

Ann. Naturhist. Mus. Wien	92	A	143–155	Wien, April 1991
---------------------------	----	---	---------	------------------

Zur Schätzung von Schädelkapazitäten

VON MARTINA TRAINDL-PROHAZKA & HORST SEIDLER¹⁾

Manuskript eingelangt am 17. Juli 1990

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden Regressionsgleichungen zur Schätzung der Schädelkapazität vorgestellt, die sowohl für vollständige, als auch für unvollständige Cranien verwendet werden können und deren Ergebnisse im Einzelfall innerhalb eines Bereiches von $\pm 10\%$ der tatsächlichen Schädelkapazität liegen.

Abstract

In the present paper we present a method of estimating the cranial capacity of complete or incomplete skulls by means of regression analysis. These analyses result in values of $\pm 10\%$ of actual cranial capacity.

Conclusion

Dans l'ouvrage présent nous présentons une méthode par régression qui peut être adoptée et pour des cranes entières et pour ceux incomplets, et dont les estimations peuvent se situer dans un créneau de plus ou minus 10 p. c. de la capacité effective du crane.*)

Einleitung

Die in der Literatur bekannten Methoden zur Schätzung der Schädelkapazität aus einzelnen Maßen führen in der Praxis nicht immer zu befriedigenden Ergebnissen. Die Überprüfung von Schätzungen mit den tatsächlich gemessenen Kapazitäten führt im Einzelfall zu Abweichungen, deren Höhe nicht mehr tolerierbar ist.

Bei unvollständigen Schädeln aber kann die Kapazitätsschätzung tatsächlich zu einem Hasard werden, zumal ja dann auch die Möglichkeit zu einer empirischen Überprüfung nicht mehr gegeben ist.

In der vorliegenden Arbeit werden nun Regressionen vorgestellt, die sowohl für vollständige, wie auch für unvollständige Cranien verwendet werden können und deren Schätzungen im Einzelfall im Bereich $\pm 10\%$ von der tatsächlichen Schädelkapazität liegen.

¹⁾ Anschrift der Autoren:

Dr. Martina TRAINDL-PROHAZKA und Univ.-Prof. Dr. Horst SEIDLER, Institut für Humanbiologie, Althanstraße 14, Postfach 187, A-1091 Wien. – Österreich.

*) An dieser Stelle danke ich Herrn Vizeleutnant Manfred WINKLER für die Übertragung der Zusammenfassung in das Französische.

Material

Da die Schätzungen möglichst „universell“ gelten sollten, wurde darauf geachtet, daß die Schädel unserer Stichprobe ihrer Herkunft nach möglichst heterogen sind. Dafür wurden insgesamt 103 Schädel ausgewählt, von denen allerdings einige nicht ganz vollständig sind. Für die weitere Analyse wurden Alter, Geschlecht und ethnische Herkunft nicht berücksichtigt. Ein Großteil der Schädel stammt aus der „WEISSBACH-Sammlung“, die dem Institut für Humanbiologie von der Anthropologischen Abteilung des Naturhistorischen Museums in Wien für das anthropologische Praktikum geliehen wurde. Diese Cranien stammen aus allen Teilen der Österreich-Ungarischen Monarchie. Weiters wurden die publizierten Daten (PACHER 1961) der PÖCH-Sammlung verwendet. Es handelt sich dabei um Schädel von Bantuiden, Hottentotten und Buschmännern. Zusätzlich wurde ein kindlicher Schädel (Infans I/Infans II) in die Stichprobe miteinbezogen.

Kurze Beschreibung der Variablen

Insgesamt wurden von jedem Schädel 47 Maße (nach MARTIN & SALLER) genommen und das Volumen mit der Senfkörnermethode nach BREITINGER (1936) gemessen.

12 Schädel, von denen allerdings auch nicht alle vollständig erhalten waren, wurden in die folgenden Regressionsanalysen nicht miteinbezogen, um an ihnen die Güte der Regressionsgleichungen zu prüfen.

Eine erste Korrelationsanalyse über alle Variable zeigt zunächst die erwartete Singularität der Korrelationsmatrix. Es ist ja bekannt, daß die Variablenliste aus MARTIN & SALLER sehr redundant ist, da viele Variable aus anderen mehr oder weniger vollständig vorhersagbar sind.

