II.

Ueber den Bau der Tunica intima der Aortenwand bei dem erwachsenen Menschen

von

Cand. med. Algot Key-Åberg

in Stockholm.

Mit Tafel III—V.

Die Lehre vom Bau der Wand der gröberen Gefässe bietet noch mehrere zweideutige und ungelöste Fragen. Da die genaue Erkenntniss der normalen feineren Structurverhältnisse dieser Wand, vor Allem die der Aorta des Menschen, von besonderem Interesse für die Pathologie ist, habe ich, auf Anregung des Prof. Gustaf Retzius, in der Histologischen Anstalt des hiesigen Carolinischen Institutes eine Untersuchung darüber angestellt, und mich dabei vorzüglich mit der Tunica intima beschäftigt, und dies um so mehr als ich hoffte mich dadurch für Studien über die pathologischen Veränderungen des betreffenden Gewebes vorbereiten zu können.

Ehe ich auf meine eigenen Befunde eingehe, werde ich eine Darstellung der Ansichten der verschiedenen Forscher vom Bau der Tunica intima aortæ vorausschicken.

Nach Henle[1] besteht die Intima aus drei Schichten: die Pflasterepithelschicht, die gestreifte oder gefensterte Haut und die Längsfaserhaut. Das Epithel hat bald — wo, sagt er nicht — denselben Bau wie das Epithel seröser Häute, bald sind die Zellen desselben ausserordentlich blass und platt. Die Gestalt der einzelnen Zellen ist »ziemlich regelmässig elliptisch oder verschoben rhombisch». »Wenn sie wachsen, so verlängern sie sich hauptsächlich in Einer Richtung, nach der Längenaxe des Gefässes».

[1] J. Henle, Allgemeine Anatomie, 1841.

Diese Schicht *kann* fehlen oder nach Resorption der Kerne sich in die folgende Schicht umwandeln. Die zweite Schicht, welche nach seiner Beschreibung mit der Membrana elastica interna der späteren Zeit ungefähr identisch zu sein scheint, liegt nach aussen vom Epithel, von dem es ein Umwandlungsproduct ist. Die dritte Schicht »ist characterisirt durch stärkere Längsstreifen, welche aus den längsovalen Kernen der primären Gefässhaut (Epithel Ref.) hervorgehen». Also ist ebenfalls diese Schicht nur als ein Product der ersten zu betrachten und »zuweilen gehen die Zellen des Epitheliums in die Fasern dieser Haut unmittelbar über und alsdann fehlt die gestreifte Gefässhaut». Die Streifen dieser Schicht scheinen von elastischer Natur zu sein, aber die Substanz zwischen ihnen wird durch Behandlung mit Essigsäure hell und durchsichtig.

Langhans [1] bekämpft die Henle'sche Auffassung, dass die Intima umgewandeltes Epithel sei, und ordnet ihr Gewebe in die Bindegewebsgruppe ein. Er meint dazu hinreichenden Grund zu haben, nachdem es ihm gelungen ist, in der Intima Zellen nachzuweisen, welche die den Bindegewebszellen eigenthümlichen Charactere besitzen. Die Untersuchungen beschränken sich hauptsächlich auf die Aorta ascendens des erwachsenen Menschen. Durch die Erhärtung des Materiales in Müllerscher Lösung und nachfolgender Carminfärbung hat er dort das Vorhandensein sowohl von mehr rundlichen Körperchen, denen er eine pathologische Bedeutung zuschreibt, als auch von einem, in mehreren Schichten liegenden, dichten Netz spindel- und sternförmiger Zellen entdeckt. Mit diesem Zellennetz identificirt er das System von »hellen leeren Kanälen», welches durch Behandlung der Intima mit Silbernitratlösung hervorgerufen wird. Es ist ihm aber nicht gelungen, bei diesen Präparaten in den Silberfiguren die Zellenkerne nachzuweisen. Die Langhans'schen Zellen sind demnach, in Uebereinstimmung mit der Virchow'schen Zellenlehre, hohle Körperchen, welche durch ihre zahlreichen Ausläufer und Anastomosen ein grossartiges Kanalsystem bilden.

