

XVI.

Ueber die Abhängigkeit der Bindegewebsneubildung in der Arterienintima von den mechanischen Bedingungen des Blutumlaufes.

Von Prof. Dr. R. Thoma,
erstem Assistenten am pathologischen Institute in Heidelberg.

Zweite Mittheilung.

Das Verhalten der Arterien in Amputationsstümpfen.

Die Beziehungen, welche zwischen den gewebsbildenden Prozessen in der Arterienintima und den mechanischen Bedingungen der Blutströmung bestehen, konnten in der ersten Mittheilung¹⁾ an einem vollkommen normalen, physiologischen Vorgange geprüft werden. Es wurde gezeigt, dass nach der Geburt in der Intima der menschlichen Aorta eine Bindegewebsneubildung eintritt. Diese verbreitet sich in der ganzen Gefäßbahn, welche die directe Verbindung zwischen dem arteriösen Gange und der Nabelarterie darstellt, während die Intima aller übrigen Abschnitte des Aortensystems unverändert bleibt. Eine sorgfältige Erwägung aller thatsächlichen Befunde führte zu dem Schlusse, dass diese Bindegewebsneubildung die Folge einer Circulationsstörung sei. Wie man bestimmt voraussetzen darf, stellt sich letztere als eine Verlangsamung des Blutstromes in der Aorta dar, welche bedingt ist durch den Verschluss der beim Fötus ausserordentlich mächtigen Nabelarterien. Dieser Obliterationsvorgang ergiebt ein räumliches Missverhältniss in der Weite der absteigenden Aorta, welches für die rein anatomische Betrachtung der Vorgänge als Ursache der Bindegewebswucherung aufgefasst werden kann.

Analoge Bedingungen sind offenbar gegeben, wenn grössere oder kleinere Theile der Extremitäten durch Amputation oder Exarticulation entfernt werden. Die Hauptarterie des Gliedes

¹⁾ Dieses Archiv Bd. 93.

verliert, wie in jenem Falle die Aorta, endgültig einen Theil ihrer peripherischen Verzweigung. Dadurch entsteht ein Missverhältniss zwischen der Lichtung des Arterienstammes einerseits und der Lichtung seiner Verzweigungen andererseits. Es ist somit zu erwarten, dass durch die Prüfung der Resultate solcher Operationen, die für diese Frage die Bedeutung des Experimentes besitzen, die früher gewonnenen Erfahrungen eine Bestätigung und Erweiterung gewinnen werden. Mit diesem Gesichtspunkte habe ich die Untersuchung der Arterien von Amputationsstümpfen begonnen. Ich überzeugte mich jedoch, dass auch bei einfachen Ligaturen der Arterien in der Continuität, in viel kleinerem Maassstabe allerdings, ähnliche Verhältnisse vorliegen. Namentlich die Versuche, welche N. Schultz¹⁾ unter der Leitung von Kocher und Langhans angestellt hat, lassen dies ganz klar erkennen. Deshalb fühlte ich mich verpflichtet, die Versuche zu wiederholen. Ihre Ergebnisse sollen am Schlusse vorliegender Mittheilung gleichfalls kurz besprochen werden.

Die Literatur ist nicht arm an Angaben über das Verhalten der Arterien in Amputationsstümpfen. Viele interessante Thatsachen finden sich bereits bei Langstaff und Probst, welche gleichzeitig die älteren Erfahrungen von Larrey, Cruveilhier und Froriep²⁾ zusammenstellen. Nach diesen aber sind ausser den zahlreichen Arbeiten, welche die localen Folgen der Arterienunterbindung behandeln, noch eine grosse Anzahl von eingehenderen Untersuchungen veröffentlicht worden, welche sich speciell mit den Arterien von Amputationsstümpfen beschäftigen. Ich erwähne in dieser Beziehung die Mittheilungen von Blondeau, Ripoll, Chauvel, Pihet, Verdalle, Nepveu, Verneuil und Segond, sowie die etwas umfassendere Darstellung von Schede³⁾.

¹⁾ N. Schultz, Ueber die Vernarbung von Arterien nach Unterbindungen und Verwundungen. Diss. inaug. Bern 1877. Deutsche Zeitschr. f. Chirurgie. Bd. IX.

²⁾ Langstaff, G., Practical observations on the healthy and morbid condition of stumps. Medico-chirurg. Transact. Vol. 16. 1830. — Probst, De mutationibus, praecipue nervorum et vasorum, quae in trunco dissecto fiunt. Diss. inaug. Halis 1832.

³⁾ Blondeau, Bull. de la soc. anatomique. Paris 1847. XXII. Jahrgang.

Ueberblickt man die Beobachtungen, welche diese Autoren angestellt haben, so ergiebt sich, dass die Arterien in älteren Amputationsstümpfen, welche vorzugsweise Gegenstand der Untersuchung waren, mancherlei auffallende Verschiedenheiten darbieten. Die älteren Beobachter namentlich legen grosses Gewicht auf das häufige Vorkommen ausgedehnter, fester Blutgerinnungen im Innern des Arterienendstückes. Sie erwähnen solche Thromben nicht nur in der ersten Zeit nach der Operation, sondern auch dann, wenn viele Jahre zwischen letzterer und dem Tode des Operirten verflossen sind. Man erkennt jedoch alsbald, namentlich wenn man auch die Ergebnisse meiner Beobachtungen vergleicht, dass mancher Befund, der als derber Thrombus beschrieben ist, zurückgeführt werden muss auf festes Bindegewebe, welches das Lumen der Arterie auf weite Strecken hin verlegt. Indessen erscheint auch nach der Ausscheidung solcher Fälle die Thrombose als ein keineswegs seltenes Ereigniss, und eine meiner Beobachtungen bestätigt die Möglichkeit, dass die Producte der Gerinnung sehr lange Zeit sich erhalten können. Der Thrombus war in diesem Falle umgewandelt in eine durchsichtige, von feinen Spalten durchsetzte Masse, welche vollkommen übereinstimmt mit dem kanalisierten Fibrin von Langhans und N. Schultz, sowie mit der hyalinen Substanz von v. Recklinghausen und P. Meyer¹). Die Bedeutung der Thrombose

S. 316. — Ripoll, Ebendas. 1849. XXIV. Jahrg. S. 360. — Chauvel, Recherches sur l'anatomie pathologique des moignons d'amputés. Archives générales de Médecine publ. Lasègue et Duplay. Paris 1869. — Pihet, Thèse de doctorat. Paris 1872. — Verdalle, Anatomie pathologique des moignons. Thèse. Paris 1872. — Nepveu, Amputation de Lisfranc, atrophie consecutive du membre opéré. Bull. de la société anat. de Paris. 1873. XLVIII. Jahrgang. S. 302. — Verneuil, Mémoires de chirurgie. Paris 1880. T. II. — Segond, Etude sur les Modifications du Calibre des Vaisseaux dans les Membres amputés. Revue de chirurgie (Ollier et Verneuil). 2. Jahrg. 1882. — Schéde, Allgemeines über Amputationen, Exarticulationen und künstliche Glieder. Pitha und Billroth, Handbuch der allgem. u. spec. Chirurgie. Bd. II. Abth. II.

¹) Langhans, Untersuchungen über die menschliche Placenta. Archiv f. Anatomie und Physiologie. Anat. Abtheilung. 1877. — N. Schultz, l. c. — v. Recklinghausen, Tageblatt der 52. Vers. d. Naturforscher u. Aerzte. Baden-Baden 1879, sowie: Handbuch der allg. Pathologie

für den dauernden Verschluss der Lichtung unterbundener Arterien ist jedoch durch die neueren, hierauf bezüglichen Arbeiten etwas in den Hintergrund gerückt worden. Man kann sich der Ueberzeugung nicht verschliessen, dass der Thrombus, in unterbundenen Gefässen wenigstens, eine mehr zufällige Complication darstellt, welche auf besondere, dem regelmässigen Ablauf der Erscheinungen nicht nothwendig zugehörige Einflüsse zurückzuführen ist.

Sieht man daher ab von denjenigen Fällen, in welchen ausgedehntere Thrombusmassen in der Hauptarterie des Amputationsstumpfes aufgeföhrt werden, so vereinfacht sich die Darstellung der übrig bleibenden Beobachtungen in nicht unerheblicher Weise. Als häufigstes Vorkommniss erscheint alsdann der Fall, dass der Arterienstamm des verkürzten Gliedes von seinem Ursprunge an allmählich sich verjüngt, um schliesslich in einen längeren oder kürzeren soliden Strang überzugehen, der bis zur Amputationsnarbe reicht. Etwas weniger häufig wird dagegen erwähnt, dass die Arterie in ihrer ganzen Länge durchgängig bleibt. Sie erscheint dabei entweder enger als die entsprechende Arterie auf der gesunden Seite, oder ihr Caliber ist nicht auffällig verändert. Chauvel fand dieses letztnannte Verhältniss 4mal unter 32 Beobachtungen. Das Arterienlumen war, wie er sich ausdrückte, „intact“. Die Arterie endigte an der Operationsstelle als Blindsack, aus dem ein Büschel kleinerer Arterienzweige entsprang, welche in das Narbengewebe einstrahlten. Ferner erwähnt Segond einen Fall, in welchem die in ihrer Wandstärke erheblich verdickte Arteria subclavia bei Schultergelenkexarticulation einen grösseren Durchmesser hatte als das gleiche Gefäss der gegenüberliegenden gesunden Extremität.

Diese fünf Beobachtungen, und möglicherweise einige andere, denen eine relativ geringere Bedeutung zukommt, stimmen darin überein, dass der Arterienstamm des Amputationsstumpfes nicht verengt war. Ihnen gegenüber steht aber eine Reihe von

des Kreislaufes und der Ernährung. Stuttgart 1883. — P. Meyer, Ueber Periarteritis nodosa oder multiple Aneurysmen der mittleren und kleineren Arterien. Dieses Archiv Bd. 74. 1878. und: De la formation et du rôle de l'hyaline dans les anévrismes et dans les vaisseaux. Archives de physiologie normale et path. II, Serie. Bd. 7, 1880;

mindestens 39 sorgfältigen Beobachtungen von Ripoll, Nepveu, Chauvel, Verneuil, Segond, Schéde und mir, welche sämmtlich eine mehr oder weniger ausgedehnte Verengerung der Hauptarterie des Amputationsstumpfes nachwiesen. Und die Zahl dieser Befunde liesse sich durch Berücksichtigung der weniger ausführlichen Mittheilungen noch erheblich vermehren. Die bei Weitem überwiegende Mehrzahl der Beobachtungen drängt zu dem Schlusse, dass die Verkleinerung des Hauptarterienstammes als der regelmässige Erfolg der Amputation aufzufassen sei. Jene fünf Fälle, welche sich dieser Regel nicht fügen, wird man mit Recht als Ausnahmen betrachten dürfen, welche von besonderen Umständen bedingt werden. Eine Analyse dieser Besonderheiten ist aber undurchführbar, weil alle genaueren Anhaltspunkte in den zum Theil summarischen Darstellungen der Autoren fehlen.

Die hier zusammengestellten Angaben über die Caliberverhältnisse der Arterien in Amputationsstümpfen beruhen ihrer grossen Mehrzahl nach auf ungefähren Schätzungen. Diese sind, wie man bei der Wiederholung solcher Schätzungen sofort gewahr wird, von sehr geringer Zuverlässigkeit. Auch für ein gutes und ausgebildetes Augenmaass erscheint eine in ihrer Wand nur unmerklich verdickte Arterie weiter als eine gesunde Arterie gleichen Calibers. Das erkrankte Gefäss collabirt nach dem Tode weniger vollkommen und fällt in Folge dessen mehr in das Auge. Noch grösser sind natürlich die Fehlerquellen, wenn bei der Abschätzung des Arterienlumen versäumt wird, den correspondirenden Arterienabschnitt der zugehörigen gesunden Extremität zu vergleichen; und diese viel ungenauere Form der Untersuchung scheint in der That zuweilen geübt worden zu sein. Nur Verneuil und Segond haben neuerdings eine Reihe sorgfältiger Messungen, welche an injicirten Arterien angestellt wurden, veröffentlicht. Diese ergeben, mit der einen soeben erwähnten Ausnahme, dass sowohl die Arterienstämme als die Venenstämme älterer Amputationsstümpfe, zuweilen selbst bis zu ihrem Ursprunge aus der Aorta und Vena cava, enger sind als die entsprechenden Gefässer der gesunden Seite. Die Verengerung soll sich nach Segond ausserdem auch auf alle Zweige der Hauptarterie des Amputationsstumpfes erstrecken. Diese Angabe jedoch muss nach seinen eigenen Messungen dahin be-

schränkt werden, dass nur jene Seitenzweige verengt sind, deren Stromgebiet durch die Operation eine Einbusse erlitten hat. In dieser Fassung stimmen die Resultate meiner Untersuchungen vollständig mit denjenigen dieses Autors überein. Segond hat einige Versuche an Thieren gemacht, welche dieses Verhalten erklären sollen. Allein es scheint mir, dass auch er diesen keine weitere Beweiskraft zuschreibt. Nur das eine, worauf Verneuil und Segond aufmerksam machen, dürfte als wahrscheinlich erachtet werden, dass nehmlich die Veränderungen der Arterienstämme in gewisser Beziehung stehen zu der oft nicht unbeträchtlichen Atrophie, welche an den Geweben des Amputationsstumpfes beobachtet zu werden pflegt. Eine Erörterung des Charakters dieser Beziehung möchte ich jedoch vorläufig vermeiden, da mir eine exakte Beweisführung in dem einen oder dem anderen Sinne noch nicht durchführbar erscheint. Man könnte, im Widerspruche zu Segond, auch annehmen, dass die Atrophie der in Rede stehenden Gewebsmassen vielleicht in ähnlicher Weise auf die Arterienzweige rückwirke, wie die mechanische Verkleinerung des Gliedes, welche durch den Act der Amputation herbeigeführt wird.

Die weitere Verfolgung der hier erörterten Fragen erfordert zunächst eine genauere Untersuchung der Wandstructur der Gefäße von Amputationsstümpfen. In dieser Hinsicht sind die vorhandenen Angaben als sehr dürftige zu bezeichnen, wenn man von denjenigen absieht, welche das Verhalten der Gefäße an der Unterbindungsstelle selbst behandeln. Die Angaben beschränken sich auf die Thatsache, dass in einem Theile der Fälle die Wand des Hauptstammes auf der amputirten Seite verdickt ist, in anderen Fällen dagegen keine auffälligen Abweichungen darbietet oder selbst relativ zart erscheint. Offenbar genügen diese Erfahrungen nicht, um die bemerkenswerthen Verschiedenheiten zu erklären, welche, wie in Obigem nachgewiesen wurde, an den Arterien der Amputationsstümpfe beobachtet werden.

