linie die Durchbruchsfolge der einzelnen Zähne des Milch- und Dauergebisses. Außerdem wurde der Obliterationszustand verschiedener Schädelnähte, besonders der Basi-Exoccipitalnähte und der Synchondrosis sphenooccipitalis bei der Beurteilung mit herangezogen.

---

[1]) Zum Gedenken an Herrn Prof. Dr. PETER KRAMP †, ehemals Direktor des Anthropologischen Instituts der Universität Frankfurt.
[2]) Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Es werden unterschieden:

1. infantil:	Die Cranien besitzen nur Milchzähne. Dauerzähne sind noch nicht vorhanden.
2. juvenil:	Die ersten Molaren der zweiten Dentition sind durchgebrochen.
3. subadult:	Die Incisiven, die zweiten Molaren und die Prämolaren des Dauergebisses brechen durch.
4. jung adult:	Die Eruption der dritten Molaren und der Canini des Dauergebisses findet statt.
5. adult:	Die vollständige zweite Dentition ist vorhanden.

Auf eine weitere Aufsplitterung der adulten Schädel wurde verzichtet (vgl. dagegen GAUL 1933, RANDALL 1943), weil keine signifikanten Unterschiede in den Kapazitätswerten vollkommen ausgewachsener und seniler Individuen erkennbar waren.
Da die Geschlechtsangaben vieler Schädel nicht überliefert waren, mußte die Geschlechtszugehörigkeit häufig nachbestimmt werden. Bei Cranien ausgewachsener Menschenaffen ließ sich dank wohl ausgeprägter sekundärer Geschlechtsmerkmale einfach feststellen, ob sie zu männlichen oder weiblichen Tieren gehörten. Nur in wenigen Fällen war das Geschlecht adulter Schimpansenschädel nicht eindeutig zu ermitteln.
Die Geschlechtszugehörigkeit kindlicher und jugendlicher Primatenschädel ließ sich meistens nicht mit Sicherheit bestimmen (vgl. SELENKA 1898). Deshalb mußten in den Jungtiergruppen beide Geschlechter zusammengefaßt werden.

Die Frage der günstigsten Meßmethode zum Ermitteln des Hirnschädelvolumens wurde im anthropologischen Schrifttum ausführlich diskutiert. Da sich eine relativ genaue Volumensmessung mit Flüssigkeiten bei den meisten Schädeln verbietet, ist man auf feste körnige Substanzen angewiesen wie z.B. Bleischrot (BROCA 1873), Senfkörner (BREITINGER 1936, 1953), Rübsamen (MOLLISON 1932) oder Erbsen (BARTELS 1896). Kunststoffkörner sind wegen ihrer Tendenz zu elektrischer Aufladung ungeeignet. Es ist verständlich, daß beim Gebrauch verschiedener Materialien mit unterschiedlichem spezifischem Gewicht und voneinander abweichender Korngröße teilweise beträchtliche Differenzen des Meßergebnisses am selben Schädel auftreten, die oft durch unterschiedliche Handhabung der einzelnen Methoden bei den Bearbeitern vergrößert werden. Differenzen können sogar an Meßergebnissen, die unter denselben Voraussetzungen am gleichen Material zu verschiedener Zeit gewonnen wurden, vorkommen (HAGEDOORN 1926, ZUCKERMAN 1928). Diese Probleme wurden am Beispiel *Homo* so gründlich und oft behandelt, daß eine weitere Erörterung an dieser Stelle nicht notwendig ist (siehe BROCA 1873, SCHAEFER 1963, SZOMBATHY 1914, TODD 1923 u.a.).
Die untersuchten Schädel sind sehr verschieden groß. Da für das gesamte Material die gleiche Meßmethode angewandt werden sollte, mußte zur Volumensbestimmung der Endocranialräume ein kleinkörniges Füllmaterial gewählt werden, um auch die Werte kleiner Jungtierschädel möglichst genau zu erfassen. Als brauchbar erwies sich Rübsamen (vgl. MOLLISON 1932, RANDALL 1943, SCHULTZ 1940, 1941 a, b, 1942, 1965). Die einzelnen Körner haben einen Durchmesser von ungefähr 1,5 mm.
Vor der Messung wurden die Endocranialräume abgespiegelt, Schmutz und Fleischreste sorgfältig entfernt und die kleinen Öffnungen des Hirnschädels mit Wattepfropfen verstopft. Durch das Foramen occipitale magnum konnten dann mit einem Trichter die Rübsenkörner in den Hirnraum des auf der Dorsalseite liegenden Calvariums eingefüllt werden. Zum Verdichten der Samen wurde einige Zeit mit einem Gummihammer erschüttert, bis keine Körner mehr Platz fanden. Durch leichte Bewegungen des Schädels während des Klopfens ließ sich