In einem ersten Schritt wurden 15 Variable wegen ihrer hohen Interkorrelationen mit anderen ausgeschieden; darunter befindet sich etwa der Horizontalumfang, der mit der Schädellänge mit 0,73, mit der Glabella Lambda-Länge mit 0,73 und mit einer Reihe anderer Variable mittelhohe positive Korrelationen aufweist. Es würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, wollten wir die Interkorrelationen diskutieren.

In der Korrelationsmatrix aus den verbliebenen 32 Variablen sind nun niedere, mittelhohe und hohe Korrelationen enthalten. Dennoch bleibt die Matrix fast singulär, das heißt, die Determinante ist NULL. Daß keine weiteren Variablen eliminiert wurden liegt daran, daß einzelne Maße – auch wenn sie in anderen Variablen enthalten sind – in unterschiedlichem Ausmaß bei schlecht erhaltenen Cranien vorhanden sind und die Regressionsschätzungen ja auch dann anwendbar sein sollten.

Ohne die statistischen Methoden zu sehr strapazieren zu wollen, wurde trotz der Singularität eine Faktorenanalyse berechnet, um einen Einblick in die Struktur der Korrelationsmatrix zu erhalten. Dennoch läßt sich eine gut interpretierbare Faktorenstruktur nach der VARIMAX-Rotation erkennen (Tab. 1).

In einer ersten Faktorenanalyse wurden insgesamt sieben Faktoren extrahiert, von denen allerdings die letzten drei Faktoren nur mehr sehr geringe Varianzanteile aufweisen. Im zweiten Schritt wurde deshalb die Extraktion auf vier Faktoren beschränkt. Tabelle 1 gibt nur jene Variablen in den einzelnen Faktoren an, deren Ladungen über 0,70 liegen; die vier Faktoren erklären insgesamt 69,5% der gesamten Varianz, wobei die Bedeutung von Faktor I mit 30,8% am größten ist.

Tab. 1: Variable, deren Ladung größer als 0,70 ist

Faktor I	Faktor II
Biorbitalbreite	Größte Schädellänge
Obergesichtshöhe	Glabella-Inion-Länge
Nasenbreite	Glabella-Lambda-Länge
Nasenhöhe	Frontalsehne
Maxilloalveolarlänge	15,9% der gemeinsamen Varianz
Maxilloalveolarbreite	
Mittelgesichtsbreite	
30,8% der gemeinsamen Varianz	
Faktor III	Faktor IV
Biradicularbreite	Schädelbasislänge
Transversalbogen	Breite des Foramen magnum
Schädelkapazität	Basion-Bregma-Höhe
13,3% der gemeinsamen Varianz	Occipitalsehne
	9,5% der gemeinsamen Varianz

Aufgrund der Ladungshöhe können wir Faktor I als „**Obergesichtsfaktor**“ und Faktor II als „**Längenfaktor des Neurocranium**“ bezeichnen.

Faktor III interpretieren wir als „**neurocranialen Breiten- und Volumsfaktor**“ und Faktor IV wegen der hohen Ladung in der Variablen Basion-Bregma-Höhe als „**Schädelbasis-Höhenfaktor**“. Trotz der hohen Interkorrelationen zeigt die Faktorenanalyse aber dennoch, daß der ausgewählte Variablensatz die einzelnen Dimensionen des Schädels ausreichend gut charakterisiert. Im weiteren wird nun versucht, Regressionsgleichungen für die Schädelkapazität zu erhalten. Dazu muß aber einleitend festgehalten werden, daß unter den Bedingungen einer multiplen, stufenweisen Regression nur jene Variablen in die Funktion einbezogen werden, die einen Beitrag zur Verbesserung der Schätzung liefern. Freilich nimmt der Algorithmus der multiplen Regressionsanalyse auf die „biologische Bedeutung“ der Maße keine Rücksicht.

Die in den folgenden Analysen berechneten Beta-Werte bezeichnen somit nur die Bedeutung der jeweiligen Variablen im Algorithmus selbst und können nicht unbedingt sofort hinsichtlich ihrer alometrischen Bedeutung am Schädel selbst interpretiert werden. Dies ist in unserem Fall deshalb relevant, da die einzelnen Variablen zum Teil hoch miteinander korrelieren. So wird es verständlich, daß in manchen Schätzfunktionen beispielsweise die Breite des Foramen magnum enthalten ist, der für unsere Fragestellung nur wenig Bedeutung zugemessen werden

kann, während hingegen die Glabella-Inion-Länge aufgrund ihrer hohen Korrelationen mit anderen neurocranialen Längendimensionen ausgeschieden wird.

