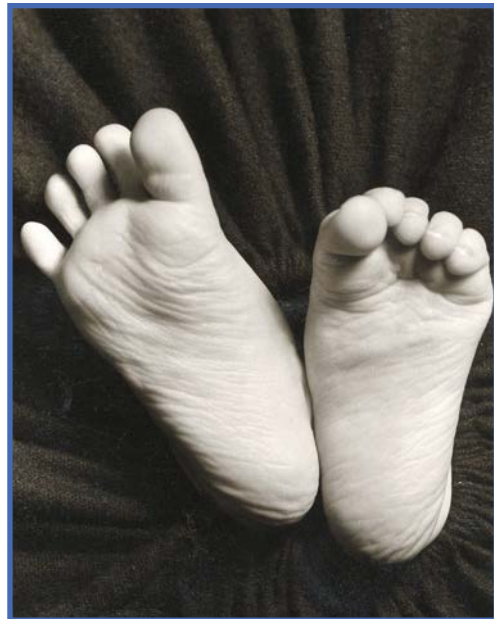
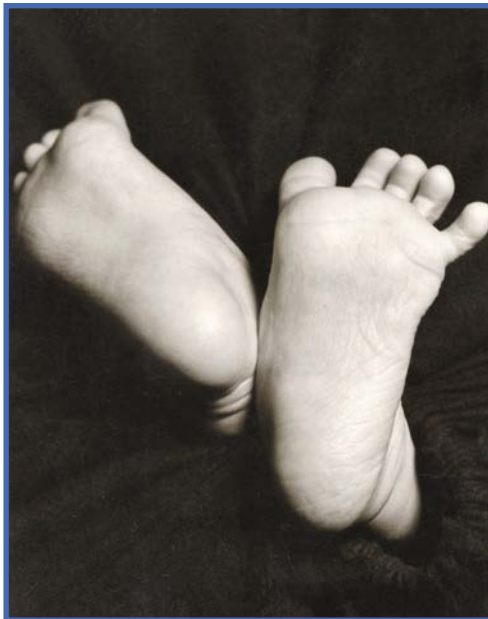
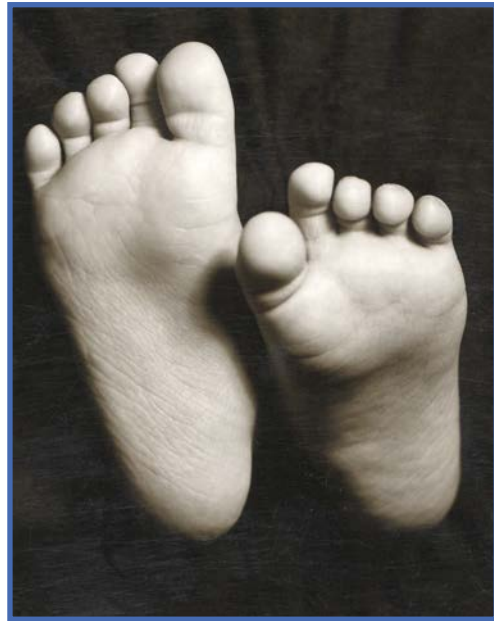
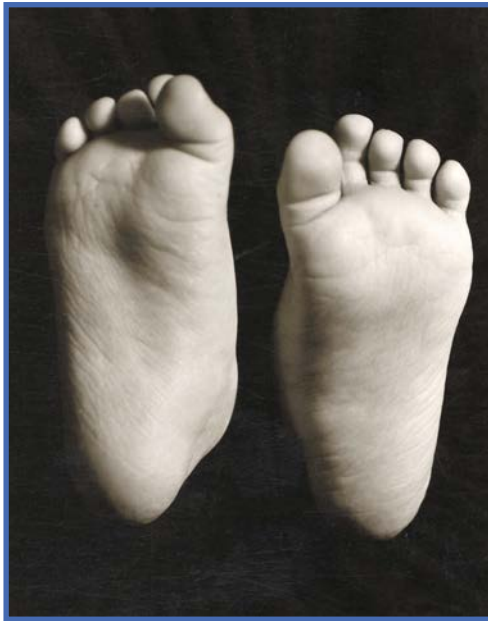


Erne Maier
Maren Killmann

Kinderfuß und Kinderschuh

**Entwicklung der kindlichen Beine und Füße
und ihre Anforderungen an fußgerechte Schuhe**



Erne Maier

Maren Killmann

Kinderfuß und Kinderschuh

**Entwicklung der kindlichen Beine und Füße
und ihre Anforderungen an fußgerechte Schuhe**



Verlag Neuer Merkur GmbH

Bibliografische Informationen Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detailierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

© 2003 Verlag Neuer Merkur GmbH

Verlagsort: Postfach 46 08 05, D-80916 München

Alle Urheberrechte vorbehalten. Vervielfältigungen bedürfen der besonderen Genehmigung.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmung und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Alle in dieser Veröffentlichung enthaltenen Angaben, Ergebnisse usw. wurden vom Autor nach bestem Wissen erstellt und von ihnen und dem Verlag mit größtmöglicher Sorgfalt überprüft. Gleichwohl sind inhaltliche Fehler nicht vollständig auszuschließen. Daher erfolgen alle Angaben ohne jegliche Verpflichtung oder Garantie des Verlages oder des Autors. Sie garantieren oder haften nicht für etwaige inhaltliche Unrichtigkeiten (Produkthaftungsausschluss). Im Text sind Warennamen, die patent- oder urheberrechtlich geschützt sind, nicht unbedingt als solche gekennzeichnet. Aus dem Fehlen eines besonderen Hinweises oder des Zeichens ® darf nicht geschlossen werden, es bestehe kein Warenschutz.