Meine Untersuchungen erstrecken sich auf 8 Amputationsstümpfe älteren Datums. In fünf Fällen war es mir möglich, die Untersuchung auszudehnen auf sämmtliche Hauptarterienstämme der Amputirten, wodurch die Beurtheilung der durch die Operation bedingten Veränderungen erheblich erleichtert und

verschärft wurde. Bezuglich der technischen Methoden darf ich auf die erste Mittheilung verweisen. Wie damals wurden lange Reihen von Stufenschnitten angefertigt durch die in Celloidin eingebetteten, uneröffneten Gefässse, jedoch mit dem Unterschiede, dass nur an einzelnen Stellen und zu bestimmten Zwecken die Stufenhöhe der Schnittserien auf 1 mm beschränkt wurde. In der Regel genügten Schnittreihen von 5—10—20 mm Stufe für die Gefässse des Amputationsstumpfes und für diejenigen der entsprechenden gesunden Extremität. Für die übrigen Arterienstämme aber schien es ausreichend, wenn einzelne auf Grund der früheren Erfahrungen ausgewählte Abschnitte einer genaueren Prüfung unterzogen wurden. Dabei gelang es auch die in der ersten Mittheilung erörterten Thatsachen einer erneuten Controle zu unterziehen, und zugleich einiges vorläufiges Material zu gewinnen, für eine spätere Bearbeitung der senilen Veränderungen des Arterienbaumes.

In den fünf Fällen, in welchen eine Vergleichung mit der correspondirenden gesunden Extremität des Amputirten möglich war, habe ich ausführlichere Messungen angestellt. Dieselben bezweckten nicht nur die Durchmesser der Arterienlumina auf der gesunden und kranken Seite in verschiedenen Abständen von der Aorta festzustellen, sondern zugleich auch die Wandstärke der Gefässse und den Anteil der Intima und Media an dieser zu prüfen. Ich verfuhr dabei in der Weise, dass ich zunächst an der gesunden Extremität des Amputirten eine Stelle aufsuchte, welche genau symmetrisch lag zu der Operationsstelle. Eine Horizontalebene, welche man sich durch diese beiden Punkte gelegt denken kann, werde ich der Kürze halber als Amputationsebene bezeichnen. Dieselbe wird dadurch bestimmt, dass sie erstens durch den Punkt geht, in welchem bei der Operation die Hauptarterie des amputirten Gliedes durchschnitten wurde, und zweitens dadurch, dass sie die Arterien der amputirten und der entsprechenden, gesunden Extremität in gleichem Abstande von dem Centralorgane des Kreislaufes schneidet. Für jede Messung des Durchmessers und der Wandstärke der Arterie wurde alsdann an dem vollständig gehärteten Präparate die Entfernung von der Amputationsebene bestimmt. Die resultirenden Zahlen aber konnten controlirt werden durch eine

Anzahl directer Messungen des Abstandes verschiedener Schnittstellen von der Aorta.

Die Messungen des Durchmessers und der Wandstärke erfolgten an Schnittpräparaten, welche in Celloidin eingebettet, gefärbt und in Canadabalsam aufbewahrt waren. Durch diese Vorbereitungen verengern sich die Arterien insgesammt nicht unerheblich. Allein da es sich in diesem Falle zunächst um relative Werthe handelte, schien die Methode doch zulässig zu sein, weil die Bedingungen für alle Theile wesentlich gleich waren, und weil die Methode ausserdem ein genaues Studium der histologischen Structurverhältnisse gestattete. Diese Untersuchung der Wandstructur der Arterien von Amputationsstümpfen ist aber von ganz besonderer Wichtigkeit für die Lösung der vorliegenden Aufgabe.

Die Durchmesserbestimmungen würden bei der angewendeten Vorbereitung des Materials mit sehr geringer Mühe ausführbar gewesen sein, wenn die zu messenden Gefässquerschnitte vollkommene Kreise dargestellt hätten. Dies ist natürlich nicht zu erreichen. Wenn aber die durch die Manipulationen der Einbettung bedingte Abweichung der Gefässquerschnitte von der Kreisform nur gering ist, so wird man den gesuchten, die Kreisform voraussetzenden Durchmesser practisch immer noch mit genügender Genauigkeit finden, wenn man zwei auf einander senkrecht stehende Durchmesser der im Sinne einer Ellipse leicht verzerrten Kreisfigur misst, und zwar den grössten und den kleinsten Durchmesser. Das arithmetische Mittel dieser ist die gesuchte Grösse. Bei einem solchen Verfahren ist darauf zu achten, dass die Schnittrichtung der Präparate genau senkrecht auf der Axe des Gefässrohres steht. Dieser Forderung kann gleichfalls nicht vollkommen Genüge geleistet werden; allein die kleinen Fehler, welche durch geringe Unvollkommenheiten in der Schnittrichtung gegeben sind, compensiren einigermaassen diejenigen, welche in der Ungenauigkeit der Messung liegen, da beide Fehler nothwendiger Weise im entgegengesetzten Sinne wirken. Sie sind überhaupt nicht sehr beträchtlich und betragen gewöhnlich nur zwei bis drei Procente. Dies ergiebt sich auch aus einer Vergleichung der unten verzeichneten Messungsresultate, welche auf sehr kleine Messungsfehler schliessen lassen.

Es schien zweckmässig, nach derselben Methode in jedem Gefässabschnitte den Durchmesser eines zweiten Kreises zu bestimmen, welcher durch die Tunica elastica interna gegeben ist. An vielen Stellen ist diese Membran verdoppelt, indem ausser der glänzenden Elastica, welche schon bei jüngern Individuen kenntlich ist, sich im Laufe der Zeit eine zweite bildet, die immer leicht unterschieden werden kann an der trüben, fein punctirten Beschaffenheit ihres Querschnittes. Ich habe dieselbe in der früheren Mittheilung in der Aorta nachgewiesen; sie findet sich in allen grösseren Arterienstämmen des Menschen, und zwar nach innen von der glänzenden elastischen Membran. Für die Zwecke vorliegender Untersuchungen hat sie jedoch geringere Bedeutung, weil sie ganz im Gebiete der Intima liegt, während die nach aussen von ihr befindliche, glänzende elastische Membran zugleich die innere Grenze der Muskelschichten der Media abgibt. Die aussere, glänzende elastische Membran der Intima werde ich demnach ausschliesslich als Elastica interna bezeichnen, weil sie es ist, die gleichmässig in fast allen Abschnitten des Arteriensystems vorkommt und immer direct der Muscularis aufliegt. Dem entsprechend beziehen sich die Messungen des Durchmessers der Elastica immer auf den Kreis, welchen diese glänzende Membran bildet. Sie haben den Zweck, etwas übersichtlicher eine Beurtheilung der Dicke der Intima zu ermöglichen. Directe Messungen der Dicke der Intima sind nehmlich leicht Willkürlichkeiten ausgesetzt, da diese Grösse sehr erheblich variiert. Um indessen auch diese Variationen kennen zu lernen, wurde auf jedem Gefässquerschnitte noch die dickste und die dünnste Stelle der Intima gemessen.

Die Tunica media konnte in einfacherer Weise behandelt werden, indem ich mich darauf beschränkte, gleichfalls ihre dickste und ihre dünnste Stelle auf jedem Querschnitte zu bestimmen. Es genügte dieses Verfahren um die Querschnittsfläche der Media kennen zu lernen, unter der im Allgemeinen zutreffenden Voraussetzung, dass auch der aussere Umfang der letzteren, abgesehen von den kleinen, durch die Härtung herbeigeführten Verzerrungen, einen Kreis bildet. Der Durchmesser dieses Kreises wird mit verhältnissmässig grosser Genauigkeit gefunden, wenn man zu dem Durchmesser des Ringes der

Elastica interna hinzuaddirt die Summe der grössten und der kleinsten Dicke der Media. Dieser Weg der Messung schien den Vortheil zu bieten, dass das Resultat relativ wenig beeinflusst wird von den kleinen, unvermeidlichen Abweichungen des äusseren Umfanges der Media von der reinen Kreisform. Die Querschnittsfläche der Media findet sich alsdann in einfachster Weise als die Differenz des Flächeninhaltes der Kreise, welche ihr äusserer und ihr innerer Umfang bildet; und diese Rechnung ist selbstverständlich auch richtig, wenn beide Kreise nicht concentrisch liegen.

Beobachtung I. Amputation des linken Oberarmes in der Mitte. Anatomische Untersuchung des Stumpfes 2 Jahre 2 Monate nach der Operation.

Diese Beobachtung bezieht sich auf eine 34 Jahre alte Frau, welche an chronischer ulceröser Pneumonie starb. Genauere Nachrichten über die Operation und den Heilungsverlauf der Amputationswunde waren nicht zu gewinnen. Das Ende des Stumpfes ist vollkommen verheilt und durch eine wenig voluminöse, aber derbe und feste Narbe gedeckt.

Bezüglich des Gefässsystems im Allgemeinen ist zu bemerken, dass keine erheblichen Abweichungen von dem normalen Verhalten vorliegen. Das Herz ist klein, seine Musculatur bei engen Höhlen von geringer Mächtigkeit, bräunlich gefärbt, und etwas trübe. Die Wandungen der grossen Gefässtämme, mit Ausschluss derjenigen des Amputationsstumpfes, erscheinen für die makroskopische und für die mikroskopische Untersuchung normal.

Die Messung der Arterien beider Oberextremitäten ergab folgende Resultate:

T a b e l l e I.

Ab- stand von der Amputa- tions- ebene in mm.	Linke, amputirte Oberextremität. Messung in mm.				Rechte, gesunde Oberextremität. Messung in mm.			
	Durchmesser des Ringes der Lu- men. Elastica interna.	Dicke der Intima.	Dicke der Media.	Durchmesser des Ringes der Lu- men. Elastica interna.	Dicke der Intima.	Dicke der Media.		
Arteria axillaris. Arteria brachialis.	5	0,26	0,8	0,10—0,34	0,19—0,31	1,4	1,4	0,01—0,02
	35	1,4	1,4	0,01—0,02	0,23—0,32	2,3	2,3	0,01—0,06
	45	1,7	1,7	0,01—0,02	0,25—0,40	3,2	3,2	0,04—0,11
	73	2,1	2,1	0,02—0,06	0,23—0,32	3,3	3,3	0,02—0,09
	83	3,0	3,1	0,06—0,15	0,35—0,38	4,2	4,3	0,05—0,11
	101	3,3	3,4	0,06—0,14	0,34—0,39	4,0	4,1	0,05—0,10
	111	3,6	3,9	0,10—0,25	0,31—0,46	4,3	4,5	0,05—0,14
	131	3,7	3,9	0,05—0,16	0,32—0,40	4,0	4,1	0,05—0,15
								0,26—0,33
								0,25—0,32

NB. Durch die Freipräparirung sowie durch die Schrumpfung und Erhärtung in Müllerscher Flüssigkeit und Alkohol sind die Arterienstämme in der Längsrichtung im Verhältnisse von 30 : 23 verkürzt worden.

Das bei der Operation durchschnittene Ende der Arteria brachialis sind in unregelmässiger Weise zusammengefaltet und durch eine neugebildete Bindegewebsmasse verschlossen. Diese geht an der Ligaturstelle der Arterie über in das derbe Narbengewebe der Umgebung, dessen Retraction vermutlich auch die Faltung der Gefässwand herbeigeführt hat. In der Richtung nach aufwärts gewinnt dagegen das im Gefässlumen enthaltene, von einigen Capillarbahnen durchzogene Bindegewebe einen grösseren Reichthum an Zellen, während seine Intercellularsubstanz vollkommen durchsichtig wird. Seiner Structur nach stimmt es vollkommen überein mit den neugebildeten Bindegewebsschichten, welche in der Intima der absteigenden Aorta einige Monate nach der Geburt gefunden werden.

Die stärkere Faltung der Tunica media, welche sich im Gebiete der Operationsnarbe und in ihrer unmittelbaren Nähe geltend macht, ist an einzelnen Stellen verknüpft mit einer Umwandlung in eine vollkommen hyaline oder leicht getrübte Substanz, in welcher Kernbildung und sonstige Structuren nicht mehr zu erkennen sind. Weiter aufwärts ist von einer solchen hyalinen Degeneration der glatten Muskelfasern nichts nachweisbar. Dagegen erscheint die Media bis in eine Entfernung von 5 mm, von der Amputationsebene an gerechnet, deutlich vascularisiert und zugleich von einer Anzahl lymphoider Zellen durchsetzt. Endlich bemerkt man an den meisten Stellen eine leichte Verwerfung der Faserzüge der Muscularis, die einigermaassen erinnert an die Verwerfung, welche die Faserung der Umbilicalarterie nach der Geburt zeigt. Die Verwerfungen sind jedoch hier bei Weitem weniger ausgesprochen, so dass man nur mit einiger Reserve auf eine musculäre Contraction der Media schliessen kann. Die letzten Spuren der Verwerfung finden sich etwa 73 mm oberhalb der Amputationsstelle. Von da an sind weiter aufwärts keine Structurveränderungen in der Media mehr erkennbar.

In einer Entfernung von 5 mm von der Amputationsebene entwickelt sich zuerst wieder ein kleines Lumen in der verstümmelten Arterie, an einer Stelle, wo der letzte Seitenzweig aus dem Hauptstamm entspringt. Das Lumen ist mit Endothel ausgekleidet, aber zunächst sehr enge. Zwischen ihm und der Elastica interna liegt eine breite Zone jenes soeben beschriebenen zellreichen, hyalinen Bindegewebes eingeschaltet, welches zugleich die innere, durch die matte, feinpunctirte Beschaffenheit ihres Quergeschnittes ausgezeichnete elastische Lamelle etwas von der Elastica interna abdrängt. Weiter aufwärts nimmt die endarteritische Bindegewebswucherung rasch an Dicke ab, so dass sie bereits 35 mm oberhalb der Amputationsebene verschwindend dünn ist. Indessen findet man Spuren derselben im ganzen Bereich der Brachialis und Axillaris der amputirten Seite, während solche in der Arterie der gesunden, rechten Oberextremität vollständig fehlen. Nichtsdestoweniger zeigt die Intima des oberen Endes der Brachialis, sowie diejenige der Axillaris und Subclavia beiderseits eine bemerkbare Dickenzunahme. Diese ist jedoch ein normales Vorkommnis. Sie erscheint als die Folge des Auftretens elastisch-musculöser Innenschichten, welche zwischen

Endothel und Elastica interna gelegen sind und vollkommen mit den ana logen Bildungen der Carotiden übereinstimmen.