Dennoch wird mit den endgültig ausgewählten Variablen in den einzelnen Regressionen die Schädelkapazität mit ausreichender Genauigkeit geschätzt.

Ergebnisse

1. Regression über 32 Variable:

a) Einige Charakteristika der Regressionsfunktion:

Hier soll zunächst auf einige Charakteristika der Regressionsfunktion eingegangen werden, da in der Literatur zu oft nur Ergebnisse in Form von Regressionsfunktionen angegeben werden, die Bedeutung der Koeffizienten aber nicht näher erläutert wird. Damit wird aber die Regressionsfunktion auf eine simple Addition ihrer Glieder reduziert. Vernachlässigt bleibt all das, was aus den Regressionskoeffizienten an grundlegenden Informationen zu erkennen ist.

Bei der stufenweisen multiplen Regression wird so vorgegangen, daß im ersten Schritt aus den unabhängigen Variablen jene ausgewählt wird, die mit der abhängigen (Schädelkapazität) den höchsten Anteil an erklärbarer Streuung aufweist. Die Ergebnisse dieser stufenweisen Regression sind in Tab. 2 angeführt.

Den Anteil der erklärten Streuung erhält man, indem der jeweils angeführte multiple Korrelationskoeffizient quadriert wird. Weiters sind in der Tabelle die Regressionskoeffizienten b_i und die sogenannten Beta-Werte angegeben, die von ihrer absoluten Größe her (ohne Berücksichtigung des Vorzeichens) die Bedeutung jeder Variablen in den einzelnen Regressionsschritten bezeichnen. Im ersten Schritt werden aus der einfachen Interaktion „Transversalbogen–Schädelkapazität“ 52% der gemeinsamen Streuung erklärt. Hierin ist der multiple Korrelationskoeffizient mit dem Produkt–Moment–Korrelationskoeffizienten ident.

Im zweiten Schritt wird die Größte Schädellänge mit einbezogen, wobei sich der Prozentsatz der erklärten Streuung auf 74% erhöht. In den weiteren Schritten, von drei bis sieben, nimmt der Anteil der erklärten Streuung trotz Einbeziehung von weiteren fünf Variablen nur mehr langsam zu.

Der multiple Korrelationskoeffizient in der endgültigen Funktion mit insgesamt sieben unabhängigen Variablen beträgt 0,93, was einem Anteil an erklärbarer Streuung von 86% entspricht. 14% an Reststreuung sind aus unseren Variablen nicht erklärbar. Es mag durchaus sein, daß ein kleiner Anteil der Reststreuung auf Meßfehler zurückgeführt werden kann. Dennoch zeigt dieses Ergebnis, daß es dringend notwendig wäre, die anthropologische Meßmethodik einer Revision zu unterziehen, da es bisher noch keine Belege dafür gibt, daß die traditionell verwendeten Maße auch die alometrischen Bedingungen der Konstruktion des Neurocranium widerspiegeln. Die Beta-Werte zeigen, daß in allen Schritten der Transversalbogen und die Größte Schädellänge die höchste Bedeutung für die Schätzung der Schädelkapazität haben. Dennoch sind auch die vergleichsweise niederen Beta-Werte in den anderen fünf Variablen signifikant (Tab. 2).

Tab. 2: Entwicklung der ersten multiplen Regressionsanalyse

Gesamtregression	b_i	beta	Signifi- kanz	multipl. Korr.	koef. Konstante
Schritt 1					
Transversalbogen	5,63	0,73	0,0000	0,73	- 393,60
Schritt 2					
Transveralbogen	6,23	0,81	0,0000	0,86	-1888,72
Gr. Schädellänge	7,34	0,47	0,0000		
Schritt 3					
Transversalbogen	6,04	0,78	0,0000	0,89	-1955,30
Gr. Schädellänge	6,01	0,39	0,0000		
Br. d. Foramen magnum	12,64	0,24	0,0000		
Schritt 4					
Transversalbogen	5,87	0,39	0,0000	0,50	-1915,09
Gr. Schädellänge	7,40	0,48	0,0000		
Br. d. Foramen magnum	12,11	0,23	0,0000		
Nasenbreite	-8,84	-0,16	0,0090		
Schritt 5					
Transversalbogen	5,54	0,71	0,0000	0,91	-1947,59
Gr. Schädellänge	6,68	0,43	0,0000		
Br. d. Foramen magnum	11,52	0,22	0,0001		
Nasenbreite	-10,31	-0,19	0,0019		
Med. sagitt. Parietalbogen	2,60	0,15	0,0040		
Schritt 6					
Transversalbogen	5,03	0,65	0,0000	0,92	-1959,14
Gr. Schädellänge	5,76	0,37	0,0000		
Br. d. Foramen magnum	9,15	0,17	0,0012		
Nasenbreite	-9,91	-0,18	0,0019		
Med. sagitt. Parietalbogen	2,68	0,15	0,0038		
Mastoidalbreite	3,83	0,16	0,0058		
Schritt 7					
Transversalbogen	4,80	0,62	0,0000	0,93	-2035,51
Gr. Schädellänge	4,85	0,31	0,0000		
Br. d. Foramen magnum	8,94	0,17	0,0010		
Nasenbreite	-8,90	-0,16	0,0040		
Med. sagitt. Parietalbogen	2,82	0,16	0,0018		
Mastoidalbreite	3,59	0,15	0,0076		
Occipitalsehne	3,22	0,13	0,0132		