erreichen, daß die ventralen Räume der Basis, die beim Meßvorgang nach oben gekehrt waren, sich ganz mit Körnern füllten.
Die so ermittelte Rübsenmenge wurde in einem Meßzylinder auf die gleiche Weise verdichtet und gemessen. Für Menschenaffen diente ein Meßzylinder von 250 cm^3 Fassungsvermögen. Größere Mensuren bringen durch gröbere Graduierung erhebliche Maßabweichungen. Das Hirnraumvolumen jedes Schädels wurde mindestens zweimal bestimmt.
Ein genaueres Verfahren, die Menge der ins Endocranium eingefüllten Samen durch Wägung zu bestimmen (CIPRIANI 1950, HAMBLEY 1947), konnte wegen seiner Umständlichkeit auf Reisen zu verschiedenen Instituten nicht angewandt werden. Gegenüber Wasserfüllung der Schädelräume kann die hier gebrauchte Methode mit Rübsamen geringfügig höhere Meßwerte liefern (vgl. TODD und KUENZEL 1925).
Wenn man jedoch zum relativen Größenvergleich mit Schädelstrecken die Größe des Hirnraumes heranzieht, kann man statt des Hohlraummaßes dessen dritte Wurzel benützen. Die Einflüsse all dieser Meßungenauigkeiten treten am linearen Maß nur geringfügig in Erscheinung.
Stark beschädigte oder median eröffnete Schädel wurden nicht gemessen. Kalottierte Calvarien lieferten nur dann verwertbare Ergebnisse, wenn das Schädeldach so abgemeißelt war, daß kein Substanzverlust der Schädelwand das Meßergebnis beeinträchtigte.

Pongo pygmaeus

An Orang-Utanschädeln wurden folgende Endocranialraumgrößen festgestellt[3]):

infantil:	n = 20,	M = 346,2 cm^3,	V = 240–430
juvenil:	n = 18,	M = 372,7 cm^3,	V = 301–422
subadult ♀♀:	n = 11,	M = 390,8 cm^3,	V = 322–493
jung adult ♀♀:	n = 5,	M = 357 cm^3,	V = 329–413
adult ♀♀:	n = 23,	M = 383,7 cm^3,	V = 302–455
subadult ♂♂:	n = 7,	M = 369,9 cm^3,	V = 343–407
jung adult ♂♂:	n = 6,	M = 418,7 cm^3,	V = 384–434
adult ♂♂:	n = 31,	M = 433,2 cm^3,	V = 353–545

Ein Teil dieser Serie entstammt der SELENKA-Sammlung in München, über die bereits Messungen von SELENKA (1898) und GAUL (1933) vorliegen. An den Schädeln wurden inzwischen wiederholt die Sammlungsnummern geändert, so daß die Meßergebnisse der beiden Autoren nur nach Betrachtung des Originalmaterials vergleichbar sind. Die Volumensangaben GAUL's stimmen mit den meinigen überein. An den nachgemessenen Schädeln zeigten sich im Durchschnitt Abweichungen von nur 4 bis 5 cm^3 Auch SELENKA's Messungen entsprechen weitgehend den meinigen. Hin und wieder erhielt ich höhere Werte als er, was sich vermutlich darauf zurückführen läßt, daß bei früheren Messungen noch Fleischreste im Endocranialraum waren. SELENKA gibt zweimal für dieselben Schädel verschiedene Kapazitäten an.