Nach Kölliker [2] sind die »Epithelzellen» der grössten Arterien in der Regel nicht mehr so ausgezeichnet verlängert wie in den kleineren Arterien, jedoch immer noch spindelförmig von 13—22 μ. Was den Bau der Intima im Uebrigen betrifft, so besteht derselbe »vorzüglich aus Lagen einer hellen, bald gleichartigen, bald streifigen, selbst deutlich fibrillären Substanz, welche meist wie Bindegewebe sich ausnimmt und von feinern und gröbern längsziehenden elastischen Netzen durchzogen wird». Diese Netze werden

[1] Th. Langhans, Virchows Archiv Bd 36, 1866.
[2] A. Kölliker, Handbuch der Gewebelehre des Menschen, 5:te Aufl. 1867.

nach aussen hin immer dichter und gröber, und ist es ein solches elastisches dichtes Netzwerk oder eine wirkliche fenestrirte Membran (der M. elastica interna der kleineren Arterien entsprechend), welche nach aussen hin die Intima begrenzt. Zunächst unter dem Endothel sind die Verhältnisse etwas verschieden. Hier sind die elastischen Netze entweder sehr fein, oder sie werden durch eine oder mehrere helle Schichten, die sogenannten »streifigen Lagen» ersetzt. Für diese werden drei verschiedene Charactere angeführt, unter welchen sie erscheinen können. Bald stimmen sie mit einer von diesem Forscher gegebenen Beschreibung überein, welche ich hier wörtlich anführe: »Es sind blasse, meist streifige, auch wohl gleichartige Lagen mit länglichen, der Längenaxe der Gefässe gleich verlaufenden (längsovalen) Kernen, welche nicht selten in schmale spindelförmige Fasern, jede mit einem Kerne, ähnlich gewissen Epitheliumzellen, oder wenigstens in Fasern sich zerlegen lassen, andere Male aber auch mehr gleichartig und kernlos vorkommen oder selbst in ganz feine Faserhäute, wie die dichtesten, feinsten elastischen Netze sich umzuwandeln scheinen.» Bald aber können sie das durch Langhans beschriebene Aussehen von Bindesubstanz mit sternförmigen Zellen besitzen, bald sind sie dagegen homogen und kernlos, elastischen Häutchen ähnelnd. In wie weit nun diese verschiedenen Formen gleichzeitig in demselben Gefässe vorkommen können, oder in welchen Gefässen sie überhaupt auftreten, darüber wird keine Auskunft gegeben.

Nach von Ebner[1] besteht die Intima aortæ aus dem nach innen von der mehr oder weniger vollständigen ersten Muskelschicht befindlichen Gewebe. Er findet es nicht angemessen, dass man in der Aorta von einer der Intima angehörigen elastischen Begrenzungsmembran spricht, welche der Membrana elastica interna der kleineren Gefässe entspreche. Er beschreibt das »Epithel» in Betreff der Gestalt der Zellen als bestehend »aus in der Richtung des Gefässes verlängerten, glatten Zellen, die entweder rhombisch zugespitzt oder aber sehr unregelmässig gestaltet sind». Hierbei weist er auf eine Abbildung des Aortenendothels von der Intima des Ochsen hin, mit welcher die Beschreibung gut übereinstimmt. Die »streifigen Lagen» Kölliker's werden von v. Ebner als ausschliesslich elastisch angesehen. Er schildert sie übrigens als mehr oder weniger homogene, manchmal netzartig streifige Lagen, mit welchen andere, deutlich längsstreifige umwechseln, die jedoch ebenfalls, obwohl als welliges Bindegewebe erscheinend, elastisch sind. In diesen Schichten hat er die Langhans'schen Zellen bestätigt; er scheint

[1] von Ebner, Ueber den Bau der Aortenwand, besonders der Muskelhaut derselben. Untersuchungen aus d. Institute f. Physiol. u. Histol. in Graz. 1870.