Sehen wir uns nun die Regressionskoeffizienten an. Die b_i sind nicht nur Zahlen, mit denen die jeweiligen Variablen multipliziert werden, um dann über Summation der Glieder der Funktion das Schätzergebnis zu erhalten. Vielmehr bieten uns diese Koeffizienten grundlegende Einblicke in die Bedingungen der Schätzung zwischen Regressand (Y) und den Regressoren (X_i).

Bemerkenswert ist zunächst, daß der Regressionskoeffizient für den Transveralbogen ab Schritt 2 kontinuierlich kleiner wird. Dies weist darauf hin, daß der

Transversalbogen als Wölbungsdimension des Neurocranium zwar eine besondere Bedeutung hinsichtlich der Schätzung der Kapazität hat, daß diese Bedeutung jedoch durch Einbeziehung weiterer Variabler geringer wird. Analog gilt dies auch für die größte Schädellänge und die Breite des Foramen magnum.

Der Regressionskoeffizient weist uns aber noch auf folgendes hin: Unter der Voraussetzung, daß der Transversalbogen in seiner Größe verändert wird, während gleichzeitig die übrigen abhängigen Variablen konstant gehalten werden, nimmt die Schädelkapazität dann um 4,80 cm³ zu, wenn der Transversalbogen um 1 mm größer wird. Bei sechs der insgesamt sieben Variablen ist das Vorzeichen der Regressionskoeffizienten auch positiv: Je größer bestimmte Schädeldimensionen werden, desto mehr wird auch das Volumen zunehmen.

Auffallend ist jedoch die Variable „Nasenbreite“ mit einem verhältnismäßig hohen Koeffizienten von -8,90. Hier stellt sich die Frage, weshalb ein auf den ersten Blick so unbedeutendes Maß wie die Nasenbreite aus dem Variablenset ausgewählt und in die Regression aufgenommen wurde, während andere, denen gefühlsmäßig mehr „Bedeutung“ zukommen müßte, wie etwa der Schädelbasislänge, ausgeschlossen wurden, da sie zu keiner Verbesserung des Schätzergebnisses beitragen.

Der Regressionskoeffizient $b = -8,90$ für die Nasenbreite zeigt, daß die Schädelkapazität um 8,9 cm³ abnimmt, wenn die Nasenbreite um 1 mm größer wird und die übrigen unabhängigen Variablen konstant gehalten werden. Auf den ersten Blick erscheint das als wenig sinnvoll.

Um dem zumindest empirisch näher zu kommen, wurde die Nasenbreite in mehrere Intervallklassen unterteilt und für jedes Intervall die mittlere Schädelkapazität berechnet (Tab. 3).

Tab. 3: Nasenbreite in mehreren Intervallklassen

Nasenbreite in mm	Mittelwerte der Schädelkapazität in cm ³	N
20-22	1322	15
23-24	1359	30
25-26	1316	22
26-28	1320	18
29-31	1316	4

Die Tendenz zeigt, daß mit zunehmender Nasenbreite die Kapazität tatsächlich etwas abnimmt. Daß dieser Trend nicht stärker zutage tritt, ist deshalb verständlich, da ja die anderen Schädeldimensionen nicht konstant gehalten werden können.