HRDLICKA (1907) trug Kapazitätsangaben aus dem älteren Schrifttum zusammen. Eine weitere Zusammenstellung der Mittelwerte und der Variationsbreite des Hirnschädelvolumens einer größeren Anzahl Orangschädel aus der Literatur gibt SCHULTZ (1941 b). Die Werte für 47 adulte ♀♀ betragen nach seiner Messung M = 336,6 cm^3 (V = 276–425) und für 52 adulte ♂♂ M = 416,4 cm^3 (V = 334–502).
SELENKA (1898) nennt höhere Werte: ♀♀ M = 390 cm^3 (V = 300–490); ♂♂ M = 420 cm^3 (V = 360–530). GAUL, der SELENKA's Sammlung ein zweites Mal bearbeitete, ermittelte für

[3]) in folgendem: n = Anzahl der Schädel, M = Mittelwert, V = Variationsgrenzen.

59 erwachsene ♀♀ M = 389,9 cm³ (V = 304–494) und für 36 adulte ♂♂ M = 434,1 cm³ (V = 343–523). SCHULTZ deutet die höheren Kapazitätswerte GAUL's als Folge unterschiedlicher Zusammensetzung der Serien, da SELENKA (1898) nachgewiesen hat, daß das Hirnschädelvolumen bei den einzelnen Orangpopulationen beträchtlich variiert. Das wird auch durch den Vergleich mit den Mittelwerten, die ASHTON und SPENCE (1958) bekannt gaben, bestärkt: 30 erwachsene ♂♂ M = 415 cm³, 18 adulte ♀♀ M = 370 cm³ HRDLICKA (1907) nennt als Mittelwert für 11 adulte ♂♂ 450 cm³ (V = 405–540) und für 11 adulte ♀♀ 353 cm³ (V = 320–400).
Die untere Variationsgrenze erwachsener Männchen soll nach Messungen von OPPENHEIM (1912): 320 cm³ und HILL (1939): 300 cm³ bei einem Tier aus Borneo, noch tiefer liegen als bei den Serien von SCHULTZ.
Meinen Höchstwert (545 cm³) maß ich an einem männlichen Tier ohne Scheitelkamm (Zool. Staats-Slg. München Nr. 1907/482). Er bestätigt HRDLICKA's (1907) Angabe von 540 cm³. Einen verhältnismäßig hohen Volumenswert eines großen Orangmannes gibt BISCHOFF (1867) mit 575 cm³ an.
Das Hirnschädelvolumen des Orang-Utans dürfte also bei ♀♀ ungefähr zwischen 275 und 500 cm³ und bei ♂♂ zwischen 300 und 570 cm³ variieren.

Gorilla gorilla

Unter allen Primaten wurde mit Ausnahme von *Homo* die Kapazität des Gorillas am gründlichsten untersucht. SCHULTZ (1950, 1962, 1965) und TOBIAS (1967) stellten die im Schrifttum veröffentlichten Meßwerte zusammen und diskutierten sie ausführlich.

Meine Messungen lauten:

infantil:	n = 11,	M = 450,7 cm³,	V = 390–523
juvenil:	n = 26,	M = 473,8 cm³,	V = 405–545
subadult ♀♀:	n = 2,	M = 434 cm³,	V = 395 u. 473
jung adult ♀♀:	n = 2,	M = 463 cm³,	V = 431 u. 495
adult ♀♀:	n = 27,	M = 482,6 cm³,	V = 403–583
subadult ♂♂:	n = 5,	M = 513,8 cm³,	V = 472–565
jung adult ♂♂:	n = 6,	M = 564,3 cm³,	V = 506–644
adult ♂♂:	n = 38,	M = 565,2 cm³,	V = 440–672