aber, so viel man nach seiner eigenen Aeusserung beurtheilen kann, keine besonders schöne Bilder davon erhalten zu haben. Er bezweifelt sehr jedes Identitätsverhalten zwischen diesen Zellen und den »hellen, sternförmigen Figuren», welche eine verlängerte Silberbehandlung ihm ergeben hat. Die Gründe hierfür sind hauptsächlich zwei. Erstens scheint ihm die von Schweigger-Seidel dargelegte Unzuverlässigkeit vieler subendothelialer Silberzeichnungen jeden Glauben an die fraglichen Netze in der Intima zu verbieten; zweitens ist es ihm, wie es scheint, ebensowenig wie Langhans gelungen Zellenkerne in den hellen Figuren nachzuweisen. Alles was er davon sagt ist nämlich: »in den sternförmigen Figuren der Silberzeichnung durch nachträgliche Carmintinktion Kerne nachzuweisen, gelang mir beim Kinde nicht». Er sagt aber nicht, ob er bei Erwachsenen glücklicher gewesen ist. Die runden zunächst an weisse Blutzellen erinnernden Körperchen in der Intima, welche von Langhans für pathologisch gehalten wurden, haben nach v. Ebner eine ganz andere Bedeutung. Er glaubt nämlich, wenn ich ihn richtig verstanden habe, dass die streifigen Lagen durch eine Umwandlung dieser amoeboiden Zellen entstehen, die jedoch, ehe sie zu einer der Formen des hier vorkommenden elastischen Gewebes übergehen, ein zweites Entwickelungsstadium, dasjenige der spindel- und sternförmigen Zellen, durchlaufen. Nach aussen von den streifigen Lagen kommen zwischen den gröberen, längsgehenden, elastischen Netzen fortwährend Zellen vor. Allmälig treten noch stärkere Fadennetze auf, und schon zwischen diese schieben sich Zellen solcher Beschaffenheit hinein, dass sie von v. Ebner für glatte Muskelzellen gehalten werden. Hiermit ist man aber, nach der Ansicht dieses Forschers, schon auf dem Gebiete der Tunica media. Bindegewebe der einen oder anderen Art scheint er der Intima nicht zuerkennen zu wollen.

Eberth[1] unterscheidet in der Wand der groben Arterien fünf verschiedene Schichten, nämlich: die Zellhaut, die intermediäre Lage oder innere Faserhaut, die elastische Innenhaut, die mittlere Haut und die Tunica adventitia. Von der Zellhaut hat er eine Abbildung mitgetheilt; sie stellt das Endothel der menschlichen Carotis dar (die Vergrösserung ist nicht angegeben), an welchem die Grudform der Zellen die polygonale ist; die Zellenkerne sind gross gezeichnet, bald oval, bald rund und central belegen. Die intermediäre Lage umfasst die ganze Hauptmasse der Intima von dem Endothel bis zur Begrenzungsmembran. Sie wird nach Eberth zum grössten Theil durch Kali zerstört und besteht aus »einer feinkörnigen Substanz mit

[1] Eberth, Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben des Menschen und der Thiere, Bd I, 1871.

feinen, schräg und längs verlaufenden Fäserchen». Sie wird nach aussen hin mehr faserig und geht allmälig in die elastischen Netze und Membranen über. Die LANGHANS'schen Zellen liegen nach EBERTH in Kanälen, die unter einander anastomosiren. Die elastische Innenhaut besteht in den gröbsten Stämmen (Carotis u. d.) aus 2—3 unter sich anastomisirenden, elastischen Membranen nnd Fasernetzen, deren Maschen durch undeutlich faseriges Bindegewebe ausgefüllt werden.

FREY [1] äussert nichts über die Form und Beschaffenheit der Endothelzellen der grössten Arterien. In den kleineren schildert er sie als spindelförmig. Er scheint übrigens die Intima hauptsächlich als eine elastische Bildung zu betrachten.

W. KRAUSE [2] hebt hervor, dass die die Gefässwand zusammensetzenden Tunicæ von einander nicht schärfer abgegränzt sind, als dass Fasern aus der einen in die andere übergehen; dies ist vor Allem das Verhältniss an der Grenze zwischen Intima und Media. »Die Tunica intima aller Arterien», sagt er, »trägt an ihrer Innenfläche ein Endothel aus abgeplatteten, spindelförmigen, meist der Längsaxe parallel gestellten Zellen.» Nach innen von diesem Endothel liegt »die eigentliche Intima»; sie besteht aus einer homogenen, feinkörnigen und feinfasrigen, bindegewebigen Substanz mit darin eingelagerten, längsgestellten, ellipsoidischen Kernen und elastischen Fasernetzen. »In der Aorta (speciell der ascendens) enthält sie spindelförmige und sternförmige, durch H. Müllersche Flüssigkeit leicht isolirbare Inoblasten in mehreren Lagen übereinander; die Fortsätze derselben anastomosiren zum Theil». Nach aussen von »der eigentlichen Intima» liegen in den grössten Arterien, statt der fenestrirten Membranen der mittleren Arterien, mehrere elastische Faserlagen.