Die Messungstabelle ergiebt eine beträchtliche Verkleinerung des Lumen der Hauptarterie auf der amputirten Seite. In der unmittelbaren Nachbarschaft der Operationsstelle ist diese Verkleinerung, wie soeben besprochen wurde, vorzugsweise durch die endarteriischen Wucherungen bedingt. Weiter aufwärts aber haben letztere in diesem Sinne keine greifbare Bedeutung, vielmehr erscheint hier die überall constatirbare Verengerung des Ringes der Muscularis allein maassgebend. Zugleich ist die Muscularis etwas verdünnt. Diese Verdünnung macht sich bei den Dickenmessungen fast an allen Stellen deutlich bemerkbar. Man hat aber zu berücksichtigen, dass die Media auch bei annähernd gleicher Dicke auf der amputirten Seite erheblich geringer an Masse ist, da hier die Durchmesser der Arterie soviel kleiner sind. Dies erheilt in einfacher Weise aus der Vergleichung des quadratischen Inhaltes der Querschnittsfläche der Media in der gesunden und der erkrankten Arterie, weil diese Querschnittsflächen proportional sind dem Volumen entsprechender Ringe der Media von unter sich gleicher Höhe. In folgender Tabelle finden sich diese Querschnittsflächen der leichteren Uebersicht halber in Verhältniszahlen zusammengestellt.

Abstand von der Amputations- ebene in mm.	Die Querschnittsfläche der Muscularis der Hauptarterie der gesunden Extre- mität verhält sich zu derjenigen der amputirten Extremität, wie
35	1 : 0,27
45	1 : 0,62
73	1 : 0,54
83	1 : 0,72
101	1 : 0,84
111	1 : 0,80
131	1 : 0,96

Man erkennt aus diesen Zahlen sofort, dass die Verengerung des Lumen der Hauptarterie des Amputationsstumpfes verknüpft ist mit einer concentrischen Atrophie der Media. Beide Veränderungen, die Verengerung des Lumen wie die concentrische Atrophie der Muscularis sind am stärksten ausgeprägt in der Nähe der Amputationsstelle. Weiter centralwärts verlieren sich beide Erscheinungen nur allmählich, um etwa am oberen Ende der Axillaris zu verschwinden.

An den übrigen Arterienzweigen des Amputationsstumpfes, namentlich an allen Seitenzweigen des Hauptstammes, lassen sich keine anatomischen Veränderungen nachweisen. Nur einzelne feine Arterien, welche in die Amputationsnarbe einstrahlen, zeigen Spuren von zellreichen Bindegewebsslagen in ihrer Intima.

Beobachtung II. Amputation des rechten Oberarms unterhalb der Mitte. Anatomische Untersuchung des Stumpfes 2 Jahre 7 Monate nach der Operation.

Mann von 30 Jahren. Derselbe litt an multipler Caries verschiedener Knochen und Gelenke, welche successive zur Amputation des rechten Oberarmes und des rechten Oberschenkels führten.

Aus der mir von Herrn Geh.-Rath Czerny gütigst zur Verfügung gestellten Krankengeschichte entnehme ich folgende Einzelheiten. Der Oberarmamputation war eine Resection des rechten Ellenbogengelenkes, wegen Caries, vorausgeschickt worden. Da die Heilung sich verzögerte und sich kleine Senkungsabscesse und Fisteln in der Umgebung der Operationswunde bildeten, wurde der rechte Oberarm unterhalb seiner Mitte amputirt. Es erfolgte vollständige Heilung per primam intentionem ohne Zwischenfälle und ohne Temperatursteigerung im Verlaufe von 10 Tagen. Nach 2 Jahren und 2 Monaten stellten sich von Neuem unbestimmte Schmerzempfindungen im Amputationsstumpfe ein. Trotz continuirlicher Beobachtung konnte jedoch erst einige Wochen vor dem Tode eine Schwellung und Fluctuation in der Gegend des rechten Schultergelenkes nachgewiesen werden.

Der Tod erfolgte 2 Jahre 7 Monate nach der Oberarmamputation. Die Section ergab ausser den bereits erwähnten Veränderungen: Chronische käsig-e und ulceröse Pneumonie, tuberculöse Darmgeschwüre, Tuberculose des linken Hodens, Conglomerattuberkel des Gehirns und tuberculöse Basilarmeningitis.

Die Amputationswunde am rechten Oberarm ist vollständig vernarbt. In die Narbe eingebettet liegen die angeschwollenen Enden der Nervenstämme (Amputationsneurome), sowie das erheblich verjüngte Ende der Arteria brachialis. In der Umgebung des rechten Schultergelenkes findet sich ein grösserer, mit dickem, verkästem Eiter gefüllter Senkungsabscess, von welchem aus man nach oben in das mit der gleichen Masse gefüllte Schultergelenk gelangt. Die Gelenkknorpel sind vielfach usurirt und zum Theil von ihrer Unterlage abgehoben. Durch ihre Defekte gelangt man in eine grosse Höhle, welche im Humeruskopf ihren Sitz hat. In dieser liegen eingebettet in käsig eingedicktem Eiter zahlreiche kleine, nekrotische Stücke der Spongiosa. Das die Höhle umgebende Knochenmark der Spongiosa ist vielfach käsig umgewandelt, im Uebrigen aber weich, von gelblicher Farbe und fett-haltig.

Das Herz ist annähernd unverändert. An der Innenfläche der Aorta adscendens findet sich mikroskopisch eine schmale Bindegewebslage unter dem Endothel. Auch die übrigen Abschnitte des Arteriensystems, mit Einschluss der Arterien der beiden Amputationsstümpfe, zeigen deutliche Spuren einer fibrösen Endarteritis. Diese hat an vielen Stellen zu circumscripten, etwas mächtigeren Anhäufungen eines zellarmen, hyalinen oder deutlich faserigen Bindegewebes Veranlassung gegeben. Es unterscheiden sich dieselben jedoch in diesem Falle ohne Schwierigkeit von den zellreichen Producten der Amputationsendarteritis, welche in den Hauptarterien der Amputationsstümpfe gefunden wird.

Die folgende Tabelle enthält die wesentlichsten Anhaltspunkte zur Beurtheilung der topographischen Verhältnisse.

T a b e l l e II.

Ab- stand von der Amputa- tions- ebene in mm.	Rechte, amputirte Oberextremität. Messungen in mm.				Linke, gesunde Oberextremität. Messungen in mm.			
	Durchmesser des Lumen. des Ringes der Elastica interna.	Dicke der Intima.	Dicke der Media.	Durchmesser des Lumen. des Ringes der Elastica interna.	Dicke der Intima.	Dicke der Media.		
Arteria brachialis	13	0,11	1,4	0,29—1,2	0,27—0,63	—	—	—
	15	0,7	1,6	0,19—0,64	0,32—0,36	2,6	2,6	0,01—0,03 0,36—0,52
	38	1,1	1,8	0,27—0,58	0,19—0,31	2,7	2,7	0,01—0,03 0,34—0,49
	60	1,9	2,2	0,09—0,23	0,31—0,34	2,7	2,7	0,01—0,03 0,34—0,43
	100	2,9	4,0	0,40—0,79	0,39—0,48	4,0	4,1	0,03—0,22 0,41—0,47
Art. axill.	Abzweigung der Arteria thoracica longa und subscapularis.							
	175	4,1	4,7	0,10—0,92	0,29—0,46	4,6	4,7	0,03—0,14 0,25—0,43

Die Lospräparirung und Erhärtung bedingte eine Verkürzung und Schrumpfung der Arterien, welche die Länge derselben im Verhältnisse von 3:2 verkleinerte.

Die Resultate dieser Beobachtung stimmen in vielen Punkten mit denjenigen der ersten überein. Das in die Narbe eingebettete Endstück der Arterie ist in gleicher Weise durch Bindegewebe verschlossen. Die Media zeigt an dieser Stelle neben einer deutlichen Einfaltung auch die Erscheinungen der hyalinen Degeneration ihrer glatten Muskelfasern. Weiter oberhalb ist sie von einzelnen Capillarbahnen durchzogen bis in eine Entfernung von 38 mm von der Amputationsebene. Die gleichzeitig vorhandenen, übrigens sehr sparsam vertheilten Gruppen lymphoider Zellen reichen in der Media etwas weiter nach oben bis 60 mm von der Amputationsebene. Endlich kann man auch in diesem Falle leichte Verwerfungen der Faserung der Muscularis erkennen, welche 78 mm oberhalb der Amputationsebene verschwinden.

In etwas grösserer Ausdehnung als in der ersten Beobachtung ist das Ende der Hauptarterie des amputirten Oberarmes vollkommen durch Bindegewebe verschlossen. Erst 13 mm oberhalb der Amputationsstelle beginnt ein zunächst sehr feines Lumen an einem Punkte, an welchem der letzte kleine Seitenzweig aus dem Hauptstamme entspringt. Das Lumen des letzteren erweitert sich indessen weiterhin ziemlich rasch. Es wird bis zur Ursprungsstelle der Subclavia von einer relativ breiten Zone neugebildeten Bindegewebes umsäumt. Dieses hat in seinen peripherischen Schichten zuweilen die gleiche Beschaffenheit wie das Bindegewebe, welches in vorliegendem Falle in der Intima aller grösseren Arterienbahnen getroffen wird, und als Folge einer diffusen, fibrösen Endarteriitis zu deuten ist. In der Hauptarterie des Amputationsstumpfes liegt jedoch nach innen von dieser, der allgemeinen Endarteriitis zuzurechnenden Bindegewebsslage eine zweite von viel grösserer Mächtigkeit, welche sich durch ihre histologischen Eigenthümlichkeiten leicht trennen lässt. Sie wird gebildet von einer vollkommen

hyalinen Intercellulärsubstanz, in der eine grosse Zahl flacher, sternförmiger Zellen mit langen feinen Ausläufern eingebettet liegt. Die Anordnung der Zellen ist eine solche, dass in der Regel ihre breiten Flächen parallel der Innenfläche des Gefäßes orientirt sind, was einer ringförmigen Schichtung des Gewebes entspricht. Ausserdem bemerkt man an einigen Stellen der Arteria axillaris der amputirten Seite eine Erscheinung, welche zuerst von Köster¹⁾ bei der gewöhnlichen Form der diffusen Endarteritis beschrieben wurde, eine Vascularisation des neugebildeten Bindegewebes der Intima sowohl, als der angrenzenden Theile der Media. Namentlich die zellreichen endarteritischen Bindegewebsslagen der Intima zeigen sich an vielen Präparaten durchzogen von zahlreichen, relativ weiten Capillarbahnern, während sie in der Regel keine ernährenden Blutgefässer aufweisen.

Sehr bestimmt ist in diesem Falle die concentrische Atrophie der Muscularis der amputirten Arterie ausgeprägt. Doch erreicht diese concentrische Atrophie nicht vollständig das obere Ende der Arteria brachialis; vielmehr beschränkt sie sich auf ein Gebiet, welches an der Operationsstelle beginnt und etwa 75 mm weit nach aufwärts reicht. In dieser Ausdehnung trägt sie ihren Theil bei zur Verkleinerung des Lumen im Hauptarterienstamm der amputirten Seite. Dieses Lumen erweist sich jedoch, wenn auch in geringerem Grade verengt bis an das centrale Ende der Axillaris, und zwar im Gebiete des letzgenannten Arterienabschnittes ausschliesslich durch die neugebildeten Bindegewebsschichten der Intima. Der erheblichen Mächtigkeit der letzteren entsprechend sind auch die Wandungen der amputirten Arterie überall beträchtlich stärker als diejenigen der Arterie der gesunden Oberextremität. Der Unterschied macht sich bereits für das unbewaffnete Auge sehr deutlich geltend.

Das Verhalten der Media der Hauptarterie des Amputationsstumpfes ist in diesem Falle in verschiedenen Bezirken ein sehr ungleicher, indem die concentrische Atrophie in relativ grosser Ausdehnung vollkommen ausblieb. Trotzdem erfährt das Kaliber der Arterie von ihrer Wurzel an nach ihrem blinden Ende eine ziemlich gleichmässige Abnahme, welche augenscheinlich proportional ist der Zahl und Weite der abgehenden Aeste. Die wechselnde Mächtigkeit der neugebildeten Bindegewebsslagen der Intima gleicht die Unregelmässigkeit in dem Verhalten der Media vollkommen wieder aus. Es ist dies eine sehr bemerkenswerthe Thatsache, welche auch in allen späteren Beobachtungen wiederkehrt. Sie weist wie viele andere, bereits erwähnte Erscheinungen direct darauf hin, dass die Umbildungsprozesse, welchen die Hauptarterien von Amputationsstümpfen unterliegen, von mechanischen Momenten beeinflusst werden.

Die Seitenzweige der Arteria brachialis, axillaris und subclavia auf der operirten Seite sind sämmtlich frei von endarteritischen Wucherungen, mit Ausnahme einiger kleiner Reiser, welche sich in den Narbenmassen der Operationsstelle verlieren.

¹⁾ Köster, Ueber Endarteritis und Arteriitis. Sitzungsberichte der niederrhein. Gesellsch. f. Nat.- u. Heilkunde in Bonn. 20. Dec. 1875.

Beobachtung III. Amputation des rechten Oberschenkels im unteren Drittel. Anatom. Untersuchung 1 Jahr 10 Mon. nach der Operation.

Es handelt sich hier um dasselbe Individuum, dessen amputirter rechter Oberarm Gegenstand der Beobachtung II war. Einige Zeit nach der Amputation des letzteren trat eine fungöse Gelenkentzündung im Knie auf, welche zuerst zur Resection Veranlassung gab. Der Verlauf war vor und nach dieser Operation nahezu fieberfrei. Allein die Resectionswunde zeigte geringe Neigung zur Heilung. Daher wurde zur Amputation des Oberschenkels geschritten. Dieser Eingriff führte zur Heilung per primam intentionem im Verlaufe von 24 Tagen, und zwar ohne Temperatursteigerung und ohne sonstige Störungen.

Den früheren, kurzen Mittheilungen über den Sectionsbefund, muss hinzugefügt werden, dass die diffuse, fleckige Endarteritis, welche ihre Spuren in dem gesamten Arteriensystem erkennen lässt, an der Hauptarterie der nicht amputirten Unterextremität verhältnissmässig deutlicher nachweisbar ist, als in den übrigen Theilen der Arterienbahn. Auch in den Arterien des Amputationsstumpfes fehlen diese derberen, zellarmen Bindegewebsflecken der diffusen fleckigen Endarteritis nicht; und es gelingt ohne erhebliche Schwierigkeiten sie von den zellreichen Producten der durch die Amputation bedingten Endarteritis zu unterscheiden. Die bei einer solchen Unterscheidung maassgebenden Merkmale sind schon bei Gelegenheit von Beobacht. II besprochen worden. Sie sind selbstredend nur dann beweisend, wenn eine directe Vergleichung möglich ist zwischen den Arterien des Amputationsstumpfes und denjenigen der entsprechenden, nicht amputirten Extremität der anderen Körperhälfte.

Die Messungen der folgenden Tabelle sind nach den gleichen Gesichtspunkten und Methoden vorgenommen, wie die früheren.

T a b e l l e III.

