

Aus dem Institut für Gerichtliche Medizin der Universität Wien
Vorstand: Univ.-Prof. Dr. Wilhelm HOLCZABEK

Zur Variation, Entwicklung und Vererbung der Stirnhöhlen

Von JOHANN SZILVÁSSY ¹⁾

(Mit 15 Abbildungen)

Manuskript eingelangt am 11. Februar 1981

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden die Stirnhöhlen unter dem genetischen Aspekt betrachtet. In erster Linie werden Variationsstudien vorgelegt, weiters wird das Wachstum der Stirnhöhlen vom Kindes- zum Erwachsenenalter untersucht und schließlich beschäftigt sich die Studie mit Familienuntersuchungen. Ein kurzer Vergleich mit anderen Untersuchungen wird angeschlossen.

Summary

In the discussed work the frontal cavities are being considered under genetical aspects. Particularly variability-studies are presented, then the growth of the frontal cavity from childhood to maturity is investigated and at last the research handles family-studies. A brief comparison with various other studies is being annexed.

Einleitung

Weil der Mensch dem Menschen in so überaus vielen Einzelheiten gleicht, war es der Anatomie möglich, aus diesen tausenden immer wiederkehrenden Merkmalen, die mit ebensovielen Namen belegt sind, gleichsam einen „Normalmenschen“ zu konstruieren. Dieses ideale Normbild des Menschen, sagt LEICHER (1928), ist es, das ihm in der Medizin, der Humangenetik und der Anthropologie bei der Erforschung des menschlichen Organismus vorschwebt, das ihn beim Aufsuchen anatomischer Gebilde leitet und das ihm als zweckmäßiges Denkmodell eine relativ einfache Orientierung gestattet.

Im Bereich der Nebenhöhlen, und hier insbesondere bei den Stirnhöhlen, gibt es, wie im übrigen Organismus, zahlreiche solche immer wiederkehrende Merkmale, die sich bei fast allen Menschen feststellen lassen. Die Beschreibung dieser regelmäßig wiederkehrenden „Ähnlichkeiten“ ist Aufgabe der normalen systematischen Anatomie, das Studium der Variation und der Vererbung ist Aufgabe der Humangenetik und Anthropologie.

¹⁾ Anschrift des Verfassers: Dir. Univ.-Doz. Dr. Johann SZILVÁSSY, Anthropologische Abteilung, Naturhistorisches Museum in Wien, Burgring 7, Postfach 417, A-1014 Wien. — Österreich.

Die Relativität des Ähnlichkeitsbegriffes deutet aber bereits auf die Möglichkeit von Variationen. Tatsächlich gibt es kein normales menschliches Erbmerkmal, das eine größere Variabilität zeigt, als die Stirnhöhlen. Bedarf es dafür noch eines Beweises, wenn der Vorschlag gemacht wurde, die röntgenologische Darstellung der Stirnhöhlen, ähnlich wie die Fingerabdrücke, zur Identifizierung von Personen zu verwenden.

Die Stirnhöhlen sind ein Bestandteil der sogenannten Nebenhöhlen. Mit der Einführung der Röntgenuntersuchungen wurden die Sinus frontales einer medizinischen, genetischen und anthropologischen Beobachtung zugänglich.

Die dem System der Nasennebenhöhlen angehörenden Stirnhöhlen sind in der Stirnbeinschuppe befindliche, pyramidenförmige Höhlen, deren Basis sich über dem Augenhöhldach ausbreitet und deren Spitzen zu den Scheitelpartien auslaufen. Ihre Hinterwand bildet die Abgrenzung gegen die Schädelhöhle. Die paarig erscheinenden Stirnhöhlen sind voneinander durch das Septum sinuum frontalis abgeteilt, dessen Schiefstand für die Asymmetrie der Sinus frontales verantwortlich ist (SIEGLBAUER 1947). An der tiefsten Stelle der Höhlen befinden sich die Verbindungsöffnungen der in die Nasenhöhle mündenden Apertura sinuum frontalis.

Größe und Form der Stirnhöhlen sind beim Menschen sehr variabel. Es gibt Fälle vom völligen Fehlen und sehr kleinen Höhlen bis zu übermäßig ausgedehnten Höhlen, die hoch in die Stirnbeinschuppe, lateral bis zum Jochfortsatz und hinten über das ganze Orbitaldach reichen.

Die Sinus frontales entstehen als Nischen der ventralen Cellulae ethmoideae schon um das 1. Lebensjahr, wenn die Sutura metopica schwindet. Damit ist auch die Voraussetzung ihres Werdens gegeben, denn beide ursprünglich selbständigen Stirnbeinhälften wachsen in ein einheitliches Stirnbein zusammen. Bis zum 2. Lebensjahr verschwindet die Sutura metopica in der Regel gänzlich, und die Cellulae ethmoideae wachsen langsam heran, vergrößern sich allmählich, bis sie zum Ende der Wachstumsperiode ihre definitive Größe und Form erreichen. Beim modernen Menschen kann von regelrechten Stirnsinus um die Zeit des Durchbruchs des bleibenden Eckzahnes (11—13 Jahre) gesprochen werden (VLČEK 1967).

Die Untersuchung der Stirnhöhlenausbildung aus klinischen Gründen erweiterte die Kenntnis der Variabilität dieser Gebilde wesentlich. Ihre Verbindung mit der Nasenhöhle ist beim Menschen in die stielartige Grundpartie mit einbezogen. Allem Anschein nach spielen, in bezug auf die Größe der Stirnhöhlen, die Raumverhältnisse zwischen Augen- und Nasenhöhlen eine wichtige Rolle; sie bestimmen die Ausbildung der Lamina cribiformis und der Nasenwurzelform (BOLK 1919, KAPPERS 1940). Dieser Zusammenhang erscheint geradezu proportional: je breiter die Nasenwurzel ist, umso geräumiger sind die Stirnhöhlen an ihrer Basis und umgekehrt, je enger die Nasenwurzel ist, desto schlitzförmiger an der Basis sind auch die Stirnhöhlen und umso höher können sie bis in die Gegend der Glabella hinaufreichen.

Die Stirnhöhlen erreichen eine Höhe bis zu 60 mm, eine Breite bis zu 100 mm, eine Tiefe bis zu 20 mm und eine Fläche bis zu 30 cm². Der Rauminhalt kann nach SIEGLBAUER (1947) zwischen 5 cm³ und 30 cm³ variieren. Die Stirnhöhlen haben ihre eigene, sie gegen die Diploe des Os frontale abgrenzende Wand, so daß man beide Sinus frontales als von einer dünnen Kompaktlamelle umschlossene Gebilde herauspräparieren kann. Sie sind meist infolge Schiefstandes der Scheidewand asymmetrisch entwickelt (SIEGLBAUER 1947).

Über die Bedeutung der Stirnhöhlen wurden zahlreiche Theorien entwickelt und meist wieder aufgegeben. Es gibt allerdings Erklärungen, die noch heute Gültigkeit haben. Zumeist wird die Bedeutung der Stirnhöhlen in Zusammenhang mit der Schädelarchitektur gebracht — die Stirnhöhlen bedeuten eine Erleichterung des Schädels. Wahrscheinlich, meint WALDEYER (1950), schwinden, ähnlich wie bei den Röhrenknochen, die funktionell nicht beanspruchten Teile. Die stehengebliebenen Scheidewände würden somit Trajektorien entsprechen. In die leeren Kammern stülpt sich die Nasenschleimhaut ein. Die mit Luft gefüllten, pneumatisierten Räume dienen sicherlich auch der Vorwärmung der Atemluft und bilden Resonanzräume für die Stimme. Für viele Autoren von SIEGLBAUER (1947) bis WEINERT (1926) ist das Vorhandensein eines Überaugenwulstes eng verbunden mit der Entwicklung der Stirnhöhlen. Die mächtigen Überaugenwülste der Neandertaler würden eine Folge der ausgedehnten Pneumatisation (Hypertrophie) der Stirnhöhlen sein.

Auch physiologische Anpassung an klimatische Verhältnisse werden als Erklärung für das Vorhandensein von Stirnhöhlen herangezogen. Die Hyperpneumatisation der Stirnhöhlen der Neandertaler wäre eine Folge der harten klimatischen Bedingungen der letzten Eiszeit. Diese Erklärung steht im Gegensatz zu der Beobachtung, daß die heute in kalten Klimazonen lebenden Menschen, z. B. die Eskimo, eine geringe Pneumatisation der Stirnhöhlen aufweisen (KOERTVELYESSY 1972, TILLIER 1977).

Man kann die Stirnhöhlen unter den verschiedensten Aspekten beobachten:

1. Der medizinische Aspekt:

Schon ZUCKERKANDL (1882 und 1892) weist in seinem grundlegenden Werk über die normale und pathologische Anatomie der Nasenhöhle und ihrer pneumatischen Anhänge darauf hin, daß z. B. die inkonstante Weite des Infundibulums und der Mündung der Nebenhöhlen vielfach dafür verantwortlich zu machen ist, daß eine akute Nasen-Nebenhöhlen-Eiterung in einem Fall rasch ausheilt, während sie in einem anderen Fall infolge der durch die Enge des Ausführungsganges bedingten Sekretstauung zur chronischen Eiterung wird.

2. Der forensische Aspekt:

Ähnlich wie die Papillarleisten zur Identifizierung in der gerichtlichen Medizin herangezogen werden, kann auch mit Hilfe der röntgenologischen

Darstellung der Stirnhöhlen eine Identifizierung möglich gemacht werden, wenn z. B. von der zu identifizierenden Person zu Lebzeiten Röntgenaufnahmen der Stirnhöhlen hergestellt wurden.

3. Der genetische Aspekt:

Unter diesem Gesichtspunkt werden die Stirnhöhlen in der erbbiologischen Vaterschaftsdiagnose und in der Systematisierung der Rassen betrachtet. Die Voraussetzung für Erbstudien ist die Beobachtung der Variabilität und Entwicklung der Stirnhöhlen und im Anschluß daran ihre Erbllichkeit im gesicherten Familienverband. Zur Bestimmung der Stirnhöhlen als Rassenmerkmal sind Populationsstudien notwendig.

In der vorliegenden Arbeit werden die Stirnhöhlen unter dem genetischen Aspekt betrachtet. In erster Linie werden Variationsstudien vorgelegt, weiters wird das Wachstum der Stirnhöhlen vom Kindes- zum Erwachsenenalter untersucht und schließlich beschäftigt sich die Studie mit Familienuntersuchungen. Ein kurzer Vergleich mit anderen Untersuchungen wird angeschlossen.

Methodik

Die Frontalprojektion der Stirnhöhlen wurde mit Hilfe von occipito-frontalen Röntgenaufnahmen gewonnen. Dabei werden die Personen so vor die Platte (18/24 cm, hoch) gesetzt oder gelegt, daß ihre Stirn und ihre Nasenspitze der Platte leicht aufliegen und die Ohraugen-Ebene (OAE: Verbindungslinie zwischen der Mitte des äußeren Gehörganges und dem lateralen Augenwinkel) senkrecht auf die Filmebene steht (JANKER 1971). Der Fokus-Film-Abstand beträgt 1 Meter. Der Zentralstrahl ist auf die Kassettenmitte gerichtet (65 KV, 1,5 mA).

Mit dieser Aufnahmetechnik werden Frontalummrisse der Stirnhöhlen erzielt. Von den Röntgenaufnahmen wurden die Konturen und Unterkammerungssepten auf Papier durchgepaust und der Flächeninhalt der gesamten frontalen Sinusausdehnung sowie jener der links und rechts vom medianen Hauptseptum gelegene Sinusanteil planimetrisch bestimmt. Zur Planimetrie wurde ein OTT-Planimeter, Type 30139, aus Westdeutschland verwendet.

