

# Über die Vererbung der Fingerlängenproportion

Hans-Dieter Rösler

## 1. Problemstellung und Methode

Ein auffallendes Charakteristikum der menschlichen Hand ist das Längenverhältnis von Ring- und Zeigefinger. Wir sprechen von einem radialen Grundtyp, wenn der Zeigefinger den Ringfinger an Länge übertrifft ( $II > IV$ ); von einem ulnaren, wenn das umgekehrte Längenverhältnis vorliegt ( $II < IV$ ) und bezeichnen als Zwischentyp die Längengleichheit beider Finger ( $II = IV$ ).

Seitdem Ecker (1875) zum erstenmal auf einen solchermassen "schwankenden Charakter in der Hand des Menschen" aufmerksam gemacht hat, wurde immer wieder der radiale Typus bei Frauen häufiger als bei Männern festgestellt. Von diesem markanten Geschlechtsunterschied ausgehend hat Phelps (1952) eine Theorie der Vererbung des Grundtypus entwickelt. Sie vermutet, dass ein "Gen für kurzen Zeigefinger" bei Männern dominant und bei Frauen rezessiv ist. Ihre Familienuntersuchungen an 43 Sippen ergaben in allen Elternkreuzungen bei Knaben die ulnaren Typen häufiger als bei Mädchen und unter Mädchen die radialen öfter als unter Knaben. Im ganzen sind also die Kinder dem eigengeschlechtlichen Elternteil ähnlicher als dem fremdgeschlechtlichen. Diese Zahlen entsprechen den von Phelps nach theoretischer Ableitung erwarteten Werten bei "geschlechtsbeeinflusster" Vererbung. Da sie den Grundtyp für alterskonstant hält, nimmt sie einen im X-Chromosom gelegenen Modifikator an, der bei doppeltem Auftreten im weiblichen Genom die stärkere radiale Verschiebung bewirke.

Eigene Untersuchungen (Rösler 1957) haben nun ergeben, dass die Fingerlängenproportion im Kindes- und Jugendalter gesetzmässige Veränderungen erfährt. Im Laufe der ontogenetischen Entwicklung nimmt die Häufigkeit des radialen und mittleren Typus auf Kosten des ulnaren zu mit Gipfeln während der beiden Streckungsperioden (5 bis 7 Jahre, 11 bis 16 Jahre). Der Geschlechtsunterschied ( $\text{♀}$  radialer als  $\text{♂}$ ) tritt erst nach dem 5. Lebensjahr auf und vergrössert sich in der Pubertät. Bei Erwachsenen beiderlei Geschlechts ist dann das häufigste Finger-

längenverhältnis  $II < IV$ , es folgen  $II > IV$  und  $II = IV$ . Die letzteren Typen sind bei Frauen öfter als bei Männern zu finden. Etwa 63% aller Individuen sind hinsichtlich ihrer Grundtypusausprägung asymmetrisch.

Darüber hinaus ist das Fingerlängenverhältnis auch peristatischen Einflüssen unterworfen. Handarbeiter sind häufiger ulnar als Kopfarbeiter. Dieser Unterschied besteht noch nicht bei Lehrbeginn, sondern entwickelt sich erst mit den frühen Arbeitsjahren, und zwar um so deutlicher, je jünger der Lehranfänger ist. Die Umformung ist an der rechten Arbeitshand stärker als an der linken.

Der Grundtypus hat sich so als relativ labiles Phänomen gezeigt, das je nach Geschlecht, Alter und funktioneller Belastung abgewandelt in Erscheinung tritt. Wird sich da am Phänotypus überhaupt noch ein Zusammenhang mit der genotypischen Bestimmung erkennen lassen? Der Versuch von Phelps, die Geschlechtsunterschiede als Ergebnis einer geschlechtsbeeinflussten Vererbung zu interpretieren, geht von der irrigen Auffassung einer Alterskonstanz der Fingerlängenproportionen aus und mündet letztlich in das Entwicklungsproblem. Er enthebt uns damit nicht der Notwendigkeit, die Frage nach der Erblichkeit des Grundtypus neu zu stellen: Aehneln die Fingertypen blutsverwandter Personen einander mehr als denen nichtverwandter?

Theoretisch wäre die grösste Familienähnlichkeit bei nichthandarbeitenden Erwachsenen zu erwarten, die also den Reifungsgang schon hinter sich haben, ohne dabei funktioneller Belastung ausgesetzt gewesen zu sein. Solche Familien gibt es aber im Nachkriegs-Berlin nur wenige, zudem muss im erbbiologischen Gutachten die Entscheidung noch an jugendlichen Vertretern der  $F_1$ -Generation gefällt werden. Eine Erbuntersuchung auch an Kindern und Jugendlichen ist deshalb unerlässlich. Der folgende familienkundliche Beitrag stützt sich auf Erhebungen bei 224 Geschwisterschaften, 43 Mutter-Kinderverhältnissen und 51 Vollfamilien, insgesamt 746 Personen (Berliner). Ferner konnten aus dem Röntgenatlas von Buschke (1934) die Hände von 14 eineiigen und 8 zweieiigen (gleichgeschlechtlichen) Zwillingspaaren in die Betrachtung einbezogen werden.<sup>1</sup> Zur Klärung der anatomischen Grundlagen wurden Messungen an 120 Röntgenbildern von Händen Erwachsener verwandt.

Als Erhebungsmethode diente die Handumrisszeichnung. Hand und Unterarm werden mit der Innenfläche gestreckt auf das Papier gelegt, wobei Mittelfinger und Unterarm eine Achse bilden. Mit einem zur Unterlage senkrecht gehaltenen, zur Hälfte halbierten Bleistift wird die Hand ohne Druck umfahren. Die Prominenz des Ring- oder Zeigefingers kann dann ohne weitere Hilfsmittel mit etwa  $\pm 0,5$  mm Genauigkeit bestimmt werden. Alle Zeichnungen wurden vom Verf. ausgeführt und beurteilt.

---

<sup>1</sup> Zur zugrundeliegenden Zwillingsdiagnose führt BUSCHKE aus: "Die Diagnose der Eineiigkeit haben wir entsprechend den von v. Verschuer (s. Diehl und v. Verschuer) aufgestellten Kriterien der Aehnlichkeitsprüfung gestellt. Dementsprechend wurden von allen Zwillingen Augenfarbe, Haarfarbe, Hautfarbe, Wirbelrichtung, Ohrform, Nasenform geprüft. In den Protokollen sind nur die markanten Resultate mitgeteilt. Nur die ganz sichere Diagnose wurde verwertet".

2. Familienanalyse

GRUNDTYPEN

Geschwister. Die Grundtypen von 224 Knaben und Mädchen wurden mit denen ihrer 249 jüngeren Geschwister verglichen (rechte und linke Hände getrennt, die so erhaltenen L - u. R - Tabellen in einer zusammengefasst, da sie im Prinzip das Gleiche ergeben: Tab. 1).

Tab. 1 - Grundtypen (R + L) bei Geschwistern (♂ + ♀)

ältere Kinder (n = 448 Hände)	jüngere Geschwister (n = 498 Hände)			
	n = 100%	davon in %		
		II > IV	II = IV	II < IV
II > IV (n = 105)	121	45,4	15,7	38,9
II = IV (n = 72)	77	19,4	39,0	41,6
II < IV (n = 271)	300	7,7	17,7	74,6

Es springt ins Auge, dass der höchste Prozentsatz radialer Typen (45,4%) bei den jüngeren Geschwistern der älteren radialen Kinder, die Mehrzahl der Zwischentypen (39,0 %) bei Geschwistern ebenfalls mittlerer Kinder und der maximale Anteil ulnarer Formen (74,6 %) bei Geschwistern ulnarer Kinder auftritt. Der korrelative Zusammenhang zwischen den Grundtypen der Geschwister ist  $r = 0,40$  (sehr signifikant).<sup>2</sup> Die relativen Fingerlängenausprägungen müssen also bei Geschwistern einen Teil ihrer Ursachen gemeinsam haben. Dieser gemeinsame Teil kann aber in den sehr ähnlichen peristatischen Entwicklungsbedingungen ebenso liegen wie in der gleichen Abstammung, er lässt deshalb noch keinen bindenden Schluss auf Erbabhängigkeit zu.