Die Korrelation zwischen Nasenbreite und Schädelkapazität beträgt auch nur $r_{xy} = -0,04$. Weiters wird überprüft, welchen Einfluß die beiden wichtigsten Variablen, die größte Schädellänge und der Transversalbogen, auf die Korrelation haben. Unter Ausschaltung des Einflusses der Größten Schädellänge beträgt $r_{xy} = -0,31$; schaltet man den Einfluß der Größten Schädellänge gleichzeitig mit dem des Transversalbogens aus, so beträgt die Korrelation zwischen Nasenbreite und Kapazität $r_{xy} = -0,26$.

Dies führt zu einem überaus interessanten allometrischen Problem, das zur Zeit in Bearbeitung ist.

Im Sinne einer ersten, vorsichtigen Annahme glauben wir, daß die Einbeziehung der Nasenbreite in die Regression einen nicht unwesentlichen Hinweis für das Verständnis der Schädelkonstruktion gegeben hat.

b) Ergebnisse der Regressionsfunktion mit sieben Variablen:

Die Regressionsfunktion lautet: $Y = \text{Transversalbogen} \times 4,8 + \text{Größte Schädellänge} \times 4,9 + \text{Breite des Foramen magnum} \times 8,9 - \text{Nasenbreite} \times 8,9 + \text{Mediansagittaler Parietalbogen} \times 2,8 + \text{Mastoidbreite} \times 3,6 + \text{Occipitalsehne} \times 3,2 - 2035,51$.

Die Residuen sind zufällig verteilt, wie der Durbin-Watson-Test belegt. Dies gilt im übrigen auch für alle folgenden Regressionen, sodaß darauf nicht weiter hingewiesen werden muß.

In dieser ersten Analyse wurden die Kapazitäten von insgesamt 88 serieneigenen Schädeln geschätzt. Die prozentuellen Abweichungen der geschätzten Kapazität von der tatsächlich gemessenen liegen zwischen 92% und 109%.

Die Verteilung der Abweichungen in den drei Prozentklassen zeigt Tabelle 4. Rund drei Viertel aller Schätzungen liegen zwischen $\pm 5\%$.

Tab. 4: Prozentuelle Abweichungen der Volumsschätzungen von den tatsächlich gemessenen:
 gemessenes Volumen \times 100/geschätztes Volumen

	%-Abweichungen	n	%
Überschätzung	91,91– 94,0	11	12,5
mittlerer Bereich	95,0 –104,60	67	76,1
Unterschätzung	105,05–109,0	10	11,4

Tab. 5: Mittelwert, Streuung und Häufigkeiten der Schädelvolumina

serieneigene Schädel	\bar{X} cm ³	s _x	N
gemessene Kapazität	1331	130	91
Schätzung	1327	124	88
„Serienfremde Schädel“	\bar{X}	s _x	N
gemessene Kapazität	1256	181	12
Schätzung	1251	142	10

Tab. 6: Volumsschätzungen bei 10 serienfremden Schädeln

	%-Abweichungen	N
Überschätzung	90 – 92,49	1
mittlerer Bereich	97,5 –100	1
	100,01–102,49	4
	102,5 –105,0	3
Unterschätzung	105,01–107,49	1

Insgesamt 35 Schädel von jenen 67, die im Abweichungsintervall $\pm 5\%$ liegen, stammen aus der „Pacher-Serie“. Dies belegt, daß die Schätzung relativ unempfindlich gegenüber der Heterogenität des Materials ist.

Die Mittelwerte aus den Schätzungen sind mit den tatsächlichen ident, sodaß die Gesamtregressionsgleichung ungeachtet von möglichen individuellen Abweichungen die mittlere Variation der Stichproben ausreichend genau wiedergibt. Wie zu erwarten, ist die Streuung der geschätzten Volumina etwas geringer als die tatsächliche.

Wendet man nun die Regressionsfunktion auf die „serienfremden“ Schädel an, so ist auch hier das Ergebnis erstaunlich gut (Tab. 4, 5, 6). Bei deutlich geringerer Streuung der Schätzwerte sind die Mittelwerte auch hier ident. Dies ist deshalb bemerkenswert, da sich unter den serienfremden Schädeln auch der eines/einer etwa Achtjährigen befindet. Dies deutet darauf hin, daß mit dieser Regressionsgleichung grundlegende Beziehungen zwischen den Regressoren definiert werden konnten, die relativ invariant gegenüber linearen Größenveränderungen sind.

2. Weitere Regressionsanalysen

Wie aus Tab. 2 zu sehen ist, wird im dritten Schritt der Gesamtregression die Breite des Foramen magnum zu den beiden Maßen Größte Schädellänge und Transversalbogen miteinbezogen.