Für die statistische Auswertung wurden programmierbare Elektronenrechner der Firma Texas Instruments mit dem Solid State Software Modul „Statistik“ (Ti, C 1977) herangezogen. Das ermöglichte mit der Potenzmomentenmethode Kennzahlen für den jeweiligen Verteilungstyp der absoluten und relativen Flächen sowie der Asymmetriekennzahlen zu errechnen, und gestatten auch, in den entsprechenden Histogrammen die empirischen Verteilungen den zugehörigen theoretischen Normalverteilungen gegenüberzustellen.

Variationen der Stirnhöhlen

In den Jahren 1970 bis 1978 wurden am Institut für gerichtliche Medizin der Universität Wien im Rahmen der erbbiologischen Vaterschaftsdiagnose

röntgenologische Stirnhöhlenbestimmungen an 257 Männern, 233 Frauen und 215 (♂ 117, ♀ 98) Kindern vorgenommen. Von den untersuchten Personen stammt annähernd je ein Drittel aus Wien, Niederösterreich und dem Burgenland. Die erwachsenen Personen stehen in keinem Verwandtschaftsverhältnis zueinander. Die Probanden verteilen sich auf alle Gesellschaftsschichten Österreichs.

Wie schon gesagt, wurden von allen diesen Probanden Frontalprojektionen der Stirnhöhlen mit Hilfe von occipitofrontalen Röntgenaufnahmen gewonnen.

Die Variationsbreite der Stirnhöhlen reicht von nahezu fehlender Ausprägung bis zu Formen, die hoch in die Stirnschuppe und seitlich weit über das Augenhöhlerdach ragen.

Sodann wurden für die statistische Weiterverarbeitung die Befunde der Gesamtflächen der Stirnhöhlen der Erwachsenen beiderlei Geschlechts sowie die rechten und linken Sinus frontales in cm² in Tabellenform gebracht.

Tab. 1 zeigt die Parameter der absoluten Stirnhöhlengesamtfläche der 257 Männer und 233 Frauen, berechnet aus den Individualdaten.

Tabelle 1. Parameter der absoluten Stirnhöhlengesamtflächen von 257 Männern und 233 Frauen aus Ostösterreich

Geschlecht	♂	♀
n	257	233
Mittelwert \bar{x} (arithm. Mittel)	12,67	10,61
Median \tilde{x}	12,7	9,9
Streuung s	5,56	5,15
Variationskoeffizient	43,88	48,55
Variationsbreite	0,5—29,1	0,5—26,1
Wölbung (curtosis)	3,13	3,03
Schiefe (skewness)	0,27	0,44

Neben dem Mittelwert wurde auch der Median (Zentralwert) angegeben. Diese Maßzahl wird einerseits von Extremwerten einer Verteilung weniger stark beeinflusst als das arithmetische Mittel. Andererseits ist die Abweichung des Medians vom arithmetischen Mittel das zwar einfachste, aber auch anschaulichste Maß für die Schiefe einer Verteilung. Im gegenständlichen Fall ist aus Tab. 1 zu ersehen, daß die Differenz zwischen \bar{x} (Mittelwert) und \tilde{x} (Median) bei den Frauen wesentlich größer ist als bei den Männern. Derselbe Unterschied geht auch deutlich aus den Maßzahlen der Schiefe ($\delta = 0,27$; $\delta = 0,44$) hervor.

Positive Schiefe bedeutet, daß die untermittleren Klassen stärker besetzt sind als die darüberliegenden, bei negativer Schiefe sind die übermittleren Klassen stärker besetzt. Bei der vorliegenden Stichprobe aus Ostösterreich (siehe Tab. 1) sind die untermittleren Klassen stärker besetzt, das heißt posi-

tiv oder linksschief, dabei ist die Schiefe der Frauen mit einem Wert von 0,44 stärker ausgeprägt als jene der Männer, die einen Wert von 0,27 aufweisen.

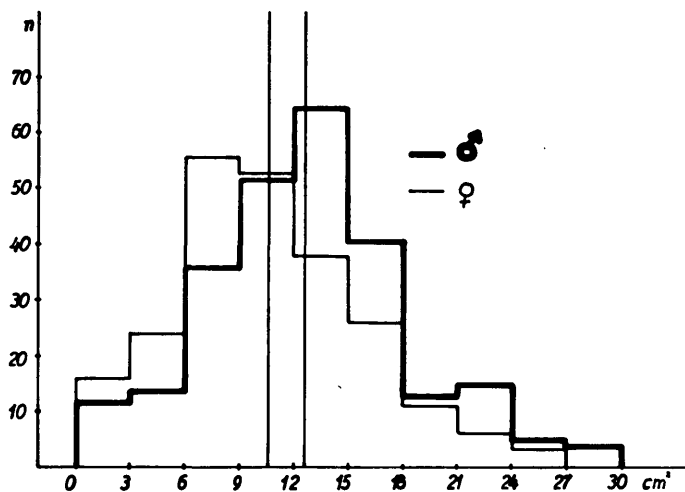


Abb. 1. Verteilung der absoluten Stirnhöhlangesamtflächen bei 257 Männern und 233 Frauen aus Ostösterreich

Dieses rechnerische Ergebnis wird auch recht deutlich durch die Abb. 1 veranschaulicht, aus der zu erkennen ist, daß die Verteilung der Stirnhöhlangesamtflächen der Frauen ziemlich linksschief ist, das heißt, die unterhalb des Mittels liegenden Klassen 0—9 sind überbesetzt. Bei den Männern ist dieses rechnerische Ergebnis der Linksschiefe, wie schon gesagt, mit 0,27 weniger deutlich aus dem Histogramm (Abb. 1) abzulesen.

In Abb. 2 und 3 wurden die in Abb. 1 für beide Geschlechter dargestellten absoluten Klassenhäufigkeiten, getrennt nach Männern und Frauen, den unter der Annahme einer Normalverteilung berechneten theoretischen Klassenhäufigkeiten gegenübergestellt. Der oben besprochene Unterschied wird durch diese graphische Darstellung weiter verdeutlicht.

Die Wölbung (Maß für die Steilheit einer symmetrischen Kurve) ist bei den Männern mit 3,13 etwas steiler als bei den Frauen mit 3,03. An sich sind beide Abweichungen vom Wert der Normalkurve, nämlich 3,00, nicht signifikant. Doch sieht man aus Abb. 2, daß bei den Männern in der am stärksten besetzten Klasse 12—15 die beobachtete Häufigkeit über die erwartete wesentlich hinausgeht, was der größeren Steilheit des rechnerischen Ergebnisses von 3,13 entspricht.

Die Streuung mit $s = 5,56$ bei den Männern und $s = 5,15$ bei den Frauen ist, wie bei allen übrigen metrisch erfaßbaren Kopfmerkmalen, bei den Männern etwas höher als bei den Frauen.

Die Werte des Variationskoeffizienten ($v\text{♂} = 43,88$; $v\text{♀} = 48,55$), also die auf den Mittelwert bezogenen Streuungen, übertreffen die aller anderen meßbaren Kopfmerkmale. Dazu sei auch noch gesagt, daß bei ausreichendem

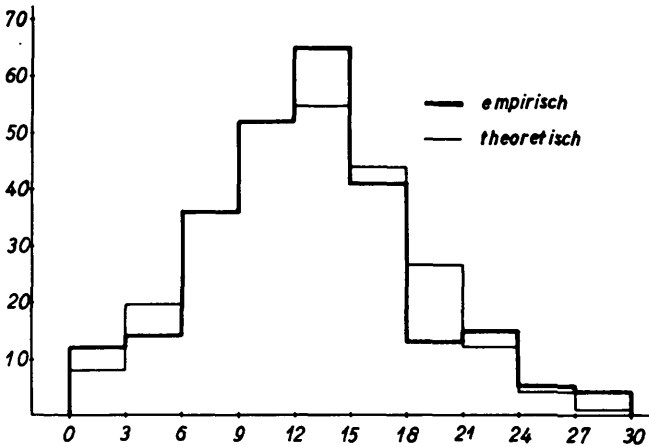


Abb. 2. Empirische und theoretische Häufigkeitsverteilung der absoluten Stirnhöhlengesamtflächen bei 257 Männern aus Ostösterreich

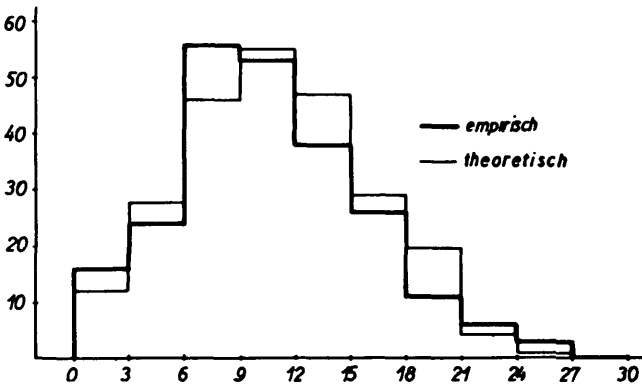


Abb. 3. Empirische und theoretische Häufigkeitsverteilung der absoluten Stirnhöhlengesamtflächen bei 233 Frauen aus Ostösterreich

Stichprobenumfang ($n > 20$) aus einer normal verteilten Grundgesamtheit der Variationskoeffizient v nicht größer als 33 sein dürfte.

Da die Standardabweichungen verschiedener Merkmale meist nicht direkt miteinander vergleichbar sind, dient insbesondere der Variationskoeffizient zum Vergleich der Verteilung eines Grundgesamtheitstyps beider Geschlechter. Als Hinweis auf eine geschlechtsspezifische, höhere Variabilität der Gesamtflächen bei Frauen kann die Differenz der Variationskoeffizienten hier allerdings nicht verstanden werden, eher als Hinweis für geschlechtsspezifische Unterschiede der Verteilungsform (siehe Abb. 1).

In Tab. 1 ist auch für beide Geschlechter die Variationsbreite durch den niedrigsten und höchsten Stichprobenwert wiedergegeben. Wie aus Tab. 1 zu ersehen, ist der niedrigste Wert sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen $0,5 \text{ cm}^2$. Wie zu erwarten, ist der höchste Wert bei den Männern mit

29,1 cm² um 3,0 cm² höher als der Höchstwert bei den Frauen, der 26,1 cm² beträgt.

Um bei der großen Verschiedenheit der Stirnhöhlenflächen der männlichen und weiblichen Schädel einen geeigneten Vergleichsmaßstab zu finden, wurde das Quadrat der kleinsten Stirnbreite gebildet (SZILVÁSSY 1973). Dieser Stirnhöhlengesamtflächen-Index

$$\frac{\text{frontale Stirnhöhlengesamtfläche in cm}^2 \times 10.000}{(\text{kleinste Stirnbreite})^2}$$

läßt den Geschlechtsunterschied, nämlich 85% gegenüber 84% absolut, nahezu unverändert bestehen.

In Tab. 2 wurden nach demselben System wie in Tab. 1 für die absoluten Werte der Stirnhöhlengesamtflächen dieselben Verteilungsparameter für die relative Stirnhöhlengesamtflächen dargestellt. Die Mittelwerte beider Geschlechter sind zwar zahlenmäßig niedriger, doch bleiben die Geschlechtsunterschiede zwischen den einzelnen Parametern, bei Betrachtung der Differenz zwischen je zwei zusammengehörigen Parametern, praktisch unverändert erhalten.

Tabelle 2. Parameter der relativen Stirnhöhlengesamtflächen von 257 Männern und 233 Frauen aus Ostösterreich

Geschlecht	♂	♀
n	257	233
Mittelwert \bar{x} (arithm. Mittel)	9,98	8,44
Median \tilde{x}	9,43	7,77
Streuung s	4,61	4,18
Variationskoeffizient	46,19	49,53
Variationsbreite	0,35—22,89	0,38—20,13
Wölbung (curtosis)	2,68	2,98
Schiefe (skewness)	0,25	0,49

Optisch eindrucksvoll geht diese Feststellung aus dem Vergleich der Histogramme Abb. 1 und 4 hervor, wo die Form der Verteilung praktisch ident ist. Ebenso sind die Abb. 5 und 6, in denen ebenso wie in Abb. 2 und 3 die empirischen Verteilungen den entsprechenden theoretischen Normalverteilungen gegenübergestellt werden, ident.