Erne Maier/Maren Killmann - Kinderfuß und Kinderschuh - Entwicklung der kindlichen Beine und Füße und ihre Anforderungen an fußgerechte Schuhe

1. Auflage 2003 - ISBN 3-929360-85-3

Layout und grafische Gestaltung: Martina Stolzmann

Druck: Zauner Druck, Dachau

Kapitel 1

Vorworte	7	Die Entwicklung des Kinderfußes	39
Geleitworte	9	im Spiegel der Gangspuren	40
Einleitung	11	Vorgehensweise	40
		Untersuchungsergebnisse	40
		Vorfuß	40
		Altersunterschiede	41
	13	Zusammenfassung	41
Der Fuß in der Menschheitsgeschichte	16	Zwölf Beispiele	41
Aufrichtung zum Zweibeiner	16		
Knochen – Bänder – Muskeln	16	Ossifikation (Verknöcherung)	63
Verlagerung des Schwerpunktes	16	Unterschiede bei den Geschlechtern	63
Gestaltwandel der Gliedmaßen	17	Das Knochenalter	65
Entwicklung des menschlichen Gehirns	17	Weitere Knochenkerne	65
	19		
Embryogenese und Fetogenese	19	Reifung des Bindegewebes	66
Entwicklung der Extremitäten	19	Die Grundsubstanz	66
Drehung der unteren Extremitäten	19	Entwicklung der Fasern	66
Das Fußwurzelgelenk	20	Stabilisierung und Dehnbarkeit	66
Sensible Phasen	20	Eine gesunde Entwicklung	67
Längenwachstum	21		
	21	Sensible Phasen	67
Das Säuglingsalter	21	Nutzung der Funktion	67
Zeit der Geburt	22	Sensible Phasen bei Sinnesorganen	67
Untersuchungsergebnisse	24	Die sensible Phase der Aufrichtung	68
Ist Behandlung notwendig?	24		
Entwicklung im Säuglingsalter	24	Wachstum	69
Veränderungen der Beinstellung	24	Wachstumsgeschwindigkeit	69
	26	Länge und Gewicht	70
Die Aufrichtung	27	Reifung	70
Wichtige Zeitpunkte in der Entwicklung	27	Wachstum der Extremitäten	70
Meilensteine	27	Wachstum der Füße	71
Grenzsteine	27	Auswirkungen auf die Schuhe	73
Grenzsteine der Körpermotorik	27	Studie in der Schweiz	73
	28	Studie in Österreich	73
Kleinkindlicher Gestaltwandel	28	Eigene Untersuchungsergebnisse	73
Veranlagung und Funktion	28	Wachstumssprünge	74
Erkenntnisse durch die funktionelle Anatomie	29	Die Kieler Fußmessstudie	74
Druck, Zug und Biegung	29	Die Weißenfelder Fußmessstudie	75
Ausgleich der Kräfte	29	Messungen von Gangspuren	75
Vom O-Bein zum gestreckten Bein	29	Der ausgereifte Fuß	76
Ausgangspunkt Säuglingsbeine	30		
Zwischenstation X-Bein	32	Laufen lernen	77
Übergewicht	32	Grenzenlose Bewegungslust	77
Ante- und Retroversion	32	Entwicklung des Gehens	78
Gestaltwandel des Oberschenkels	33	Die Grazie kindlicher Bewegung	78
Gestaltwandel des Schienbeins	34	Energie sparende Bewegungen	78
Die Fußstellung	35	Automatismen	79
Aufrichtung des Rückfußes	35	Bewegung des Körperschwerpunktes	79
Zusammenspiel von Knochen,	35	Ausgefeilt bei Erwachsenen	80
Muskeln und Bindegewebe	37	Allmähliche Entwicklung beim Kind	80
Torsion	37	Die Bewegungen des Kopfes	80
Vorfußstand und Vorfußgang	38	Koordination und Grazie	80
Einwärtsgang			

Variabilität der Norm	81	Klärung der Ursachen	104
Normalverteilung	81	Sensibilität ist gefragt	105
Vielfalt „normaler“ Füße	82	Prävention	105
		Vorrang hat die primäre Prävention	105
Gesundheit und Leistung	82	Änderung von Gewohnheiten	105
Veranlagung, Anforderung und Leistung	82	Hindernisse	106
Besonderheit Tanz	83		
Körperliche Voraussetzungen	83	Die Fußsohlenreflexmassage	107
Flexibilität	84	Geschichte	107
Die Form der Zehen	84	Theorie	107
Die Ausbildung der Gelenke	84	Abbildung der Organe	108
		Die Behandlung	109
		Diskussion	109
		Die Wirksamkeit	110
		Mehr Zuwendung	110
		Frei von Zweifeln	110
		Behandlung im Wortsinn	110
Kapitel 2 Fußfehler - Fußschäden	85		
Auswirkungen auf die Durchblutung	87		
Fußfehler	88		
Angeboren heißt nicht erblich.	88		
Kapitel 3 Klumpfuß (Pes equinovarus adductus)	88	Kinderschuh	111
Sichelfuß (Metatarsus adductus oder varus, Pes adductus)	89	Die Weite als führendes Maß	113
Serpentinenfüße	89	Wachstumskurve	113
Platt- oder Schaukelfuß (Pes planus)	90	Arbeitskreis Kinderschuh	114
Zehenfehlbildungen	91	Entwicklung in der DDR	114
Hackenfuß (Pes calcaneus)	91		
Fußfehler, die nicht beim Neugeborenen erkannt werden	91	Der Leisten	115
Hohlfuß (Pes cavus, Pes excavatus)	91	Jedem Schuh sein eigener Leisten	115
Kontrakter Plattfuß	92	Herstellung	115
Knochenverschmelzungen	92	Maßnahmen	115
Inkonstante Fußknochen	93	Weitensprung	117
Die Haglund-Ferse	93	Vorfuß und Rückfuß	117
		Ballenbreite	118
		Die notwendige Variabilität	118
Fußschäden	94	Andere Leisten im Iran	118
Die Anfänge der Fußschädigung	94	Der Leistenmacher – das Herzstück der Schuhfabrikation	119
Stauchung und Pferchung	95	Salvatore Ferragamo	119
Schiefzehe (Hallux valgus)	96		
Entstehung	96	Der Brandsohlenumriss	119
Barfußläufer und Schuhträger	97	Konstruktionsanweisungen	120
Häufigkeit	97	Konstruktionslinien	120
Wesentliche Ergebnisse der Untersuchungen Bickels	98	Verhältnis Vorfuß zu Rückfuß	121
Abhängigkeit von der Vorfußform	99	Unterschreitung des Vorfußanteils	121
Schlussfolgerung	99	Der Ballenwinkel	123
Spreizfuß (Pes transverso-planus)	100	Zugabe und Zehenwinkel	123
Entstehungsgeschichte (Ätiopathogenese)	101		
Als Ergebnis eines Alterungsprozesses	101	Die Länge	124
Als Beginn des Krankheitsprozesses	102	Bedarf in Schuhgrößen	125
Beurteilung	102	Maßsysteme	125
Befunde bei Älteren	103	Stichlängen	125
Was ist zu tun?	104	Englisch-amerikanisches Maßsystem	126