Ab- stand von der Amputa- tions- ebene in mm.	Rechte, amputirte Unterextremität. Messungen in mm.				Linke, gesunde Unterextremität. Messungen in mm.			
	Durchmesser des Ringes der Lu- men. Elastica interna.	Dicke der Intima.	Dicke der Media.	Durchmesser des Ringes der Lu- men. Elastica interna.	Dicke der Intima.	Dicke der Media.		
Femoralis superficialis	56	0	2,2	obturiert	0,29—0,47	3,0	3,0	0,01—0,03 0,38—0,63
	76	1,9	3,2	0,38—0,81	0,25—0,35	2,8	2,8	0,02—0,08 0,45—0,65
	91	1,9	2,7	0,24—0,56	0,36—0,47	2,9	2,9	0,03—0,08 0,42—0,65
	160	2,0	3,4	0,42—1,02	0,19—0,62	3,3	3,3	0,03—0,06 0,46—0,64
	170	—	—	—	—	Abzweigung der Femoralis profunda.		
	175	Abzweigung der Femoralis profunda.				—	—	—
Iliaca Femor. ext. commun.	183	4,4	5,1	0,29—0,45	0,46—0,64	—	—	—
	190	—	—	—	—	5,4	5,7	0,03—0,83 ¹⁾ 0,35—0,69
	240	—	—	—	—	4,8	4,9	0,02—0,18 ²⁾ 0,36—0,63
	259	4,4	4,4	0,02—0,05	0,32—0,52	—	—	—

Durch das Freipräpariren und Erhärten verkürzen sich die Arterien im Verhältnisse von 24:17. ¹⁾ und ²⁾ Verdickung der Intima durch diffuse, fleckige Endarteritis.

Die Veränderungen an der Operationsstelle sind genau dieselben, wie in den beiden früheren Beobachtungen, so dass in dieser Beziehung einfach auf jene verwiesen werden kann. Das peripherische Ende der amputirten Schenkelarterie ist in einen soliden, etwa 3,5 mm dicken Strang verwandelt, welcher nach der Freipräparirung und Härtung 56 mm lang erscheint. In situ am frischen Präparate mag diese Länge etwa 72 mm betragen haben. Mikroskopisch bemerkt man in dem Strange eine mächtige Bindegewebswucherung, welche das ursprüngliche Lumen der Arterie vollkommen ausfüllt. Der Durchmesser des wohlhaltenen Ringes der Elastica interna ist verkleinert; diese selbst stärker und unregelmässiger gefaltet, so dass es den Anschein gewinnt, als habe die im früheren Lumen entwickelte Bindegewebsmasse nach Art einer schrumpfenden Narbe die Arterienwand eingezogen. Dabei ist die Muscularis der letzteren erheblich verdünnt und von beträchtlich geringerer Querschnittsfläche, ohne dass diese Atrophie sich durch eine deutliche Structurveränderung kenntlich macht. Doch bemerkt man geringe Verwerfungen der Faserung der Media in einem Bezirke, der von der Amputationsebene 46 mm weit nach aufwärts reicht.

Weiterhin bildet sich in der Hauptarterie ein Lumen von 1,9—2,0 mm lichtem Durchmesser aus. Das peripherische, blinde Ende dieses Lumen umschliesst jedoch ein obturirendes Gerinnsel von 15 mm Länge. Dieses ist offenbar älteren Datums, wenngleich die Zeit seiner Entstehung nicht genau festgestellt werden kann. Das Gerinnsel erscheint als eine nahezu hyaline, sich mit Alauncarmine stark färbende Masse, welche von zahlreichen, unregelmässig geformten, spaltähnlichen Kanälen durchzogen ist. Ein Theil dieser Kanäle ist scheinbar leer; andere enthalten feinkörnige, schwach mit Blutfarbstoff tingirte Massen oder eine grössere oder kleinere Anzahl kernhaltiger, lymphoider Zellen. Dieser Thrombus stimmt, wie man alsbald erkennt, in allen wesentlichen Punkten überein mit dem kanalisierten Fibrin von Langhans und N. Schultz, sowie mit der hyalinen Substanz v. Recklinghausen's und P. Meyer's. Im Bereich des Thrombus entbehrt die Innenfläche der Arterie eines Endothelüberzuges. Vielmehr legt sich hier eine breite Zone von zellreichem Bindegewebe, welches in der Intima seinen Sitz hat, mit unregelmässig geformten, nicht immer scharfen Rändern um die hyalinen Massen. Bei genauerem Nachsuchen entdeckt man außerdem in etwas geringerer Entfernung von der Operationsstelle, dass kleinste Mengen hyaliner Substanz, die in Beziehung auf ihre Structur vollkommen mit dem Thrombus übereinstimmen, hier und da eingesprengt sind in die derben Bindegewebslagen, welche das frühere Lumen erfüllen. Auch kleinere oder grössere Gruppen von braunen Pigmentmolekülen kommen vor, und zwar fast ausschliesslich in unmittelbarer Nähe der hyalinen Massen, eingebettet in das neugebildete Bindegewebe. Diese Befunde sprechen dafür, dass der Thrombus in früherer Zeit weiter gegen die Operationsstelle hin sich erstreckte. Allein sie sind nicht im Stande den Beweis zu führen, dass der Thrombus bereits in der ersten Zeit nach der Operation sich bildete oder sich zu bilden begann, wenngleich seine Entstehung zweifelsohne sehr alten Datums ist.

In den beiden ersten Beobachtungen konnte nachgewiesen werden, dass nach Vollendung der Umbildungsprozesse, welche auf die Amputation folgen, das Lumen der Hauptarterie des Amputationsstumpfes durch Bindegewebe verschlossen wird bis zu der Abgangsstelle des letzten, von der Operation verschonten Seitenzweiges. Es liegt nahe aus dem Vorhandensein des Thrombus zu schliessen, dass die Umbildungsprozesse der Gefässwand in diesem Falle noch nicht zum vollen Abschlusse gelangt seien. Man wird unter dieser Voraussetzung den letzten Seitenzweig des Hauptstammes möglicherweise auch irgendwo oberhalb des Thrombus vermuten dürfen. Ich habe die Aufsuchung desselben leider versäumt. Dagegen kann ich bestimmt angeben, dass in dem Gebiete des Thrombus bis zu der vollständigen bindegewebigen Verwachsung des Gefässlumen kein Seitenzweig aus dem Hauptstamme der Arterie abgeht.

Das Lumen der Hauptarterie des amputirten Gliedes ist durch zellreiche, bindegewebige Verdickungen der Intima verengt bis in eine Entfernung von 185 mm von der Operationsstelle, gemessen am erhärteten Gefäss. Die neu gebildete Bindegewebsslage reicht somit in der Intima noch etwas über die Ursprungsstelle der Profunda femoris hinauf. Zugleich zeigt die Messungstabelle mit aller Bestimmtheit, dass die Verengerung des Lumen in diesem Gebiete ausschliesslich durch die Bindegewebswucherung bedingt ist. Die Durchmesser der Ringe, welche die Elastica interna auf den Gefässquerschnitten bildet, sind nehmlich hier an analogen Stellen der Hauptarterie der amputirten und der gesunden Extremität annähernd gleich gross. Nichtsdestoweniger besteht eine Atrophie der Media, wie sich dies sofort ergiebt aus der erheblichen Verkleinerung der Dicke dieser Membran, sowie aus folgenden Zahlenangaben:

Abstand von der Amputations- ebene in mm.	Die Querschnittsfläche der Muscularis der Hauptarterie der gesunden Extremität verhält sich zu derjenigen der amputirten Extremität, wie
56	1 : 0,52
76	1 : 0,57
91	1 : 0,70
160	1 : 0,73

Wie man sieht ist die Atrophie der Media im Gebiete der von der Amputation hervorgerufenen Endarteritis sehr erheblich, trotzdem dass der innere Durchmesser der Media nicht verkleinert ist. Eine Strecke weit oberhalb des Ursprungs der Femoralis profunda gewinnt jedoch diese Veränderung der Media den Charakter einer concentrischen Atrophie, welche das Lumen der amputirten Arterie ihrerseits bis in das Gebiet der Iliaca externa nicht unerheblich verengt. Man begegnet somit hier wieder der Thatsache, dass die Verengerung der Hauptarterie der amputirten Extremität an verschiedenen Stellen auf zwei verschiedene Vorgänge zurückgeführt werden muss. Die Endarteritis an der einen Stelle und die concentrische Verkleinerung der

Media an der anderen Stelle erzielen als gemeinsames Resultat dennoch eine gesetzmässige, nach der Peripherie hin wachsende Verkleinerung des Lumen, welche eine regelmässige Blutströmung ermöglicht.

Wirft man noch einen Blick auf die Seitenzweige der Femoralarterie des Amputationsstumpfes, so bemerkt man, dass diese grossentheils frei sind von erheblichen, endarteriitischen Veränderungen. Nur die Arteria profunda femoris zeigt eine mässig breite Zone von zellreichem Bindegewebe in ihrer Intima. Und ähnliche Befunde kehren wieder in einigen Seitenzweigen, welche etwas weiter abwärts aus der oberflächlichen Schenkelarterie entspringen. Es erklärt sich diese Thatsache leicht, wenn man erwägt, dass auch ein Theil des Stromgebietes dieser Arterien durch die Amputation entfernt wurde.

Beobachtung IV. Amputation des rechten Oberschenkels an der Grenze des mittleren und unteren Drittels. Anatomische Untersuchung 4 Monate 4 Tage nach der Operation.

Mann von 38 Jahren. Der rechte Oberschenkel wurde wegen fungöser Gonitis amputirt. Im Verlaufe von 4 Wochen erfolgte ohne Zwischenfälle eine Heilung per primam intentionem, bei welcher indessen eine kleine Fistel zurückblieb. Späterhin wurden stärkere Temperaturerscheinungen beobachtet, die zweifellos nicht in näherer Beziehung zu dem Heilungsverlaufe der Operationswunde standen.

Die anatomische Diagnose lautete: Amputation des rechten Oberschenkels. Obsolete Pleuritis. Ausgedehnte peribronchitische und bronchopneumonische Käseheerde und lobuläre Pneumonien. Conglomerattuberkel der Leber. Tuberkulöse Basilarmeningitis. Lungenödem.

Ferner ergab eine genauere Untersuchung des Gefäßsystems folgende Befunde. An der Schliessungslinie der Mitralis leichte Verdickungen. Die Herzhöhlen sind sehr enge, der Herzmuskel verkleinert, von stark brauner Farbe. Die Intima der Arterien erscheint im Allgemeinen etwas verdickt. Im Gebiete der aufsteigenden Aorta macht sich diese Veränderung nur geltend durch eine leichte Zunahme der homogenen Intercellulärsubstanz im Gebiete der elastisch-musculösen Innenschichten. Stärker ist das gleiche Verhalten in der Carotis ausgeprägt. In der Aorta thoracica descendens, sowie in der Aorta abdominalis dagegen erscheint die Bindegewebsslage der Intima etwas verbreitert. Am stärksten sind die pathologischen Veränderungen endlich in den grossen Arterien der unteren Extremitäten. Sie besitzen hier jedoch in ausgesprochener Weise den Charakter von localisierten Intimaverdickungen, welche bedingt sind durch das Auftreten von Bindegewebsflecken zwischen dem Endothel einerseits und den beiden elastischen Innenmembranen andererseits. Diese Bindegewebsflecke enthalten bei mässigem Zellreichtum viel homogene Intercellulärsubstanz und eine Anzahl feinster elastischer Fasern. Solche Veränderungen unzweifelhaft pathologischer Natur finden sich jedoch nicht nur in der linken, sondern auch in der

rechten Schenkelarterie bis in das Gebiet der durch die Amputation hervorgerufenen Endarteritis. Es gelingt sogar ohne Schwierigkeit diese fleckige Endarteritis noch weiter abwärts bis zur Amputationsstelle zu verfolgen, weil ihre Gewebsprodukte sich ziemlich deutlich von den zellreichen Lagen hyalinen Bindegewebes unterscheiden, welche den Befund derjenigen Form der Endarteritis bilden, welche Folge der Verstümmelung der Gefäßbahn ist.

Die Rückwirkungen der Amputation auf die Arterienwandungen lassen sich mit Hilfe der folgenden Tabelle in bequemer und übersichtlicher Weise darstellen.

T a b e l l e IV.

Ab- stand von der Amputa- tions- ebene in mm.	Rechte, amputierte Unterextremität. Messungen in mm.				Linke, gesunde Unterextremität. Messungen in mm.			
	Durchmesser des Ringes der Elastica interna.	Dicke der Intima.	Dicke der Media.	Durchmesser des Ringes der Elastica interna.	Dicke der Intima.	Dicke der Media.		
Art. fem. superfic.	10	—	—	—	4,3	4,3	0,01—0,11	0,36—0,52
	35	3,0	3,5	0,11—0,40	0,39—0,60	—	—	—
	50	2,6	3,0	0,14—0,51	0,40—0,56	4,3	4,3	0,01—0,19
	115	3,2	3,6	0,09—0,30	0,41—0,50	4,2	4,3	0,02—0,08
	136	—	—	—	—	—	—	Abgang der Femoralis profunda.
	205	Abgang der Femoralis profunda.				—	—	—
A. f. com.	224	5,7	6,0	0,07—0,29	0,40—0,80	5,5	6,0	0,02—0,36 ¹⁾
	264	—	—	0,01—0,06	0,48—0,68	—	—	0,57—0,86

Die Messungen erstrecken sich bis in die Gegend, wo das Lig. Poupartii die Arterie kreuzt. Durch das Freipräpariren und Erhärten verkürzen sich die Arterien im Verhältnisse von 5:4.

¹⁾ Verdickung der Intima durch fleckige Endarteritis.

Das bei der Operation durchschnittene und unterbundene Ende der Arteria femoralis superficialis ist wie gewöhnlich durch eine bindegewebige Masse verschlossen. Diese hat nur eine geringe Ausdehnung in der Längsrichtung der Arterie. Weiter aufwärts entwickelt sich alsbald ein Lumen, das rasch an Weite zunimmt. Doch ist dasselbe bis in die Gegend des Abganges der Profunda femoris enger als dasjenige der entsprechenden Abschnitte der linken Femoralarterie. Möglicher Weise reicht die Verengerung auch noch weiter nach oben; sie ist jedoch an der Femoralis communis nicht nachweisbar, weil letztere bei der Härtung grossenteils collabirte und sich daher zur Messung nicht eignet. Man erkennt ferner, dass in diesem Falle die wiederum ganz gesetzmässig erfolgte Verengerung des Lumen vorzugsweise durch eine concentrische Atrophie der Media bedingt ist. Eine deutliche Verwerfung der Faserzüge dieser Membran, welche auf eine Con-

traction ihrer glatten Muskelfasern hinweisen könnte, ist dabei nicht zu bemerken. Ausser der concentrischen Atrophie der Media hat jedoch auch die von der Amputation abhängige Endarteritis einen erheblichen Theil zur Verengerung des Gefässlumen beigetragen. Die zellreichen Bindegewebsslagen in der Intima reichen nach aufwärts bis in eine Entfernung von 249 mm von der Amputationsebene, somit noch eine gute Strecke weit in die Arteria femoralis communis hinein.