Asymmetrie der Stirnhöhlen

Bei Betrachtung einer größeren Reihe von Individuen fällt auf, daß sehr häufig die rechte Stirnhöhle gegenüber der linken oder die linke gegenüber der rechten dominiert. Es ist also in der Regel, wie schon LEICHER (1928) beobachtete, eine ausgeprägte Asymmetrie der Stirnhöhlenflächen festzustellen. Um einen Maßstab für die Asymmetrie zu gewinnen, wurde das Verhältnis

der jeweils kleineren Stirnhöhlenfläche zur größeren gebildet (SZILVÁSSY 1973, 1974). Dieser Stirnhöhlenflächen-Asymmetrie-Index

$$\frac{\text{Wert der kleineren Stirnhöhlenfläche} \times 100}{\text{Wert der größeren Stirnhöhlenfläche}}$$

wurde für alle in dieser Untersuchung enthaltenen erwachsenen Individuen berechnet. Bei rechtsseitigem Dominieren der Stirnhöhlenfläche wurde der Index mit positiven, bei linksseitigem Dominieren mit negativen Vorzeichen versehen. Im Falle der Gleichheit der rechtsseitigen und linksseitigen Stirnhöhlenfläche erübrigt sich ein Vorzeichen. Der Index ist in diesem Fall 100 (keine Asymmetrie). Von den 257 Männern zeigen 121 ein Dominieren der rechtsseitigen und 131 ein Dominieren der linksseitigen Stirnhöhlen. Bei den 233 Frauen dominiert in 125 Fällen die linke und in 103 Fällen die rechte

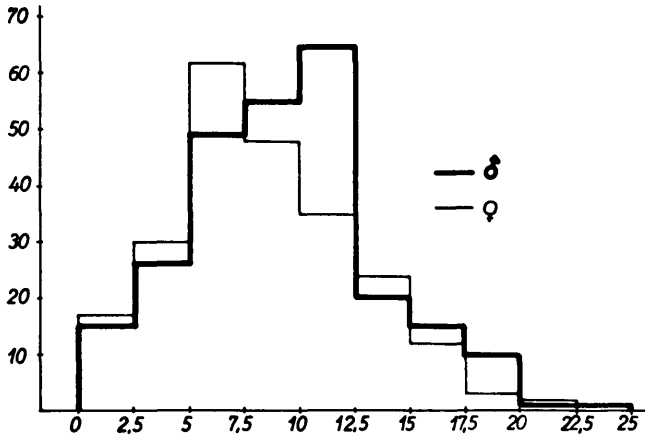


Abb. 4. Verteilung der relativen Stirnhöhlengesamtflächen bei 257 Männern und 233 Frauen aus Ostösterreich

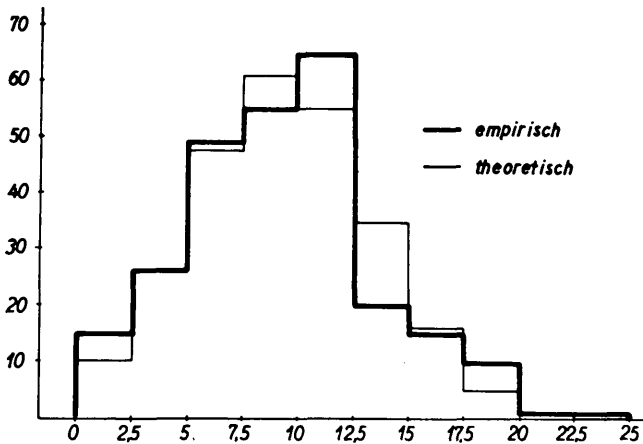


Abb. 5. Empirische und theoretische Verteilung des Stirnhöhlengesamtflächen-Index bei 257 Männern aus Ostösterreich

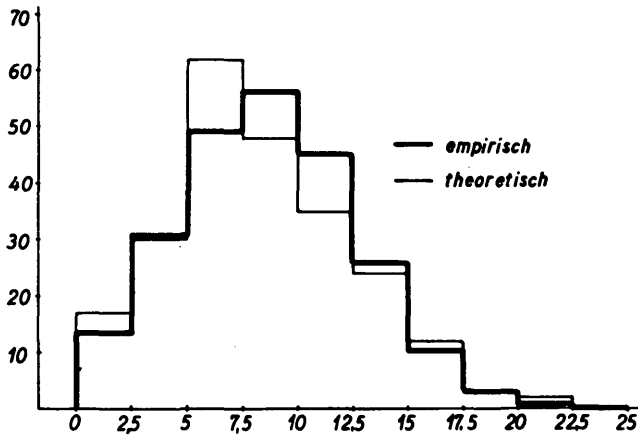


Abb. 6. Empirische und theoretische Verteilung des Stirnhöhlengesamtflächen-Index bei 233 Frauen aus Ostösterreich

Stirnhöhle. Bei 5 Männern und 5 Frauen liegt keine Asymmetrie vor. Auffällig ist bei diesem Befundergebnis, daß bei beiden Geschlechtern Linksasymmetrie mit 51,98% bei Männern und 54,98% bei Frauen vorherrscht.

Um die Stärke der Asymmetrie auch graphisch anschaulich zu machen, wurden die nach der oben vorgeschlagenen Formel

$$\frac{F_1 \times 100}{F_2}$$

(F_1 = kleinere Stirnhöhlenfläche, F_2 = größere Stirnhöhlenfläche) berechneten Asymmetrieindices in Form eines Histogrammes in Abb. 7 dargestellt. Der Asymmetrieindex variiert zwischen 0 bei Fehlen einer Stirnhöhle und 100 bei vollständiger Symmetrie. Dieser Bereich wurde für das Histogramm in Abb. 7 in 10 Klassen geteilt. Dargestellt werden die absoluten Klassenhäufigkeiten.

Auf den ersten Blick fällt in Abb. 7 die Verschiedenheit der Verteilung der Asymmetriestärke bei beiden Geschlechtern auf. Bei den Frauen liegen

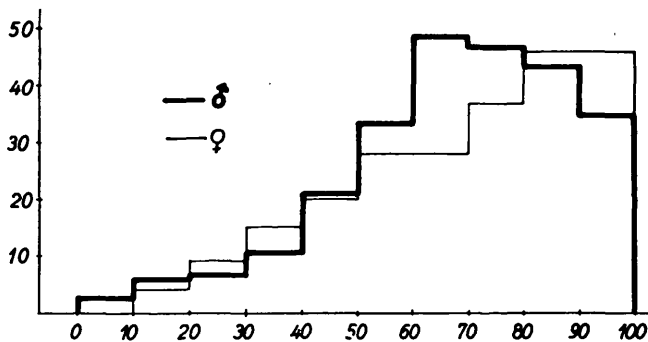


Abb. 7. Empirische Häufigkeitsverteilung des Asymmetrieindex der Stirnhöhlen bei 257 Männern und 233 Frauen ohne Berücksichtigung der Asymmetrierichtung

ca. 40% aller Werte in den beiden obersten Klassen mit Indexwerten von 80–100, während bei den Männern mit ebenfalls ca. 40% der Werte das Maximum der Häufigkeit in den beiden darunterliegenden Klassen 60–80 liegt. Extrem starke Asymmetrie mit Indexwerten unter 10 kommt bei Frauen überhaupt nicht vor, bei Männern hingegen in etwas mehr als 1% der Fälle. Betrachtet man die beiden untersten Klassen (0–20) gemeinsam, so ist festzustellen, daß Werte unter 20 bei den Männern mehr als doppelt so häufig sind als bei den Frauen.

Bei den Frauen besteht also eine Tendenz zur Symmetrie, während bei den Männern eine möglicherweise geschlechtsspezifische Tendenz zur asymmetrischen Ausprägung der Stirnhöhlen zu beobachten ist. Dabei beträgt die kleinere Fläche bei den Stirnhöhlen der Männer meist nur zwei Drittel der größeren Fläche.

Zur Beurteilung der Asymmetrie ist es zweifellos ein Vorteil, bezüglich des Asymmetrieindex Klassengrenzen festzulegen. Es werden fünf Kategorien von Asymmetrieklassen angeboten:

Tabelle 3. Klassen und verbale Prädikation des Asymmetrieindex der Stirnhöhlen

Klasse	Asymmetrieindex Bereich	verbale Prädikation
1	100–80	symmetrisch und nahezu symmetrisch
2	80–60	mittlere Asymmetrie
3	60–40	starke Asymmetrie
4	40–20	sehr starke Asymmetrie
5	unter 20	extreme Asymmetrie

Sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen herrscht Linksasymmetrie vor.

Pneumatisationsgrad der Stirnhöhlen

Die Untersuchung der Stirnhöhlen von rund 500 erwachsenen Personen aus Ostösterreich erlaubt es, ihren Pneumatisationsgrad zu beurteilen. Um die Pneumatisation quantitativ beurteilen zu können, ist es notwendig, Klassengrenzen aufzustellen. In der folgenden Tabelle wurden 4 Kategorien aufgestellt:

Tabelle 4. Klassen und verbale Prädikation der Pneumatisation der Stirnhöhlen

Klasse	Bereich	verbale Prädikation	♂	♀
1	0–6 cm ²	klein	10,12%	17,17%
2	6–12 cm ²	mittelgroß	34,24%	46,78%
3	12–18 cm ²	groß	41,25%	27,47%
4	18–30 cm ²	sehr groß	14,39%	8,58%

Diese 4 Kategorien orientieren sich an der absoluten Verteilung der Stirnhöhlenflächen. Es wurden dabei, wie aus Abb. 1 ersichtlich, bis zu einer Größe von 18 cm^2 je 2 Klassen zusammengefaßt, von 18 cm^2 — 30 cm^2 wurde 1 Klasse gebildet.

In der Literatur sind zahlreiche Angaben über das Fehlen der Stirnhöhlen zu finden. Die Angaben der verschiedenen Autoren über das Fehlen der Stirnhöhlen variieren nach LEICHER (1928) zwischen 2%—20%. Die Ursache für diese erhebliche Variation in den Angaben sieht LEICHER in der subjektiven Beurteilung der Stirnhöhlengröße, denn der Übergang von kleinen und kleinsten Stirnhöhlen zu fehlenden sei fließend. LEICHER selbst beurteilt den Pneumatisationsgrad der Stirnhöhlen ebenfalls subjektiv. Er unterscheidet zwischen „gut pneumatisiert, stark gehemmt bzw. fehlend“. Er findet in seinem Untersuchungsgut 82% gut pneumatisiert, in 10,2% der Fälle sind beide Stirnhöhlen gehemmt oder fehlen, in 7,8% der Fälle ist eine Stirnhöhle deutlich gehemmt oder fehlt. Als fehlend oder gehemmt bezeichnet LEICHER eine Stirnhöhle, die höchstens die Fläche einer Bohne erreicht (ca. $0,5 \text{ cm}^2$). Im Vergleich zu den in Tab. 4 aufgestellten Kategorien hätten 82% der von LEICHER untersuchten Probanden Stirnhöhlen mit einer Größe von 6 cm^2 — 30 cm^2 .