Mondopoint-System	126	Von der Würde der Füße	141	Kapitel 4
Geschichtliches	126	Achtung vor den Füßen	143	
Das Untermaß-Problem	127	Der Fuß in der bildenden Kunst	144	
Zugabe	127	Anatomen und Zeichner	144	
Größenauszeichnung	127	Die wissenschaftliche Anatomie	144	
Maße für Kinderschuhe	128	Anatomie für Künstler	145	
Die Gründe des Problems	128	In der Neuzeit	145	
Jugendschuhe	129	Gesunde und geschädigte Füße	146	
Die Passform	130	Gesunde Füße	146	
Der Verkauf	130	Die Zeit Peter Paul Rubens	148	
Information der Informanten	130	Vorteil der Armut	150	
Information von Institutionen	131	Leid im Schnabelschuh	150	
Information von Personen	131	Die Füße der Tänzerinnen	151	
Kinderärzte	131	Kinderfüße	152	
Führungskräfte im Schuhfachhandel	131	Der schöne Fuß	154	
Die Eltern	132	Griechische Klassik	154	
So werden Stammkunden gewonnen	132	„Blühendes Fleisch“	156	
Thema Fußschäden	132	Die Lehre der Proportionen	156	
Schriftliche Informationen	133	Proportionen des Fußes	156	
Was beim Kauf von Kinderschuhen	133	Der Fuß im Wandel der Zeit	157	
zu bedenken ist	133	Die Standbilder der Griechen	158	
Information der Kinder	133	Die aufrechte Haltung	159	
Schwierige Wahl	134	Vom Werdegang der Bildhauer	159	
Information der Öffentlichkeit	134	Die Ästhetik	159	
Empfehlung zur Prävention	134	Die Klassik	160	
Wünsche des Verfassers	135	Bewegung und Gegenbewegung	160	
Über die Mode	135	Standbein und Spielbein	161	
Fünf Interessen	136	Der Bildhauer Polyklet	162	
Mode	136	Über die Haltung	163	
Preis	136	Propriozeptive Wahrnehmung	164	
Geschwindigkeit und Bequemlichkeit	136	Haltung gestern und heute	165	
beim Einkauf	136	Perfektion im Kindesalter	165	
Schönheit	136	Hellenistische Kunst	165	
Gesundheit	136	Griechische, ägyptische	166	
Gestern und heute	136	und quadratische Füße	166	
Unwirksame Empfehlungen	137	Der Fuß in Mythen, Religionen und Märchen	168	
„Unter dem Pantoffel der Mode“	137	Fußspuren	168	
Der Einfluss der Schuhmacher	138	In Europa . . .	168	
„Gesundheitsschuhe“	138	. . . und der ganzen Welt	169	
Mode und Schönheit	138	Sinnbild des ganzen Menschen	170	
Im Wandel	139	Vom Kraftfluss des Bodens	171	
Plateausohlen und Absätze	140	Bestiarien	172	
Museen für Schuhe	140	Der Fuß im Märchen	173	
Kritiker	140	Der Fuß in der Umgangssprache	173	
		Sprachgebrauch im Alltag	173	
		Verbindung zur Erde	173	
		Kopf und Verstand	173	
		Leichtfuß und Hasenfuß	173	

Sprichwörter und sprichwörtliche Redensarten	175	Zum Sprachgebrauch	183
Der Körper und seine Sprichwörter	175	Ebenen und Achsen	185
Vom Bein	175	Rumpfnähe und Rumpferne	185
Vom Fuß	175	Torsion	186
Vom Schuh	175	Die Bewegungen des Fußes	186
Vielfalt in anderen Ländern	175	Adduktion und Abduktion	186
Gin-Lien, der Lotusfuß der Chinesin	177	Flexion und Extension	186
Ein Zeichen hohen Standes	177	Supination und Pronation	187
Starke Einschränkungen	177	Inversion und Eversion	187
Die Kunst des Bandagierens	177	Aufrichtung und Senkung	188
Zuerst schmal, dann kurz	177	Abwicklung des Fußes	188
Ausformung der Schuhe	178	Varus und valgus	188
Ideal und Wirklichkeit	178	Strahlen und Wölbungen	189
Die Qual der Schönheit	179	Innenkantung und Außenkantung	189
Bewertung	179	Innen- und Außendrehung	189
Der Anatom Hans Virchow	180	Glossar	190
Ein Fachmann in Sachen Fuß	180	Technische Hinweise zu den Präparaten	192
Varianten	180	Skelettaufstellung nach Form	192
Knochenverformung in der Wachstumsphase	181	Aufhellungspräparate	192
Intaktes oberes Sprunggelenk	181	Andere Feuchtpräparate	192
Das Fersenbein	181	Schlagwortverzeichnis	193
Die Keilbeine und Mittelfußknochen	181		
Die Belastung	182		
Aus heutiger Sicht	182		

Das Buch möchte sich dem weitgefächerten Thema entsprechend an Leser unterschiedlicher Berufsgruppen wenden. Es möchte Kinderärzte, Allgemeinärzte, Ärzte der Orthopädie und orthopädischen Chirurgie und Anatomen als auch Fachkräfte der Leisten- und Schuhindustrie und des Schuhfachhandels ansprechen. Interesse erhoffe ich mir bei Physiotherapeuten, Podologen, Sportpädagogen und Mitarbeitern in Institutionen der Gesundheitsförderung und Verbraucherberatung.

Ich stütze mich auf die umfangreiche Literatur teils lange zurückliegender Jahre, in denen die Beschäftigung mit Schuh, Fuß und der Schädigung des Fußes durch den Schuh üblicher war, auf die Mitwirkung in der damaligen „Forschungsstelle für Leisten- und Schuhbau“ der Deutschen Orthopädischen Gesellschaft (DOG), heute Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (DGOOC), auf eigene Untersuchungen und Messungen, deren Ergebnisse regelmäßig in den Zeitschriften der Pädiatrie, der Orthopädie, der Schuhtechnik und des Schuhhandels seit 1954 bekannt gemacht wurden, ferner auf mehrere medizinische Dissertationen in Mainz und Erlangen und

Diplomarbeiten in der Deutschen Sporthochschule Köln. Als Grundlage erwies sich die langjährige eigene Tätigkeit als Kinderarzt und ein von Anbeginn an enger Kontakt zu Leistenmodelleuren, Schuhtechnikern und Schuhhändlern als wichtig.