Stellen wir noch die Grundtypenhäufigkeit unter Geschwistern der bisher von uns bei nichtverwandten normalen Kindern und Jugendlichen festgestellten gegenüber (Kopf- und Handarbeiter beider Geschlechter, 7650 Hände). Dann haben die älteren Kinder mehr jüngere Geschwister vom gleichen Grundtyp als dieser in der Durchschnittspopulation zu finden ist, und zwar:

- bei II > IV um 27,5% mehr radiale Geschwister,
- bei II = IV um 25,0% mehr mittlere » ,
- bei II < IV um 6,5% mehr ulnare » .

Alle 3 Differenzen sind sehr signifikant.<sup>3</sup> Beim radialen Typ ist die Aehnlichkeit

<sup>2</sup> Berechnung von r siehe Weber (1956), S. 286 und 309.

Der Korrelationskoeffizient wird hier als signifikant bewertet, wenn er mit 95% Wahrscheinlichkeit, als sehr signifikant, wenn er mit 99% Wahrscheinlichkeit gegen 0 gesichert ist.

<sup>3</sup> Die statistische Sicherung wurde mit dem strengen Differenzverfahren vorgenommen (Graf und Henning 1953, S. 11).

am grössten, beim ulnaren am geringsten. Das liegt wohl einerseits daran, dass unter den jüngeren Geschwistern viele phänotypisch ulnare ja eigentlich genotypisch radiale oder mittlere sind, die erst im weiteren Verlaufe der Entwicklung noch die mittlere oder radiale Form erreichen werden. Demgegenüber muss die frühzeitig radiale Hand eine stärkere genotypische Determination bekunden, denn die Chance, von radial nach ulnar zu wechseln ist bei der allgemeinen Radialtendenz der Fingerlängenentwicklung geringer als umgekehrt. Andererseits kann natürlich eine Familienähnlichkeit am seltenen Merkmal ( $II > IV$ ) deutlicher in Erscheinung treten als am häufigen ( $II < IV$ ).

Mütter und Kinder. Der Vergleich von 43 Müttern mit ihren 52 Kindern ( $\sigma + \varphi$ ) ergibt demgegenüber nur angenäherte Resultate (Tab. 2). Auch hier erscheint der höchste Prozentsatz radialer Typen (28,0%) bei Kindern radialer Mütter, der Gipfel mittlerer Formen (31,3%) bei Kindern mittlerer und das Maximum ulnarer Proportionen (61,7%) bei Kindern ulnarer Mütter. Dieser Tatbestand kommt aber infolge der nur kleinen Differenzen und geringeren absoluten Zahlen im Korrelationsmass nicht mehr zum Ausdruck ( $r = 0,05$ ).

Tab. 2 - Grundtypen (R + L) bei Müttern und Kindern ( $\sigma + \varphi$ )

Mütter (n = 86 Hände)	Kinder (n = 104 Hände)			
	n = 100%	davon in %		
		II > IV	II = IV	II < IV
II > IV (n = 22)	25	28,0	16,0	56,0
II = IV (n = 24)	32	9,4	31,3	59,3
II < IV (n = 40)	47	21,3	17,0	61,7

In der Gegenüberstellung mit den Verteilungszahlen Nichtverwandter zeigen die radialen und mittleren Mütter ebenfalls häufiger Kinder vom gleichen Grundtypus als durchschnittlich zu erwarten ist, und zwar:

bei  $II > IV$  um 10,1% mehr radiale Kinder,

bei  $II = IV$  um 17,3% mehr mittlere » ,

bei  $II < IV$  um 6,4% weniger ulnare » .

(Die Differenzen sind statistisch nicht gesichert).

Im ganzen sind also im Mütter-Kinder-Vergleich weniger Aehnlichkeiten zutagegetreten als in der Geschwisteranalyse. Ausser der geringen Probandenzahl kommen hierfür vor allem zwei Gründe in Betracht: der Entwicklungsabstand (er ist zwischen Müttern und Kindern grösser als zwischen Geschwistern) und die Belastung durch Handarbeit (sie hat Mütter schon länger getroffen als selbst die ältesten Geschwister).

Vollfamilien. Zur vergleichenden Betrachtung von 51 Elternpaaren mit ihren 76 Kindern wurden die Elternhändepaare (rechts und links gesondert) nach 6 Kreuzungsformen in absteigender Radialreihe geordnet: radial x radial; radial x mittel – mittel x mittel; radial x ulnar – mittel x ulnar; ulnar x ulnar. Je zwei dieser Formen fassten wir zu Elternkreuzungstypen ( $II > IV$ ,  $II = IV$ ,  $II < IV$ ) zusammen und verglichen diese mit den Grundtypen der Kinder. Die Ergebnisse der prinzipiell identischen R-R- und L-L-Vergleiche stellt Tab. 3 in einem dar.

Tab. 3 - Grundtypen (R + L) bei Familien (♂ + ♀)

Elternkreuzungstyp (n = 102 Elternhändepaare)	Kinder (n = 152)Hände			
	n = 100%	davon in %		
		II > IV	II = IV	II < IV
radial x radial } II > IV radial x mittel } (n = 18)	28	64,3	21,4	14,3
mittel x mittel } II = IV radial x ulnar } (n = 41)	65	29,2	32,3	38,5
mittel x ulnar } II < IV ulnar x ulnar } (n = 43)	59	10,2	1,7	88,1

Wieder finden sich die radialen Typen am häufigsten bei Kindern radialer Elternkombinationen (64,3%), die meisten Zwischenformen bei Kindern mittlerer Elternkreuzungen (32,3 %) und ulnare Typen extrem überwiegend bei Nachkommen ulnarer Eltern (88,1 %). Die Korrelation zwischen Eltern- und Kinderverteilung beträgt  $r = 0,55$  (sehr signifikant). Der Kindergrundtypus muss also irgendwie kausal mit dem der Eltern zusammenhängen. Der mässige Koeffizient weist uns darauf hin, dass der Elterntyp nur eine unter verschiedenen anderen Ursachen für die kindliche Typenbildung sein kann. Sie wird von diesen weiteren Bedingungen durchkreuzt, ist aber noch zu erkennen. Die kausale Elternwirkung kann letztlich nur in der Erbverbindung bestehen, denn die Eltern werden in den seltensten Fällen unter gleichen peristatischen Bedingungen für die Handentwicklung aufgewachsen sein wie bis jetzt ihre Kinder.

Eine Konfrontation mit der Typenhäufigkeit in blutsfremder Bevölkerung (wegen volljähriger Nachkommen Erwachsene mit einbezogen, 10 058 Hände) beweist ebenfalls diesen Zusammenhang. Aus allen drei Elternkombinationen übersteigen in der  $F_1$  - Generation die kongruenten Grundtypen die neutrale Erwartung, und zwar fanden sich:

- bei  $II > IV$  um 45,9 % mehr radiale Nachkommen,
  - bei  $II = IV$  um 18,6 % mehr mittlere Nachkommen,
  - bei  $II < IV$  um 20,2 % mehr ulnare Nachkommen,
- (Alle drei Differenzen sind sehr signifikant).

Am radialen Grundtyp zeigt sich auch hier wieder die grösste Familienähnlichkeit, und diese ist insgesamt bei Vollfamilien natürlich deutlicher als sie bei Teilfamilien erfasst werden kann.

Zwillinge. Von den 14 EZ - Paaren sind hinsichtlich des Grundtypus links: 11 gleich, 3 ungleich, rechts: 10 gleich, 4 ungleich; zusammen von 28 linken bzw. rechten EZ - Händepaaren also  $21 = 75\%$  konkordant.

Unter den 8 ZZ - Paaren sind dagegen links: 3 gleich, 5 ungleich, rechts: 2 gleich, 6 ungleich; zusammen von 16 linken bzw. rechten ZZ - Händepaaren also nur  $5 = 31,2\%$  konkordant.

Eineiige Zwillinge haben demzufolge mehr als doppelt so oft gleiche Grundtypen wie zweieiige, was die im Geschwister- und Familienvergleich zutagegetretene Erbwahrscheinlichkeit der Fingerlängenproportionen stützt.

#### SEITENVERHAELTNISSE

Bis jetzt wurde nur die Erbllichkeit des Grundtypus an sich betrachtet, ohne auf seine gleiche oder verschiedene Ausprägung an rechter und linker Hand des Individuums zu achten. Deshalb seien nun die hinsichtlich der Typen symmetrischen und asymmetrischen Familienmitglieder untersucht. (Als asymmetrisch bezeichneten wir sowohl eine Person mit verschiedenen Grundtypen an beiden Händen als auch eine solche mit seitenverschieden starker Ausbildung desselben Typus).

Geschwister. Symmetrische und asymmetrische ältere Kinder sind mit ihren ebenso eingeteilten jüngeren Geschwistern in Tab. 4 verglichen.