Bestimmt man aber, wie es in der vorliegenden Arbeit geschehen ist, die Fläche der Stirnhöhle planimetrisch, so kommt man zu einer objektiven Beurteilung bezüglich des Pneumatisationsgrades der Stirnhöhlen. Aus diesem Grund scheint es notwendig, der Einteilung LEICHERS, die nur alternativ zwischen „gut pneumatisiert“ und „fehlend bzw. stark gehemmt“ unterscheidet, eine weitere Kategorie hinzuzufügen, die jene Stirnhöhlen umfaßt, bei denen der Verdacht auf einseitige oder beidseitige Pneumatisationshemmung besteht, eine sichere Aussage über ihr Ausmaß aber nicht möglich ist. Die Obergrenze dieses Bereiches wird bei beidseitiger Hemmung an der Verteilung der Gesamtfläche orientiert (vgl. Abb. 1). Dementsprechend ist mit einer beidseitigen Pneumatisationshemmung zu rechnen, wenn der Wert der Gesamtfläche in eine der beiden unteren Klassen der absoluten Häufigkeitsverteilung fällt (Abb. 1). Je weiter dieser Wert unter der für Männer festgelegten Grenze von 6 cm^2 liegt, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß es sich um eine Pneumatisationshemmung handelt. In der gegenständlichen Untersuchung liegen 10,12% der Stirnhöhlengesamtflächen bei Männern und 17,17% bei Frauen unter 6 cm^2 . Verschiebt man aber die Obergrenze für Frauen entsprechend der Mittelwertsdifferenz ($\bar{x}_{\text{♂}} = 12,67$, $\bar{x}_{\text{♀}} = 10,61$) der Geschlechter um 2 cm^2 nach unten und legt sie mit 4 cm^2 fest, so wird dieser Wert nur mehr in 10,3% unterschritten und entspricht somit bezüglich der Häufigkeit ziemlich genau der Häufigkeit bei Männern. Demnach liegt in der vorliegenden Untersuchung sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen in ca. 10% der Fälle eine beidseitige Pneumatisationshemmung vor. Von einer starken Hemmung spricht man bei Männern, wenn die Gesamtfläche der Stirnhöhlen weniger als 3 cm^2 beträgt, bei Frauen weniger als 2 cm^2 . Diese starke Hem-

mung liegt bei Männern in 4,67% der Fälle, bei Frauen in 3,86% der Fälle vor. Ebenso wie bei den extremen Asymmetrieformen ist also auch hier bei den Männern eine größere Häufigkeit zu beobachten als bei den Frauen.

Zur Beurteilung der einseitigen Pneumatisationshemmung kann man als Maßstab den Asymmetrie-Index heranziehen. Verwendet man die in Tab. 3 getroffene Einteilung bezüglich des Grades der Asymmetrie und setzt fest, daß Asymmetrie-Indexwerte kleiner als 20 einer starken einseitigen Pneumatisationshemmung entsprechen, dann wäre die dazugehörige prozentuelle Häufigkeit 3,5% beim männlichen und 1,72% beim weiblichen Geschlecht. Wie bei der bereits besprochenen beidseitigen findet sich auch bei der einseitigen Pneumatisationshemmung ein deutlicher Geschlechtsunterschied und zwar tendieren Frauen im allgemeinen zu symmetrischeren Formen und weisen eine geringere Variabilität in den Merkmalen der Sinus frontales auf als Männer.

Ein Vergleich mit den von LEICHER (1928) veröffentlichten Prozentsätzen über die Frequenz der Pneumatisationshemmung ist trotz gleichen Stichprobenumfanges nicht möglich, weil LEICHER keine Unterscheidung zwischen den Geschlechtern vorgenommen hat. Aus der vorliegenden Studie ergibt sich aber, daß praktisch in allen Merkmalen der Stirnhöhlen signifikante Unterschiede zwischen Männern und Frauen bestehen. Da LEICHER seine Befunde subjektiv bewertete, fehlen bei ihm auch Angaben über die Grenzen der Kategorien. Auch aus diesem Grund ist ein Vergleich mit LEICHER nicht möglich.

Entwicklung der Stirnhöhlen

Variationsstudien über die Entwicklung der Stirnhöhlen vom Kindes- zum Erwachsenenalter wurden in der Literatur bisher nicht vorgelegt. Angaben über Größenverhältnisse der Sinus frontales finden sich hauptsächlich in der anatomischen Literatur. Nach SIEGLBAUER (1947) entwickeln sich die Stirnhöhlen um das 1. Lebensjahr und erreichen im 6. kaum Erbsengröße (0,5 cm²). Im 7. Lebensjahr erweitern sie sich zu Bohnengröße (0,8 cm²), von 11. bis 12. Lebensjahr angefangen drängen sie die beiden Knochentafeln der Stirnbeinschuppe mehr und mehr auseinander, bis sie ihre definitive Größe erreicht haben. WALDEYER (1950) ist ebenfalls der Ansicht, daß sich die Stirnhöhlen erst nach der Geburt entwickeln. Mit einem halben Jahr hätten sie die Größe einer kleinen Erbse, mit 3 Jahren die einer Bohne und mit 5 Jahren wären sie haselnußgroß (ca. 1 cm²). Später, sagt WALDEYER, dehnen sich die Stirnhöhlen weiter in die Stirnbeinschuppe und über das Dach der Orbita aus.

In der vorliegenden Studie wurden die Stirnhöhlen der Kinder und Jugendlichen vom 3. bis 17. Lebensjahr getrennt nach Geschlechtern nach der Größe der Gesamtfläche geordnet, ansteigend von der kleinsten. Es handelt sich um 117 Knaben und 98 Mädchen. Sodann wurden die Meßergebnisse der so planimetrisch dargestellten Stirnhöhlenflächen für die rechnerische Aufbe-

Tabelle 5: Parameter der absoluten Stirnhöhlangesamflächen von 117 Knaben und 98 Mädchen der Altersklassen 3—11 Jahre und der Altersklasse 12—17 Jahre

Altersklasse	♂				♀				♂ + ♀			
	n	\bar{x}	$\frac{\sigma}{\bar{x}}$	v	n	\bar{x}	$\frac{\sigma}{\bar{x}}$	v	n	\bar{x}	$\frac{\sigma}{\bar{x}}$	v
3 a	20	0,81	0,45	92,59	11	0,46	0,4	32,61	31	0,69	0,4	89,86
4 a	23	0,85	0,6	71,76	11	0,66	0,6	65,15	34	0,79	0,6	70,87
5 a	18	1,32	1,1	79,55	11	0,72	0,5	62,5	29	1,09	0,8	83,49
6 a	5	1,42	0,6	93,66	10	1,38	1,0	91,30	15	1,39	0,7	89,21
7 a	8	2,66	1,6	122,74	11	3,49	2,9	81,38	19	3,11	2,2	95,82
8 a	11	3,40	2,9	66,76	7	2,87	3,2	67,60	18	3,19	2,95	65,83
9 a	5	4,32	4,4	51,85	9	5,46	3,9	77,29	14	5,05	4,15	70,89
10 a	9	3,83	2,0	117,23	12	6,14	5,3	51,95	21	5,15	4,7	75,34
11 a	6	3,75	3,25	44,53	5	7,26	7,8	24,66	11	5,35	4,8	45,98
12 a-x	12	10,58	12,25	48,77	11	7,85	8,8	44,97	23	9,28	9,2	49,35

reitung tabellarisch zusammengefaßt. In Tab. 5 sind die Parameter für diese Altersklasse zuerst getrennt nach Geschlechtern, dann für beide Geschlechter zusammen, angegeben. Ähnlich, wie für die Erwachsenen (siehe Tab. 1), wurde auch in Tab. 5 neben dem Mittelwert \bar{x} der Median \tilde{x} angegeben. Bei Kindern und Jugendlichen ist der Median von größerer Bedeutung als das arithmetische Mittel, da bei den relativ kleinen Stichprobenumfängen der Altersklassen der Mittelwert von seltenen Extremwerten stark beeinflußt wird.

In Abb. 8 wird auf der Grundlage der Mittelwerte aus Tab. 5 die geschlechtsspezifische Entwicklung der Stirnhöhlenflächen in Abhängigkeit vom Alter dargestellt, beginnend beim Mittelwert der Dreijährigen. 1 cm der x-Achse entspricht jeweils einer Altersänderung von 1 Jahr, 1 cm der y-Achse entspricht 1 cm² der Gesamtfläche der Stirnhöhlen. Die Mittelwerte der ersten 9 Altersklassen aus Tab. 5 sind in jeweils 1 cm Abstand eingetragen. Die 10. Altersklasse, die den Bereich von 12 bis 17 Jahren umfaßt, ist bei 14,5 eingetragen. Am Ende der Kurve scheint bei 18 Jahren der Mittelwert der Erwachsenen auf. Mit 18 Jahren kann die Ausbildung der Stirnhöhlen als abgeschlossen betrachtet werden.

Neben den Mittelwerten wurden in Abb. 8 für Knaben und Mädchen noch hypothetische Kurven der Entwicklung der Stirnhöhlengesamtfläche gezeichnet. Die Tabellenwerte (Tab. 5) liegen zwar nicht auf den Kurven, doch befinden sich die Kurvenpunkte immer innerhalb ihres Standardfehlers. Entscheidend für die dabei angenommenen Abweichungen und ihrer Richtungen war jeweils die Plausibilität. Es ist unmöglich, daß die Stirnhöhlenflächen der elfjährigen Knaben im Mittel (siehe Tab. 5) kleiner sind als die der neunjährigen Knaben. Daß aber der Mittelwert sowohl der zehnjährigen als auch der

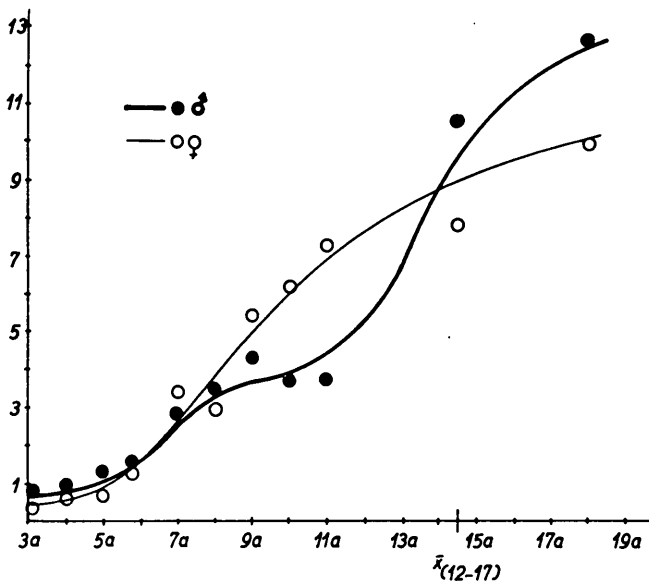


Abb. 8. Wachstumskurve der Stirnhöhlenflächen vom Kindes- zum Erwachsenenalter

elfjährigen Knaben tatsächlich niedriger ist als jener der neunjährigen, ist ein Indiz für einen ziemlich flachen Anstieg der Kurve in diesem Bereich. Es kann also vermutet werden, daß die Stirnhöhlen bei zehn- bis elfjährigen Knaben langsam wachsen. Da der Endpunkt der Entwicklung der Stirnhöhlen durch den Mittelwert der Männer gesichert ist, muß im Alter von 12 bis 17 Jahren wieder eine Phase schnelleren Wachstums der Stirnhöhlen folgen. Dieser Vorgang ist in Abb. 8 durch den steilen Verlauf der Kurve abzulesen. Ebenso ist der Verlauf der Kurve von 6 bis 8 Jahren steiler, während die Kurve von 3 bis 5 Jahren flach verläuft.

Bei den Mädchen verläuft die Entwicklung der Stirnhöhlen in den ersten 5 Lebensjahren parallel zu den Knaben, vom 6. Lebensjahr an nimmt sie einen anderen Verlauf. Wie aus Abb. 8 ersichtlich, ist das Wachstum der Stirnhöhlen bei Mädchen zwischen dem 6. und 12. Lebensjahr am stärksten. Danach erfolgt nur mehr ein kontinuierliches, langsames Zunehmen der Stirnhöhlenfläche bis zum Mittelwert der Frauen.

Dieser geschlechtsspezifische Wachstumsrhythmus der Stirnhöhlen ist auch von vielen anderen Erbmerkmalen bekannt. So ist zum Beispiel der Veränderungsrythmus der Haar- und Augenfarbe ähnlich dem der Stirnhöhlen.