Auch die Intima der Arteria profunda femoris zeigt eine nicht unerhebliche, zellreiche Bindegewebswucherung, welche sich indessen nur in einen Theil ihrer Verzweigungen fortsetzt. Diese gleichfalls von der Amputation abhängige Veränderung verschont ferner alle übrigen Seitenzweige der amputirten Femoralarterie, soweit als sie der Untersuchung unterworfen werden konnten.

Beobachtung V. Amputation des linken Unterschenkels unterhalb der Mitte. Anatomische Untersuchung 9 Monate 2 Wochen nach der Operation.

Dieser Fall betrifft einen Mann von 40 Jahren. Aus seinen Angaben lässt sich eine syphilitische Infection nicht mit Bestimmtheit feststellen; sie würde jedoch in das 20. Lebensjahr zu verlegen sein. Die Amputation erfolgte wegen ausgedehnter cariöser Zerstörungen der Fusswurzel und des unteren Endes der Tibia. Der Heilungsverlauf war trotz strenger anti-septischer Cautelen ein schleppender. Mehrmals lösten sich kleine Sequester von dem unteren Ende der Tibia und ausserdem entstanden einige kleine Abscesse am Amputationsstumpfe, die frühzeitig incidiert wurden. Vor und nach der Operation fanden sich von Zeit zu Zeit Temperatursteigerungen ein, die gewöhnlich $39,0^{\circ}$ bis $39,4^{\circ}$ C. erreichten, selten wesentlich höher gingen. Unter geringer Eiterung erfolgte endlich in etwa 2 Monaten eine Vernarbung, die nur noch eine kleine Fistel zurückliess. Nachträglich entwickelten sich sodann cariöse Prozesse an den Beckenknochen, sowie eine Reihe anderer Veränderungen, welche schliesslich 9 Monate 2 Wochen nach der Amputation den Tod herbeiführten.

Die Obdunction ergab ausser der Amputation: Ausgedehnte Caries des Kreuzbeines und des rechten Hüftbeinkammes mit Eitersenkung nach der hinteren und rechten Seite des rechten Oberschenkels. Chronische Unterschenkelgeschwüre rechts. An den Knochen adhäsente Narben an der Nasenwurzel mit Einsenkung des Nasenrückens. Verkäsung zahlreicher Lymphdrüsen. Fibröse und käsiges Peribronchitis und Bronchopneumonie in beiden Lungenspitzen. Conglomerattuberkel der Leber. Miliartuberkel der Nieren. Parenchymatöse Nephritis. Amyloiddegeneration der Nieren und der Milz. Amyloiddegeneration und oberflächliche Geschwürsbildungen der Darmschleimhaut. Ausgedehnte feste, gefärbte und weissliche Thromben in den Venen beider Unterextremitäten. Hypostatische Pneumonie links. Lungentödem.

Der linke Unterschenkel ist nahezu in seiner Mitte amputirt, die Amputationswunde grössttentheils vernarbt bis auf eine kleine, mit einer Borke besetzte Stelle. Die Sägefläche der Knochen liegt dicht unter der Haut. Die compacte Rinde der Tibia erscheint an dieser Stelle etwas verbreitert durch zarte periostitische Auflagerungen, und sie ist zugleich fein porös. Die Markhöhle wird durch eine dünne Schicht von Narbengewebe verschlossen.

Das Blutgefäßsystem zeigt im Allgemeinen etwas ausgeprägtere Veränderungen als in den früheren Fällen. Der Pericardialüberzug des Herzens ist getrübt und an vielen Stellen mit weisslichen, bindegewebigen Flecken besetzt. Auch das Endocard des linken Herzens erscheint weniger durchsichtig. Ausserdem finden sich an der Schliessungslinie der Mitralis mehrere hahnenkammförmige, ablösbare, weissliche Fibringerinnungen, unter welchen die Oberfläche der Klappe rauh und uneben ist. Im Endocard des rechten Herzens keine merklichen Veränderungen. Auch die Herzhöhlen sind an nähernd von normaler Weite, während der Herzmuskel etwas dünner ist und dabei schlaff, trübe und von intensiv brauner Farbe.

Makroskopisch lassen sich in der Aorta und den Carotiden keine pathologischen Veränderungen erkennen. Dagegen ergibt das Mikroskop eine diffuse Endarteritis in diesen Gefäßbahnen. In der aufsteigenden Aorta und im Arcus finden sich relativ breite, wenngleich nicht continuirliche Lagen von hyalinem, zellreichem Bindegewebe zwischen dem Endothel und den elastischen Innenschichten. In der Aorta descendens, thoracica und abdominalis dagegen manifestirt sich die gleiche Veränderung durch eine Dickenzunahme der Bindegewebslage der Intima. Die durch die feinpunctirte Beschaffenheit ihres Querschnittes ausgezeichnete elastische Membran, welche unter normalen Verhältnissen, soweit sie überhaupt nachweisbar ist, unmittelbar unter dem Endothel zu liegen pflegt, ist an manchen Stellen mit ziemlicher Bestimmtheit zu erkennen. Sie ist jedoch überall durch eine breitere oder schmälere Zone hyalinen Bindegewebes von dem Endothel getrennt.

Die Arterien der Unterextremitäten, ausserhalb des Gebietes derjenigen Veränderungen, welche von der Amputation abhängig sind, besitzen ziemlich überall feine Bindegewebsschichten zwischen dem Endothel und den beiden elastischen Lamellen der Intima. Diese Bindegewebsneubildung erreicht an einzelnen Stellen eine bedeutende Mächtigkeit, so dass sie auch dem unbewaffneten Auge leicht erkennbar ist. Sie hat in diesem Falle einen etwas grösseren Zellreichtum als gewöhnlich, so dass ihre Unterscheidung gegenüber den Bindegewebslagen, welche als Folge der Operation betrachtet werden müssen, einige Schwierigkeiten bietet. Auch die Tunica media dieser Arterien ist nicht unerheblich verändert. Es finden sich in ihr zahlreiche, scharf begrenzte, hyaline Flecken, in denen man noch Spuren der früheren faserigen Structur erkennen kann. Die gebräuchlichen Reactionen auf Amyloid bleiben jedoch ohne Erfolg.

Die Messungen ergaben folgende Resultate.

T a b e l l e V.

Ab- stand von der Amputa- tions- ebene in mm.	Linke, amputirte Unterextremität. Messungen in mm.				Rechte, gesunde Unterextremität. Messungen in mm.				
	Durchmesser des Lu- men. des Ringes der Elastica interna.	Dicke der Intima.	Dicke der Media.	Durchmesser des Lu- men. des Ringes der Elastica interna.	Dicke der Intima.	Dicke der Media.			
Arter. tibialis postica.	44	1,3	1,8	0,08—0,40	0,16—0,34	2,5	2,6	0,02—0,16	
	57	1,3	1,5	0,05—0,20	0,19—0,26	2,5	2,6	0,02—0,16	
	87	2,1	2,2	0,02—0,07	0,40—0,63	2,5	2,6	0,02—0,07	
	92	—	—	—	—	—	—	0,19—0,40	
	97	Abzweigung der Peronea.				Abzweigung der Peronea.			
	140	2,8	2,9	0,06—0,18	0,52—0,80	2,8	2,9	0,02—0,11	
	145	Abzweigung der Tibialis antica.				Abzweigung der Tibialis antica.			
Arter. poplit.	160	—	—	—	—	—	—	—	
	185	2,9	3,0	0,03—0,11	0,50—0,71	3,0	3,1	0,02—0,06	
	204	2,7	2,7	0,01—0,08	0,52—0,73	2,6	2,7	0,02—0,11	
	257	3,7	3,8	0,02—0,09	0,35—0,67	3,0	3,1	0,02—0,07	
Femor.	369	3,4	3,5	0,03—0,13	0,47—0,68	3,3	3,4	0,03—0,14	
								0,50—0,79	

Durch das Freipräpariren und Erhärten verkürzten sich die Arterien annähernd im Verhältniss von 5:4.

Das Ende der Arteria tibialis postica im Amputationsstumpfe ist nur in ganz geringer Ausdehnung vollkommen durch Bindegewebe verschlossen. Das letztere reicht alsdann zwischen dem Endothel und der Elastica interna in dem noch durchgängigen Theile der Arterie 82 mm weit nach oben. Jenseits dieser Grenze ist diese, durch die Amputation hervorgerufene Veränderung nicht mehr mit Bestimmtheit zu unterscheiden von den gleichfalls zellreichen Bindegewebsslagen, welche der in diesem Falle sehr ausgesprochenen, allgemeinen Endarteritis zuzurechnen sind. Etwas weiter nach aufwärts noch, etwa bis zur Abzweigungsstelle der Peronea erstreckt sich die Verkleinerung des Ringes der Elastica interna. Dieselbe ist verbunden mit einer, wenigstens in den unteren Abschnitten nicht unerheblichen concentrischen Atrophie der Musculatur der Tunica media. Verwerfungen in der Faserung der letzteren sind nicht mit Bestimmtheit erkennbar.

Die Arteria peronea sinistra und Tibialis antica sinistra gingen leider durch ein Versehen für die Untersuchung verloren. Bezuglich der übrigen, im Amputationsstumpfe enthaltenen Zweige der Poplitea und Tibialis postica konnte dagegen das Fehlen zellreicher endarteritischer Producte, wenigstens an vielen der Untersuchung unterzogenen Abschnitten nachgewiesen werden. Nur in der Nähe der Amputationsstelle fanden sich einzelne kleine Arterienreiser, deren Lumen durch endarteritische Bindegewebswucherung verengt war.

Drei weitere Beobachtungen beziehen sich auf eine Unterschenkelamputa-

tation, eine Exarticulation im Tibiotarsalgelenk nach Pirogoff und auf eine Amputation in der Fusswurzel nach Chopart-Blasius. In diesen Fällen verhinderten jedoch äussere Umstände eine Vergleichung der Gefässer entsprechenden gesunden Extremitäten. Die Resultate der Untersuchung sind dementsprechend weniger ausgiebig. Jedoch gelingt ohne erhebliche Schwierigkeiten der Nachweis, dass hier im Wesentlichen dieselben Umbildungen der Arterienenden sich einleiten, welche soeben ausführlicher erörtert wurden.

Beobachtung VI. Amputation des linken Unterschenkels am Orte der Wahl wegen Caries des Fussgelenkes und der Fusswurzel bei einer Frau von 62 Jahren. Nach erfolgter Heilung entstand eine fungöse Kniegelenksentzündung an der gleichen Extremität, welche 2 Jahre nach der ersten Operation zur Amputation des Oberschenkels Veranlassung gab. Der bei dieser Operation entfallende Unterschenkelstumpf ist Gegenstand der Untersuchung.

Der Verschluss des Lumen der Arteria tibialis postica war in gewöhnlicher Weise durch zellreiches Bindegewebe erfolgt. Die vollständige Obturration erstreckte sich indessen nur wenige Millimeter weit nach oben, bis an eine Stelle, an welcher ein etwas grösserer Seitenast von dem Hauptstamme sich abzweigte. Die Intima dieses Seitenastes enthielt eine mässig dünne Bindegewebsschicht. Eine etwas breitere Zone von zellreichem Bindegewebe reichte in dem Hauptstamme der Arteria tibialis post. zwischen Endothel und Elastica interna etwa 70—80 mm weit nach oben. Sie verlor sich alsdann in relativ zellarmen und dünnen, der Intima zugehörigen Bindegewebsslagen, welche aufgefasst werden mussten als Theilerscheinung einer allgemeinen, wenn auch nicht hochgradigen, diffusen Endarteriitis des Aortensystems. Eine concentrische Atrophie der Media war in Ermangelung von Controlmessungen nicht zu constatiren. Dagegen fanden sich deutliche Verwerfungen der glatten Muskelfasern derselben in einem Bezirke der genannten Arterie, welcher von der Amputationsstelle 60 mm weit nach aufwärts reicht. Die Seitenzweige waren grossenteils frei von bindegewebigen Einlagerungen. Nur zunächst der Operationsnarbe verliefen einige kleinste Arterien, deren Intima endarteriitische Veränderungen erkennen liess.

Beobachtung VII. Exarticulation im Tibiotarsalgelenk nach Pirogoff, wegen Caries der Fusswurzelknochen bei einem Manne von 20 Jahren. Einige Zeit nach dieser Operation entwickelten sich ausgedehnte fungöse Prozesse in den Sehnenscheiden des Unterschenkels, welche 4 Monate nach der Exarticulation im Fussgelenk die Amputation des Oberschenkels nothwendig machten. Die Untersuchung der Arterien des Unterschenkels gab annähernd ähnliche Befunde wie Beobachtung VI. Die von der Amputation abhängige Endarteriitis erstreckte sich in der Tibialis postica 85 mm, in der Peronea 125 mm, in der Tibialis antica 166 mm weit nach aufwärts von der Amputationsebene. Ihre relativ starke Entwicklung und

weite Verbreitung namentlich auch in der Arteria peronea führt zu der Vermuthung, dass die durch die fungösen Entzündungen herbeigeführten, ausgiebigen Zerstörungen der Weichtheile des Unterschenkels möglicherweise eine ähnliche Rückwirkung auf die Arterienwandungen gehabt haben, wie die operative Entfernung des Fusses. In diesem Sinne ist der vorliegende Fall offenbar nicht einwurfsfrei. Die concentrische Atrophie der Media war nur in den unteren 25—40 mm dieser Gefässzweige hinreichend deutlich, um ohne vergleichende Messungen sicher nachgewiesen zu werden. In der gleichen Ausdehnung konnten auch Verwerfungen der glatten Muskelfasern dieser Membran erkannt werden. In den Anfangstheilen der genannten Arterien, sowie in der Poplitea wurden endlich Spuren von chronischer Endarteriitis aufgefunden. Diese besitzen wahrscheinlich keine directe Beziehung zu der Exarticulation des Fusses. Der übrige Theil des Aortensystems war der anatomischen Untersuchung nicht zugängig. Bei dem jugendlichen Alter des Kranken ist jedoch in Uebereinstimmung mit den Befunden an der Poplitea anzunehmen, dass ausgeprägtere Veränderungen fehlten.

Beobachtung VIII. Amputation in der Fusswurzel nach Chopart-Blasius, wegen Caries bei einem 67jährigen Manne. Die anatomische Untersuchung, 4 Wochen nach der Operation, ergab in allen Arterien des Körpers eine diffuse Endarteriitis geringen Grades. Die Amputationswunde mit Granulationen bedeckt; die durchtrennten Enden des Talus und Calcaneus rauh und uneben.