Tab. 4 - Symmetrieverteilung bei Geschwistern ♂ + ♀

ältere Kinder (n = 224)	jüngere Geschwister (n = 249)		
	n = 100%	davon in %	
		symmetrisch	asymmetrisch
symmetrisch (n = 81)	90	58,9	41,1
asymmetrisch (n = 143)	159	30,8	69,2

Das Maximum symmetrischer Individuen (58,9 %) liegt bei jüngeren Geschwistern von symmetrischen Kindern, der Gipfel asymmetrischer Personen (69,2 %) bei jüngeren Geschwistern von asymmetrischen Kindern. Zwischen der Grundtypenseitigkeit der Geschwister besteht eine schwache Korrelation von  $r = 0,27$  (sehr signifikant). Auch der Seitenausprägung des Grundtypus liegen bei Geschwistern erkennbare gemeinsame Ursachen neben anderen zugrunde.

Das wird durch die Differenz zu den Erwartungswerten bei nichtverwandten Kindern und Jugendlichen (3825 Personen beiderlei Geschlechts, Kopf - und Hand-

arbeiter) erhärtet. Symmetrische Kinder haben um 24,5 % (sehr signifikant) mehr symmetrische, asymmetrische um 3,6 % (nicht gesichert) mehr ebensolche Geschwister als gewöhnlich.

Mütter und Kinder. Tab. 5 zeigt:

Tab. 5 - Symmetrieverteilung bei Müttern und Kindern (♂ + ♀)

Mütter (n = 43)	Kinder (n = 52)		
	n = 100%	davon in %	
		symmetrisch	asymmetrisch
symmetrisch (n = 17)	20	50,0	50,0
asymmetrisch (n = 26)	32	25,0	75,0

Der höchste Prozentsatz symmetrischer Individuen (50 %) findet sich unter Kindern symmetrischer Mütter, umgekehrt der höchste Wert asymmetrischer Individuen (75 %) bei Kindern asymmetrischer Mütter. Die Korrelation beträgt  $r = 0,26$  (nicht gesichert).

Gegenüber der jugendlichen nichtverwandten Bevölkerung haben die symmetrischen Mütter um 15,6 % mehr symmetrische Kinder, die asymmetrischen um 9,4 % mehr asymmetrische Kinder als durchschnittlich zu erwarten ist. (Beide Differenzen sind statistisch nicht gesichert).

Vollfamilien. Die Häufigkeit von Symmetrie und Asymmetrie unter Nachkommen aus den drei Elternkombinationen symmetr. x symmetr.; symmetr. x asymmetr.; asymmetr. x asymmetr. ist in Tab. 6 fixiert:

Tab. 6 - Symmetrieverteilung bei Familien (♂ + ♀)

Elternkreuzungstyp (n = 51 Elternpaare)	Kinder (n = 76)		
	n = 100%	davon in %	
		symmetrisch	asymmetrisch
symmetr. x symmetr. (n = 11)	16	75,0	25,0
symmetr. x asymmetr. (n = 25)	41	51,2	48,8
asymmetr. x asymmetr. (n = 15)	19	26,3	73,7

Das Symmetriemaximum (75 %) zeigen die Kinder aus rein symmetrischen Elternverbindungen, das Asymmetriemaximum (73,7 %) die aus rein asymmetrischen Elternkreuzungen hervorgegangenen Nachkommen. Dieser Eltern-Kinder-Zusammenhang erscheint in einem Korrelationsmass von  $r = 0,22$  (signifikant). Die Sei-

tenausprägung des Grundtypus erfolgt also in gewisser, eben noch wahrnehmbarer Abhängigkeit von den elterlichen Verhältnissen. Neben anderen Faktoren müssen auch Erbwirkungen hier eine Rolle spielen.

Der Vergleich mit der neutralen Bevölkerung (Erwachsene miteinbezogen, 5029 Personen) weist bei Nachkommen symmetrischer Eltern um 40 % (sehr signifikant), bei solchen asymmetrischer Eltern um 8,7 % (nicht gesichert) mehr kongruente Individuen auf als sonst zu erwarten ist.

Die Aehnlichkeit ist hier ebenfalls bei dem selteneren Merkmal – Symmetrie – grösser. Dafür kommt ursächlich wohl noch in Betracht, dass sich im Laufe der Entwicklung der Anteil asymmetrischer Individuen vorübergehend vermehrt (Gestaltwandel). Hierdurch ist unter Kindern eine grössere Zahl nur phänotypisch asymmetrischer Individuen zu erwarten als unter Erwachsenen, dagegen eine geringere Anzahl genotypisch symmetrischer Individuen. Eine Erblichkeit kann deshalb an der Symmetrie mehr hervortreten.

Zwillinge. Von den 14 EZ-Paaren sind hinsichtlich Symmetrie oder Asymmetrie in der Seitenausprägung des Grundtypus 11 = 78,6 % konkordant. Hingegen stimmen von den 8 ZZ-Paaren nur 3 = 37,5 % überein.

Damit haben eineiige Zwillinge rund doppelt so oft gleiche Grundtypus-Seitenverhältnisse wie zweieiige, so dass die aus der Geschwister- und Familienanalyse wahrscheinlich gewordene erbliche Bedingtheit auch von Symmetrie und Asymmetrie der Grundtypen eines Individuums durch die Zwillingsmethode bestätigt wird.

### 3. Röntgenanalyse

#### ANATOMISCHE UND METHODISCHE VORBEMERKUNG

Ehe der Versuch unternommen werden kann, Ueberlegungen erklärender Art zu den beschriebenen Familienähnlichkeiten des Grundtypus anzustellen, muss Klarheit über die anatomischen Grundlagen der Fingerlängenproportionen herbeigeführt werden: Basieren die drei Typen auf Differenzen in der Ausbildung nur des Ring- bzw. Zeigefingers oder beider gleichzeitig; welche Elemente des Strahles (Phalangen, Metacarpus) kommen in Betracht; besteht Abhängigkeit vom übrigen Handskelett?

Eine Klärung ist dadurch erschwert, dass, wie Ecker schon bemerkte, die somatoskopisch festgestellte relative Fingerlänge nicht mit der am Handskelett gemessenen absoluten übereinstimmt. Ein mit seiner Kuppe prominierender Finger ist nicht unbedingt immer der längere, er kann auch nur etwas distaler ansetzen infolge der grösseren Länge seines Mittelhandknochens. Braune und Fischer (1887) stellten nach Messungen an skelettierten Händen erste Regeln für die Längenreihenfolge der Strahlen und ihrer Glieder auf. Diese wurden inzwischen mehrfach bestätigt – Pfitzner (1892), Pol (1921), Martin (1928), Schinz (1943) – so dass folgende Län-



genskala für die einzelnen Skelettabschnitte der menschlichen Hand gilt (wenn an erster Stelle der längste Strahl steht):

Digiti : III, IV, II, V, I (selten: III = IV, II...; IV, III, II...)  
Metacarpalia : II, III, IV, V, I (selten: II = III, IV...; III, II, IV...)  
Strahlen : III, II, IV, V, I (selten: III, II = IV...; III, IV, II...).

In der Norm ist also Digitus IV immer grösser als II, umgekehrt Metacarpus II immer länger als IV, und infolge des unter allen Mittelhandknochen grössten II. übertrifft endlich der ganze Strahl II den IV. an Länge, ausnahmsweise kann er jedoch mit diesem gleich lang oder kürzer sein. (Beim Affen bleibt demgegenüber nach Pol der II. Strahl stets kürzer als der IV.) Ferner setzt im allgemeinen der IV. Strahl über den Carpalia etwas distaler als der II. an.

Die Frage, ob der Grundtypus – das Prominenzverhältnis der Fingerkuppen II und IV – vom ganzen Strahl oder nur von Digitus bzw. Metacarpus allein bedingt wird, glaubt nun Phelps zugunsten des Digitus beantworten zu können, und zwar aus zwei Gründen: 1. zitiert sie Wood (1920, 1941). Er habe diese Vermutung der Unabhängigkeit des Grundtypus vom Metacarpus durch die Tatsache gestützt, dass er an einer radialen Hand Metacarpus II = IV (!) fand, an einer ulnaren dagegen Metacarpus II > IV. Die Prominenz könne deshalb nur durch die Digitus bedingt sein. Nun kann der zuletzt zitierte Fall nicht die Mitwirkung des Metacarpale ausschliessen, denn die gefundene Proportion  $M II > M IV$  stellt die Regel dar und ist deshalb bei allen drei Grundtypen zu erwarten. Der erste Fall hingegen ist in der Tat auffällig. Ein mit IV gleich langes Metacarpale II ist aber laut obiger Skala nicht mehr als seltene Normvariante anzusehen, sondern kann nur auf der pathologischen Verkürzung des Metacarpale II beruhen. Dann handelt es sich um eine Brachymetacarpie II, die jedoch nicht mehr das normale Zustandekommen der Fingerlängenproportion erklären kann.