Meinungsverschiedenheiten gehören zur Wissenschaft. Hier ergeben sie sich insbesondere aus erheblichen Unterschieden des Beobachtungsgutes. Der Arzt, der die leidenden Füße der Erwachsenen sieht, urteilt anders als der Kinderarzt, der die Entwicklung vieler Kinder vom Neugeborenenalter an bis zum Jugendalter verfolgen kann; er sieht die Anfänge.

Das Buch soll für viele anregend und lesbar sein. Die damit verbundene Gratwanderung war mir Kapitel um Kapitel vor Augen. Sprachliche und begriffliche Vereinfachungen durften nicht zu Verzerrungen führen. Sowohl im Bereich der Lehre vom Fuß als auch der vom Schuh werden interessierte Leser Lücken entdecken. Der Umfang des Buches war zu beschränken. Möge es dennoch freundliche Aufnahme finden.

Erne Maier

Vor mehr als 20 Jahren hat Professor Erne Maier die Arbeit an diesem Buch begonnen. Sein rastloser Forscherdrang zwang ihn immer wieder, die bei der Arbeit aufscheinenden Wissenslücken durch neue Recherchen zu klären; selten war er wirklich zufrieden mit dem Geschriebenen. Zwei Jahre vor seinem Tod erhielt ich den Auftrag, ihm bei der Zusammenstellung seines immensen Wissens zur Seite zu stehen. Trotz aller Bemühungen war es ihm jedoch nicht möglich, das Werk zu vollenden. Ich versprach ihm, das Buch mit den vorliegenden Unterlagen in seinem Sinne fertig zu stellen. Sein Vertrauen ist Ehre und Verpflichtung für mich.

Besonders schwierig war es, aus der enormen Bildermenge, die mir Professor Maier zur Verfügung gestellt hatte, die wichtigsten Abbildungen auszuwählen und dem Text richtig zuzuordnen. Ich hoffe, dass mir gelungen ist, die wissenschaftlichen Fakten für Ärzte wie für Angehörige der Schuhindustrie verständlich darzustellen.

Leider ist in den Aufzeichnungen von Professor Maier kein Literaturverzeichnis enthalten, es nachträglich zusammen zu stellen, ist unmöglich. Der Leser möge dies entschuldigen.

Maren Killmann

*Prof. Dr. Jürgen Koebke,
Zentrum Anatomie der Universität zu Köln,
Joseph-Stelzmann-Str. 9, 50931 Köln*

Es war nur eine kurze Zeitspanne, um ihn persönlich kennen und schätzen zu lernen: Als in Sachen Fuß rastloser Pensionär nahm Prof. Dr. Erne Maier häufig den Weg in die glücklicherweise von seinem Wohnsitz nicht weit entfernte Kölner Anatomie, um zu recherchieren, zu diskutieren und zu bereichern.

Sein praktisch-orientiertes, wissenschaftlich akribisches Denken gab immer wieder Anlass, selbst inne zu halten und das eigene Wirken und Tun kritisch zu überprüfen. Scharf- und feinsinnig waren seine Fragen, Bemerkungen und Einwürfe, geprägt durch reiche Lebenserfahrung und bewusste Lebensweise.

Unvergesslich seine Gastvorlesungen (ob seiner Bescheidenheit bedurfte es langer Überredungskunst meinerseits, diese zu halten) für Studierende des Präparierkurses: Ihm gelang es, mittels einer facettenreichen Darstellung des Menschenfußes als dessen ausgereiftestem Organ das annähernd 400 Studenten und Studentinnen umfassende Auditorium zu fesseln und für die Anatomie zu begeistern. Man hätte eine Stecknadel fallen hören.

Wesentliche Teile seines Lebenswerkes hat Erne Maier im vorliegenden Buch, dem er sich ungebeugt bis zu seinen letzten Tagen gewidmet hat, zusammengetragen. In diesem seinem Buch finden Abbildungen von meisterhaft hergestellten Fußpräparaten aus Erne Maiers Hamburger Zeit ihren Platz. In Erinnerung an Erne Maier als verehrten, väterlichen Freund schätze ich mich glücklich zu wissen, dass diese Präparate ihren würdigen und endgültigen Standort in der Schausammlung der Kölner Anatomie gefunden haben.

Prof. Prof. h. c. (Rus) Dr. J. Koebke

Das vorliegende Werk meines jahrzehntelangen Freundes, des Kinderarztes Prof. Erne Maier, ist schon seit Jahren von zahlreichen Interessierten erwartet worden, waren die vielen Publikationen seiner Forschungen doch sehr weit verstreut. Nunmehr liegt eine Zusammenfassung seines wissenschaftlichen Lebenswerkes und der ungewöhnlich weitreichenden Erfahrungen des außerordentlich vielseitigen Autors vor.

Es war ein Glücksfall, dass er frühzeitig zur „Forschungsstelle für Leisten und Schuhbau“ der Deutschen Orthopädischen Gesellschaft stieß und ebenso, dass die auch wissenschaftlich interessierte Firma der Elefantenschuh-Hersteller ihm Kinderfußmessungen übertrug. Aufgrund seiner Ergebnisse und weiterer Forschungen – Kinderschuhe waren vielfach zu kurz und die Weite stimmte nicht überein – forderte er gegen manche Widerstände u. a. mit neuen Maßtabellen die Änderung der Leistenherstellung mit verschiedenen Weiten. So wurde er zu einer unbequemen, unbestechlichen Autorität auf diesem Sektor.

Seine Ausführungen betreffen nicht nur den Kinderfuß und -schuh in Deutschland, sondern weit darüber hinaus auch in anderen Ländern und im Erwachsenenalter. Ferner geht er z. B. auf Darstellungen in der Religion, der Kunst, der Sprache, der Mode usw. ein.