Vererbung der Stirnhöhlen

LEICHER (1928) sagt, daß über die Vererbung der Stirnhöhlen kein Zweifel besteht. Um den Einfluß der Vererbung besser erkennen zu können, stellt LEICHER mehr oder weniger häufig vorkommende Typen von Stirnhöhlen mit verschiedenen Übergangsformen auf. Als Typ 1 bezeichnet er niedrige, in die Breite gewachsene Stirnhöhlen, als Typ 2 große, gefächerte, pyramidenförmige Stirnhöhlen, als Typ 3 werden einfach gebaute Stirnhöhlen von mittlerer Größe ohne wesentliche Fächerung bezeichnet. Unter Typ 4 versteht er Stirnhöhlen mit rundlichen Kuppeln, als Typ 5 werden sehr große, gefächerte Stirnhöhlen bezeichnet. Die Aufstellung dieser 5 Typen ist nach LEICHER deshalb berechtigt, weil jede dieser Kategorien nach seinen Untersuchungen erblich ist.

Betrachtet man die in der vorliegenden Arbeit behandelten 490 Stirnhöhlen von Erwachsenen, stellt man fest, daß sich die von LEICHER aufgestellten 5 Typen auf 4 reduzieren lassen. Abb. 9 zeigt die von uns vorgeschlagene vereinfachte Typisierung der Stirnhöhlen in bohnenförmige, blattförmige, bischofsmützenförmig und pyramidenförmig. Wendet man diese Typisierung auf die vorliegenden 490 Befunde der Stirnhöhlen Erwachsener an, so kommt man zu der in Tab. 6 angegebenen absoluten und prozentuellen Verteilung.

Diese Typisierung hat den Vorteil, daß sie für Vererbungsstudien, wie z. B. Mutter-Kind- bzw. Vater-Kind-Ähnlichkeiten, die zur Formbeschreibung dann herangezogen werden kann, wenn eine Kategorienbildung in klein bis sehr groß, wie sie in Tab. 4 vorgeschlagen wird, nicht möglich ist.

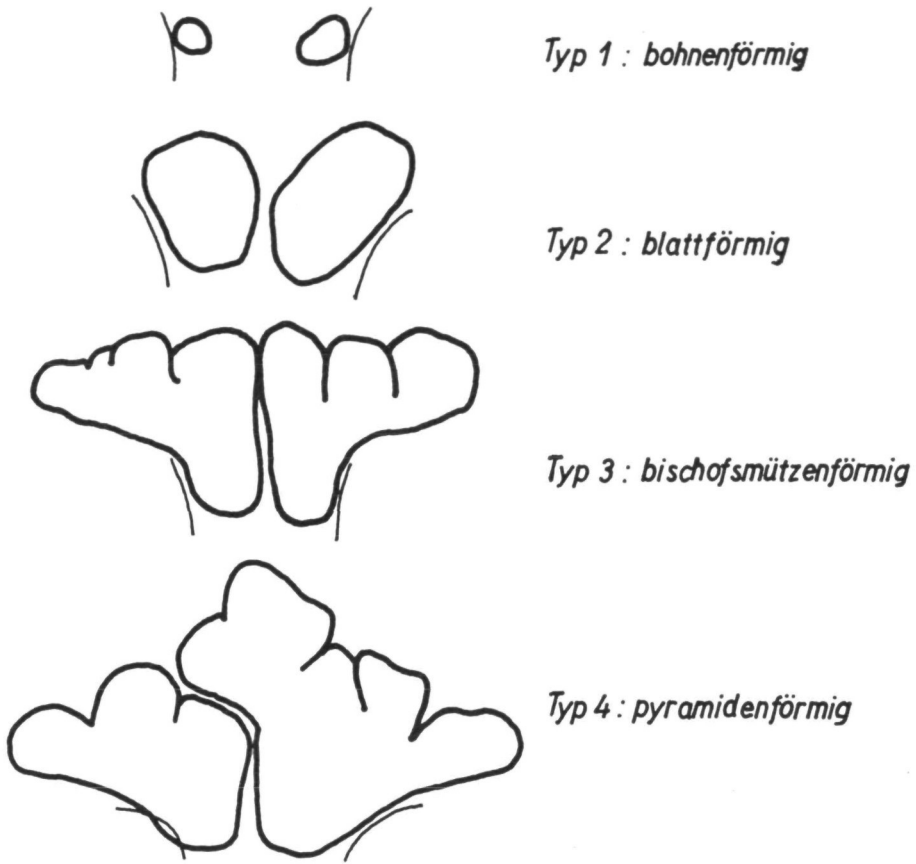


Abb. 9. Stirnhöhlentypen

Tabelle 6. Verteilung der Stirnhöhlentypen bei 257 Männern und 233 Frauen

	♂		♀	
	n	%	n	%
Typ 1 bohnenförmig	7	2,72	9	3,86
Typ 2 blattförmig	63	24,51	43	18,45
Typ 3 bischofsmützenförmig	114	44,36	104	44,64
Typ 4 pyramidenförmig	73	28,41	77	33,05
	257	100,00	233	100,00

Die Vererbung der Stirnhöhlen wurde nach zwei Gesichtspunkten beurteilt. Es wurden einerseits die Stirnhöhlen nach den in Tab. 4 vorgeschlagenen Größenkategorien eingeteilt. War die Kategorienbildung nicht möglich,

Tabelle 7. Kindesmutter-Kind-Ähnlichkeiten beurteilt nach der Größe der Stirnhöhlen

Ifd. Nr.	Kindesmutter ←				Kind				Kindesvater							
	ausgemessene Fläche der Stirnhöhlen in cm ²								ausgemessene Fläche der Stirnhöhlen in cm ²							
	insg.	re	li	Kategorie	schlecht	insg.	re	li	Kategorie	insg.	re	li	Kategorie			
1	5,8	3,1	2,7	klein	♂	1,7	0,9	0,8	klein	20,1	8,9	11,2	sehr groß			
2	5,7	2,1	3,6	klein	♂	4,7	1,7	3,0	klein	10,6	5,6	5,0	mittelgroß			
3	9,0	4,4	4,6	mittelgroß	♂	7,4	4,4	3,0	mittelgroß	13,6	4,0	9,6	groß			
4	10,8	4,9	5,9	mittelgroß	♂	6,3	2,8	3,5	mittelgroß	18,7	6,0	12,7	sehr groß			
5	11,6	6,8	4,8	mittelgroß	♂	6,6	3,8	2,8	mittelgroß	20,8	7,5	13,3	sehr groß			
6	6,9	1,6	5,3	mittelgroß	♀	6,6	2,1	4,5	mittelgroß	14,7	7,1	7,6	groß			
7	10,3	5,6	4,7	mittelgroß	♀	7,2	3,8	3,4	mittelgroß	16,2	5,9	10,3	groß			
8	11,4	4,8	6,6	mittelgroß	♀ I	6,9	3,1	3,8	mittelgroß	17,1	9,1	8,0	groß			
					♀ II	6,3	2,9	3,4	mittelgroß							
9	9,9	5,5	4,4	mittelgroß	♂	12,5	6,0	6,5	mittelgroß	3,0	0,6	2,4	klein			
10	18,9	11,7	7,2	groß	♀	14,3	9,9	4,4	groß	12,4	8,4	4,0	groß			

Tabelle 8. Kindesvater-Kind-Ähnlichkeiten beurteilt nach der Größe der Stirnhöhlen

Ifd. Nr.	Kindesmutter				Kind				Kindesvater							
	ausgemessene Fläche der Stirnhöhlen in cm ²								ausgemessene Fläche der Stirnhöhlen in cm ²							
	insg.	re	li	Kategorie	schlecht	insg.	re	li	Kategorie	insg.	re	li	Kategorie			
1	17,1	11,0	6,1	groß	♂	0,5	0,3	0,2	klein	1,2	0,8	0,4	klein			
2	8,6	3,7	4,9	mittelgroß	♂	2,2	1,5	0,7	klein	3,3	1,8	1,5	klein			
3	13,7	3,7	10,0	groß	♂	3,9	1,6	2,3	klein	6,8	3,7	3,1	klein			
4	6,0	3,7	2,3	klein/ mittelgroß	♀	5,4	1,2	4,2	klein	6,9	2,5	4,4	klein			
5	15,3	8,1	7,2	groß	♂	3,4	1,2	2,2	klein	6,0	2,1	3,9	klein			
6	11,7	5,1	6,6	mittelgroß	♂	2,0	0,3	1,7	klein	3,9	1,4	2,5	klein			
7	12,4	5,5	6,9	groß	♀	4,7	2,5	2,2	klein	6,7	3,7	3,0	klein			
8	6,1	2,9	3,2	klein	♀	10,3	5,3	5,0	mittelgroß	13,9	6,1	7,8	mittelgroß			
9	6,3	3,4	2,9	klein	♀	8,5	4,8	3,7	mittelgroß	12,0	6,4	5,6	mittelgroß			
10	17,4	10,0	7,4	groß	♀	8,8	4,6	4,2	mittelgroß	9,8	5,4	4,4	mittelgroß			
11	11,2	6,2	5,0	mittelgroß	♂	16,4	5,7	10,7	groß	13,1	6,0	7,1	groß			
12	9,9	3,5	6,4	mittelgroß	♂	12,7	7,8	4,9	groß	14,2	5,2	9,0	groß			
13	6,2	2,3	3,9	mittelgroß	♂	15,2	8,4	6,8	groß	17,5	10,5	7,0	groß			

Tabelle 9. Kindesmutter-Kind- bzw. Kindesvater-Kind-Ähnlichkeiten beurteilt nach der Form der Stirnhöhlen

Ifd. Nr.	Kindesmutter					Kind					Kindesvater				
	insg.	re	li	Kategorie	ausgemessene Fläche der Stirnhöhlen in cm ² Ge- schlecht	insg.	re	li	Kategorie	→	insg.	re	li	Kategorie	
	8,9	4,6	4,3	mittelgroß		♂	7,8	3,3	4,5	mittelgroß/ bischofs- mützenf.	→	8,6	4,6	4,0	mittelgroß/ bischofs- mützenf.
2	10,0	6,8	3,2	mittelgroß	♀	10,7	5,8	4,9	mittelgroß/ bischofs- mützenf.	→	9,4	4,7	4,7	mittelgroß/ bischofs- mützenf.	
3	15,6	8,8	6,8	groß	♀	5,0	1,7	3,3	klein/ bischofs- mützenf.	→	9,5	3,9	5,6	mittelgroß/ bischofs- mützenf.	
4	10,1	4,9	5,2	mittelgroß	♂	3,4	1,8	1,6	klein/ blatf.	→	8,9	3,7	5,2	mittelgroß/ blatf.	
5	9,8	7,8	2,0	mittelgroß	♀	10,5	5,6	4,9	mittelgroß/ bischofs- mützenf.	→	15,2	5,7	9,5	groß/ bischofs- mützenf.	
6	3,4	0,8	2,6	klein	♀	10,7	5,0	5,7	mittelgroß/ bischofs- mützenf.	→	17,5	9,4	8,1	groß/ bischofs- mützenf.	
7	12,8	6,6	6,2	groß	♂	10,4	6,1	4,3	mittelgroß/ bischofs- mützenf.	→	22,5	11,5	11,0	sehr groß/ bischofs- mützenf.	
8	7,6	2,7	4,9	mittelgroß	♀	10,8	5,7	5,1	mittelgroß/ bischofs- mützenf.	→	13,8	7,1	6,7	groß/ bischofs- mützenf.	
9	0,5	0,3	0,2	klein	♀	10,9	4,2	6,7	mittelgroß/ mützenf.	→	23,4	7,9	15,5	sehr groß/ pyramidenf.	
10	9,2	4,8	4,4	mittelgroß/ bischofs- mützenf.	♂	4,5	2,0	2,5	klein/ bischofs- mützenf.	←	14,4	8,0	6,4	groß	
11	0,6	0,2	0,4	klein/ bohnenf.	♀	0,5	0,2	0,3	klein/ bohnenf.	←	0,9	0,5	0,4	klein/ bohnenf.	
12	8,7	4,1	4,6	mittelgroß/ blatf.	♀	10,0	5,0	5,0	mittelgroß/ pyramidenf.	→	14,0	8,6	5,4	groß/ pyramidenf.	