Einen 2. Beweis für die Hegemonie des Digitus sieht Phelps in den von Pfitzner mitgeteilten Durchschnittszahlen der Strahlenlängen bei Männer – und Frauenhänden (am Skelett). Da Frauen radialer als Männer sind, müssten zwischen ihnen die Strahlen entsprechend differieren. Das ist aber kaum der Fall, die IV. Strahlen stimmen überein (in Prozent des III. Strahles), während der II. Strahl bei Männern sogar noch um 0,6 % länger ist, was eine stärkere Radialtendenz der Männer bedeuten würde. Dagegen entsprechen die Differenzen der Digitus eher der radialen Erwartung bei Frauen: D II ist um 0,3 % länger, D IV um 0,2 % kürzer als bei Männern. Hieraus folgert Phelps nicht nur, dass die Geschlechtsunterschiede in der Grundtypusausprägung ausschliesslich vom Digitus getragen werden, sondern dass der Grundtypus überhaupt ein von allen übrigen Skelettelementen der Hand unabhängiges Merkmal sei.

Folgende Ueberlegung zerstört jedoch die Voraussetzung dieser Hypothese: die stärkere weibliche Radialtendenz in Pfitzners Material. Wir wissen, dass immer  $D II < D IV$  und  $M II > M IV$  ist. Je radialer eine Hand ist, desto geringer muss also die Differenz zwischen Digitus II und IV, desto grösser umgekehrt zwischen den Metacarpalia II und IV sein. Im Vergleich von Durchschnittswerten für Digitus

und Metacarpalia zweier Populationen ist folglich die Gruppe radialer, deren Abstand zwischen D II und D IV der geringere und zwischen M II und M IV der grössere ist. Das trifft aber bei Pfitzners Frauen nur für die Digi zu:  $D IV - D II = 7,1 \text{ mm}$  (♂);  $6,3 \text{ mm}$  (♀). Die Metacarpaldifferenz ist hingegen bei den Männern grösser:  $M II - M IV = 8,8 \text{ mm}$  (♂);  $8,1 \text{ mm}$  (♀). Dardurch wird die radiale Digtustendenz der Frauen wieder kompensiert, und es besteht gar kein nennenswerter Geschlechtsunterschied hinsichtlich der Grundtypen in Pfitzners Material. Seine Stichproben sind also in bezug auf den Grundtypus für die Geschlechter nicht repräsentativ, und da er den Typus somatoskopisch nicht vor der Entfleischung der Hände festgelegt hat, können sie keine Beweisgrundlage für die anatomische Basis der Fingerlängenproportionen abgeben.

Aus dem gleichen Grunde ist eine weitere Verallgemeinerung von Phelps zurückzuweisen: Die geringere Geschlechtsdifferenz zwischen den Digi IV (0,2 %) gegenüber II (0,3 %) bei Pfitzner beweise, dass die Unterschiede der Grundtypen nur durch Längenvariationen des Zeigefingers zustandekommen, während der Ringfinger unbeteiligt sei; damit werde eine schon von Wood ausgesprochene Vermutung bestätigt.

Das Problem der Beziehungen zwischen Fingerkuppenprävalenz und Handskelettaufbau bleibt also nach wie vor offen. Wir versuchten deshalb eine Annäherung mit Messungen an Röntgenaufnahmen von 120 Händen ohne krankhaften Befund<sup>4</sup>. Es wurden die Strahlen II, III und IV in der aus Abb. 1 ersichtlichen Weise Glied für Glied mit dem Stechzirkel gemessen (0,5 mm Genauigkeit). Ausserdem nahmen wir noch drei Masse aus dem Bereiche der Handwurzel: die grösste Entfernung zwischen der Basis des Metacarpale II und dem am meisten distal gelegenen Punkt des Os naviculare, womit die Ausdehnung der beiden Ossa multangula grob erfasst ist; die grösste Länge des Os naviculare; die Distanz zwischen dem distalen Höcker des Proc. styloides radii und einer in der Höhe des Proc. styloides ulnae rechtwinklig zur äusseren Ulnakompakta gezogenen Linie (R-U).

Verfolgen wir die Aussage des Materials über Unterschiede zwischen den drei Grundtypen, Seitigkeit und Geschlechtsdifferenzen.

#### GRUNDTYPEN

Von 50 Männer- und 70 Frauenhänden (Kopfarbeiter) wurden mittels des Umrisses die Grundtypen bestimmt und die am Röntgenogramm erhaltenen Masse der radialen, mittleren und ulnaren Hände miteinander verglichen.

a) Aus Tab. 7 sind die mittleren Längen der II. und IV. Digi und Metacarpalia bei den einzelnen Grundtypen ersichtlich. Sie erscheinen ausserdem in Prozenten des III. Digtus bzw. Metacarpale, also unabhängig von der mittleren Handlänge der drei Gruppen.

<sup>4</sup> Der Röntgenabteilung der Klinik und Poliklinik für Berufskrankheiten an der Akademie sei hiermit herzlichst für freundliche Unterstützung gedankt.

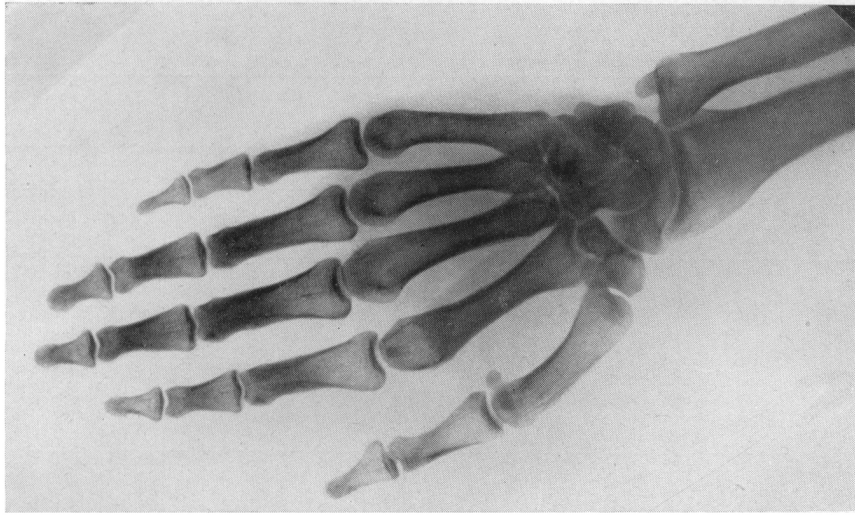


Abb. 2b

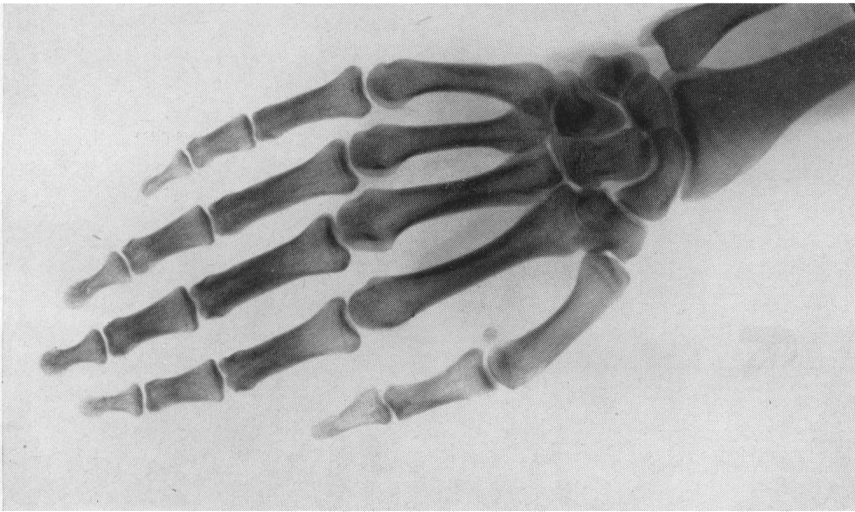


Abb. 2a - Einfluss der Metacarpuslänge II auf  
a) radialen und b) ulnaren Grundtypus