An der Amputationsstelle sind die durchschnittenen Enden der Arteria tibialis postica und antica durch zellreiches, gefässhaltiges Bindegewebe verschlossen. Ihre Tunica media ist an dieser Stelle unregelmässig gefaltet und hyalin degenerirt. Wenige Millimeter weiter aufwärts beginnt das Lumen, dasselbe ist auf eine Strecke von 15—25 mm umsäumt von relativ breiten zellreichen Bindegewebslagen, die zwischen Endothel und Elastica ihren Sitz haben. In sehr geringer Ausdehnung constatirt man auch im Bereiche der Media einige Capillarbahnen, welche von sparsamen lymphoiden Zellen begleitet werden, sowie geringe Verwerfungen im Gefüge der Gefäss-musculatur. In der Tibialis antica reicht das Lumen etwas weiter nach abwärts als bis zu dem letzten durchgängigen Seitenaste. Peripherisch von dem letzteren ist jedoch das Lumen durch einen Thrombus von körniger und streifiger Structur erfüllt, der in seinen Randzonen einige lymphoide Zellen enthält. Die geringe Ausdehnung, welche alle Umbildungsprozesse der Gefässwand zeigen, macht es wahrscheinlich, dass in der kurzen Zeit von 4 Wochen die definitive Neugestaltung der Gefässlumina nicht zum Abschluss gelangte.

Die soeben ausführlicher mitgetheilten Beobachtungen zeigen, dass die Umgestaltungsprozesse, welche sich in der Hauptarterie von Amputationsstümpfen vollziehen, etwas zusammengesetztere Vorgänge darstellen. Wenn man von gewissen, zu Eingang er-

wähnten, selteneren Ausnahmefällen absieht, welche vorläufig einer genaueren Beurtheilung nicht unterworfen werden können, haben diese Umbildungen der Gefässwand zur regelmässigen Folge eine mehr oder weniger hochgradige Verengerung des Gefässlumens. Dieselbe reicht in der Regel sehr weit nach oben, wie dies schon aus den Messungen von Segond hervorgeht. Durch sie wird das durch die Amputation herbeigeführte Missverhältniss zwischen der Weite der Gefässtämme einerseits und der Weite der noch vorhandenen Verzweigungen andererseits mehr oder weniger vollständig ausgeglichen.

Die Verengerung des Gefässlumens ist in der Mehrzahl der Fälle vorzugsweise bedingt durch die Entwicklung zellreicher Bindegewebsslagen in der Intima, durch eine fibröse Endarteriitis, die man mit dem Namen der compensatorischen Endarteriitis bezeichnen kann, weil sie das genannte Missverhältniss in der Weite der Arterienbahn beseitigt. Das Bindegewebe, welche das anatomische Substrat der compensatorischen Endarteriitis in diesen Fällen bildet, besitzt eine weitgehende Aehnlichkeit mit den zellreichen Bindegewebsschichten, welche sich in der absteigenden Aorta mehrere Monate nach der Geburt entwickeln¹⁾). Es enthält in einer fast vollkommen hyalinen oder leicht streifigen Grundsubstanz zahlreiche flache, verästigte Zellen, wie sie von Risse, Virchow und Langhans²⁾ in der normalen Intima der Aorta gefunden wurden. Diese Zellen sind mit ihren grossen Flächen zumeist parallel der Innenfläche des Gefässlumens orientirt, wodurch eine circuläre Schichtung des Gewebes entsteht, welche von den statischen und mechanischen Bedingungen gefordert wird. Ausser den flachen finden sich in spärlicher Zahl auch runde lymphoide Zellen, die zumeist mehrkernig erscheinen. Die so beschaffenen Bindegewebsslager der Intima sind in der Regel gefässarm oder gefäss-

¹⁾ Dieses Archiv Bd. 93. Taf. X. Fig. 8 u. 9.

²⁾ Risse, *Observationes quaedam de arteriarum statu normali atque pathologico*. Diss. inaug. Regiomont 1853. — Virchow, *Phlogose und Thrombose im Gefässsystem*. Gesammelte Abhandlungen S. 501. 1856. Langhans, *Beiträge zur normalen und pathologischen Anatomie der Arterien*. Dieses Archiv Bd. 36. 1866. — Die späteren Arbeiten über diese Zellformen finden sich in der ersten Mittheilung zusammengestellt.

los. In der Nähe der Amputationsstelle trifft man zwar regelmässig viele Capillarbahnen in den Bindegewebsmassen, welche das Lumen erfüllen. In grösserer Entfernung von der Ligaturstelle dagegen entbehrt die zellreiche Bindegewebswucherung der Intima fast immer eigener Gefässnetze. Nur zweimal konnte ich in ihr mit Sicherheit eine etwas grössere Zahl von Capillaren erkennen. In diesen Fällen war dann auch die Media reichlich von Capillaren durchsetzt, in deren Umgebung eine leichte, kleinzellige Infiltration sich vorfand. Hier lag also ein Verhältniss vor, wie es von Köster¹⁾ für die gewöhnliche Form der Endarteriitis geschildert worden ist, eine Combination von Mesarteriitis und Endarteriitis. Bezuglich der Histogenese des Bindegewebes habe ich keine eingehenderen Studien gemacht. Die compensatorische Endarteriitis der Amputationsstümpfe stimmt jedoch in histologischer Beziehung innerhalb weiter Grenzen mit denjenigen Vorgängen überein, welche an einfachen Arterienligaturen beobachtet werden und Gegenstand zahlreicher histogenetischer Untersuchungen gewesen sind. Wenn ich im Allgemeinen auf diese verweisen darf, will ich nur anführen, dass ich 4 Wochen nach der Amputation an den flachen sternförmigen Bindegewebezellen der verdickten Intima die Erscheinungen der indirekten Segmentirung der Zellkerne und der Zelltheilung beobachten konnte.

Ebenso häufig wie die compensatorische Endarteriitis findet man eine andere Veränderung der Gefässwand, welche gleichfalls eine Verengerung des Lumen herbeiführt. Es ist dies eine concentrische Atrophie der Tunica media. Dieselbe stellt sich in der Weise dar, dass der innere Durchmesser des Ringes, welchen die Media auf Gefässquerschnitten bildet, verkleinert ist im Verhältnisse zu dem entsprechenden Querschnitte der gleichen Arterie der anderen Körperhälfte. Zugleich ist auch die Media verdünnt oder doch nicht dicker als auf dem wiederum zum Vergleiche herbeigezogenen symmetrisch gelegenen Arteriendurchschnitte. Die daraus resultirende Volumsverminde rung der Tunica media erscheint durchaus nicht unerheblich; sie beträgt nicht selten ein Drittel, die Hälfte oder sogar zwei Drittel des normalen Volums.

¹⁾ I. c.

Ausser dieser concentrischen Atrophie der Tunica media findet sich an manchen Stellen eine erhebliche Verdünnung dieser Membran, welche nicht von einer Verkleinerung ihres inneren Umfanges begleitet ist. Man könnte diese Form der Atrophie mit dem Namen der einfachen Atrophie bezeichnen. Mit diesem Namen soll aber in keiner Weise eine Störung in der Gewebsstructur angedeutet werden. Denn ich war weder bei der einfachen noch bei der concentrischen Atrophie im Stande, irgendwelche Veränderungen an den Muskelfasern zu erkennen. Das Vorhandensein dieser beiden Erscheinungsformen der Atrophie an ein und derselben Arterie weist nun aber direct darauf hin, dass die Volumsverminderung der Gefässmusculatur nicht in einer nothwendigen Causalverbindung steht mit der Verkleinerung des inneren Durchmessers der Media. Man erkennt vielmehr unschwer, dass die Atrophie der Gefässmusculatur direct abhängig ist von der Verengerung des Gefässlumen. Gleichviel ob diese Verengerung des Gefässlumen durch die compensatorische Endarteritis herbeigeführt wird oder durch eine Umbildung der Gefässwand, welche sich ohne auffällige Structurveränderungen vollzieht, immer ist die Tunica media in entsprechendem Maasse atrophisch.

Dieses Ergebniss findet seine einfache Erklärung in einer Betrachtung der Spannung, welche der Gefässwand durch den Seitendruck des Blutes ertheilt wird. Diese Spannung ist bei gleichbleibendem Blutdrucke nach bekannten mechanischen Prinzipien einfach proportional dem Durchmesser des Gefässlumen, vorausgesetzt dass dieses von cylindrischer Gestalt ist. Sowie der Durchmesser des Lumen durch irgendwelche Momente verkleinert wird, nimmt auch die Spannung der Gefässwand ab. Damit erscheint die Atrophie der Muscularis also des Gewebes, welches vorzugsweise die Spannung zu tragen hat, als eine Inaktivitätsatrophie oder besser als eine Atrophie in Folge einer Verminderung der physiologischen Function. Wenn aber die Verkleinerung des Gefässlumen durch endarteriitische Bindegewebsmassen bewirkt wird, welche ihrerseits einen Theil der Spannung tragen können, so bedingt dies eine um so viel vollständigere Entlastung der Muscularis; die Atrophie der letzteren muss um so ausgiebiger sein. Diese Betrachtung erklärt auch,

warum man zuweilen in der Nähe der Ligaturstellen, wo das Lumen der Gefäße mit Bindegewebe erfüllt und die Media durch den Narbenzug eingefaltet ist, statt der Muskelhaut eine glänzende hyaline Masse trifft, in der man nur mit Schwierigkeit Spuren der früher vorhandenen Muskelfasern erkennt. Und in gleicher Weise erklärt sich die nach der Geburt eintretende Atrophie der dicken Muskelschichten der Nabelarterie, des Ductus Botalli und der Faserungen des letzteren, welche in die Wand der absteigenden Aorta zwischen vollkommen unverändert bleibende Muskelfasern einstrahlen. In allen diesen Fällen handelt es sich um eine hyaline Degeneration der vollkommen entspannten Muskelfaserbündel.

Unter solchen Umständen erscheint es angezeigt, die konzentrische Atrophie der Gefäßmusculatur zu trennen in zwei Vorgänge: in eine Verkleinerung des inneren Durchmessers der Media und in eine Atrophie der muskulösen Elemente derselben. Der Kürze des Ausdruckes halber soll sodann in folgendem die Verkleinerung des inneren Durchmessers der Media als eine Verkürzung des inneren Umfanges der Media betrachtet und einfach als Verkürzung der Media benannt werden. Es ist dies um so eher durchführbar, als eine Verkürzung der Media in der Richtung der Gefäßaxe für diese Untersuchung nicht in Betracht kommt. Sie tritt allerdings während der Operation in Erscheinung, indem das durchschnittene und unterbundene Gefäß sich retrahirt. Aber diese Retraction ist bei der anatomischen Untersuchung nach Einleitung der Wundheilungsprozesse in der Regel nicht mehr mit der gleichen Bestimmtheit nachzuweisen. Die ursprüngliche Amputationsfläche wird durch das sich gleichfalls retrahirende Narbengewebe verzerrt und kann nicht mehr mit einer zu diesem Zwecke hinreichenden Genauigkeit festgestellt werden.

Die Vorgänge, welche die Verkürzung der Media herbeiführen, sind durch die gegebenen Untersuchungsmethoden nicht mit vollkommener Sicherheit klar zu legen. Sie sollen daher später eine gesonderte Betrachtung erfahren. Es wird dann auch möglich sein, eine einfachere Bezeichnung zu setzen an die Stelle des Ausdruckes: Verkürzung der Media, welcher sich zunächst nur bezieht auf die anatomisch gefundene Thatsache der Ver-

kleinerung des inneren Umfanges oder des inneren Durchmessers der Tunica media.

Es ergiebt sich nunmehr die Aufgabe zu untersuchen, in welcher Weise die compensatorische Endarteritis und die Verkürzung der Media zusammenwirken bei der Verkleinerung des Lumen des amputirten Arterienstammes. In dieser Beziehung ist vor Allem hinzuweisen auf die Oberarmamputation der Beobachtung I, in welcher die Verkürzung der Media nahezu ausschliesslich an der Verengerung des Lumen betheiligt war, während die compensatorische Endarteritis, von der Ligaturstelle abgesehen, nur spurenweise auftrat. Die Verkürzung der Media zeigte dabei eine ganz auffallende Regelmässigkeit in der Art und Weise ihres Auftretens. Der Durchmesser der Arteria axillaris der amputirten Seite war nur wenig verkleinert, aber die Gefässlichtung nahm alsdann nach der Peripherie hin an jedem Seitenzweige um eine entsprechende Grösse ab. In einem Abstande von 5 mm von der Amputationsebene, bei der Abgangsstelle des letzten durchgängigen Seitenastes kam das Lumen endlich vollkommen zum Verschwinden. Dieses Resultat ist nahezu ausschliesslich Folge der Verkürzung der Media. Nur im Bereiche der letzten 35 mm des Endes der amputirten Arteria brachialis gewinnt die compensatorische Endarteritis eine stärkere Entwicklung. Das Lumen verjüngt sich dabei etwas rascher, jedoch immer noch nach der genannten Regel, so dass man auch in dem Zusammenwirken der Verkürzung der Media und der Endarteritis alle Zufälligkeiten auszuschliessen berechtigt ist. Die als Product der compensatorischen Endarteritis aufzufassenden Bindegewebsmassen gehen endlich über in das Narbengebebe, welches um das Arterienende sich findet und zum Theil in letzteres eindringt.

In der Mehrzahl der Fälle dagegen ist die Verengerung der Hauptarterie des Amputationsstumpfes bedingt durch ein ziemlich gleichmässiges Zusammenwirken der Verkürzung der Media mit der compensatorischen Endarteritis. Beide Prozesse sind in allen Bezirken der amputirten Arterie annähernd in demselben Grade entwickelt und unterstützen sich in einer Weise, dass ihre Gesamtleistung wiederum die durch die Amputation hervorgerufenen Missverhältnisse in der Lichtung der Arterienbahn

ausgleicht. Dabei kommt, ebenso wie bei einer vorzugsweisen Bethärtigung der Verkürzung der Media, die Verzweigungsform des Arterienstammes sehr erheblich in Betracht. Wie auch an normalen Gefässen beobachtet wird, ist das verengte Lumen des Hauptstammes jeweils zwischen den Abgangsstellen zweier grösserer Seitenzweige von annähernd cylindrischer Gestalt. Es nimmt an jeder Verzweigungsstelle um einen Betrag ab, der in einer gewissen Beziehung steht zu der Grösse dieses Seitenzweiges. Vorausgesetzt dass die Umbildung des Gefässrohres vollendet ist, verschwindet schliesslich das Lumen unmittelbar unterhalb der Abgangsstelle des letzten durchgängigen Seitenzweiges. Von der Lage des letzteren hängt es somit ab, ein wie grosses Stück der Arterie vollkommen obliterirt und in einen festen Strang verwandelt wird. Diese Beziehung zwischen der Abgangsstelle des letzten Seitenzweiges und der Ausdehnung, in welcher eine vollkommene Obliteration erfolgt, wäre auf indirectem Wege schon mit einiger Wahrscheinlichkeit aus den Befunden von Chauvel zu erschliessen gewesen. Bei Gelegenheit vorstehender Beobachtungen wurde ihr aber besondere Aufmerksamkeit zugewendet, und in allen Fällen, in denen die Umbildungsprozesse als vollendet angesehen werden durften, fanden sich ihre Voraussetzungen bestätigt. In einigen Fällen allerdings hatten Unvollkommenheiten in der Vorbereitung des Materials die Untersuchung unmöglich gemacht. Die gefundenen Thatsachen dürften aber zusammengenommen hinreichend beweisend sein dafür, dass sowohl die Verkürzung der Media als die compensatorische Endarteriitis in inniger Beziehung stehe zu den hämodynamischen Factoren des Blutstromes. Nichtsdestoweniger scheint es jedoch geboten zu sein, dem Einwurfe zu begegnen: die compensatorische Endarteriitis sei eine Folge von entzündlichen Reizungen der Gefässwand, welche von der Operationswunde ausgehen.