RANVIER [3] lässt die Intima aortæ nach aussen hin durch eine einfache Lamina elastica interna begrenzt werden, und versteht damit die innerste Lamelle der Aortenwand. Ueber die Beschaffenheit des Aortaendothels theilt er keine Angaben mit; er führt nur als eine Thatsache an, dass es 24 Stunden nach dem Tode an der Innenfläche der Gefässwand nicht mehr zu finden sei. Die unter dem Endothel befindliche Hauptmasse der Intima ist nach RANVIER von bindegewebiger Natur und besteht aus zwei getrennten Schichten von ungefähr gleicher Dicke. Die oberflächliche Schicht besteht aus einem ausserordentlich feinen, elastischen Netze mit vorwiegender Längs-

[1] H. FREY, Handbuch der Histologie und Histochemie des Menschen, 4 Aufl. 1874.
[2] W. KRAUSE, Handbuch der menschlichen Anatomie (von C. F. T. KRAUSE) 3 Aufl., Bd I, 1876.
[3] L. RANVIER, Traité technique d'Histologie. Deutsche Uebersetzung 1877.

richtung der Fäserchen und aus einer undeutlich fibrillären Grundsubstanz, welche Zellen enthält, die wie Bindegewebszellen abgeplattet sind. Zwischen dieser und der tieferen Schicht bilden die elastischen Fäserchen ein dichtes Netz, von welchem die Fäserchen der tieferen Schicht abgehen; die letzteren erhalten grösstentheils eine quere Richtung und verlieren sich in einem System von Bindegewebsbündeln mit ebenfalls querer Richtung; in dieser tieferen Schicht sind auch Bindegewebszellen vorhanden. Die elastischen Fäserchen derselben Schicht setzen sich nach Ranvier einzeln an der inneren elastischen Lamelle (Membrana elastica interna) an.

Nach Toldt[1] ist das Endothel aller Arterien »ohne Ausnahme von ganz platten, schmalen und langen, durchsichtigen, kernhaltigen Zellen gebildet». Wie Eberth giebt dieser Forscher, mit Rücksicht auf die Verhältnisse in der Aorta, den Kölliker'schen Begriffen: »streifige Lagen» und »elastische Innenhaut» eine zu umfassende Bedeutung. Er lässt nämlich die letztere Schicht unmittelbar auf die erstere folgen. Eine solche Auffassung scheint jedoch, sofern ich richtig verstehe, Kölliker nicht geäussert zu haben. Er spricht selbst bei der Beschreibung des Baues der gröberen Arterien nicht von einer besonderen »elastischen Innenhaut» in diesen Gefässen, äussert aber später darüber folgendes: »und schliesst die Innenhaut gegen die Media entweder mit einer elastischen dichten Netzhaut oder einer wirklichen gefensterten, mehr oder weniger faserigen Haut, welche offenbar der elastischen Innenhaut der kleinen Arterien entspricht».

Wie aus dieser geschichtlichen Darstellung hervorgeht, stimmen in mehreren wichtigeren Fragen die Ansichten der verschiedenen Forscher nicht überein. Als solche nicht entschiedene Fragen, zu deren Beantwortung ich durch diese Studien beitragen wollte, habe ich hier aufgestellt:

1. Die Frage von der Beschaffenheit des Endothels der Intima.

2. Was bedeuten die netzförmigen Bilder, welche eine methodische Silberfärbung der Intima hervorruft? Wenn diese Figuren Zellen entsprechen, möchte man wohl in ihnen Zellenkerne auffinden können.

3. In welchem Verhältniss gehen in die Intima das elastische Gewebe und das Bindegewebe ein, und welcher Art ist in den verschiedenen Schichten der Haut die Beschaffenheit dieser Gewebselemente?