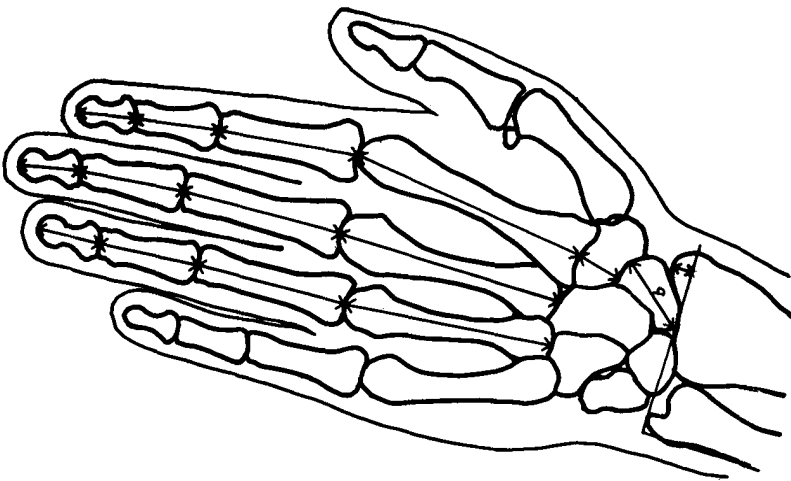


Abb. 1 - Messpunkte und Masse am  
Röntgen-Handgerüst

Tab. 7 - Digitus- und Metacarpuslänge bei Grundtypen (R + L)

Grundtyp	II					IV			
	Digitus mm %		Metacarpus mm %			Digitus mm %		Metacarpus mm %	
II > IV (n = 15)	84,7	89,5	69,9	105,1	♂	91,3	96,5	58,5	88,0
II = IV (n = 11)	84,0	88,8	69,2	104,2		91,5	96,6	59,0	88,9
II < IV (n = 24)	83,0	88,3	67,6	102,4		91,5	97,2	59,3	89,8
II > IV (n = 35)	77,1	89,3	63,1	103,6	♀	82,9	95,9	54,1	88,8
II = IV (n = 25)	76,9	89,1	63,4	103,9		83,4	96,7	54,3	89,0
II < IV (n = 10)	76,7	88,1	64,1	103,8		84,3	96,8	55,3	89,5

Die Männerhände zeigen vom ulnaren Typ über den mittleren zum radialen hin 1. eine Längenzunahme des II. Strahles, und zwar sowohl am Digitus (1,2 %) als auch am Metacarpale (2,7 %); 2. eine Längenabnahme des IV. Strahles, wieder an Digitus (0,7 %) und Metacarpale (1,8 %) zugleich. Analog weisen die Frauenhände von ulnar zu radial hin grössere Masse für Strahl II, hier jedoch nur des Digitus (1,2 %), und geringere für Strahl IV auf, an Digitus (0,9 %) wie Metacarpus (0,7 %).

Hieraus folgt zum einen, dass die Grundtypenunterschiede auf dem Längenwachstum des ganzen Strahles beruhen, Digitus und Metacarpale variieren im ganzen gleichsinnig. Die Bedeutung des Metacarpale II für die Fingerlängenproportion demonstriert zudem Abb. 2 augenfällig durch langes M II bei einer radialen (a) und kurzes M II bei einer ulnaren Hand (b). – Zum anderen wird deutlich, dass sich die drei Typen nicht nur im Wachstum des II. Strahles, sondern beider Strahlen unterscheiden. Der mittlere Typus kommt also im Vergleich zum ulnaren und der radiale gegenüber beiden zustande durch stärkeres Wachstum des II. oder ein schwächeres des IV. Strahles bzw. beides gleichzeitig.

Die Grundtypen entstehen so in beiden Geschlechtern aus Längenvariationen der Digniti und Metacarpalia beider Strahlen, doch gibt es hierin gewisse geschlechtsgebundene Akzentverschiebungen: Die radiale Wuchstendenz besteht bei Männern mehr in der Längenzunahme des II. (3,9 %) als in der Abnahme des IV. Strahles (2,5 %); bei Frauen hingegen mehr in der Längenabnahme des IV. (1,6 %) als in der Zunahme des II. Strahles (1,0 %). An diesen Variationen ist im männlichen Geschlecht der Metacarpus, im weiblichen der Digitus vorrangig beteiligt.

b) Untersuchen wir weiterhin den Einfluss der radial gelegenen Carpalia (Os multangulum majus und minus, Os naviculare) und des Radiusvorsprunges auf den Grundtypus.

Tab. 8 - Handwurzelmasse bei Grundtypen (R + L)

Grundtyp	Multangulum mm %		Naviculare mm %		Radius-Ulna mm %	
II > IV (n = 15)	12,3	7,7	25,6	15,9	3,9	2,4
♂ II = IV (n = 11)	13,0	8,1	25,0	15,5	4,1	2,5
II < IV (n = 24)	11,5	7,2	25,4	15,9	3,8	2,4
II > IV (n = 35)	11,3	7,7	22,5	15,3	6,4	4,3
♀ II = IV (n = 25)	11,1	7,5	21,6	14,7	3,3	2,2
II < IV (n = 10)	11,2	7,5	23,5	15,8	1,2	0,8

Tab. 8 enthält ihre Durchschnittsmasse bei den drei Typen. Sie sind ausserdem in Prozenten der Länge des III. Strahles ausgedrückt, um den Vergleich ungestört von der zufälligen Handlänge zu ermöglichen. An den Männerhänden besteht in allen Massen keine nennenswerte Differenz zwischen den Grundtypen. Dasselbe gilt bei Frauenhänden für Multangulum und Naviculare. Bei ihnen wird jedoch im Unterschied zu den Männern der Radiusvorsprung (R-U) vom ulnaren zum radialen Pol hin immer grösser (3,5 %).

Die radialen Carpalia sind demzufolge am Aufbau des Grundtypus in beiden Geschlechtern nicht wesentlich beteiligt; der Radiusvorsprung begünstigt hingegen bei Frauen deutlich die Ausprägung des mittleren und radialen Typus, bei Männern nicht. Deren Fingerlängenproportionen scheinen im ganzen von der Handwurzel unabhängig zu sein.

Zu einer endgültigen Einschätzung des Handgelenkanteiles am Zustandekommen der Grundtypen wären weiterhin Untersuchungen an den übrigen Handwurzelknochen und dem von Hultén (1928) gemessenen Niveauunterschied zwischen den karpalen Gelenkflächen von Radius und Ulna erforderlich.

#### SEITENVERHAELTNISSE

Wurde vorerst der Grundtypus an sich betrachtet, soll jetzt seine R-L-Ausprägung anatomisch analysiert werden. Hierzu haben wir die radial stärker ausgeprägten Hände (R + L) asymmetrischer Personen (12 ♂, 14 ♀, erwachsene Kopfarbeiter) in ihren Massen den ulnar angenäherten Händen der anderen Seite (R + L) gegenübergestellt.

a) Der Seitenunterschied wird vornehmlich vom radialen Strahl bedingt, wie

die einfache Auszählung zeigt. Bei den 12 Männern kommt die radiale Asymmetrie zustande:

in 10 Fällen durch stärkere Verlängerung des II. Strahles,  
in 2 Fällen durch stärkere Verkürzung des IV. Strahles an der radialstärkeren Hand. Von diesen Längendifferenzen sind nun die einzelnen Strahlenelemente wie folgt betroffen: P<sub>3</sub> 7 mal, P<sub>2</sub> 5 mal, P<sub>1</sub> 7 mal, M 10 mal.

Aehnlich liegen die Verhältnisse bei den Frauen. Die radiale Seite hat einen längeren II. und einen kürzeren IV. Strahl. Auch hier dominiert die Veränderung des radialen Strahles, was ebenso die Auszählung ergibt. Bei den 14 Frauen kommt die Seitigkeit zustande:

in 10 Fällen durch stärkere Verlängerung des II. Strahles,  
in 1 Fall durch gleichzeitige Variation des II. und IV. Strahles,  
in 3 Fällen durch stärkere Verkürzung des IV. Strahles an der radialstärkeren Hand. Hiervon sind wieder alle Strahlenelemente betroffen: P<sub>3</sub> 6 mal, P<sub>2</sub> 9 mal, P<sub>1</sub> 8 mal, M 10 mal.