Für 400 Schädel erwachsener männlicher Gorillas, deren Kapazitätswerte publiziert sind, errechnete SCHULTZ (1950) einen Mittelwert von 534,8 cm³ Die Variationsbreite reicht von 420 bis 752 cm³ In einer neueren Arbeit (1965) konnte er diesen Mittelwert bestätigen und die Variationsgrenze nach unten auf 412 cm³ erweitern.
Für 173 adulte ♀♀ errechnete SCHULTZ (1950) den Mittelwert 458,0 cm³ bei einer Variabilität von 340 bis 595 cm³
In meiner Serie wurden sowohl Minima als auch Maxima bei ♂♂ sowie bei ♀♀ nur an Vertretern der westlichen Unterart *(G. g. gorilla)* gemessen. In jedem Fall handelte es sich um normal gestaltete Schädel älterer Tiere ohne auffällige Besonderheiten. Der männliche Schädel, an dem ich mein Maximum ermittelte, war besonders groß (Senckenberg-Museum Nr. 3254). Für das Tier gleichen Geschlechts mit der kleinsten Schädelkapazität (Hess. Landesmuseum Darmstadt) trifft das Gegenteil zu.
TOBIAS (1967) bezeichnet den Höchstwert der Kapazität des Gorillas von 752 cm³ (SCHULTZ 1962) als Ausnahme. SCHULTZ (1965, p. 345) macht jedoch darauf aufmerksam, daß: „The largest of all capacities among male gorillas is not as isolated as it appears " (er bezieht sich auf eine Abbildung, l. c. p. 343), weil sich hohe Werte der Messungen anderer Autoren daran anschließen: 685 und 680 cm³ (RANDALL 1943/44), 672 und 635 cm³ (vorliegende Untersuchung), 655 cm³ (BOLK 1925, zitiert nach SCHULTZ 1962), 652 cm³ (HARRIS 1926).

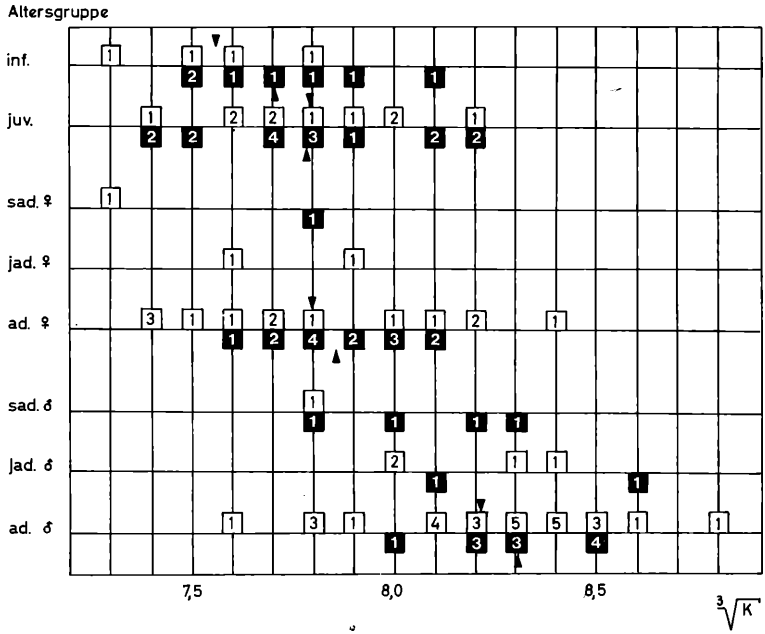

Abb. 1: Wachstum und Variabilität der Schädelkapazität beim Gorilla. Zur Vereinfachung wurde die Kubikwurzel der Volumenswerte dargestellt.

Helle Felder: *Gorilla gorilla gorilla,* dunkle Felder: *Gorilla gorilla beringei.* Die Ziffern in den Feldern geben jeweils die Anzahl der Individuen an, die den betreffenden Wert als Mittelwert haben. Die Pfeile kennzeichnen die Lage des arithmetischen Mittels einer Felderreihe. Jungtiere sind jeweils mit älteren ♂♂ oder ♀♀ kombiniert zu betrachten, so daß der Zeichnung zwei Wachstumskurven zu entnehmen sind.

Die Meßwerte der beiden Gorilla-Unterarten unterscheiden sich geringfügig (Abb. 1). Bei der westlichen Form liegt der Kapazitätsmittelwert für 13 ♀♀ bei 477,3 cm³ und für 27 ♂♂ bei 561,2 cm³. Die Werte der östlichen Form sind etwas größer. Das Mittel von 14 ♀♀ errechnet sich auf 487,4 cm³ und von 11 ♂♂ auf 574,6 cm³.