4. Welche Gestalt haben die Bindegewebszellen der Intima?

5. Wie wird die Intima gegen die Media hin abgegrenzt?

6. Entsprechen die von mehreren Forschern durch Versilberung hervorgerufenen »hellen Kanäle» einem wirklichen Saftkanalsystem? In diesem

[1] Toldt, Lehrbuch der Gewebelehre, 1877.

Falle möchte es vielleicht gelingen, durch Stichinjectionen ein solches System zu füllen und also das Vorhandensein desselben sicherer darzulegen.

In wie weit es mir gelungen ist, diese Fragen in befriedigender Weise zu beantworten, dürfte aus der folgenden Darstellung hervorgehen.

Meine Untersuchungen über den Bau der Intima der Aorta haben die Angaben der verschiedenen Forscher über die mannigfaltigen Wechselungen im Bau derselben, sowohl in Betreff der Dicke der einzelnen, sogar der nahe an einander liegenden Partien, als auch der Anordnung und Gestalt der vielen Elemente derselben, bestätigt. Der ganzen Aorta entlang sind jedoch, nach meiner Erfahrung, diese Wechselungen nicht grösser, als dass man überall unter normalen Verhältnissen das Gewebe deutlich erkennen und eine sichere Auffassung der dem Bau dieser Haut charakteristischen Verhältnisse erhalten kann. Auf Grund dieser Erfahrung und da ich keine, die verschiedenen Abtheilungen der Aorta besonders kennzeichnende, constante Verschiedenheiten im Bau gefunden, darf ich nach den über das ganze Gebiet ausgedehnten Beobachtungen eine allgemeine Darstellung vom Bau derselben geben. Das meiste Material wurde jedoch von der unteren Hälfte der Aorta thoracica geholt, und betreffen die Angaben deswegen am öftesten diese Partie.

Die von mir benutzten Untersuchungsmethoden sind natürlicher Weise mehrere gewesen, da es mir oblag, möglichst vollständig das Material kennen zu lernen. Statt einer Gesammtbeschreibung dieser Methoden werde ich bei der Darstellung der Beschaffenheit und Anordnung der verschiedenen Elemente die dabei angewandten betreff. Methoden angeben.

Makroskopisch erscheint bekanntlich die Tunica intima der Aortenwand des erwachsenen Menschen als eine verhältnissmässig dünne, blasse, an der Oberfläche fein netzförmig gezeichnete, das Gefässlumen austapetzirende Haut. Auf dem Querschnitte des frischen Materiales markirt sie sich ziemlich deutlich von der nach aussen davon liegenden, nicht so durchscheinenden Media. Wenn man versucht die Haut abzutrennen, so gelingt dieses, besonders bei erhärteten Gefässen, ziemlich leicht. Man findet dann, dass dieselbe mittelst schmaler dünner Stränge, welche beim Abtrennen gedehnt werden und bei mikroskopischer Untersuchung sich als elastische Fasern erweisen, mit dem nach aussen davon liegenden Gewebe zusammenhängt. Die Dicke wechselt schon unter normalen Verhältnissen, wie es scheint, nicht allein bei verschiedenen Altersklassen, sondern auch bei verschiedenen Individuen desselben Alters recht bedeutend. Bei krankhaften Veränderungen ist dieses noch mehr der Fall, und da die Grenze zwischen dem Krankhaften und dem Gesunden hier wie anderswo schwer zu ziehen ist, möchte es uns nicht überraschen,