Hinsichtlich der praktischen Anwendung der Regressionsfunktion für die Schätzung der Schädelkapazität ist es bei unvollständigen Schädeln aber notwendig, eine Funktion zu wählen, in der Maße enthalten sind, die auch bei Fehlen der Schädelbasis abgenommen werden können.

Im vierten Schritt wurde bei der Gesamtfunktion die Nasenbreite eingeschlossen. Der Zuwachs an erklärbarer Streuung von Schritt 2 zu Schritt 3 beträgt rund 6%, von Schritt 3 zu Schritt 4 nur 2%. Es ist deshalb vertretbar, daß wir nur die Regressionsgleichung für folgende drei Variable angeben: Größte Schädellänge, Transversalbogen und Nasenbreite.

$$Y = \text{Transversalbogen} \times 5,955201 + \text{Größte Schädellänge} \times 8,537332 - \text{Nasenbreite} \times 8,483555 - 1786,285241.$$

Erwartungsgemäß sind die nun erhaltenen Ergebnisse zwar nicht mehr ganz so gut, wie bei der Gesamtregression (Tab. 7 a, 7 b), aber immer noch ausreichend gut.

Tab. 7 a: Abweichungen der geschätzten Schädelkapazität in % der tatsächlich gemessenen Schädelkapazität bei 91 serieneigenen Schädeln

Abweichung in %	N	%
87,3	1	1,1
90,0– 94,4	10	11,2
94,7–104,4	62	69,7
104,6–109,1	15	16,1
110,7	1	1,1

Tab. 7 b: Abweichungen der geschätzten Schädelkapazität in % der tatsächlich gemessenen Schädelkapazität bei 10 serienfremden Schädeln

Abweichung in %	N
93,5	1
96,4	1
97,5–100,0	2
104,6–109,1	2
102,5–107,49	4

Die Variationsbreite der prozentuellen Abweichungen vom tatsächlichen Volumen liegt bei den 89 Schädeln, aus denen die Funktion berechnet wurde, zwischen 87,3% und 110,7%. Die Variationsbreite bei 10 serienfremden Schädeln, an denen die Güte der Regression überprüft wird, liegt zwischen 93,5% und 106,4%.

Wenngleich auch die bisherigen Funktionen zu ausreichend guten Ergebnissen geführt haben, so liegt ihr Nachteil doch darin, daß sie nur bei relativ vollständig erhaltenen Schädeln anwendbar sind. Aus unserem Variablensatz wurden deshalb fünf ausgewählt (Tab. 8), die eine Volumsschätzung bei Schädeln ermöglichen sollten, deren Basis nicht mehr erhalten ist.

Die Regressionsgleichung in Tab. 8 zeigt, daß nur zwei Variable, die Größte Schädellänge und der Transversalbogen, einen signifikanten Beitrag zur Schätzung liefern.

Tab. 8: Regressionsfunktion über fünf Variable

Variable	b_i	Beta	Signifikanz
Parietalsehne	1,373873	0,69386	0,3222
Transversalbogen	5,729359	0,753502	0,0000
Frontalsehne	-0,650383	-0,030092	0,7213
Ohr-Bregma-Höhe	1,900536	0,104600	0,1383
Größte Schädellänge	6,418517	0,420028	0,0000
Konstante	-1837,008919		

Deshalb wurde eine weitere Regression nur für diese beiden Dimensionen gerechnet (Tab. 9).

Tab. 9: Regression über die Variablen Transversalbogen und größte Schädellänge

Variable	b_i	Beta	Signifikanz
Transversalbogen	6,285465	0,810195	0,0000
Größte Schädellänge	7,340116	0,473862	0,0000
Konstante	-1888,718491		

Der multiple Korrelationskoeffizient in dieser Analyse beträgt 0,87.

Der Anteil der erklärten Streuung beträgt 76%.

Dafür, daß nur zwei Variable die Funktion bestimmen, ist die Schätzung immer noch ausreichend, wie die prozentuellen Abweichungen bei den serieneigenen und serienfremden Schädeln in Tab. 10 zeigen.