Pan troglodytes

Meine an Schimpansen ermittelten Kapazitätswerte sind:

infantil:	n = 22,	M = 336,1 cm³,	V = 258–403
juvenil:	n = 32,	M = 375,9 cm³,	V = 298–455
subadult:	n = 21,	M = 388,0 cm³,	V = 315–467
jung adult ♀♀:	n = 5,	M = 367,2 cm³,	V = 314–417
adult ♀♀:	n = 33,	M = 387,5 cm³,	V = 308–485
jung adult ♂♂:	n = 5,	M = 420 cm³,	V = 385–444
adult ♂♂:	n = 32,	M = 408,0 cm³,	V = 305–483

Mein Durchschnittswert für adulte ♂♂ bestätigt die Mittelwerte von 399,5 cm³ (V = 325–500) bei 34 Tieren nach ZUCKERMAN (1928), von 404,3 cm³ (V = 350–470) nach OPPENHEIM (1912) und von 410 cm³ nach ASHTON u. SPENCE (1958). SELENKA (1898) maß im Durchschnitt 420 cm³ (V = 350–480).

Für weibliche Schädel nennt SELENKA einen Mittelwert von 390 cm³ (V = 320–450), der dem meinigen entspricht. ZUCKERMAN maß im Mittel bei 27 Individuen 365,8 cm³ (V = 290–455). ASHTON u. SPENCE geben 380 cm³ an. SCHULTZ (1965, s. a. 1940) erhielt für beide Geschlechter geringere Werte: 45 adulte ♂♂ M = 381 cm³ (V = 292–454) und 57 adulte ♀♀ M = 350 cm³ (V = 282–415). Er führt die Differenz neben dem Gebrauch unterschiedlicher Füllmittel bei der Mensuration darauf zurück, daß die einzelnen Bearbeiter verschiedene geographische Formen berücksichtigten. VALLOIS (1954) nennt als kombiniertes Mittel beider Geschlechter 393,8 cm³ (V = 320–480).
Die Hirnschädelkapazität variiert nach den zitierten Daten bei ♀♀ zwischen 282 und 485 cm³ und bei ♂♂ zwischen 292 und 500 cm³.
Die Unterartzugehörigkeit stand bei 61 der adulten Schädel fest. Folgende Mittelwerte konnten errechnet werden:

	n ♀♀	M ♀♀	n ♂♂	M ♂♂
Pan troglodytes verus	13	371,7 cm³	11	404,2 cm³
Pan troglodytes troglodytes	9	376,9 cm³	10	400,6 cm³
Pan troglodytes schweinfurthi	9	414,8 cm³	9	420,2 cm³

Beim Vergleich zeigt sich, daß die Volumenswerte der östlichen Unterart *(P. t. schweinfurthi)* entsprechend bedeutender Körpergröße am höchsten liegen, während sich die beiden anderen Unterarten weitgehend gleich verhalten.

Zusammenfassende Betrachtung

Wenn man die behandelten Primatengattungen gemeinsam betrachtet und ihre Kapazitätswerte mit den im Schrifttum veröffentlichten vergleicht, wird verständlich, daß für Reihen jugendlicher Primaten keine allgemein gültigen Mittelwerte und Variationsgrenzen angegeben werden können, weil jede Alterseinteilung wegen fließender Übergänge subjektiv bleiben muß. Bei allen hier untersuchten Gattungen können sehr junge Individuen, die noch keine Dauerzähne besitzen, absolut ebenso große Endocranialräume haben wie erwachsene Exemplare (Abb. 1). Im Extremfall kann der Kapazitätswert kindlicher Primaten sogar weit über dem Mittel der erwachsenen liegen (GRIMM 1941).
Überdurchschnittlich hohe Schädelvolumina adulter Gorillas kommen nahe an die untere Grenze des Variabilitätsbereichs der *Homo erectus*-Gruppe heran (TOBIAS 1967). Dabei erreichen sie KEITH's „zerebralen Rubicon" (SCHULTZ 1962), der mit etwa 800 cm³ die theoretische Grenze zwischen menschlichen und simischen Kapazitäten darstellen soll (VALLOIS 1954). Diese theoretische Grenze ist deshalb und weil sie die Australopithecinen, die als Subfamilia der Hominiden gelten können (HEBERER 1965), nicht berücksichtigt, wertlos. Sie kann bestenfalls für relative Volumenswerte Bedeutung haben (vgl. VALLOIS 1954). Der geschätzte Kapazitätsmittelwert von 7 Australopithecinen liegt tiefer als bei Gorillas (TOBIAS 1967).
Der Verlauf der Wachstumskurven ähnelt sich bei allen drei Pongidengattungen. Bereits SELENKA (1898) berichtet, daß das Wachstum der Schädelkapsel bei den drei Menschenaffen ungefähr gleichen Schritt hält. „Nach Ausbildung des Milchgebisses ist die Kapazität auf ca. 80 bis 86%, beim Durchbruch des zweiten Molaren bereits auf 94 bis 97% der definitiven Größe gestiegen" (l. c. p. 104).
Männliche Serien haben im Mittel absolut größere Endocranialräume als weibliche. Das kommt in der Abbildung und in den Wertezusammenstellungen bei jugendlichen Schädeln nicht zum Ausdruck, weil beide Geschlechter kombiniert wurden. Es ist aber bei infantilen *Nasalis*-Schädeln (ANGST 1967) angedeutet. Bei dieser Colobidenart liegt das Mittel von 8 in-