dass man in verschiedenen Fällen sehr differirende Werthe erhält. von Ebner, welcher eine Reihe solcher Messungen ausgeführt hat, fand die Dicke der Intima beim erwachsenen Menschen von 0,03—0,12 Mm. wechselnd. Ein Zunehmen der Dicke derselben mit dem Alter scheint Regel zu sein. An der Oberfläche ist die Intima nicht eben. Wie erwähnt wurde, erscheint an der Oberfläche schon makroskopisch eine äusserst feine, netzartige Zeichnung. Das Mikroskop zeigt uns, dass diese Zeichnung von feinen, wie ich glaube gefunden zu haben, an verschiedenen Partien des Gefässes verschieden angeordneten Furchen herrührt. Um diese zu studiren, benutzt man am besten in Müllerscher Lösung oder anderen Erhärtungsflüssigkeiten erhärtetes Material, weil an dem frischen die Falten bei der Präparation zu verschwinden scheinen. In der Aorta ascendens sind die Furchen im Allgemeinen klein; die meisten sind hier in rechtem oder noch öfter in schiefem Winkel gegen die elastischen Netze gestellt und haben also eine gegen die Längenaxe des Gefässes transversale Richtung. Bald gerade, bald mehr zigzagförmig verlaufend sind diese queren Furchen hier sehr zahlreich und im Verhältniss zu den longitudinalen absolut vorherrschend. Die letzteren sind hingegen in der Aorta descendens zahlreicher sowie auch länger, mehr von einander entfernt und haben einen ziemlich geraden Verlauf. Man überzeugt sich leicht, wie tief diese Furchen dringen; es nimmt immer nur der aller oberflächlichste Theil der Haut an ihrer Bildung Antheil. Langhans hat ebenfalls die Furchen gesehen, sie aber offenbar nur in der Aorta ascendens studirt. Die Erklärung ihrer Entstehungsweise in der blutleeren Arterie scheint mir einfach zu sein, da sie meiner Ansicht nach den Ausdruck der geringeren Elasticität darstellen, welche der centrale Theil der Intima, im Verhältniss zu der mächtigen Elasticität der umgebenden Gefässröhre, besitzt.

Wenn man die mikroskopische Untersuchung der Intima von innen nach aussen verfolgt, lenkt das Endothel (das Gefässepithelium Kölliker's u. a. Forscher, die Perithelröhre Auerbach's, die Zellhaut Remak's, die primäre Gefässhaut Frey's, »det primære Karrør» Ditlevsen's) zuerst die Aufmerksamkeit auf sich. Es ist sehr eigenthümlich, dass die Histologen mit einer Uebereinstimmung, die nur wenige Ausnahmen erleidet, einig sind, den Zellen des Endothels eine mehr oder weniger ausgesprochene Spindelform anzuerkennen. Als solche wird die Gestalt dieser Zellen in den histologischen Handbüchern, von Kölliker, Krause u. A. geschildert. Das aber dies nicht richtig ist, davon habe ich mich durch die Untersuchung der Aorta bei einer recht grossen Anzahl von menschlichen Individuen überzeugen können. Bemerkenswerth ist es in dieser Hinsicht, dass ich bei vier nach einander

untersuchten Sectionsleichen noch nach resp. 24, 30, 60, 180 Stunden nach dem Tode das Endothel beibehalten gefunden habe. Die Angabe Ranvier's, dass es 24 Stunden nach dem Tode nicht mehr zu finden sei, bedarf also einer gewissen Modification, unt. And. mit Rücksicht auf die Temperatur der Leichenzimmer. Hier mag doch bemerkt werden, dass die von mir erwähnten vier Leichen nicht besonders kalt behandelt waren, sondern, wie bei uns gewöhnlich, nach dem Tode zuerst mehrere Stunden in ihren Betten in den warmen Krankenzimmern und dann in den zwar kühlen aber eigentlich nicht kalten Leichenzimmern gelegen hatten.

Um das Endothel darzustellen, wandte ich die gebräuchliche Versilberungsmethode an. Ich liess die Stücke der vom Blut möglichst reinen Aorta während 5—10 Minuten in 0,20 % Silbernitratlösung an einem dunklen Ort liegen. Nachdem sie dann in destillirtem Wasser gut gewaschen waren, wurden sie sogleich, in solchem Wasser liegend, dem Tageslichte ausgesetzt. Ist die Reduction gut gelungen, so nimmt die Innenfläche der Aorta nach kürzerer oder längerer Zeit eine blauschwarze Farbe an; eine rothbraune Färbung zeigt schon von Anfang an, dass die Präparation misslungen ist, ein Verhältniss, dessen Grund ich mehrmals darin zu finden glaubte, dass zu lange Zeit zwischen der Versilberung und der directen Lichteinwirkung verfloss. Nach gut gelungener Silberbehandlung zeigt sich, dass das Endothelhäutchen aus einer einfachen Lage platter, polygonaler Zellen (Taf. V Fig. 1) besteht, welche denen das Peritoneum und andere seröse Häute bekleidenden in hohem Grade ähnlich sind. Eine Entwickelung in gewisser, gemeinsamer Richtung zeigen sie in der Regel nicht. Ihre Grösse wechselt nicht unbedeutend. Wenn man von den wenigen Zellen absieht, deren Grössenverhältnisse die gewöhnlicher vorkommenden Masse über- oder untersteigen, so wechseln diese jedoch zwischen 0,015—0,045 Mm., wobei stets der grösste Durchmesser der Zellen gemessen wurde. Die Grenzen der Zellen verlaufen bald mit kleinen wellenförmigen Biegungen, bald mehr gerade; das Letztere schien mir bei den am sorgfältigsten behandelten Präparaten der Fall zu sein. Hier und da kommen, bald sparsamer, bald sehr zahlreich, kleine, schwarze, scharf contourirte Körperchen vor; vorzugsweise treten dieselben in den Winkeln auf, wo drei Zellen zusammenstossen, man findet sie aber ausserdem nicht nur in den Grenzlinien zweier angrenzender Zellen selbst, sondern auch, obwohl sparsamer, innerhalb der Zellen, in welchem letzteren Falle sie fast immer mittelst eines Stieles mit der zunächst befindlichen Grenzlinie zusammenhängen. Diese Körperchen entsprechen den Stigmata oder Stomata, welche, von Ödmansson zuerst an den serösen