Tab. 10: Ergebnisse der Regressionsfunktion mit Schädellänge und Transversalbogen

Prozentuelle Abweichungen	serieneigen		serienfremd	
	N	%	N	%
89 – 90	2	2,2	0	0,0
90,0– 92,49	5	5,5	1	8,3
92,5– 94,99	6	6,6	0	0,0
95,0– 97,49	14	15,4	2	16,6
97,5– 99,99	18	19,8	1	8,3
100,0–102,49	12	13,2	6	50,0
102,5–104,99	18	19,8	1	8,3
105,0–107,49	11	12,1	1	8,3
107,5–109,99	5	5,5	0	0,0

3. Vergleich mehrerer Regressionsfunktionen

Um die Güte der drei von uns vorgestellten Regressionsfunktionen zu überprüfen, wurden im weiteren mehrere bekannte Schätzverfahren auf das gesamte Material (serieneigene und serienfremde Schädel) angewendet und mit unseren Ergebnissen verglichen (Tab. 11 a, 11 b).

I. Die drei Regressionen aus der Arbeit:

1. F1 Gesamtregression:

$$Y = \text{Transversalbogen} \times 4,798938 + \text{Gr. Schädellänge} \times 4,851320 + \text{Breite des Foramen magnum} \times 8,944454 - \text{Nasenbreite} \times 8,903362 + \text{Mediansagittaler Parietalbogen} \times 2,816403 + \text{Mastoidalbreite} \times 3,592142 + \text{Occipitalsehne} \times 3,218880 - 2035,514303.$$

2. F2 Regression über die Variablen Transversalbogen, größte Schädellänge und Nasenbreite:

$$Y = \text{Nasenbreite} \times -9,850486 + \text{Transversalbogen} \times 6,085910 + \text{Gr. Schädellänge} \times 8,831045 - 1847,024191.$$

3. F3 Regression über die Variablen Transversalbogen und Gr. Schädellänge:

$$Y = \text{Transversalbogen} \times 6,285465 + \text{Gr. Schädellänge} \times 7,340116 - 18888,718491$$

II. Die aus der Literatur entnommenen Schätzungen:

4. F4 (MANOUVRIER I):

$$Y = ((\text{Gr. Schädellänge} \times \text{Gr. Schädelbreite} \times \text{Basion-Bregma-Höhe})/2)/1,11.$$

5. F5 (MANOUVRIER II):

$$Y = ((\text{Gr. Schädellänge} \times \text{Gr. Schädelbreite} \times \text{Ohr-Bregma-Höhe})/2)/1,11.$$

6. F6 (LEE):
 $Y = 0,000373 \times \text{Gr. Schädel länge} \times \text{Gr. Schädel breite} \times \text{Ohr-Bregma-Höhe} + 308,78.$
7. F7 (LEE & PEARSON I):
 $Y = 0,000211 \times \text{Gr. Schädel länge} \times \text{Gr. Schädel breite} \times \text{Basion-Bregma-Höhe} + 668.$
8. F8 (LEE & PEARSON II):
 $Y = 0,00037 \times \text{Gr. Schädel länge} \times \text{Gr. Schädel breite} \times \text{Ohr-Bregma-Höhe} + 328.$
9. F9 (OLIVIER I):
 $Y = 7,425 \times \text{Gr. Schädel länge} + 12,664 \times \text{Gr. Schädel breite} + 5,300 \times \text{Basion-Bregma-Höhe} - 2410,4.$
10. F10 (OLIVIER II):
 $Y = 7,651 \times \text{Gr. Schädel länge} + 12,230 \times \text{Gr. Schädel breite} + 4,682 \times \text{Ohr-Bregma-Höhe} - 2228,6.$

Wenn es um die Schätzung des Mittelwertes der Schädelkapazität einer Stichprobe geht, dann sind auch die Regressionen F7 und F9 ausreichend. Bei den übrigen Schätzungen besteht mit Ausnahme von F4 die Tendenz zu einer deutlichen Überschätzung (Tab. 11 a, b). Geht es allerdings darum, mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit individuell zumindest zwischen $\pm 5\%$ zu schätzen, so sind die Regressionen F9 und F10 den Ergebnissen aus unserer Funktion am ähnlichsten.

Allerdings besteht bei diesen drei Verfahren doch eine erhöhte Wahrscheinlichkeit zu unter- bzw. zu überschätzen. Abweichungen in beiden Bereichen finden wir bei F9 in 8% und bei F10 in 10% der Schätzung.