Auch an den Seitenunterschieden der Grundtypen sind also Digni und Metacarpalia des II. und des IV. Strahles beteiligt, jedoch diesmal mit Prävalenz des II. nicht nur bei Männern, sondern auch bei Frauen.

b) Ein Vergleich der durchschnittlichen Handwurzelmasse für die radialstarke und -schwache Seite ergibt in beiden Geschlechtern keine Seitenunterschiede hinsichtlich der Carpalia und des Radiusvorsprunges. Die Grundtypusasymmetrie wird im grossen also nur von der Strahlenlänge bedingt.

Bemerkenswert ist allerdings, dass die im interindividuellen Typenvergleich zutagegetretene Besonderheit der Frauen - Prävalenz der Veränderungen des IV. Strahles und Mitwirkung des Radiusvorsprunges - hier verschwindet. Die R-L-Ausprägung am selben Individuum erfolgt bei Frauen wie Männern in gleicher Weise vorwiegend durch den II. Strahl ohne Anteilnahme der Radius-Ulna-Differenz.

c) Unsere Feststellung der Wirkungslosigkeit des Handwurzelbereiches beim Aufbau des Grundtypus bedarf ausser der Einschränkung für das weibliche Geschlecht noch einer Präzisierung. Die generelle Unwirksamkeit schliesst gelegentliche Einflussnahmen auf die Fingerlängenproportion nicht aus. Wir fanden unter den 26 asymmetrischen Erwachsenen 10 Individuen, die am Weichteilumriss ein anderes radiales R-L-Verhältnis hatten als nach der Strahlenlänge zu erwarten gewesen wäre. So hätte z.B. ein Proband bei rechts um 1,5 mm längerem IV. Strahl links stärker radial sein müssen, was durch das rechts um 1 mm kürzere Multangulum nur noch verstärkt werden müsste. (Strahl II und Radiusvorsprung sind rechts und links gleich lang). Tatsächlich ist er dem Grundtypus nach streng symmetrisch. Dieses Fingerkuppen-Phänomen kann letztlich nur durch das rechts um 4,5 mm längere Naviculare bedingt sein, das die Strahlen- und Multangulumlänge kompensiert. Solche individuellen Modifikationen des radialen R-L-Ver-

hältnisses gehen in anderen Fällen auch vom Multangulum und Radiusvorsprung aus. Im arithmetischen Mittel sind sie völlig untergegangen, denn der Durchschnittswert nivelliert ja das Individuelle und lässt nur noch das Allgemeine erkennen. Eine solche allgemeine, den Strahlenlängen vergleichbare Wirkung üben Multangulum, Naviculare und Radiusvorsprung eben nicht aus, sie modifizieren den Grundtypus nur, während Digitus und Metacarpus ihn konstituieren.

GESCHLECHTSUNTERSCHIEDE

Wir kennen die ausgeprägte Zeigefingerprominenz des weiblichen Geschlechts und haben gesehen, dass innerhalb der Frauen der radiale Typus mehr durch Zurückbleiben des IV. als Hervortreten des II. Strahles, vornehmlich ihrer Digitati, bedingt ist, während bei Männern die umgekehrte Tendenz herrscht; dass die weibliche Radialverschiebung im Unterschied zur männlichen weiterhin von einem vergrößerten Radiusvorsprung begünstigt wird. Im individuellen Seitenvergleich hatten jedoch beide Geschlechter die Annäherung an den radialen Typus überwiegend auf Grund der Zeigefingervariation und ohne Mitwirkung der Radius-Ulna-Differenz gezeigt. Untersuchen wir jetzt, auf welchen anatomischen Unterschieden die generelle Radialdominanz des weiblichen Geschlechtes beruht.

Tab. 9 - Digitus - und Metacarpuslänge bei Geschlechtern (R + L)

Geschlecht	II				IV			
	Digitus mm %		Metacarpus mm %		Digitus mm %		Metacarpus mm %	
♀ (n = 70 Hände)	77,0	89,0	63,4	103,7	83,3	96,3	54,3	88,9
♂ (n = 50 Hände)	83,7	88,8	68,7	103,6	91,4	96,9	59,0	89,0

Tab. 9 enthält die mittleren Digitus- und Metacarpuslängen unserer 50 Männer- und 70 Frauenhände (Grundtypen vgl. Tab. 7), ausgedrückt auch in Prozenten des D/M III. Die Frauenhände sind radialer als die von Männern, weil sie im Vergleich zum III. am II. Strahl längere Digiti (0,2 %) und Metacarpalia (0,1 %), am IV. Strahl kürzere Digiti (0,6 %) und Metacarpalia (0,1 %) haben. Auch der Geschlechtsunterschied wird also von beiden ganzen Strahlen getragen, wobei aber die Differenz der Ringfingerstrahlen etwa doppelt so gross (0,7 %) wie die der Zeigefingerstrahlen (0,3 %) ist. An beiden Differenzen sind die Digiti stärker beteiligt.

Die Bedeutung der Handwurzelregion ist unwesentlich. Die Multangula sind in beiden Geschlechtern relativ gleich lang. Das Naviculare der Frauen ist sogar um 0,7 % kürzer und wirkt der Zeigefingerprominenz entgegen. Nur der grössere Radiusvorsprung (um 0,7 %) unterstützt die radiale Grundrichtung des weiblichen Geschlechtes.

Die von grober Handarbeit unberührt gebliebene Zeigefingerprävalenz der Frauen kommt also gegenüber den Männern durch Betonung derselben Skelettunterschiede zustande, die innerhalb des weiblichen Geschlechtes den radialen Grundtypus bedingen: stärkeres Zurückbleiben des IV. als Hervortreten des II. Strahles (mit Vorzug der *Digit*) und Vergrößerung des Radiusvorsprunges.

In einer vorangegangenen Untersuchung hatte sich gezeigt, dass dieser Geschlechtsunterschied bei Handarbeitern etwa doppelt so gross wie bei Kopfarbeitern ist (vgl. Rösler, 1957). Unter Handarbeitern sind die Frauen gegenüber den Männern noch häufiger radial als unter Kopfarbeitern, obwohl sie im Vergleich zu ihren nicht manuell tätigen Geschlechtsgenossinnen ja ulnarer erscheinen. Grobe Handbelastung prägt ulnar, und wenn sie den Geschlechtsunterschied vergrössert, ist das infolgedessen nur durch stärkere Ulnarisierung des Mannes möglich. Somit erweitert grobe Handarbeit den ursprünglichen Geschlechtsunterschied in der Grundtypusausprägung zugunsten des radialen Typus der Frauen. Diese Differenz ist also nicht nur entwicklungsabhängig, sondern auch umweltlabil.

#### 4. Diskussion

a) Wie jedem körperlichen Merkmal liegen auch der Fingerlängenproportion Erbanlagen als Entwicklungsmöglichkeiten zugrunde, und diese sind im Sippenvergleich bis zu einem gewissen Grade auch zu erkennen. Doch ist ihre Feststellung recht schwierig, und zwar nicht nur durch Manifestationsschwankungen und peristatische Alterationen im Reifungsverlauf, sondern vor allem infolge der komplizierten anatomischen Struktur der Merkmalsvariationen. Die Grundtypen basieren auf differenzierten Faktorenkomplexen, so dass von vornherein keine einfachen Erbverhältnisse zu erwarten sind. Vor allem ist die von Phelps angenommene monomere Bedingtheit durch ein bei Männern dominantes, bei Frauen rezessives "Gen für kurzen Zeigefinger" unzutreffend, denn der Grundtyp kommt nicht nur durch Wachstumsvariationen der Zeigefingerphalangen zustande. Vielmehr bestimmt darüber hinaus ebenso das Metacarpale und vor allem auch der ganze IV. Strahl das Fingerlängenverhältnis mit, ganz abgesehen von dem gelegentlichen Einfluss der Handwurzel. Das Ring - Zeigefingerverhältnis ist auf alle Fälle polymer bedingt durch mindestens zwei antagonistisch wirkende Genpaare.

Der primäre Einfluss wird von der Zeigefingeranlage ausgehen, denn Differenzen des II. Strahles waren in den Typenunterschieden bei Männern immer die grössten, bei Frauen charakteristischerweise nur im R-L-Vergleich. Das stärkere Variieren der Ringfingerlänge unter den Frauen scheint erst auf dem speziellen weiblichen Geschlechtseinfluss zu beruhen, der im Vergleich von Individuum zu Individuum und von Geschlecht zu Geschlecht wohl zu erkennen ist, in der Seitenbestimmung am gleichen Individuum aber unwirksam bleibt. Deshalb möchten wir auch für das weibliche Geschlecht den genetischen Vorrang der Zeigefingervariation annehmen,



die erst später durch Wirkungen der Geschlechtsanlage überlagert wird (vgl. Rösler, 1957).