Häuten nachgewiesen, verschiedenen Deutungen unterlagen, deren Existenz aber, wenigstens bei den Endothelhäutchen, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, kaum bestritten werden kann.

Schon an dem also nur mit Silberlösung behandelten Endothelhäutchen nimmt man die Contouren der Zellenkerne wahr. Nach Carminfärbung treten dieselben in voller Deutlichkeit hervor. Sie sind etwas oval, oft mit einer Einbuchtung nach einer Seite hin versehen, liegen in der Regel etwas excentrisch und mit ihrem längsten Durchmesser der Längenausdehnung der Zelle parallel. Jede Zelle enthält gewöhnlich nur einen, zuweilen jedoch auch zwei Kerne. Entsprechend der Lage des Kernes sind die Zellen etwas verdickt. Die Kerne sind übrigens matt glänzend, enthalten ein oder ein Paar Kernkörperchen und sind bisweilen, wie man durch Anilinfärbung erfährt, von einer dünnen Protoplasmazone umgeben. Gegen chemische Agenzien verhalten sie sich wie andere Endothelzellen.

Unmittelbar unter dem Endothel befindet sich bei dem erwachsenen Menschen eine Gewebsschicht, welche ich als die subendotheliale Schicht bezeichnen werde. Sie dürfte zunächst dem Gewebe entsprechen, welches v. Kölliker »die streifigen Lagen» der Intima benannt hat, obwohl sie in den meisten Fällen nicht die Ausdehnung dieser letzteren hat. Da indessen diese Benennung wenig bezeichnend ist, finde ich es richtiger, dieselbe nicht zu benutzen, um so viel mehr, als die von v. Kölliker für diese Schicht in den gröberen Gefässen gegebene Definition nicht mehr als befriedigend angesehen werden kann. Wenn man von der Innenfläche der frischen Aorta ein möglichst dünnes Häutchen abtrennt und unter genauer Beachtung, dass die innere (centrale) Fläche des Häutchens auf dem Objektglase nach oben hin zu liegen kommt, dasselbe in $^1/_2$ % Kochsalzlösung mit dem Mikroskope untersucht, so sieht man an den Stellen, wo das Endothel abgelöst worden ist, zunächst unter ihm eine Schicht, deren feinere Structur anfangs schwer auszufinden ist. In einer bald nahezu homogenen, bald etwas feinkörnigen Grundsubstanz erscheint eine feine Streifung ohne gleichartige Richtung der Streifen, deren Charakter sich selbst bei starker Vergrösserung nicht mit Sicherheit feststellen lässt. Wenn man unter dem Mikroskope Essigsäure auf das Präparat einwirken lässt, scheint die Substanz etwas anzuschwellen, die Streifen treten nicht schärfer hervor, und nach längerer Säureeinwirkung nimmt das Gewebe ein fast homogenes Aussehen an.