Tab. 11 a: Regressionsfunktionen. F1 bis F5: Beschreibung im Text

Schätzungsintervalle in % des tatsächlichen Volumens	F1		F2		F3		F4		F5	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
deutliche Unterschätzung >110%	0	0	0	0	1	1	2	1,9	63	61,2
deutliche Überschätzung <90%	0	0	2	1,9	1	1	22	21,4	0	0
90,0–110,0	98	100	101	98,1	97	98,0	77	76,2	40	38,8
92,5–107,49	92	93,9	90	87,4	86	86,9	63	61,2	31	30,1
95 –105	75	76,5	72	69,9	69	69,7	41	39,8	13	12,6
Kapazität in cm ³	\bar{X}	1320	1320	1321	1397	1177				
	s_x	128	132	134	160	144				
	N	98	103	99	101	103				
Prozentabweichung	\bar{X}	100,4	100,3	100,3	94,9	112,9				
	s_x	3,9	5,1	4,9	6,1	8,6				

Tab. 11 b: Regressionsfunktionen. F6 bis F10: Beschreibung im Text

Schätzungsintervalle in % des tatsächlichen Volumens	F6		F7		F8		F9		F10	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
deutliche Unterschätzung >110%	16	15,5	5	5,0	16	15,5	6	5,9	7	6,8
deutliche Überschätzung <90%	0	0	8	7,9	3	2,9	2	2,0	3	2,9
90,0–110,0	87	84,5	90	89,1	84	81,6	93	92,0	93	90,3
92,5–107,49	72	69,9	75	74,8	76	73,8	82	81,2	91	88,3
95 –105	52	50,5	56	55,4	57	55,3	62	61,4	67	65,0
Kapazität in cm ³	\bar{X}	1275		1317		1286		1308		1297
	s_x	119		75		118		145		137
	N	103		101		103		101		103
Prozentabweichung	\bar{X}	103,8		100,1		102,9		101,3		102,2
	s_x	6,6		6,5		6,5		7,1		6,9

Zusammenfassung

An einer bewußt sehr heterogen zusammengestellten Schädelserie werden Regressionsfunktionen zur Schätzung des Schädelvolumens berechnet. Nach einer kurzen Diskussion einzelner Aspekte der multiplen Regressionsanalyse werden die Ergebnisse der Kapazitätsschätzungen aus drei Funktionen vorgestellt. Eine erste kritische Überprüfung der erhaltenen Ergebnisse erfolgt über Regressionsschätzungen an serienfremden Schädeln.

Bei der Gesamtregression über 7 Variable liegen 93,9% der geschätzten Volumina zwischen 92,5% und 107,5%.

Die Gesamtfunktion eignet sich somit nicht nur zur Schätzung des Mittelwertes der Schädelkapazität in einer Stichprobe, sondern kann auch für die Schätzung einzelner Volumina herangezogen werden.

Dies gilt auch für die Regressionsfunktion mit nur zwei Variablen, der größten Schädellänge und des Transversalbogens, die auch für Calotten verwendet werden kann.

Bei dieser Funktion kann allerdings im Einzelfall eine geringfügige Unterschätzung bzw. Überschätzung außerhalb eines $\pm 10\%$ Bereiches auftreten.

Der Vergleich unserer Regressionsgleichungen mit den Schätzverfahren, die wir aus der Literatur entnommen haben, zeigt, daß mit den hier vorgestellten Funktionen günstigere Ergebnisse zu erzielen sind.

Ein Grund dafür mag vielleicht darin liegen, daß unsere Regressionsfunktionen aus einer sehr heterogen aufgebauten Stichprobe stammen, während die Regressionsgleichungen aus der Literatur aus wesentlich homogeneren Stichproben stammen, weshalb es bei diesen zu stärkeren Trends in Richtung Über- bzw. Unterschätzung im Einzelfall kommen kann.

Literatur

- BRÄUER, G. & KNUSSMANN, R. (1988): Grundlagen der Anthropometrie. – In: KNUSSMANN, R. (1988): Anthropologie; Vergleichende Biologie des Menschen, Bd. I, Teil 1: 129–231. – Stuttgart.
- BREITINGER, E. (1936): Zur Messung der Schädelkapazität mit Senfkörnern. – *Anthrop. Anz.*, **13**: 140–148.
- MARTIN, R. & SALLER, K. (1957): Lehrbuch der Anthropologie. Bd. 1. – Stuttgart.
- OILIVIER, G., AARON, C., FULLY, G. & TISSIER, G. (1978): New Estimations of Stature and Cranian Capacity in Modern Man. – *J. Hum. Evol.*, **7**: 513–518.
- PACHER, H.-M. (1961): Anthropologische Untersuchungen an den Skeletten der Rudolf Pöchschen Buschmannsammlung, Heft 1. – In: R. PÖCHS Nachlaß, Serie A: Physische Anthropologie, **12**.