Die Ergebnisse veröffentlichte er erst nach wiederholten Selbstprüfungen; ebenso bewertete er mit Hilfe seiner profunden Literaturkenntnisse immer wieder neuere, fremde Ergebnisse nach ihrer Zuverlässigkeit und Praktikabilität. Das Werk ist von hoher Warte geschrieben und stellt in unserer schnelllebigen Zeit ein wichtiges Dokument unseres derzeitigen Wissens und Denkens um die Jahrtausendwende auch für kommende Generationen dar. Kein Leser wird die Schrift ohne Gewinn aus der Hand legen.

Zu danken haben wir neben dem „Verlag Neuer Merkur“ besonders Frau Dr. Killmann für die große Mühe, die Schrift vor allem mit der Einordnung der zahlreichen Abbildungen zum Abschluss gebracht zu haben, als der Tod dem Autor die Feder zur endgültigen Gestaltung aus der Hand genommen hatte.

Prof. Dr. med. Hans Mau
Emeritierter Ordinarius für Orthopädie der
Universität Tübingen
Tübingen im April 2003

Frederic Wood Jones schrieb 1944 im Vorwort seines Buches „Structure and Function as Seen in the Foot” (Williams and Williams, Baltimore):

“Man’s foot is all his own. It is unlike any other foot. It is the most distinctly human part of his anatomical make-up. It is a human specialization and whether he be proud of it or not, it is his hallmark and so long as Man has been Man and so long as he remains Man it is by his feet that he will be known from other members of the animal kingdom. He may speak slightly of feet of clay and imagine his form to be divine with perhaps the exception of his feet, but with all his conceit he must not ever forget that it is, in fact, his feet that confer on him his only real distinction and provide his only valid claim to human status. We may, therefore, assume that we have every guarantee that the foot is a proper subject for examination for its own sake.”

Frei übersetzt:

Des Menschen Fuß ist einzig ihm eigen. Er ist mit keinem anderen Fuß vergleichbar. Anatomisch gesehen ist er der menschlichste Teil unseres Körpers. Er ist eine Besonderheit des Menschen, sei dieser darauf stolz oder nicht. Er ist sein Gütesiegel!

Solange es Menschen gibt und Menschen geben wird, sind es ihre Füße, an denen sie von allen anderen Mitgliedern der königlichen Tierwelt erkannt werden.

Der Mensch mag seine irdischen Füße gering schätzen, sich selbst aber, vielleicht mit Ausnahme der Füße, für das Ebenbild Gottes halten. Bei aller Verblendung sollte er nicht vergessen, dass es tatsächlich die Füße sind, die ihn auszeichnen und ihm gestatten, menschlichen Rang zu beanspruchen. Wir dürfen also getrost davon ausgehen, dass die Füße es wert sind, wenn wir uns mit ihnen befassen.

Der Fuß in der Menschheitsgeschichte

Embryogenese und Fetogenese

Das Säuglingsalter

Die Aufrichtung

Kleinkindlicher Gestaltwandel

Ossifikation (Verknöcherung)

Reifung des Bindegewebes

Sensible Phasen

Wachstum

Laufen lernen

Variabilität der Norm

Gesundheit und Leistung

Der Fuß in der Menschheitsgeschichte

„Der Fuß ist das ausgereifteste menschliche Organ“

1976 erkannten Mitarbeiter der Paläoanthropologin Mary Leakey im vulkanischen Boden bei Laetoli (Tansania), nicht weit entfernt vom Serengeti-Naturpark, „menschliche“ Fußspuren von drei Individuen, zwei Erwachsenen und einem Kind. Die Vermutung, dass es sich um prähistorische Spuren handelte, bestätigte sich. Nach der Altersbestimmung mit der Kalium-Argon-Methode waren sie vor 3,6 Millionen Jahren entstanden, also im Pliozän, der letzten geologischen Periode des Tertiärs vor dem Übergang zum Quartär. Damals gab es keine Menschen. Alle Fossilfunde dieser Zeit verwiesen auf tierische Geschöpfe, so genannte Südaffen (Australopithecinae), die aufrecht standen und liefen. Gesichts- und Hirnschädel waren eher denen der heute lebenden Menschenaffen Afrikas vergleichbar. (Abb. I – 1)



Abb. I – 1

Die Fußspuren von Laetoli waren unverwechselbar Spuren menschlicher Füße. Ihre Zehen waren nicht wie die der Greiffüße der Affen fingerlang, der mittlere am längsten (wie auch bei menschlichen Händen), und nicht bogenförmig nach innen gekrümmt. Sie waren kurz und lagen gerade nebeneinander. Die Großzehe lag den anderen vier Zehen

eng an. Sie stand nicht wie ein Daumenstrahl vom Fuß ab und konnte nicht wie ein Daumen den anderen Zehen gegenübergestellt werden; ein Zangenriff mit Annäherung des Daumenendgliedes an die Kuppe der II. oder III. Zehe war damit nicht möglich. Die Sohlen der Füße hatten sich insgesamt im Boden eingedrückt, nicht überwiegend der Fußaußenrand, wie beim Affenfuß zu erwarten wäre.



Abb. I – 2: Primatenfüße im Vergleich

A: Schimpanse; B: Flachland-Gorilla; C: Berg-Gorilla; D: Mensch



Abb. I – 3: Fußskelett eines Menschen (links) und eines Gorillas (rechts)

Aufrichtung zum Zweibeiner

Die Aufrichtung zum Zweibeiner nahm vor vier bis fünf Millionen Jahren ihren Anfang. Fossilfunde sprechen dafür, dass sich die Anpassung des knöchernen Skeletts an die geänderte Belastung zuerst im Bereich der unteren Extremitäten vollzog. Wahrscheinlich zur gleichen Zeit formte sich das Becken um, danach richtete sich die Wirbelsäule auf. Auch der Schultergürtel wandelte sich, da sich seine Funktion änderte: Arme und Hände wurden nicht mehr zur Fortbewegung benötigt, so dass sie frei wurden zu „handwerklicher“ Tätigkeit. Zugleich mit der Aufrichtung der Halswirbelsäule änderte sich die Stellung des Kopfes und die Gestalt des Hirn- und Gesichtsschädels. Was jeweils voranging und wie die Veränderungen einander bedingten, sind offene Fragen. Alle mit der Aufrichtung zum Zweibeiner zusammenhängenden Vorgänge beanspruchten die gesamte Zeit bis zum Auftreten des heutigen (rezenten) Menschen, des *Homo sapiens sapiens*. Wir haben keinen Anlass anzunehmen, dass sie abgeschlossen sind.