Die topographische Verbreitung der compensatorischen Endarteriitis in den Gefässbahnen des Amputationsstumpfes entspricht in keiner Weise dieser Voraussetzung einer Abhängigkeit derselben von entzündlichen Störungen der Wundheilung. In diesem Falle müsste diese Endarteriitis gleichmässig alle Arterien und Arterienzweige ergreifen, welche gleiche topographische Beziehungen zu der Amputationswunde haben. Dies trifft aber

entschieden nicht zu. Man findet unmittelbar neben dem in weiter Ausdehnung durch zellreiche Bindegewebsmassen verschlossenen oder verengten Hauptstamm der Arterie zahlreiche Seitenäste derselben, deren Intima vollkommen normal erscheint. Es verhält sich in dieser Beziehung die compensatorische Endarteritis der Amputationsstümpfe genau ebenso wie die compensatorische Endarteritis, welche nach dem Verschlusse der Arteria umbilicalis und des Ductus Botalli sich in der sogenannten Nabelblutbahn entwickelt. Alle Seitenäste, welche keine Einbusse in ihrer peripherischen Verzweigung erlitten haben, sind vollkommen unverändert.

Die beiden Beobachtungen II und III lieferten endlich das interessante Ergebniss, dass die Verkürzung der Media in langen Strecken des Hauptarterienstammes der amputirten Extremität ausbleiben kann, so dass die compensatorische Endarteritis ausschliesslich die Verengerung des Lumen herbeiführt. Dabei ist wiederum bemerkenswerth, dass die Verengerung des Lumen von der Wurzel nach dem verschlossenen Ende des Hauptarterienstammes des Stumpfes in regelmässiger Weise zunimmt, trotzdem dass die Verkürzung der Media in einem Theile der Arterie ausblieb, in dem anderen Theile derselben deutlich ausgesprochen war. Die Verkürzung der Media und die compensatorische Endarteritis ergänzen sich offenbar in gesetzmässiger Weise bei der Ausbildung einer bestimmten Form des verengten Lumen, welche eine gleichmässige, durch keine plötzlichen Geschwindigkeitsänderungen und Wirbelbildungen gestörte Strömung des Blutes ermöglicht.

Für die compensatorische Endarteritis wurde bereits der Beweis geführt, dass nicht entzündliche, von der Operationswunde ausgehende Reizungen es sind, welche sie hervorrufen. Mit Hülfe der soeben gewonnenen Erfahrungen kann man das Gleiche auch für die Verkürzung der Media sehr wahrscheinlich machen. Allein die Beweisführung ist hier weniger vollkommen, weil man die Seitenzweige der Hauptarterie des amputirten Gliedes nicht wohl vergleichen kann mit den correspondirenden Gefässabschnitten der gesunden Körperhälfte. Zu einem solchen Verfahren sind die Symmetrien der Seitenbahnen nicht hinreichend zuverlässig. Indessen lässt sich doch ein Gesichtspunkt

geltend machen, welcher für das Ausbleiben einer Verkürzung der Media in denjenigen Seitenzweigen spricht, deren Stromgebiet durch die Operation keine Verkleinerung erfahren hat. Es ist soeben gezeigt worden, dass die compensatorische Endarteriitis und die Verkürzung der Media vielfach vicariirend für einander eintreten. Da erstere niemals beobachtet wird in denjenigen Seitenzweigen, deren Stromgebiet nachweislich unverändert geblieben ist, darf man wohl auch auf das regelmässige Ausbleiben der letzteren schliessen. Denn der genannte Erfolg ist unter obiger Voraussetzung nur in zwei Fällen denkbar; erstens wenn überhaupt keine Verengerung des Lumen der genannten arteriellen Seitenbahnen Platz greift, und zweitens, wenn die arteriellen Seitenzweige überhaupt besondere Bedingungen darbieten, welche das Eintreten der compensatorischen Endarteriitis ausschliessen. Diese zweite Möglichkeit wird jedoch widerlegt durch die Thatsache, dass die genannten endarteriitischen Prozesse zur vollen Entfaltung gelangen in denjenigen Seitenzweigen, deren Stromgebiet durch die Operation erheblich beschränkt ist.

Man gelangt somit auf indirektem Wege zu dem Ergebnisse, dass die Verkürzung der Media sich gleichfalls auf diejenigen Gefässbezirke beschränkt, für welche ein Missverhältniss zwischen der Weite der Arterienstämme einerseits und der Weite der Verzweigungen andererseits durch die Operation herbeigeführt wurde. Und darin liegt wiederum der Beweis, dass nicht unbekannte, entzündliche, von der Wunde ausstrahlende Reize die Verkürzung der Media hervorrufen, sondern Bedingungen, welche auf den hämodynamischen Effect der Circulationsstörung hinweisen.

Es lassen sich noch einige weitere Thatsachen anführen, welcher in gleicher Weise darthun, dass die Verkürzung der Media nicht Folge entzündlicher, von der Wunde ausgehender Reizungen sei. Diese Verkürzung der Media ist nicht minder ausgiebig bei vollständig aseptischem Heilungsverlaufe, der in kürzester Frist zu einer definitiven Vereinigung der Operationswunde per primam intentionem führt (Beobachtung II, III, IV). Ausserdem constatirt man in Beobachtung III, dass die Verkürzung der Media in der Nähe der Amputationsstelle fehlte, dagegen in grösserer Entfernung von dieser wohl ausgebildet war.

Aus diesen Erörterungen geht hervor, dass die Umbildungsprozesse, welche die Hauptarterien von Amputationsstümpfen erleiden, sich aus drei Factoren zusammensetzen. Diese sind erstens die Verkürzung der Media, zweitens die compensatorische Endarteriitis und drittens die Atrophie der Gefäss-musculatur. Die Verkürzung der Media und die Endarteriitis verengern das Lumen der Arterie. Dieser Effect vermindert die Spannung der Gefässwand und wird dadurch zugleich die Ursache einer Atrophie der muskulösen Elemente, welche vorzugsweise die Tunica media bilden. Es hat sich ferner gezeigt, dass die Verkürzung der Media und die Endarteriitis vicariirend für einander auftreten können. In selteneren Fällen ist die Verengung des Gefässlumen nahezu ausschliesslich bedingt durch die Verkürzung der Media, unter fast vollständigem Ausschlusse der compensatorischen Endarteriitis. In der Regel jedoch sind beide Factoren in mehr gleichmässiger Weise thätig, und an manchen Stellen wiederum kann die Verkürzung der Media vollkommen ausbleiben, so dass die neugebildeten Bindegewebslagen der Intima allein die Verengerung des Gefässlumen herbeiführen. Bei aller Unregelmässigkeit, welche sich in dem Auftreten jedes einzelnen dieser beiden Factoren zuweilen bemerklich macht, erscheint es jedoch als eine sehr wichtige Thatsache, dass ihre Gesamtleistung nicht nur im Allgemeinen ein verengtes, sondern zugleich auch ein regelmässig gestaltetes Gefässlumen hervorbringt. Nach Vollendung der Umbildungsprozesse nimmt die Lichtung der Hauptarterie nach der Peripherie hin überall in gleichem Maasse ab, wie die Zahl und Grösse ihrer noch vorhandenen und mit Blut zu versorgenden Seitenzweige. Damit ist das durch die Amputation gesetzte Missverhältniss zwischen der Weite der Hauptstämme und der Weite ihrer Verzweigungen gehoben. Dem Blutstrom ist wieder die Möglichkeit gegeben, die Gefässbahn des Amputationsstumpfes zu durchfliessen, ohne an irgend einer Stelle plötzliche Aenderungen seiner Geschwindigkeit und durch diese erhebliche Einbussen an lebendiger Kraft zu erleiden.

Die Veränderungen, welche die Arterien an der Amputationsstelle selbst und in der nächsten Nähe dieser erfahren, sind nach den gleichen Gesichtspunkten leicht zu erklären. Durch

die Amputation und die Gefässunterbindung wird ein kürzerer oder längerer Abschnitt des Hauptarterienstammes seiner Verzweigungen vollständig beraubt. Die Umbildungsprozesse, wenn sie hier nach den soeben erörterten Gesetzmässigkeiten sich be-thäti gen, müssen daher durch Verkürzung der Media und Endarteritis einen Verschluss des Lumen herbeiführen. Sie ver- wandeln einen grösseren oder kleineren Theil des Arterienendes in einen soliden Strang, in welchem erst in der Höhe des nächst- en abgehenden Seitenzweiges wieder ein kleines Lumen auftritt. In dem obturirten Arterienabschnitte verschwindet zugleich die Spannung der Gefässwand mehr oder weniger vollständig und dem entsprechend entwickelt sich eine Atrophie der Media, die zuweilen sogar zu einem vollkommenen Schwunde der letzte- ren führt.

Bis hierher reichen meines Erachtens die sicheren Schluss- folgerungen, welche sich aus den gegebenen Beobachtungen ziehen lassen. Allein es liegt sehr nahe die Analogie dieser Vorgänge mit denjenigen, welche sich im Gefolge des Ver- schlusses der Nabelarterien vollziehen, genauer zu erörtern. Manche Einzelheiten des Umbildungsprozesses, welchem die Arterien von Amputationsstümpfen unterliegen, werden dadurch erst in ihrer Bedeutung richtig gewürdigt werden können.

Die Vorgänge, die sich in der Nabelarterie und in der ganzen Nabelblutbahn nach der Geburt entwickeln, sind durch vielfältige Untersuchungen geprüft und in meiner früheren Mittheilung etwas ausführlicher besprochen worden. Auf eine rasch eintretende, kräftige Contraction der Tunica media, die nament- lich von Virchow stärker betont wurde, folgt eine Atrophie der Muskelfasern der Media und zugleich eine Endarteritis, welche die minimalen Reste des Lumen definitiv verschliesst. Die Con- traction der Media konnte aufwärts bis in die Iliaca interna verfolgt werden, die Endarteritis bis in die Aorta thoracica. In den Arterien von Amputationsstümpfen darf man allerdings keine so weite Verbreitung der Umbildungsprozesse erwarten, weil selbst die Lichtung der normalen Femoralarterie im Ver- hältnisse zur Aorta bedeutend geringer ist als diejenige der beiden Nabelarterien, die nach der Geburt gleichzeitig ver- schlossen werden. Dass aber diese Umbildungen in beiden

Fällen wesentlich analoge Vorgänge darstellen, scheint mir kaum einem erheblichen Zweifel zu unterliegen.

Verfolgt man diese Analogien in ihre Einzelheiten so bemerkt man zunächst eine nicht unerhebliche Lücke in der Erfahrung. Das Verhalten der Hauptarterie von Amputationsstümpfen in den ersten Tagen nach der Operation ist so ziemlich unbekannt. Eine der Contraction der Nabelarterien entsprechende muskulöse Zusammenziehung der Media ist dem entsprechend für den Hauptarterienstamm des Amputationsstumpfes nicht nachgewiesen. Allein es konnte bei diesen Untersuchungen älterer Amputationsstümpfe fast in allen Fällen an der Tunica muscularis der Hauptarterie in grösserer oder geringerer Ausdehnung eine Verwerfung der glatten Muskelfasern bemerkt werden. Diese war zwar viel weniger ausgeprägt als die Verwerfung, welche in der Media der Nabelarterie als Folge ihrer Contraction beobachtet wird; allein mit einiger Wahrscheinlichkeit dürfte erstere auch als Folgeerscheinung einer muskulären Contraction gedeutet werden. Wenn aber bei relativ starker Verkürzung der Media in einzelnen Beobachtungen eine solche Verwerfung der Faserung nicht zu erkennen war, so möchte sich dies vielleicht dadurch erklären, dass die bereits eingetretene Atrophie der Media dieselbe wieder ausgeglichen habe. Endlich ist auch in das Auge zu fassen, dass die weniger ausgiebige Contraction der amputirten Arterien wohl nicht immer nothwendiger Weise Verwerfungen der Faserung der Media nach sich ziehen muss. Es erscheint daher als eine Hypothese, aber nach dem Gesagten wohl als eine gerechtfertigte Hypothese, wenn man annimmt, dass die ausführlicher besprochene Verkürzung der Media auf eine solche muskuläre Contraction derselben zurückzuführen sei, welche wenigstens in den ersten Tagen oder Wochen nach der Amputation in mehr oder weniger ausgiebiger Weise eintrete. Diese Contraction der Hauptarterie des Amputationsstumpfes würde sich aber nach den Erfahrungen, welche über die Verkürzung der Media gewonnen wurden, in einem wichtigen Punkte von den Contractionerscheinungen im Gebiete der Nabelblutbahn unterscheiden. Sie müsste als eine viel weniger ausgiebige angesehen werden, da man in amputirten Arterien niemals und an keiner Stelle einen so vollkommenen

Verschluss der Lichtung durch Verkürzung der Media beobachten konnte, wie er in der Nabelarterie durch die Contraction der Wand in der Regel herbeigeführt wird. Man müsste dem entsprechend immer noch der Musculatur der Nabelarterie eine specifische Ausbildung zuerkennen, welche sie zu ausgiebigeren Contractionen befähigte.

Die aufgestellte Hypothese erklärt sämmtliche Erscheinungen in einfacher Weise. Nach der Amputation und der Unterbindung der durchschnittenen Arterien erfolgt zunächst, früher oder später eine tonische Contraction der Musculatur derjenigen Stämme und Zweige, deren Stromgebiet durch die Operation erheblich verkleinert wurde. Ist diese Contraction ausreichend oder nahezu ausreichend um die normale Stromgeschwindigkeit des Blutes in dem verengten Gefäßlumen wieder herzustellen, so schliesst alsdann der Prozess ab mit einer Atrophie der Media. Diese wird herbeigeführt durch die Abnahme, welche die Spannung der Gefäßwand bei der Verkleinerung des Lumen erleidet. Die compensatorische Endarteriitis aber bleibt in diesem Falle vollständig oder nahezu vollständig aus, bis auf die Gegend der Ligaturstelle des Hauptstammes, wo die Contraction der Tunica muscularis wohl immer als eine unzureichende bezeichnet werden muss.