fantilen ♂♂ bei 81,7 cm³ und von 9 infantilen ♀♀ bei 79,6 cm³ Ähnliches ist auch von *Gorilla, Pan* und *Pongo* (SCHULTZ 1941b, 1950, 1965) und bei *Homo* (BÖNING 1924, PFISTER 1903) bekannt.

Summary

In connexion with a more extended research program endocranial capacity of the Pongidae was measured and the results were discussed with those cited in literature.
In adult apes the following endocranial volumes were found at an average: orang-utan: ♂♂ 433,2 cm³, ♀♀ 383,7 cm³; gorilla: ♂♂ 565,2 cm³, ♀♀ 482,6 cm³; chimpanzee: ♂♂ 408,0 cm³, ♀♀ 387,5 cm³
Skulls of mountain gorillas have slighthly greater capacities than those of members of the western subspecies.
Among the three subspecies of chimpanzees the measurements of the skull capacity are absolutely highest in *Pan troglodytes schweinfurthi.*

Literatur

ANGST, R., 1967: Zum Wachstum des Hirnschädelvolumens des Nasenaffen (Nasalis larvatus) während der postnatalen Ontogenese. Senckenbergiana biol. 48, 145–152.

ASHTON, E. H. and SPENCE, T. F., 1958: Age changes in the cranial capacity and Foramen magnum of hominoids. Proc. zool. Soc. London 130, 169–181.

BARTELS, P., 1896: Eine neue Methode der Capazitätsbestimmung des Schädels. Verh. Berlin Ges. Anthrop. Ethnol. Urgesch., Z. Ethnol. 28, (256)–(262).

BISCHOFF, T. L., 1867: Ueber die Verschiedenheit in der Schädelbildung des Gorilla, Chimpansé und Orang-Outang, vorzüglich nach Geschlecht und Alter, nebst einer Bemerkung über die Darwinsche Theorie. München, 96pp.

BÖNING, H., 1924: Zur Kenntnis des Spielraums zwischen Gehirn und Schädel. Z. Neurol. 94, 72–84.

BREITINGER, E., 1936: Zur Messung der Schädelkapazität mit Senfkörnern. Anthrop. Anz. 13, 140–148.

–, 1953: La misurazione della capacità cranica. S.A.S. (Bologna) 27–28, 69–116.

BROCA, P., 1873: Sur la mensuration de la capacité du crâne. Mém. Soc. Anthrop. Paris Sér. 2, 1, 63–152.

CIPRIANI, P., 1950: Il nuovo metodo della „doppia peseta" per la valutazione della capacità cranica. S.A.S. (Bologna) 20–21, 153–166.

GAUL, G., 1933: Über die Wachstumsveränderungen am Gehirnschädel des Orang-Utan. Z. Morph. Anthrop. 31, 362–394.

GRIMM, H., 1941/42: Ein Makrokephalus (Hydrokephalus?) vom Orang-Utan. Anthrop. Anz. 18, 81–88.

HAGEDOORN, A., 1926: Die Schädelkapazität der Anthropomorphen. Anat. Anz. 60, 417–427.

HAMBLEY, W. D., 1947: Cranial capacities. A study in methods. Fieldiana, Anthrop. Ser. 36, 25–75.

HARRIS, H. A., 1926: Endocranial form of gorilla skulls with special reference to the existence of dolichocephaly as a normal feature of certain primates. Americ. J. phys. Anthrop. 9, 157–172.