Knochen - Bänder - Muskeln

Die Aufrichtung des Menschen vollzog sich um die Querachse der Hüftgelenke. Hier befinden sich die stärksten Knochen des Skeletts, die Beckenknochen und die Oberschenkelknochen. Das stärkste Band des Körpers, das Band zwischen Becken und Oberschenkel (Lig. iliofemorale), verbindet Darmbein (Os ilium) und Oberschenkel (Femur). Die kräftigen Muskeln, die die Hüfte umgeben, verbergen in ihrer Masse das Becken. Während sich andere Gelenke an der Körperoberfläche abzeichnen, sind die Hüftgelenke von außen nicht erkennbar. Stärkster Streckmuskel ist der große Gesäßmuskel (*M. gluteus maximus*), der das Becken aufrichtet und in dieser Stellung festhält. Er bringt den Schwerpunkt des Körpers über das Becken, das den Rumpf wie ein Korb auffängt. Starke Sehnenplatten stabilisieren die Aufrichtung; das Sehnenfeld der vorderen Bauchwand, das des Rückens und die Sehnenbinde, die vom Becken bis zum Unterschenkel herabreicht und den Oberschenkel als sehniges Rohr umgibt (*Fascia lata*). Ihre Verstärkung an den Außenseiten der Oberschenkel (*Tractus iliotibialis*) dient als Zuggurtung und trägt zur Stabilität des Femur gegenüber seiner Biegebelastung bei (s. S. 32).

Die Aufrichtung vollzieht sich der Schwerkraft entgegen und erfordert ein erhebliches Übergewicht der Streckmuskulatur gegenüber den Beugern, die die Schwerkraft auf ihrer Seite haben. Die Gestalt des Beckengürtels und der Beine wird daher beim Menschen durch die mächtige Streckmuskulatur bestimmt. Sie bildet eine Muskelschlinge von den Gesäßmuskeln hinten nach vorn zu den Streckmuskeln des Oberschenkels und wieder nach hinten zur Wadenmuskulatur.

Verlagerung des Schwerpunktes

Die Wirbelsäule ist fest in den Beckenring eingefügt. Die Last, die sie trägt, nimmt nach unten hin zu, ebenso die Größe der Wirbelkörper. Die Abknickung zwischen Lendenwirbelsäule und Kreuzbein (Promontorium) mit einem Winkel von rund 60 Grad bei Frauen und 64 Grad bei Männern erklärt sich aus der Aufrichtung. Dieser Winkel ist charakteristisch für den Menschen, hat sich aber erst allmählich ausgebildet, wie Fossilfunde zeigen. Bei den Tieraffen ist er gering, bei Menschenaffen beträgt er rund 35 Grad. Das tierische Becken hat nicht die Gestalt und Funktion eines Korbes, der den Rumpf auffängt, es gleicht eher einem Deckel, der in Verlängerung der Wirbelsäule die Hinterbeine bedeckt, die mit ihm gelenkig verbunden sind.

Bei jedem Vergleich mit den heute lebenden Menschenaffen ist zu bedenken, dass sie sich zeitlich genauso weit von dem gemeinsamen Ahnen entfernt haben wie die Hominiden. Die Parallelentwicklung begann vor 10 bis 20 Millionen Jahren.

Zur menschlichen Wirbelsäule gehören charakteristische Ausschwingungen nach vorn (Lordose der Hals- und der Lendenwirbelsäule) und hinten (Kyphose der Brustwirbelsäule und des Kreuzbeins), die dem aufrechten Stand und Gang Elastizität geben. Auch sie tragen dazu bei, den Körperschwerpunkt über dem Becken zu halten. Bei den Vierbeinern, auch den Menschenaffen, liegt er dagegen vor dem Becken. (Abb. I – 4)

Die Schwerlinie des Menschen, auch Traglinie genannt, verläuft von der Höhe des Schädels durch das große Hinterhauptsloch (Foramen magnum) entlang der Halswirbelsäule durch den Brust- und den Bauchraum zur Beckenmitte und von dort zum

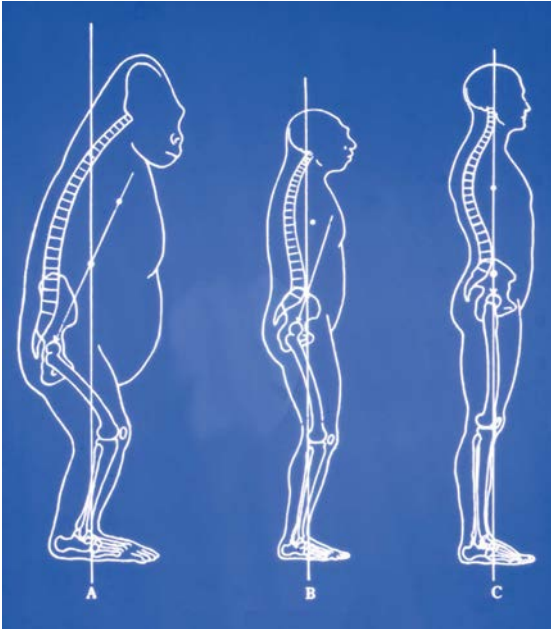


Abb. I - 4: A: Gorilla; B: Neanderthaler; C: Moderner Mensch

Boden zwischen den parallelgestellten, gleichmäßig belasteten Füßen.

Gestaltwandel der Gliedmaßen

Wir stehen auf relativ kleinen Sohlenflächen. Bei der Breite seiner Schultern und Hüften gleicht der aufgerichtete Mensch einem auf der Spitze stehenden Kegel. Das Körpergewicht und die kräftige Beugemuskulatur des Unterschenkels, die bei der Aufrichtung Teil der Streckerschlinge ist, beugen den Fuß abwärts (Plantarflexion) und heften die Sohlen an den Boden.

Stand- und Gangsicherheit setzten den Gestaltwandel des Fußes voraus. Auch der Rückfuß änderte sich bei der Entwicklung zum Menschenfuß, er richtete sich ebenfalls auf. Die Achse des Schienbeins trifft nahezu senkrecht auf das Sprungbein und dieses liegt über dem Fersenbein, das achsengerechter aufgerichtet die Last übernehmen kann, wie Franz Weidenreich 1922 im Vergleich zum Rückfuß des Gorillas demonstrierte.