Ist dagegen die Contraction der Gefäßwand nicht genügend zur Herstellung der normalen Stromgeschwindigkeit des Blutes, so wird das noch bestehende Missverhältniss zwischen der Weite des Hauptstammes und der Weite seiner Aeste ausgeglichen durch eine zellreiche Bindegewebswucherung, welche in der Intima der Gefäßwand ihren Sitz hat und mit dem Namen der compensatorischen Endarteriitis belegt wurde. Auch in diesem Falle erfolgt nothwendigerweise mit der Abnahme des inneren Durchmessers der Arterien eine entsprechende Verminde-
rung der Spannung ihrer Wand, welche eine Atrophie der glatten Muskelfasern der letzteren herbeiführt.

Es war auch meine Absicht gewesen eine genauere Erklärung zu suchen für die vielfachen Unregelmässigkeiten in dem Eintreten der Contraction der Tunica media von amputirten Arterien. Ich hatte in dieser Beziehung mein Augenmerk gerichtet auf zwei Möglichkeiten. Entzündliche, von der Amputations-

wunde ausgehende Reizungen konnten eine Ernährungsstörung der Gefässmusculatur herbeiführen, welche ihre Contraction in unregelmässiger Weise beschränkte. Ebenso war es auch denkbar, dass chronische Ernährungsstörungen der Gefässwand, welche schon vor der Operation bestanden, diese Wirkung haben konnten. Ich musste mich aber überzeugen, dass eine Besprechung dieser Fragen vorläufig zu weit auf hypothetische Gebiete führen würde. Daher habe ich mich darauf beschränkt eine zukünftige Behandlung dieser Fragen vorzubereiten, indem ich soweit als möglich bei der Wiedergabe der einzelnen Beobachtungen diejenigen Be funde genauer berücksichtigte, welche für eine derartige Untersuchung, die grosse practische Bedeutung hätte, in Betracht kommen könnten.

Die Umbildung der Arterienwand in Folge von Ligaturen in der Continuität.

Es erübrigt noch einen Vergleich zu ziehen zwischen den in Amputationsstümpfen nachgewiesenen Umbildungen der Arterienwandungen und denjenigen, welche der einfachen Arterienligatur in der Continuität folgen. Der hämodynamische Effect der letztgenannten Operation muss ein viel geringerer sein, da schon kurze Zeit nach der Ligatur einer grösseren Arterie die Pulsation der Blutwelle in dem peripherischen Stromgebiete wieder gefühlt werden kann. Bekanntlich erweitern sich dabei die Seitenzweige, welche oberhalb der Ligatur von dem Gefässstamme abgehen, und gestatten dem Blute auf verschiedenen Umwegen Zutritt in den peripherisch von der Ligatur gelegenen Abschnitt der unterbundenen Arterie. Spätestens einige Tage oder Wochen nach der Operation erreicht demnach die Strom geschwindigkeit des Blutes und der Blutdruck in einiger Entfernung oberhalb und unterhalb der Ligaturstellen wieder im Wesentlichen die normalen Werthe. Nur in der Umgebung der Ligaturstelle bis zu den nächsten, die Collateralcirculation vermittelnden Seitenzweigen besteht eine erhebliche Circulations störung fort. Oberhalb der Ligaturstelle dürfte diese wohl, abgesehen von ihrer geringeren räumlichen Ausdehnung, genau übereinstimmen mit derjenigen, welche sich in der Hauptarterie einer Extremität nach der Amputation einstellt. Der Blutstrom

ist verlangsamt und steht unterhalb des letzten Seitenzweiges still, wenn man von Wirbelbewegungen absieht. Der Blutdruck aber ist nur in verschwindendem Grade erhöht. Unmittelbar unterhalb der Ligaturstelle herrscht in gleicher Weise Stromverlangsamung, jedoch gepaart mit einer mässigen Herabsetzung des Blutdruckes. Dieser ist um eine Grösse vermindert, die äquivalent ist dem Mehrbetrage an Reibung, welche der Blutstrom auf seinem Umwege durch die Collateralbahn erleidet.

Diesen Voraussetzungen entsprechend haben auch die einschlägigen Untersuchungen, welche N. Schultz¹⁾ unter der Leitung von Langhans und Kocher angestellt hat, ergeben, dass zwischen der Grösse und Form des permanenten Thrombus, wie N. Schultz die in der Intima neugebildeten Bindegewebsmassen bezeichnet, und der Entfernung und Lage der nächsten, oberhalb und unterhalb der Ligatur abgehenden Seitenzweige der unterbundenen Arterie eine enge Beziehung besteht. Diese Beziehung macht sich erstens dadurch geltend, dass die endarteriitische Neubildung sich nur bis zu diesen nächsten Seitenästen erstreckt, und zweitens durch die excentrische Lage des neuen Gefässlumen zu der ursprünglichen Gefässwand. Die excentrische Verschiebung erfolgt in der Richtung nach der Abzweigungsstelle des nächsten Astes.

Die Ergebnisse der Versuche von N. Schultz verdienen volle Beachtung, weil sie zum ersten Male bestimmter auf die Beziehungen der Endarteriitis zu den mechanischen Bedingungen der Blutströmung hinweisen. Aus diesem Grunde habe ich auch diejenigen ihrer Versuche wiederholt, welche sich direct mit der vorliegenden Frage beschäftigen. Ich unterband unter anti-septischen Cautelen die Arteria femoralis dextra von drei starken Hunden. Eine Heilung per primam intentionem zugleich mit Einheilung der zur Ligatur verwendeten Leinwandfäden wurde in allen drei Fällen erreicht. Vier bis fünf Monate nach der Operation tödtete ich die Thiere und untersuchte sodann die Gefässbahn mit den gleichen Methoden, welche oben auf die amputirten Arterien angewendet wurden. Das Resultat stimmte in allen wesentlichen Punkten mit demjenigen der Versuche von

¹⁾ N. Schultz, Ueber die Vernarbung von Arterien nach Unterbindungen und Verwundungen. Deutsche Zeitschr. für Chirurgie. Bd. IX. 1877.

N. Schultz überein. Die Endarteriitis erstreckte sich von der Ligaturstelle aufwärts und abwärts bis zu den zwei bis vier nächsten, grösseren Seitenzweigen, auch dann, wenn diese 30 bis 40 mm weit entfernt waren. Ferner zeigte das neue Gefässlumen regelmässig die excentrische Verschiebung in der von N. Schultz angegebenen Richtung. Man kann dieses Ergebniss auch in der Weise ausdrücken, dass die Form und Mächtigkeit der Intimaverdickung an der Abgangsstelle dieser Seitenzweige übereinstimmt mit dem Baue, welchen die Theilungsstellen der Iliaca communis und interna nach dem Verschlusse der Nabelarterien beim Menschen gewinnen.

Regelmässige, in kurzen Abständen geführte Serienschnitte gestatteten die Resultate der Untersuchungen von N. Schultz in mehreren Punkten zu erweitern. Zunächst gelang der Nachweis, dass die vollständige Obliteration der Arterie durch den endarteriitischen Prozess jeweils bis zu dem Abgange des ersten Seitenzweiges oberhalb und unterhalb der Ligatur reichte. Dieser Zweig ist allerdings zuweilen so fein, dass seine Existenz nur durch die mikroskopische Untersuchung dargethan werden kann. Dabei zeigten sich nicht selten Strecken der Arterie von 7 bis 10 mm Länge vollständig durch Bindegewebe verschlossen. Ferner war die Verkürzung der Media regelmässig in weiter Ausdehnung oberhalb und unterhalb der Ligatur zu finden. Sie erstreckte sich in dem unterbundenen Gefässen, aufwärts und abwärts, annähernd ebenso weit wie die Endarteriitis, d. h. bis über die Ursprungsstellen der zwei bis vier nächsten Seitenzweige. Doch konnte ich nirgends eine Stelle antreffen, an welcher diese Verkürzung der Media den inneren Durchmesser der letzteren um wesentlich mehr als um die Hälfte verkleinert hatte. Viel weniger ausgiebig war die Atrophie der Media. Bei dem einen Versuchsthiere, welches 5 Monate nach der Operation getötet wurde, konnte sie mit Bestimmtheit erkannt werden. Sie war dagegen nicht evident bei dem zweiten Versuchsthiere, welches nur 4 Monate nach der Operation lebte. Bei dem dritten wurde leider in dieser Hinsicht nicht genau untersucht. In allen Fällen fand sich jedoch eine weitere Veränderung der Media, welche bei den früheren Betrachtungen schon grosses Interesse gewonnen hat. In den Gefässbezirken,

deren Media erheblich verkürzt war, erschienen die glatten Muskelfasern in eigenthümlicher Weise verworfen. Diese Verwerfungen waren bei diesen Versuchen relativ deutlich ausgeprägt, so dass wohl die Annahme einer muskulösen Contraction der Tunica media im Bereiche der Stromverlangsamung des Blutes gerechtfertigt ist. Von etwas allgemeinerem Gesichtspunkte aus ist es aber namentlich von Bedeutung, dass sowohl die compensatorische Endarteritis als die Contraction und die Atrophie der Media in gleicher Weise oberhalb und unterhalb der Ligaturstelle zur Entwicklung gelangt. Es wird dadurch bestimmt erwiesen, dass eine geringe Vermehrung oder Verminderung des Blutdruckes ohne Einfluss ist auf die genannten Vorgänge.

Erwägt man die soeben mitgetheilten Thatsachen, so ergibt sich, dass die Vorgänge in der Gefässwand, welche nach einfachen Ligaturen in der Continuität sich einstellen, wesentlich übereinstimmen mit denjenigen, welche an den Arterienstämmen von Amputationsstümpfen sich vollziehen. Nur die räumliche Ausdehnung der Prozesse ist in beiden Fällen verschieden, wie dies im Voraus zu erwarten war. Somit erscheint es auch zulässig, in den Ergebnissen dieser Versuche eine Bestätigung jener Hypothese zu finden, wonach die an den Arterien von Amputationsstümpfen beobachtete Verkürzung der Media als Folge einer Contraction dieser Membran zu deuten sei. Unter dieser Voraussetzung ist es auch an der Zeit, die Frage zu erörtern, in welcher Weise die Störung der Blutströmung in unterbundenen und amputirten Arterien die Contraction der Muscularis herbeiführt. Es ist dies ein Vorgang, der noch ein genaueres Studium erwartet. Inzwischen liegt es nahe zu denken an die von v. Goltz¹⁾ auf Grund anderer Erfahrungen postulirten, automatischen, in der Arterienwand oder in deren unmittelbarer Nähe gelegenen Regulationsvorrichtungen des Gefäss-tonus. Bezuglich des anatomischen Substrates dieser Regulationsapparate möchte ich jedoch aufmerksam machen auf die, nach meinen nunmehr sehr vervielfältigten Beobachtungen, in allen Theilen des Aortensystems reichlich vorhandenen Pacini-

¹⁾ F. v. Goltz, Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. VIII. S. 491. Bd. IX. S. 181. Bd. XI. S. 88 u. ff.

schen Körperchen¹⁾). Dieselben liegen in den äussersten Zonen der Adventitia oder unmittelbar nach aussen von dieser. Sie erscheinen demgemäss vorzüglich geeignet, die leisen Vibrationen, die jeder strömenden Bewegung zukommen, zu percipiren und als Nervenerregung auf die Gefässmuskeln überzuleiten.

Die Versuche an Hunden gaben mir Gelegenheit, eine weitere sehr interessante Bemerkung zu machen, welche das an den Arterien von Amputationsstümpfen beobachtete Vicariiren der Verkürzung der Media und der compensatorischen Endarteriitis in eigenartiger Weise beleuchtet. Es zeigte sich nehmlich, dass bei erwachsenen Hunden die Intima der Aorta vollkommen frei ist von bindegewebigen Lagen. Die Aorteninnenfläche hat vielmehr in ihrer ganzen Ausdehnung eine Structur, die in etwas kleinerem Maassstabe den Bau der Innenfläche der Aorta ascendens vom Menschen wiederholt. Erst in der Hypogastrica zeigen sich die Verhältnisse in ihren wesentlichen Punkten in Uebereinstimmung mit den Befunden an der menschlichen Nabelblutbahn. Diese Thatsache drängt zu der Erklärung, dass vermutlich beim Hunde das nach der Geburt eintretende räumliche Missverhältniss des Lumen der Aorta ausgeglichen wird durch eine Contraction ihrer an Muskelfasern ausserordentlich reichen Media. Es verhält sich die Aorta des Hundes somit ähnlich, wie die Arteria brachialis des Amputationsstumpfes in Beobachtung I. Durch diese Erfahrung ist ein weiterer, vergleichend anatomischer Anhaltspunkt gewonnen für die Analogien, welche zwischen den nach der Geburt eintretenden Umformungen der Nabelblutbahn und den Umbildungen der Arterien von Amputationsstümpfen aufgestellt werden können.

Ein kurzer Rückblick auf diese Untersuchungen zeigt, dass durch dieselben nicht nur eine Bestätigung, sondern auch eine erhebliche Erweiterung der Erfahrungen gewonnen wurde, welche

¹⁾ Vergl. in dieser Beziehung die erste Mittheilung. Dieses Archiv Bd. 93. S. 499 u. 500. Der Nachweis der Pacinischen Körper gelang nunmehr ausser an den damals genannten Arterienabschnitten auch noch an der Aorta thoracica, an der Art. lingualis, subclavia, brachialis, femoralis profunda und an der tibialis postica bis in die Gegend des Fussgelenkes.

in der ersten Mittheilung niedergelegt waren. Man darf nunmehr in allgemeinerer Weise aussagen, dass der Verschluss einer Arterie, gleichviel ob er zu dem regelmässigen Ablaufe der physiologischen Vorgänge gehört oder durch willkürliche Eingriffe herbeigeführt wird, eine Umbildung der Gefässlichtung zur Folge hat. Diese ist in allen wesentlichen Punkten abhängig von der Verlangsamung des Blutstromes, welche der Gefässverschluss herbeiführt. Sie ist aber unabhängig von kleineren positiven oder negativen Aenderungen des Seitendruckes des Blutes.

Je nach der räumlichen Ausdehnung der durch den Gefässverschluss bedingten Circulationsstörung erstreckt sich diese Umbildung über einen grösseren oder einen kleineren Theil des Arteriensystems. Sie leitet sich ein mit einer mehr oder weniger ausgiebigen Contraction der Tunica media der Gefässwand. Soweit diese Contraction ausreichend ist, um die normale Stromgeschwindigkeit des Blutstromes wieder herzustellen, beschränkt sich der weitere Prozess auf eine Atrophie der Gefässmusculatur, welche der Verminderung des Gefässcalibers und der dadurch bedingten Abnahme der Spannung in der Gefässwand entspricht. Wo aber die Contraction nicht genügt, oder wo sie vollständig ausbleibt, da tritt eine zellreiche Bindegewebswucherung in der Intima, eine compensatorische Endarteriitis auf, welche die, den veränderten Strömungsverhältnissen des Blutes angemessene Verkleinerung des Gefässlumen herbeiführt. Auch in diesem Falle hat letztere eine Abnahme der Wandspannung und eine entsprechende Atrophie der glatten Muskelfasern der Media zur Folge.