Sekundäre Wirkungen der Ringfingeranlage laufen dem entgegen und verringern den Vorsprung des II. Strahles: Wachstum des II. fördert die radiale, das des IV. die ulnare Tendenz, so dass der Grundtypus – Effekt immer ein Ausgleich zwischen beiden ist.

Als tertiäre Faktoren kommen überdies die Handwurzelanlagen in Betracht, welche diesen Ausgleich in Einzelfällen noch modifizieren können. Kurz: Wir haben aller Wahrscheinlichkeit nach heterologe Polymerie vor uns, ein Zueinander von Haupt- und Nebengenpaaren, die einander im Ergebnis hemmen und verstärken können. Schliesslich bestimmt ausserdem der Restgenotypus durch Anlagen für Geschlecht, Nervenstruktur u.a. das endgültige Mass, das die Wirkung der konstituierenden Gene erreicht.

Es werden weiterhin auch keine einfachen Dominanzverhältnisse herrschen. Bei dem kontinuierlichen Uebergang der Grundtypusausprägung vom ulnaren bis zum radialen Pol ist eher multiple Allelie anzunehmen; dergestalt, dass das Gen für Strahlenwachstum in einer Reihe quantitativ abgestufter Allele von unterschiedlicher Wachstumspotenz erscheint. Es liesse bei geringem Wirkungsquantum den Wachstumsprozess nur langsam bzw. ein geringes Stück in der Ontogenese verlaufen, umgekehrt bei grosser Quantität beschleunigt bzw. weit. Nimmt man in Anlehnung an Goldschmidt (1927) und Conrad (1941) eine additive Wirkung der beiden Genquanten in den von den Eltern empfangenen Allelen an, so ist folgende Modellvorstellung für die Grundtypusvererbung möglich:

Das Gen für Wachstum des II. Strahles trete in 10 Quantitätsstufen auf, wobei 1 die geringste, 10 die höchste bedeute. Bei summierter Wirkung im individuellen Genpaar ergibt sich dann die Variation von  $1/1 = 2$  bis zu  $10/10 = 20$ , von schwächstem bis stärkstem Wachstum. Das sekundär wirkende Gen für Wachstum des IV. Strahles teile sich nur in 5 allelomorphe Abstufungen, das Individuum bekommt dann ein Quantum von mindestens  $1/1 = 2$  und höchstens  $5/5 = 10$  mit, das Ringfingerwachstum kann dann lediglich halb so stark wie das Zeigefingerwachstum variieren. Da die Länge des Strahles IV die relative des Strahles II herabsetzt, müssen zur Festlegung des relativen Endeffektes die Genpaarquanten des IV. von denen des II. abgezogen werden. Danach resultiert für die Grundtypusausbildung eine radiale Quanten-Skala von  $2 \text{ (II)} - 10 \text{ (IV)} = -8$  bis  $20 \text{ (II)} - 2 \text{ (IV)} = +18$ , wobei  $-8$  einen extrem ulnaren und  $+18$  einen extrem radialen Typus hervorbringt. Der Typ  $\text{II} = \text{IV}$  wäre theoretisch auf Grund eines mittleren Quantum von  $+5$  zu erwarten, doch muss er infolge des regulär distaler ansetzenden IV. Strahles erst bei einer stärkeren radialen Potenz von etwa  $+8 (\pm 1)$  in Erscheinung treten. Hierdurch tritt der ulnare Typ in der Ueberszahl auf, während der mittlere als Durchgangsstufe zahlenmässig am seltensten bleibt, so dass die empirisch gefundene Häufigkeitsreihenfolge  $\text{II} < \text{I}$ ;  $\text{II} > \text{IV}$ ;  $\text{II} = \text{IV}$  von dieser Hypothese aus zu erwarten ist.

Hiermit sind aber die R-L-Unterschiede noch nicht erfasst. Da symmetrische Veranlagung die Regel ist, müssen sie durch einen besonderen seitigkeitsbestimmenden

Erbfaktor bewirkt werden. Unterstellen wir für den an der Seitigkeit stark beteiligten II. Strahl ein links bzw. rechts wachstumsverstärkendes Gen und für den sekundär wirkenden IV. Strahl ein ebensolches, so ergeben sich folgende individuelle Genpaare:

II	IV
LL	ll
LR	lr
RL	rl
RR	rr

In der Kombination von II und IV schwächt gleichseitige Wachstumsverstärkung (LL ll) beider Strahlen die Grundtypus-Asymmetrie ab, während diese bei gekreuzter Wachstumsverstärkung (LL rr) zunimmt. Der Seitigkeitseffekt ergibt sich aus den Kombinationen:

links-radial		symmetrisch		rechts-radial	
II	IV	II	IV	II	IV
LL	rr	LL	ll		
LL	lr	LR	lr	RR	lr
LL	rl	LR	rl	RR	rl
LR	rr	RL	lr	LR	ll
RL	rr	RL	rl	RL	ll
		RR	rr	RR	ll

Der stärkste links-radiale Effekt würde bei LL rr, der stärkste umgekehrte bei RR ll resultieren. Im ganzen wäre demnach ein Seitigkeitsverhältnis von 5: 6: 5, d.h. ein Anteil asymmetrischer Personen von 62,5 % zu erwarten. Tatsächlich haben wir bei Erwachsenen beider Geschlechter etwa 63 % gefunden. Diese Uebereinstimmung von theoretischer Erwartung und empirisch ermitteltem Verhältnis ist sicher begünstigt durch die Alters- und Umweltstabilität des Asymmetrieprozensatzes. Von phasenmässigen Schwankungen abgesehen bleibt der Anteil asymmetrischer Personen in der Ontogenese konstant, er zeigt auch keine berufsbedingten Unterschiede. Handarbeit verschiebt lediglich das radiale Wuchsverhältnis von rechter und linker Hand zueinander, verändert aber nicht die Zahl der asymmetrischen Individuen.

Diese Annahme einer polymeren Grundtypusvererbung in multipler Allelie könnte auch Sonderfälle, wie das isoliert beim Kinde auftretende radiale Fingerlängenverhältnis, erklären. In diesem Falle müssen die Eltern heterozygot und ihre starken Allele zusammengekommen sein. Im ganzen können die Kinder ihren Eltern um so ähnlicher sein, je homozygoter diese sind und je homotypischer die Elternkreuzung ist.

Ferner werden die homozygoten Kinder der Extrempole am ehesten ihren Genotypus im Phänotypus verwirklicht haben und diesen am wenigsten unter Manifestationsschwankungen und peristatischen Einwirkungen abwandeln. Anlagekombinationen wie 2 II/ 10 IV (= -8) und 20 II/ 2 IV (= + 18) erscheinen früh als

deutlich ulnar bzw. radial und bleiben so relativ peristabil. Dagegen kommt die volle Ausprägungshäufigkeit und –stärke der mittleren Genquanten, vor allem in heterozygoten Allelpaaren, erst später unter Mithilfe der starken Entwicklungsschübe zum Durchbruch. Diese Formen können ihren genotypischen Charakter dann am leichtesten bei Arbeitseinfluss verlieren; aus stark radial wird hierbei nur schwach radial, aus schwach ulnar stark ulnar, aber schwach radial und II = IV wechseln immer in den radialschwächeren Grundtyp. Umgekehrt können die in der frühen Kindheit als unspezifische Mittelformen imponierenden Typen in der späteren Kindheit und Jugend zu den nächst stärkeren Formen heranreifen.