Die Freisetzung der Arme und Hände, gemeinsam mit der Aufrichtung der Halswirbelsäule und des Kopfes und dem Wandel des Gesichtsschädels, führten zum Gestaltwandel des Schultergürtels und zu höheren Anforderungen an das Gleichgewichtsorgan und an das zentrale und periphere

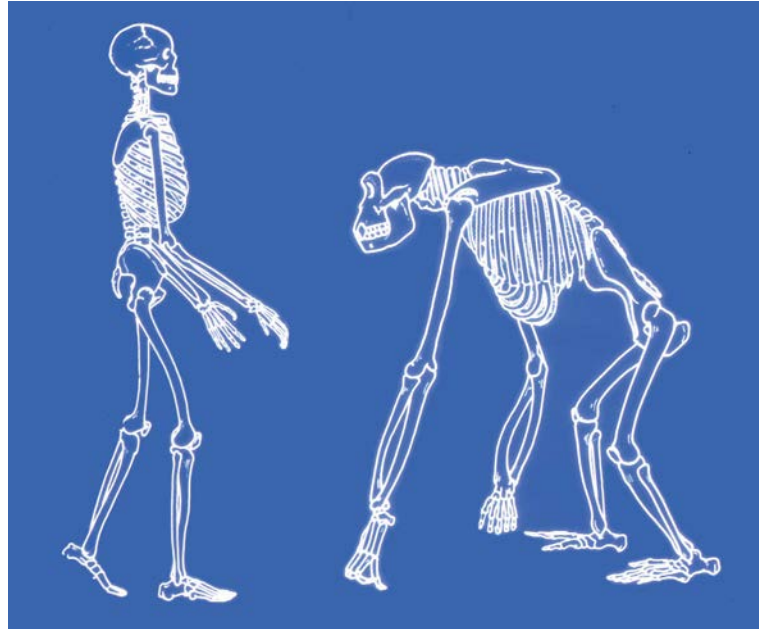


Abb. I - 5

Nervensystem. Zahlreiche Anpassungsvorgänge liefen zeitlich nebeneinander oder hintereinander ab, bedingten sich gegenseitig und trugen zur Menschwerdung bei. (Abb. I - 5)

Entwicklung des menschlichen Gehirns

Die Hirnentwicklung des Menschen, an die beim Vergleich des Menschen mit Tieren zuerst gedacht wird, begann früh, nämlich bereits bei der ersten Entwicklung der Säugetiere vor rund 200 Millionen Jahren. Sie steigerte sich bei den Primaten und unter ihnen nochmals bei den Menschenaffen, die rund 2,5 mal mehr Hirnmasse je kg Körpergewicht aufweisen gegenüber den Tieraffen. Australopithecus afarensis, dessen Fußspuren in Laetoli und dessen Fossilien an mehreren Orten in Ostafrika gefunden wurden, hatte zwar Menschenfüße und andere Merkmale des aufrechten Ganges, aber noch ein Schädelvolumen, das dem der heute lebenden Menschenaffen entspricht. Erst vor rund zwei Millionen Jahren vergrößerte es sich um die Hälfte aller bisherigen Volumina. Von dieser Zeit an sprechen wir von Hominiden. Homo habilis, der werkzeugschaffende Vormensch, tritt in den Fossilfunden in Erscheinung. Wenige 100 000 Jahre später folgte Homo erectus. Dann stagnierte die Hirnentwicklung für eine Dauer von 1,5 Millionen Jahren. Mit dem Homo sapiens vor rund 500 000 Jahren setzte sie sich fort.

Bei den Menschenaffen, von denen es v



Millionen Jahren mehr Arten als heute gab, beträgt das Volumen des Hirnschädels durchschnittlich 390 cm³ (Schimpansen), 410 cm³ (Orang-Utan), 500 cm³ (Gorilla), beim *Homo habilis* betrug es zwischen 600 und 800 cm³, beim *Homo erectus*, der Afrika verließ und dessen Fossilien außer in Afrika in Java, China und Europa gefunden worden sind, im Mittel rund 1000 cm³, beim *Homo sapiens* dagegen 1200 bis 1700 cm³, also Werte wie beim heutigen Menschen, dem *Homo sapiens sapiens*. Das Hirnvolumen des Neandertalers, der heute als

Seitenzweig der Hominidenentwicklung angesehen wird, war noch um rund 15 Prozent größer.

Die Stammeslinie vom *Australopithecus afarensis* über *Homo habilis*, *Homo erectus*, *Homo sapiens* zum *Homo sapiens sapiens* ist nicht präzise darzustellen. Es gab mehrere Arten nebeneinander, heute dagegen ist der Mensch die einzige Art der einzigen Gattung der Hominiden. Die Häufung der Fossilfunde der 80er und 90er Jahre hat die Zuordnung eher erschwert. Die zeitliche Zuordnung ist dagegen durch die Fortschritte der molekularbiologischen Untersuchungen verbessert worden. Heute gilt als sicher, dass die Menschheitsgeschichte in Afrika ihren Anfang nahm. Am Anfang stand die Aufrichtung, und sie begann mit dem Gestaltwandel des Fußes, wahrscheinlich gleichzeitig der Beine und des Beckengürtels.