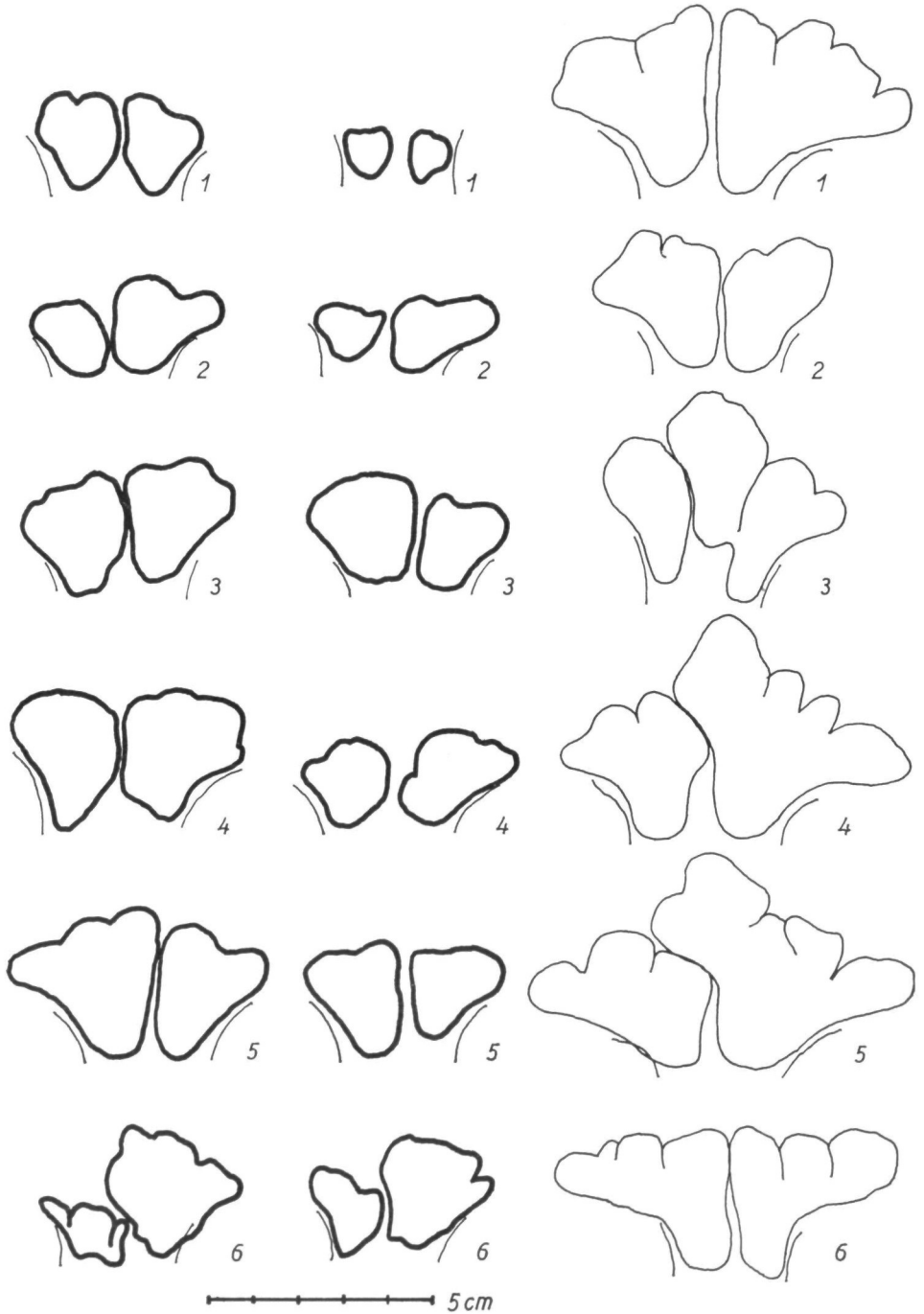


Abb. 10. Mutter-Kind-Ähnlichkeit der Stirnhöhlen

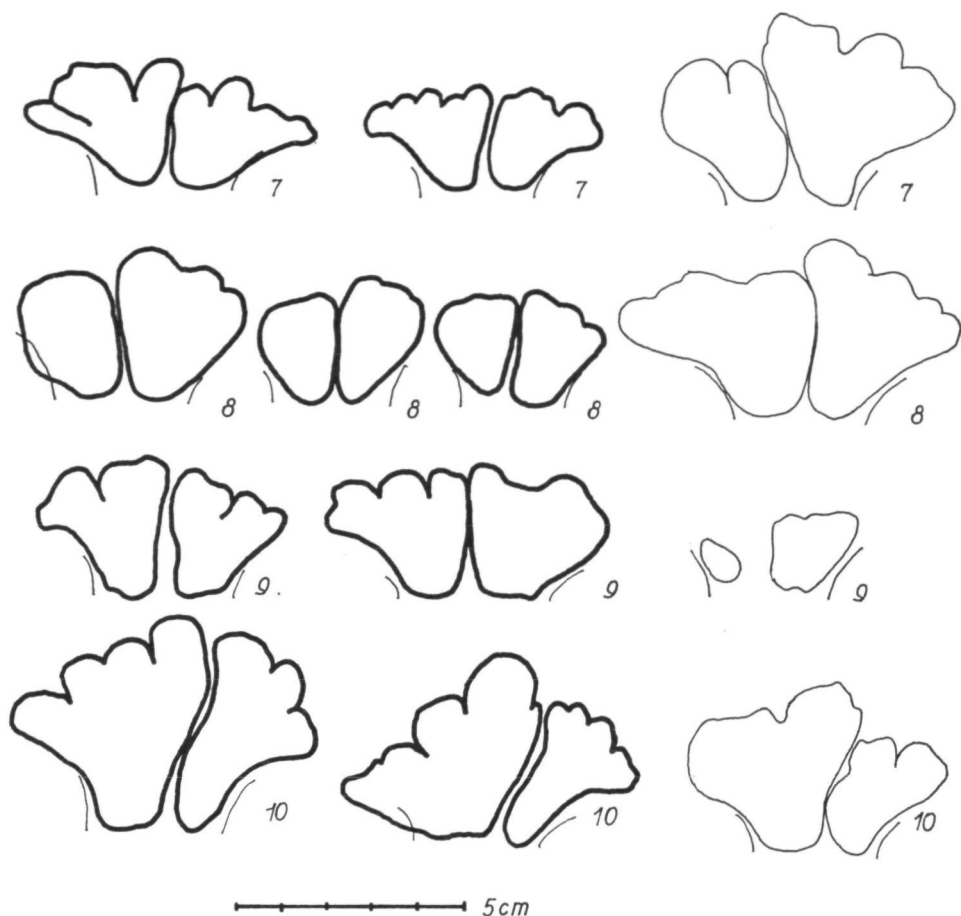


Abb. 11. Mutter-Kind-Ähnlichkeit der Stirnhöhlen

wenn beispielsweise die Stirnhöhlen bei allen 3 Personen in dieselbe Kategorie fallen, wurde andererseits die Form nach Tab. 6 zur Beurteilung verwendet. Zur Untersuchung der Mutter-Kind- bzw. Vater-Kind-Beziehungen wurden nur Jugendliche herangezogen, bei denen die Entwicklung der Stirnhöhlen praktisch abgeschlossen ist (siehe Abb. 8). In Tab. 7 wurden die Mutter-Kind-Ähnlichkeiten, in Tab. 8 die Vater-Kind-Ähnlichkeiten zusammengefaßt. In diese beiden Tabellen wurden jene Fälle aufgenommen, bei denen eine Kategorienbildung möglich war. Bei den Mutter-Kind-Verbindungen waren in 2 Fällen bei Mutter und Kind die Stirnhöhlen klein, in 7 Fällen mittelgroß und in 1 Fall groß. Bei den Vater-Kind-Verbindungen waren in 7 Fällen bei beiden Probanden die Stirnhöhlen klein, in 3 Fällen mittelgroß und in 3 Fällen groß. In unserem Befundgut wurden also in 23 Fällen 9 mal kleine, 10 mal mittelgroße und 4 mal große Stirnhöhlen vererbt.

Die Abb. 10 und 11 zeigen eindrucksvoll die Mutter-Kind-Ähnlichkeiten, die Abb. 12 und 13 die Vater-Kind-Ähnlichkeiten. Nach den vorliegenden