HEBERER, G., 1965: Über den systematischen Ort und den physisch-psychischen Status der Australopithecinen. In G. HEBERER edit.: Menschliche Abstammungslehre. Stuttgart, 310–356.

HILL, W. C. O., 1939: Observations on a giant Sumatran orang. Americ. J. phys. Anthrop. 24, 449–510.

HRDLICKA, A., 1907: Anatomical observations on a collection of orang skulls from Western Borneo; with a bibliography. Proc. U.S. nat. Mus. 31, 539–568.

MOLLISON, T., 1932: Hohlraummessung und Volumensbestimmung. Anthrop. Anz. 8, 290–294.

OPPENHEIM, S., 1912: Zur Typologie des Primatencraniums. Z. Morph. Anthrop. 14, 1–203.

PFISTER, H., 1903: Die Kapazität des Schädels (der Kopfhöhle) beim Säugling und älteren Kinde. Monatsschr. Psychiatr. Neurol. 13, 577–589.

RANDALL, F. E., 1943: The skeletal and dental development and variability of the gorilla. Human Biol. 15, 236–254, 307–337.

–, 1944: The skeletal and dental development and variability of the gorilla. Human Biol. 16, 23–76.

SCHAEFER, U., 1963: Die Größe der Hirnschädelkapazität und ihre Bestimmung bei rezenten und vorgeschichtlichen Menschen. Z. Morph. Anthrop. 53, 165–170.

SCHULTZ, A. H., 1940: The size of the orbit and of the eye in primates. Americ. J. phys. Anthrop. 26, 389–408.
–, 1941a: The relative size of the cranial capacity in primates. Americ. J. phys. Anthrop. 28, 273–287.
–, 1941b: Growth and development of the Orang-Utan. Contrib. Embryol. 29, Carnegie Instn. Washington Publ. No. 525, 57–110.
–, 1942: Morphological observations on a gorilla and an orang of closely known ages. Americ. J. phys. Anthrop. 29, 1–21.
–, 1950: Morphological observations on gorillas. In RAVEN Memorial Volume: The anatomy of the gorilla. Columbia Univ. Press, New York, 227–252.
–, 1962: Die Schädelkapazität männlicher Gorillas und ihr Höchstwert. Anthrop. Anz. 25, 197–203.
–, 1965: The cranial capacity and the orbital volume of hominoids according to age and sex. Homenaje a JUAN COMAS en su 65 aniversario Vol. 2, Mexico, 337–357.
SELENKA, E., 1898/99: Studien über die Entwicklungsgeschichte der Tiere. Menschenaffen, Studien über Entwicklung und Schädelbau. Bd. I. Wiesbaden. 1. Rassen, Schädel und Bezahnung des Orang-Utan 1898. 2. Schädel des Gorilla und Schimpanse 1899.
SZOMBATHY, J., 1914: Bemerkungen zur Messung der Schädelkapazität. Mitt. Anthrop. Ges. Wien 44, (17)–(26).
TOBIAS, P. V., 1967: The cranium and maxillary dentition of *Australopithecus (Zinjanthropus) boisei.* In L.S.B. LEAKEY edit.: Olduvai Gorge, Vol. 2, Cambridge Univ. Press, 252 pp.
TODD, T. W., 1923: The cranial capacity and linear dimensions in the white and negro. Americ. J. phys. Anthrop. 6, 97–194.
TODD, T. W. and KUENZEL, W., 1925: The estimation of cranial capacity. Americ. J. phys. Anthrop. 8, 251–259.
VALLOIS, H. V., 1954: La capacité cranienne chez les primates supérieurs et le "Rubicon cérébrale" C.R. Acad. Sci. Paris 238, 1349–1351.
ZUCKERMAN, S., 1928: Age changes in the chimpanzee, with special reverence to the growth of brain, eruption of teeth, and estimation of age; with a note on the Taungs ape. Proc. zool. Soc. London, 1–42.

Anschrift des Verfassers: Dr. R. ANGST, Landessammlungen für Naturkunde, D-7500 Karlsruhe 1, Erbprinzenstraße 13, Postfach 4045.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland

Jahr/Year: 1976

Band/Volume: 35

Autor(en)/Author(s): Angst Ralf

Artikel/Article: Das Endocranialvolumen der Pongiden (Mammalia: Primates) 181-188