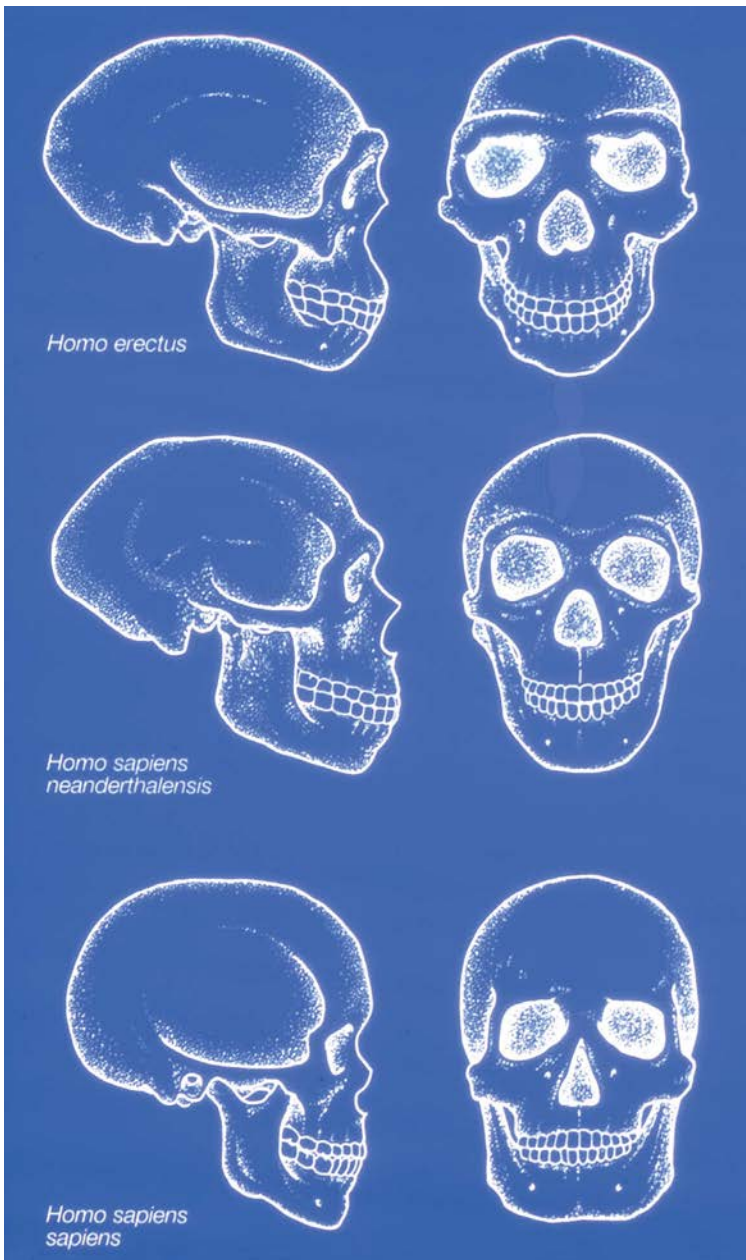


Abb. 1 - 6: Schädel von *H. erectus*, *H. sapiens neanderthalensis* und *H. sapiens sapiens* (von oben nach unten) im Vergleich.

Embryogenese und Fetogenese

Die ersten acht Schwangerschaftswochen sind die Zeit der Embryonalentwicklung (Embryogenese). In dieser relativ kurzen Zeit entwickeln sich die Organe. Das Kind erreicht eine Scheitel-Steißlänge (SSL) von etwa 30 mm. Mit der neunten Schwangerschaftswoche beginnt die Ausreifung der Organe, die Fruchtentwicklung (Fetogenese).

Entwicklung der Extremitäten

In der vierten Schwangerschaftswoche entstehen auf beiden Seiten des Embryos Extremitätenleisten (Wolffsche Leisten), aus denen sich zwei zunächst schaufelförmige Armknospen hervorstülpen. Ein bis zwei Tage später folgen die Beinknospen. Erst innerhalb der weiteren fünf Entwicklungswochen beginnen sich die Extremitätenknospen so weit zu gliedern, dass die Abschnitte der Schultern und Hüften, der Arme und Beine und der Hände und Füße voneinander zu unterscheiden sind. Zuerst sind am vorderen Rand der Handplatten Einkerbungen erkennbar, dann an den Fußplatten. Sie schneiden schnell tiefer ein und trennen fünf Finger- und fünf Zehenstrahlen. Die Wolffschen Extremitätenleisten bilden sich zurück.



Abb. 1 - 7: Modell eines Embryos zu Beginn der 6. Woche, Scheitel-Steiß-Länge 10 mm

Drehung der unteren Extremitäten

Hände und Füße folgen in ihrer Stellung der Längsachse der Arme und Beine, die Füße stehen also in äußerster Spitzfußstellung (Plantarflexion). Die Innenknöchel der Schienbeine stehen gegenüber den Außenknöcheln der Wadenbeine zurück, aber schon in der siebten Woche liegen sie in einer Ebene. Zur gleichen Zeit werden Oberschenkel und Knie angehoben. Durch die Beugstellung in den Hüften schauen die Knie nach oben (kranialwärts). Die Beine kreiseln von schräg hinten außen zur Seite außen, dann weiter nach schräg vorn außen. Sie drehen sich bis zum Ende der achten Woche um etwa 90 Grad. Die Arme drehen sich in die Gegenrichtung um etwa 45 Grad.

Die Zehen liegen nebeneinander; die dritte Zehe ist wie der Mittelfinger der Hand am längsten, bleibt dann aber im Wachstum zurück. Die Füße stehen leicht nach außen gedreht (supiniert) und an den Körper angelegt (adduziert), ihre Sohlen sind einander zugewandt.

Die Kreiselung der Beine setzt sich fort. In der neunten Woche stehen die Arme mit dem Ellbogen nach unten, die Beine mit den Knien nach vorn. Die Beine drehen sich, bis die Großzehen nach innen gerichtet sind. Die Fußsohlen zeigen nach innen unten. Die Köpfe der Mittelfußknochen I und V senken sich, die Querwölbung entsteht. Der Fuß hebt sich im Sinne der Dorsalextension und behält die Außendrehung (Supinationsstellung) bei. Der Vorfuß steht weiterhin im Tarso-Metatarsal-Gelenk (Lisfrancschem Gelenk) adduziert. Die Großzehe kann wie ein Daumen nach innen abstehen.

Das Fußwurzelgelenk

Zur gleichen Zeit, in der sechsten bis achten Woche, beginnt die Stellungsänderung des Sprungbeins zum Fersenbein. Zunächst lagen diese Knochen wie die Handwurzelknochen in einer Ebene nebeneinander, nun beginnt die Überlagerung des Fersenbeins durch das Sprungbein. Von der siebten Woche an hat nur noch das Sprungbein Kontakt zur Knöchelgabel des Unterschenkels, das obere Sprunggelenk (OSG) entsteht.

Gleichzeitig differenzieren sich Muskeln, Gefäße, Nerven und die Elemente des straffen Bindegewebes. Die Fußsohlensehnenplatte (Plantaraponeurose) wird erkennbar, ebenso die Anlage des Sohlenpolsters. Die Leisten und Furchen der Fußsohlenhaut werden zu Beginn der Fetogenese erkennbar, Fußnägeln im fünften Schwangerschafts-