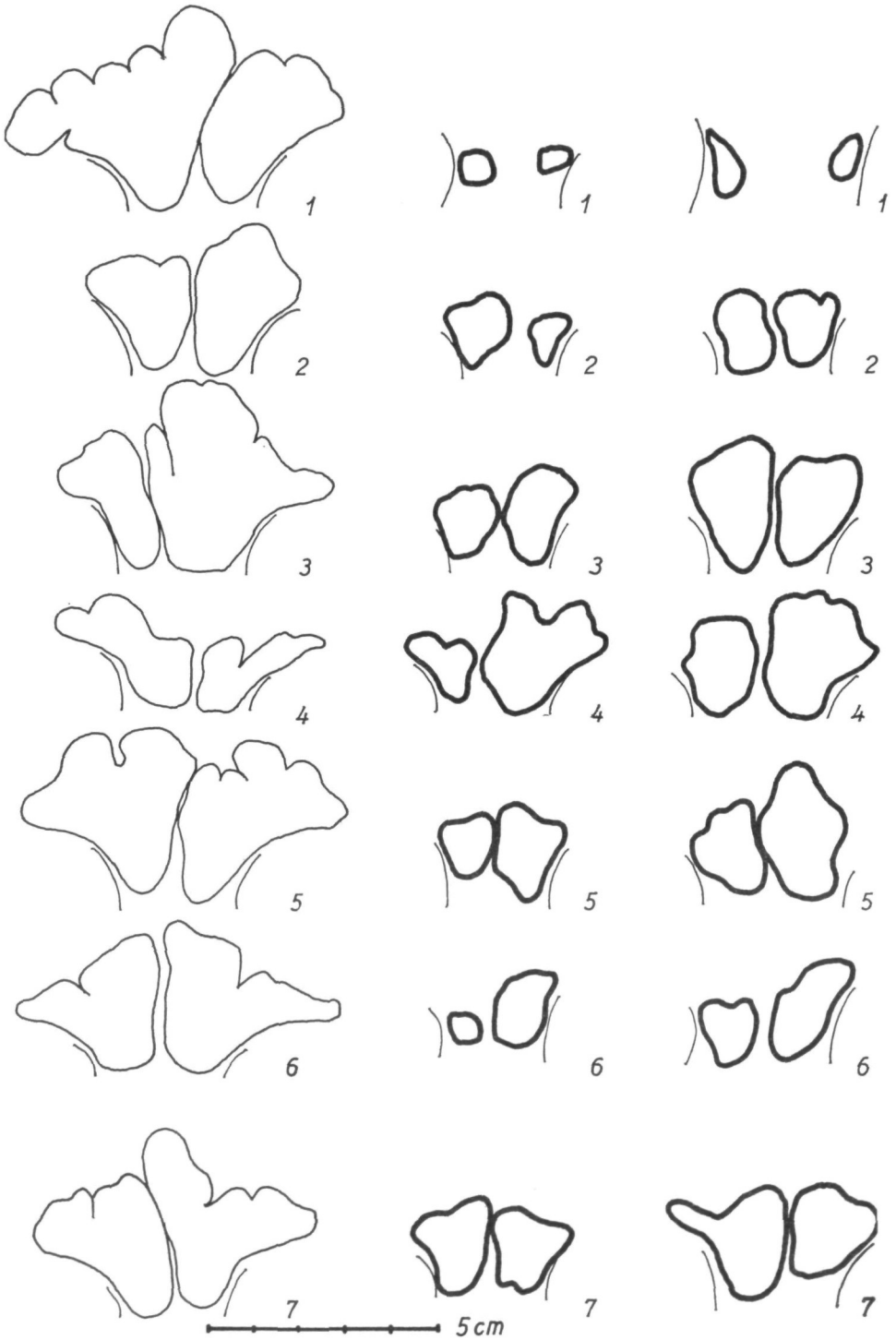
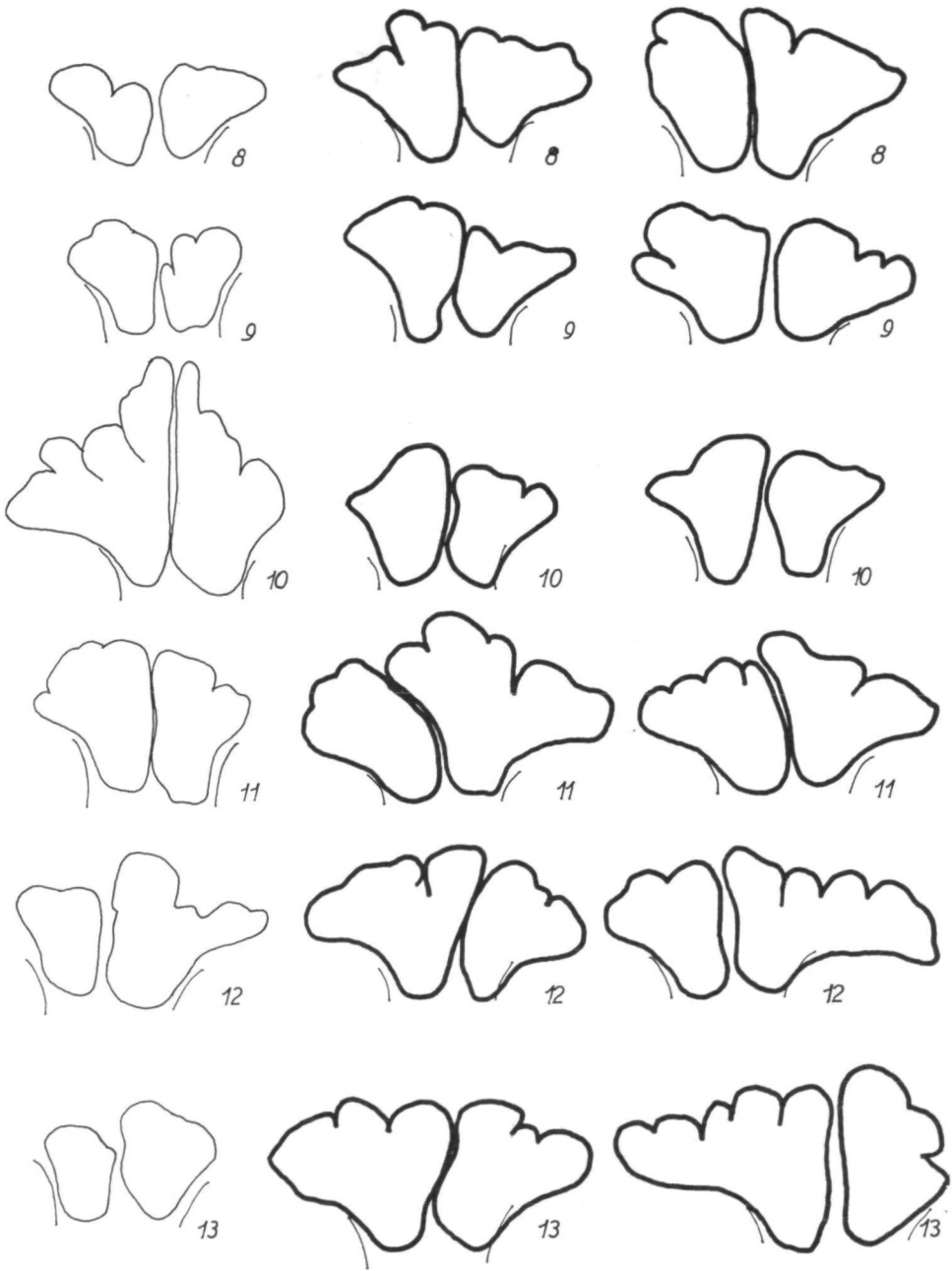
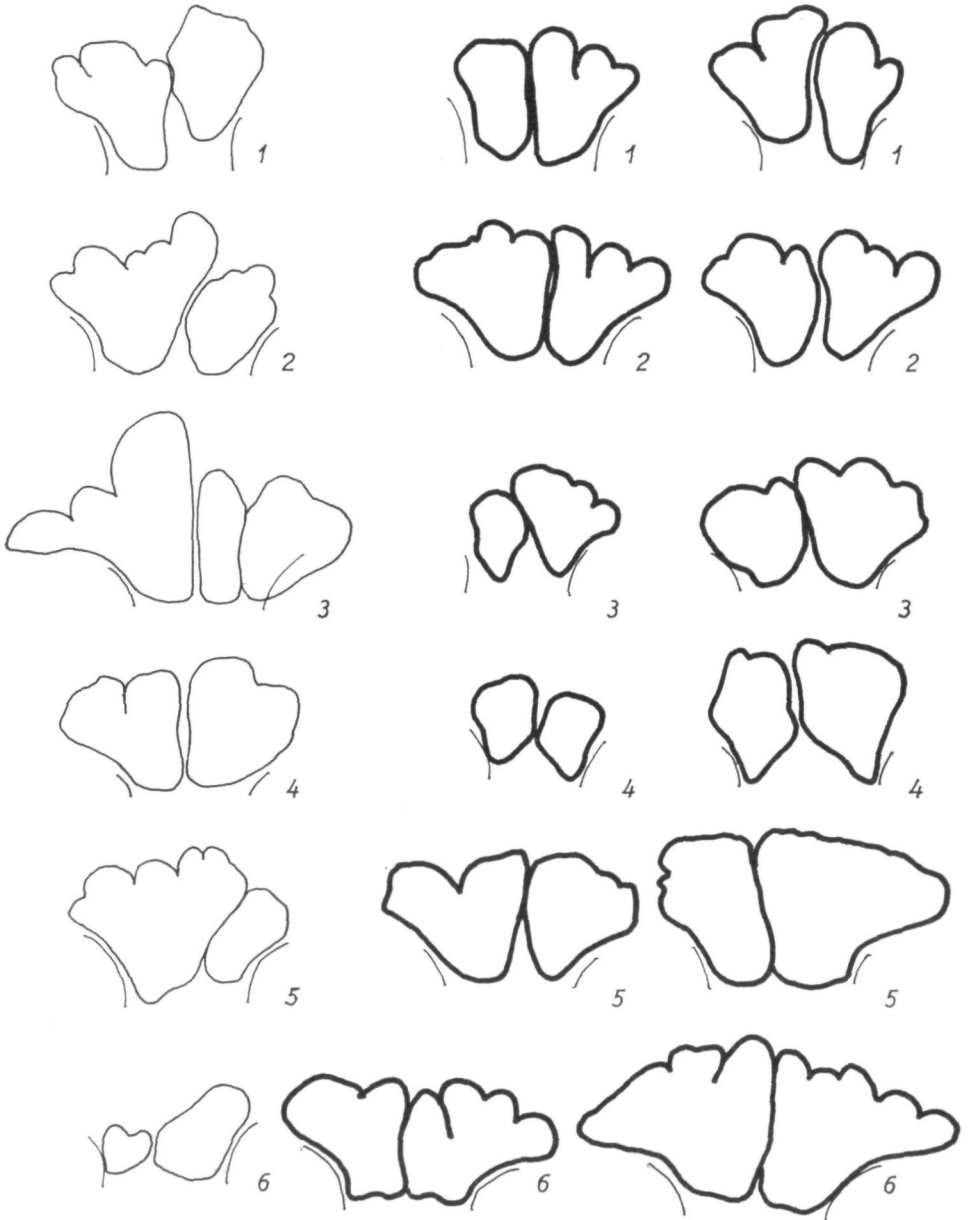


Abb. 12. Vater-Kind-Ähnlichkeit der Stirnhöhlen



5 cm
Abb. 13. Vater-Kind-Ähnlichkeit der Stirnhöhlen



5 cm
Abb. 14. Vererbung der Stirnhöhlen nach der Form

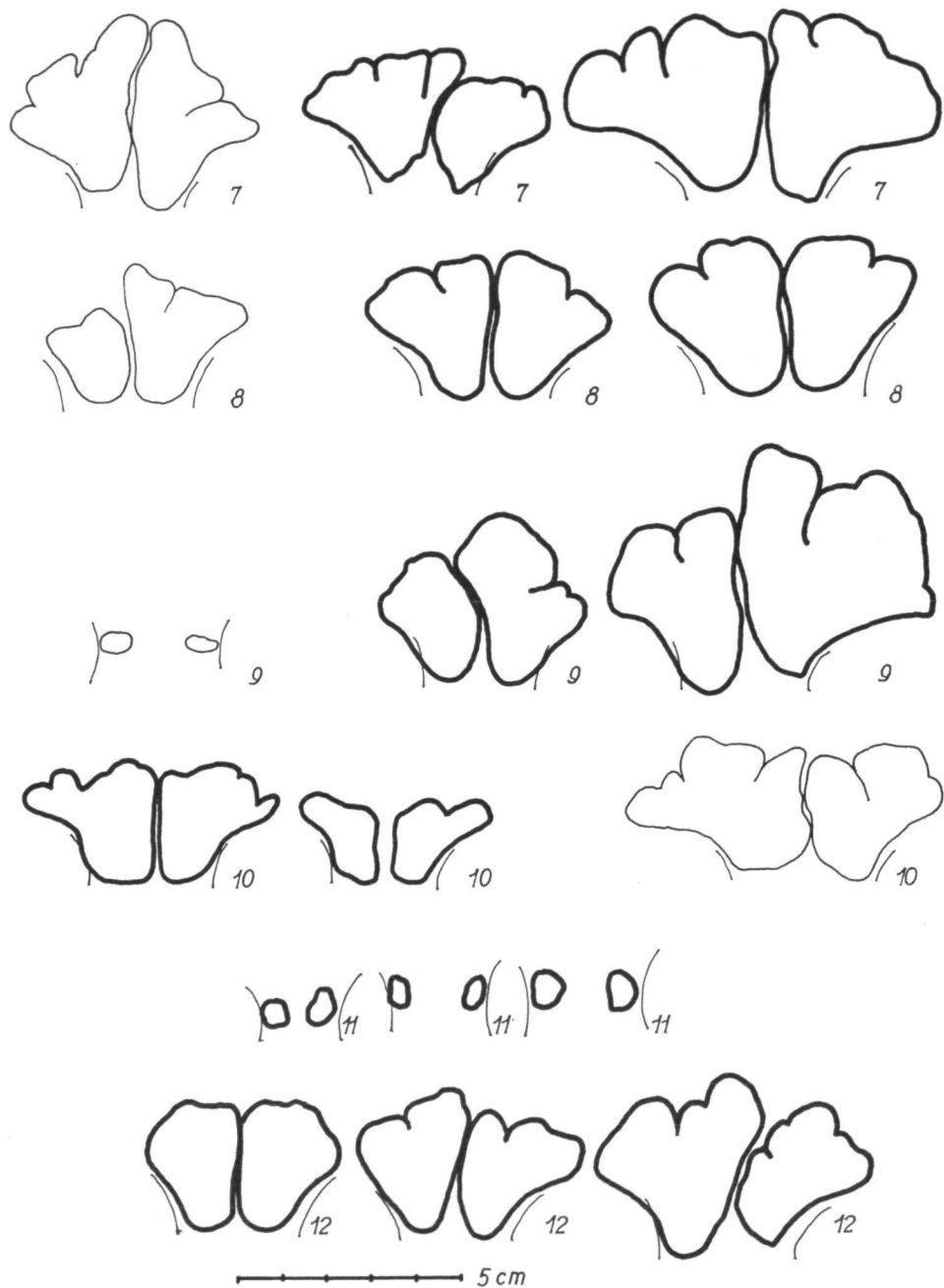


Abb. 15. Vererbung der Stirnhöhlen nach der Form

Befunden kann kaum mehr ein Zweifel an der Vererbung der Größe der Stirnhöhlen bestehen.