Diese Hypothese einer Grundtypusvererbung in zwei multiplen Allelserien kann nur den einfachsten möglichen Erbgang verdeutlichen. Es ist aber durchaus denkbar, dass der kontinuierliche Uebergang zwischen den einzelnen Typen nicht durch multiple Allelie, sondern durch Polygenie schon für jeden der beiden Strahlen zustandekommt. In diesem Falle wären dann auch in bezug auf den Grundtypus bereits verschiedene Gene für die einzelnen anatomischen Elemente des Strahles bestimmend, wie das von isolierten Fingermissbildungen her, z.B. der umschriebenen Verkürzung einzelner Phalangen, bekannt ist.

b) Fragen wir uns abschliessend nach dem diagnostischen Gewicht des Grundtypus in der Vaterschaftsbestimmung. Ein Merkmal, das wie dieses reifungsmässigen Schwankungen bis zur endgültigen Manifestation mit dem Wachstumsabschluss unterworfen, geschlechtsabhängig ausgeprägt und ausserdem peristolabil ist, kann nur geringe Beweiskraft für erbbiologische Zusammenhänge haben. Sein hinweisender Wert ist noch am grössten beim radialen Typus und streng symmetrischen Vorkommen derselben Proportion. Er steigt mit der Seltenheit der Kombination. Je jünger das Kind mit radialen Händen, desto grösser ist die Erbwahrscheinlichkeit. Wer früh radial ist, bleibt es auch und könnte nur noch unter Arbeitseinfluss nach ulnar hin tendieren, während das ulnare Kind sowohl ulnar bleiben als auch radial werden kann. Die familiäre Vergleichbarkeit sinkt ferner mit dem Grade der Elternhandbelastung. Die günstigste Konstellation wäre: beidhändig radiales Kind vor dem ersten Gestaltwandel (vor allem Knabe), ulnare Mutter und radialer Beklagter (besonders Handarbeiter, der ursprünglich extrem radial gewesen sein muss). Die Aussagekraft sinkt, wenn die Mutter ebenfalls radial, der Kläger ein Mädchen und älter ist; noch mehr, wenn die Eltern II = IV haben oder ulnar sind, und er ist am geringsten bei völlig ulnaren Kindern vor der ersten Streckung und ulnaren handarbeitenden Eltern. In diesem Falle können die Eltern gleich, radial oder ulnar veranlagt sein und ebenso die Kinder im Erwachsenenalter alle drei Formen zeigen. Immer lässt die sehr starke Merkmalsausprägung mehr genotypische Gebundenheit erkennen als die schwache. Die Beachtung des Grundtypus sollte sich deshalb in der polysymptomatischen Aehnlichkeitsdiagnose auf die Extremvarianten beschränken.

### Zusammenfassung

Die Auswertung der Handumrisszeichnungen je beider Hände von 746 blutsverwandten Personen aller Altersstufen und Geschlechter und Messungen an 120 Röntgenaufnahmen von Händen nicht-verwandter Erwachsener ergaben:

1. Verwandte (Geschwister, Mütter-Kinder, Eltern-Kinder) sind sich in den Fingerlängenproportionen und deren Verhältnis zwischen rechter und linker Hand ähnlicher als Nichtverwandte.

2. Die Fingerlängenproportion wird anatomisch von Längenvariationen aller Elemente der II. und IV. Strahlen konstituiert, darüber hinaus von den Handwurzelknochen und dem Radius-Ulna-Längenverhältnis modifiziert. Bei Männern weist der II., bei Frauen der IV. Strahl die grössten Wachstumsschwankungen auf. Seitenunterschiede zwischen rechter und linker Hand kommen ebenso zustande, in beiden Geschlechtern vor allem durch Längenvariationen des II. Strahles.

3. Unter Berücksichtigung der anatomischen Verhältnisse wird eine genetische Hypothese zur Erbstruktur der Fingerlängenproportion aufgestellt und die praktische Verwendbarkeit des Merkmals in der polysymptomatischen Aehnlichkeitsdiagnose diskutiert.

### Literatur

- BRAUNE, W. u. FISCHER, O.: Die Länge der Finger and Metacarpalknochen an der menschlichen Hand. Arch. f. Anat. u. Entwicklungsgesch., 107-118, 1887.
- BUSCHKE, F.: Röntgenologische Skelettstudien an menschlichen Zwillingen und Mehrlingen. Fortschr. Röntgenstr., Ergbd. 46; 1934.
- CONRAD, Kl.: Der Konstitutionstypus als genetisches Problem. Springer, Berlin 1941.
- ECKER, A.: Einige Bemerkungen über einen schwankenden Charakter in der Hand des Menschen, Arch. f. Anthropol. 8; 67-74, 1875.
- GOLDSCHMIDT, R.: Physiologische Theorie der Vererbung. Springer, Berlin 1927.
- GRAF, U. u. HENNING H.-J.: Formeln und Tabellen der mathematischen Statistik. Springer, Berlin 1953.
- HULTÉN, O.: Ueber anatomische Variationen der Handgelenkknochen. Acta radiol. (Stockholm) 9; 155-166, 1928.
- MARTIN, R.: Lehrbuch der Anthropologie. Fischer, Jena 1928.
- PFITZNER, W.: Beiträge zur Kenntnis des menschlichen Extremitätenskeletts. Morphol. Arbeiten 1; 1-120, 1892; 8; 238, 1898.
- PHELPS, R.: Relative Index Finger Length as a Sex-influenced Trait in Man. Amer. J. Human Genet. 4; 72-89, 1952.
- POL: Brachydaktylie, Klinodaktylie, Hyperphalangie und ihre Grundlagen. Virchows Arch. 229; 388, 1921.
- RÖSLER, H.-D.: Zum Alterswandel der Fingerlängenproportion. Homo 8; 81-95, 1957. Fingerlängenproportion und Handarbeit. Internat. Zeitschr. f. angewandte Physiologie 16; 434-452, 1957.
- SCHINZ, R.: Erbtypen und Formen bei Brachydaktylie. Arch. d. Jul. Klaus Stiftg. 18; 361-402, 1943.
- WEBER, E.: Grundriss der biologischen Statistik. Fischer, Jena 1956.
- WOOD, J.: zit. nach PHELPS (1952).

RIASSUNTO

La valutazione dei disegni dei contorni di ambo le mani di 746 parenti dello stesso sangue di tutte le età e sessi, e la misurazione eseguita, coll'ausilio di 120 lastre a raggi-X, delle mani di adulti non imparentati, ha apportato ai seguenti risultati:

1) I parenti (fratelli e sorelle, figli di una madre e figli che hanno padre e madre) presentano, per quanto riguarda la lunghezza relativa delle falangi ed il rapporto di questa fra le dita della mano destra con quelle della sinistra, caratteri più accentuati di assomiglianze, che non fra individui non imparentati.

2) La lunghezza relativa delle falangi è costituita, dal punto di vista anatomico, dalle variazioni di lunghezza di tutti gli elementi dei raggi II e IV, e viene modificata dalle « carpalia » e dal rapporto di lunghezza del radio e dell'ulna. Negli uomini il II e nelle donne il IV raggio dimostrano le maggiori oscillazioni nella crescita. Differenze laterali fra la mano destra e quella sinistra, si notano nello stesso modo in ambedue i sessi, soprattutto a causa delle variazioni di lunghezza del II raggio.

3) In considerazione dei rapporti anatomici, si stabilisce un'ipotesi genetica nei riguardi della ereditarietà della lunghezza relativa delle falangi, e si pone in discussione l'impiego di questa particolarità nella diagnosi sulla ricerca della paternità.

RÉSUMÉ

L'évaluation des croquis faits des mains de 746 personnes proches parents appartenant aux différents âges et genres et en même temps l'examen de 120 radiographies des mains des adultes pas apparentés nous a montré:

1) Des parents (Frère-sœur, mère-enfants, parents-enfants) se ressemblent à l'égard des longueurs de doigt relatives et des proportions de celles-ci entre les deux mains plus que les personnes pas apparentées.

2) La longueur de doigt relative se dérive à l'égard anatomique des variations de longueur de tous éléments appartenants aux deuxième et quatrième rayons et elle est modifiée par les Carpalia et les proportions de longueur entre Radius et Ulna. Chez l'homme nous regardons les plus grandes variations au deuxième rayon, chez la femme au quatrième rayon. Les différences latérales arrivent de même, ils sont à attribuer aux variations de longueur des deuxième rayons chez tous les deux genres.

3) En raison des conditions anatomiques une hypothèse génétique concernant la transmission de la longueur de doigt relative est développée dont l'utilité pratique comme un indice pour des diagnostics de paternité est discutée.

SUMMARY

The evaluation of the sketches of the hands of 746 consanguineous persons of different ages and sexes as well as the examinations of 120 radiograms of the hands of non-related adults have shown the following results:

1) Relatives (Brothers and sisters, mothers and children, parents and children) resemble each other with regard to the respective finger-lengths and the proportions of these between right and left hand more than non-relatives do.

2) The respective finger-length is organized anatomically by the longitudinal variations of all elements of the second and fourth rays and modified by the Carpalia and the longitudinal proportion of Radius and Ulna. We can regard the most extensive variations of growth at the second ray in men and at the fourth ray in women. In the same manner the lateral differences between the right and the left hand can be explained for both sexes mainly by the longitudinal differences of the second rays.

3) In reference to these anatomical conditions a genetical hypothesis about a transmission of the relative finger-length is developed and its usefulness for the diagnosis of paternity comes to discussion.