In jenen Fällen, in denen die Größe der Stirnhöhlen zu einer Ähnlichkeitsdiagnose nicht herangezogen werden konnten, weil beim Kind die Stirnhöhlengröße einen Grenzwert aufweist, z. B. Stirnhöhle klein bis mittelgroß, mittelgroß bis groß, groß bis sehr groß, wurde die Form nach der in Abb. 9 vorgeschlagenen Typisierung als Ähnlichkeitskriterium bestimmt. Diese Auswertungsergebnisse sind in Tab. 9 zusammengefaßt, die Abb. 14 und 15 zeigen die röntgenologischen Befunde. Wie aus den Abb. 14 und 15 zu ersehen ist, wurde 1 mal die Bohnenform, 1 mal die Blattform, 8 mal die Bischofsmützenform und 2 mal die Pyramidenform vererbt.

Von einem statistischen Test wurde Abstand genommen, da der Stichprobenumfang von 53 Fällen dafür zu gering ist. Die morphologischen Befunde (Abb. 10—15) lassen aber keinen Zweifel darüber, daß bei Form und Größe der Stirnhöhlen die Vererbung eine bedeutende Rolle spielt.

Schlußbemerkungen

Bisher liegen Variationsstudien über Stirnhöhlen von LEICHER (1928), BOROVANSKÝ (1936), BUGYI (1959) und SZILVÁSSY (1973) vor. VLČEK (1967) bildet die Stirnhöhlen von 16 Männern und Frauen nach BOROVANSKÝ ab. Die Originalarbeit war trotz zahlreicher Bemühungen nicht zugänglich. Es bleibt daher offen, ob BOROVANSKÝ mehr als 32 Stirnhöhlen untersuchte. Aus den Abbildungen, die VLČEK wiedergibt, ist zu erkennen, daß auch in dieser Serie kleine, mittlere und große Stirnhöhlen bei beiden Geschlechtern vorkommen, daß die Männer im Mittel größere Stirnhöhlen als die Frauen besitzen und daß die Asymmetrie die Regel ist. Allerdings ist bei der kleinen Zahl von 32 Personen naturgemäß der Formenreichtum der Stirnhöhlen geringer als in der gegenständlichen Untersuchung von 705 Personen.

LEICHER (1928) bildet 21 Stirnhöhlen ab, und zwar 3 niedrige, in die Breite gewachsene, 6 große, gefächerte, pyramidenförmige, die in der Mitte ihre größte Höhe erreichen und seitlich abfallen. Bei einer weiteren Gruppe handelt es sich um einfach gebaute Formen ohne wesentliche Fächerung von mittlerer Größe. Schließlich arbeitete LEICHER noch zwei Formengruppen aus seinen Befunden heraus und zwar Stirnhöhlen, die hauptsächlich durch eine kuppelförmige Gestalt charakterisiert sind und sehr große, gefächerte Stirnhöhlen.

BUGYI (1959) bildet nur eine einzige Stirnhöhle von bischofsmützenförmiger Gestalt ab. Er untersuchte 200 erwachsene Personen, dabei ergab sich für Männer eine mittlere Größe von 14 cm², für Frauen von 9 cm². Wie BUGYI die Fläche bestimmte, geht aus seiner Arbeit nicht hervor. Zur gemessenen Fläche nimmt er als Korrekturfaktor einen Zuschlag von 10% an. Aus der Arbeit von BUGYI kann über die Variation und die Asymmetrieverhältnisse der Stirnhöhlen nichts entnommen werden, da die Publikation keinerlei Individualdaten enthält.

LEICHER (1928) und BOROVANSKÝ (1936) beobachteten nur die Form der Stirnhöhlen. Eine Quantifizierung der Form durch Bestimmung der Fläche wurde 1970 von SZILVÁSSY an einer frühgeschichtlichen Schädelserie aus dem awarischen Gräberfeld von Zwölfaxing in Niederösterreich durchgeführt.

Obwohl die Sinus frontales mit ihrer ungeheuren Variabilität ein sicherlich sehr interessantes Studienobjekt für Anatomen, Hals-Nasen-Ohrenärzte und Humangenetiker wäre, liegen praktisch keine Variationsstudien vor. Ein Grund ist vielleicht darin zu suchen, daß die Untersuchung von Stirnhöhlen lediglich auf Grund von Röntgenaufnahmen möglich ist, die von der Normalbevölkerung nur schwer zu beschaffen sind. Außerdem ist die planimetrische Befunderhebung äußerst zeitaufwendig. Mit der Bearbeitung der vorliegenden Studie wäre eine Person mehrere Jahre hindurch beschäftigt.

Zusammenfassung

Es wird über die Variation, Entwicklung und Vererbung der Stirnhöhlen (Sinus frontales) von 705 Personen aus Ostösterreich (Wien, Niederösterreich, Burgenland) berichtet. Diese Stichprobe setzt sich aus 257 Männern, 233 Frauen und 213 Kindern (♂ 117, ♀ 98) zusammen. Die Erwachsenen stehen in keinem Verwandtschaftsverhältnis zueinander, die Probanden verteilen sich auf alle Gesellschaftsschichten Österreichs. Von allen untersuchten Personen wurden Frontalprojektionen der Stirnhöhlen mit Hilfe von occipitofrontalen Röntgenaufnahmen hergestellt. Sämtliche Individualbefunde wurden im Maßstab 1:1 aus den Röntgenbildern herausgezeichnet, sodann wurden planimetrische Flächenbestimmungen durchgeführt. Für die statistische Weiterverarbeitung wurden in Tabellenform die Gesamtflächen der Stirnhöhlen sowie die rechten und linken Sinus frontales in cm^2 aller Personen festgehalten. Allerdings konnten die Individualbefunde aus Platzmangel in die vorliegende Arbeit nicht aufgenommen werden. Sie können jederzeit in Form von Photokopien beim Verfasser angefordert werden. Die Parameter aus den Individualbefunden scheinen im Text in Tabellenform auf. Sowohl die Individualdaten als auch die Parameter werden an Hand graphischer Darstellungen besprochen. Schließlich werden Vergleiche mit vorangegangenen Arbeiten angestellt.

Die durchschnittliche Größe der Stirnhöhlen beträgt bei den Männern $12,67 \text{ cm}^2$, bei den Frauen $10,61 \text{ cm}^2$. Die Variationsbreite der Stirnhöhlen reicht von nahezu fehlender Ausprägung bis zu Formen, die hoch in die Stirnschuppe und seitlich weit über das Augenhöhlerdach ragen (♂ $0,5-29,1 \text{ cm}^2$, ♀ $0,5-26,1 \text{ cm}^2$). Um die Stirnhöhlen bei beiden Geschlechtern besser vergleichen zu können, wird ein relativer Maßstab in Form eines sogenannten Stirnhöhlenflächen-Index vorgeschlagen. Dieser Stirnhöhlenflächen-Index läßt den Geschlechtsunterschied, nämlich 85% gegenüber 84% absolut, nahezu unverändert bestehen.

Die Größe der Asymmetrie, die bei den Sinus frontales die Regel ist, wird mit Hilfe eines vorgeschlagenen Stirnhöhlenflächen-Asymmetrie-Index bestimmt. Von den 257 Männern zeigen 121 ein Dominieren der rechtsseitigen und 131 ein Dominieren der linksseitigen Stirnhöhlen. Bei den 233 Frauen dominiert in 125 Fällen die linke, in 103 Fällen die rechte Stirnhöhle. Bei 5 Männern und 5 Frauen liegt keine Asymmetrie vor. Auffällig ist bei diesem Befundergebnis, daß bei beiden Geschlechtern linksseitige Asymmetrie mit 51,98% bei Männern und 54,98% bei Frauen vorherrscht.

Die Beurteilung des Pneumatisationsgrades ergab, daß in 10% der Fälle bei beiden Geschlechtern eine beidseitige Pneumatisationshemmung vorliegt. Rund 5% der Männer und 4% der Frauen zeigen eine starke Pneumatisationshemmung. Die übrigen Stirnhöhlen sind gut pneumatisiert.

Das Wachstum der Stirnhöhlen wurde vom 3. bis zum 17. Lebensjahr bei beiden Geschlechtern untersucht. Bei Knaben und Mädchen verläuft die Entwicklung der Stirnhöhlen in den ersten 5 Lebensjahren parallel. Vom 6. bis 12. Lebensjahr ist bei Mädchen, vom 12. bis 17. Lebensjahr bei Knaben, das Wachstum am stärksten. Es kann angenommen werden, daß bei beiden Geschlechtern die Stirnhöhlen ihre nahezu definitive Größe nach dem 12. Lebensjahr erreicht haben.

Die Vererbung der Stirnhöhlen wurde sowohl morphologisch als auch metrisch (Stirnhöhlenflächen in cm^2) an Mutter-Kind- bzw. Vater-Kind-Verbindungen untersucht. Die vorliegenden Befunde lassen keinen Zweifel daran, daß bei Form und Größe der Stirnhöhlen die Vererbung eine bedeutende Rolle spielt.

Literatur

- BOLK, L. (1919): Die Topographie der Orbita beim Menschen und Anthropoiden und ihre Bedeutung für die Frage nach der Beziehung zwischen Menschen- und Affenschädel. — Verh. K. Akad. Wetensch. Amsterdam, 20: 3—54.
- BOROVANSKÝ, L. (1936): Die Verteilung der Stirnhöhlen beim Menschen (Tschechisch). — Prag.
- BUGYI, B. (1959): Röntgenanthropologie der Stirnhöhlen (Ungarisch). — Anthropol. Köz., 3: 33—49.
- JANKER, R. (1971): Röntgenaufnahme-technik I. — Frankfurt (Ambrosius Barth-Verlag).
- KAPPERS, J. A. (1940): Some topographic relation of the orbits in Man and Anthropoids during ontogenesis, specially bearing on the ontogenetic development of the "Rostrum Orbitale". — Verh. K. Akad. Wetensch. Amsterdam, 43: 1199ff.
- KOERTVELYESSY, T. (1972): Relationship between the frontal sinus and climatic conditions; a skeletal approach to cold adaption. — Amer. Journ. Phys. Anthropol., 37: 161—173.
- LEICHER, H. (1928): Vererbung anatomischer Variationen der Nase, ihrer Nebenhöhlen und des Gehörganges. — 164 S. — München (J. Bergmann).
- SIEGLBAUER, F. (1947): Lehrbuch der normalen Anatomie des Menschen. — S. 158—159. — Wien (Urban & Schwarzenberg).
- SZILVÁSSY, J. (1973): Stirnhöhlenvariationen in Ostösterreich (Wien, Niederösterreich und Burgenland). — Mitt. Anthropol. Ges. Wien, 102: 48—59.
- (1974): Die Stirnhöhlen der Schädel aus dem awarischen Gräberfeld von Zwölfaxing in Niederösterreich. — Ann. Naturhist. Mus. Wien, 78: 109—118.

- TILLIER, A. M. (1977): La pneumatisation du massif craniofacial chez les hommes actuels et fossiles. — Bull. et Mém. de la Soc. d'Anthrop. de Paris, (série 13) 4: 177—189, 287—316.
- VLČEK, E. (1967): Die Sinus frontales bei europäischen Neandertalern. — Anthrop. Anz., 30: 166—189.
- WALDEYER, A. (1950): Anatomie des Menschen, II. Teil. — S. 34. — Berlin (Walter de Gruyter & Co.).
- WEINERT, H. (1926): Die Ausbildung der Stirnhöhlen als stammesgeschichtliches Merkmal. — Z. Morphol. u. Anthropol., 25: 243—356, 365—418.
- ZUCKERKANDL, E. (1882 und 1892): Normale und pathologische Anatomie der Nasennebenhöhlen usw. — Bd. 1 und 2. — Wien und Leipzig.