Nach Carminfärbung solcher Präparate treten an ihnen Kerne hervor, welche, wie ich weiter unten zeigen werde, Zellen angehören. Diese Zellen haben, wie wir auch finden werden, eine grosse Anzahl äusserst feiner Aus-

läufer, und es ist eben die nähere Erkenntniss derselben, durch welche ich die Ueberzeugung gewonnen habe, dass die fragliche Streifung wenigstens zum grossen Theil gerade von ihnen herrührt. Es ist wohl möglich, dass elastische Fäserchen in dieser Schicht vorkommen können, jedenfalls sind sie aber dann so fein und sparsam, dass sie nicht in nennbarem Grade hervortreten und im Allgemeinen sogar nicht wahrgenommen werden.

Bald oberflächlicher, bald tiefer unter dieser Schicht tritt nun aber ein Filzwerk in verschiedenen Richtungen verlaufender, feiner, elastischer Fäserchen auf. Die Färbungsmethoden zeigen auch zwischen ihnen überall Zellen mit feinen Ausläufern, welche sich in dem Gewirre der Fäserchen verlieren. Als die Grenze der subendothelialen Schicht nach aussen hin nehme ich das Auftreten des ersten elastischen Netzes von deutlich längsgehender Richtung an. Gerade der Mangel an einer deutlichen longitudinalen Anordnung der elastischen Elemente schien mir für diese Schicht das am meisten charakteristische Merkmal zu sein, denn nach der Vorstellung, welche ich von dem Baue des übrigen Theils der Intima gewonnen habe, liegt weder in der Beschaffenheit der Grundsubstanz noch in der Anzahl der Zellen etwas besonders Kennzeichnendes.

Bevor ich zur Frage von der Grundsubstanz sowie zur Schilderung der Zellen und ihrer Eigenthümlichkeiten übergehe, scheint es mir am Platze zu sein, die weitere Anordnung der elastischen Elemente in der Intima zuerst zu besprechen. Wenn man, in der Absicht diese Elemente zu studiren, die Abtrennung dünner Häutchen in verschiedener Tiefe der Intima fortsetzt, so findet man bei ihrer genaueren Untersuchung, dass nach aussen von der subendothelialen Schicht die äusserst feinen elastischen Elemente Fasernetze von ausgeprägter Längenrichtung der Fäserchen bilden. Diese sind hier unter einander zu schmäleren und dickeren Strängen verwebt, welche ein bald grob- bald feinmaschigeres Balkenwerk darstellen (Taf. IV Fig. 2). Nach aussen hin werden die Fasern gröber, die Maschen des Netzes länger und schmäler, und gegen die Mediagrenze hin trifft man solche Fasermembranen, wie Fig. 3 der Taf. IV wiedergiebt; gröbere Stränge gehen einander parallel und geben hier und dort grobe Seitenstränge ab; sie verbinden sich mit einander, und die Spalten zwischen ihnen werden durch ein feines, ebenfalls elastisches Fasernetz ausgefüllt, welches mit den gröberen Strängen entschieden in Continuität zu sein scheint; an der Figur sieht man ausserdem einige von mir als Bindegewebszellen gedeutete Zellen, welche die Membran durchziehen, um wahrscheinlich mit Zellen in einer tieferen Schicht zu anastomosiren.

Dies ist die Auffassung, welche man von der Anordnung des elastischen Gewebes erhält, wenn man Flächenschnitte oder noch besser mittelst der Pinzette abgetrennte, dünne Häutchenpartien der Intima studirt. Vortheilhaft fand ich es solche Präparate mit saurem Carmin zu behandeln. Das elastische Gewebe tritt dann schärfer hervor, und man hat ausserdem noch eine angenehme schwache Färbung.

Um diese Auffassung zu vervollständigen, ist es wichtig nachzuforschen, wie sich das elastische Gewebe an Querschnitten der Intima verhält. Um aber dieses mit Erfolg thun zu können, muss man sich mit einem Material versehen, wo die elastischen Elemente im Verhältniss zur übrigen Substanz deutlich hervortreten. Eins der besten Reagenzien auf elastisches Gewebe ist bekanntlich die Pikrinsäure. Ranvier empfielt sie auch gerade für die Intima. Ich habe seinen Rath befolgt und damit gearbeitet, fand aber, dass die Pikrinsäure in diesem Falle von dem Holzessig bei weitem übertroffen wird. Zwar verfährt der letztere schonungslos gegen Alles was nicht elastisches Gewebe heisst; da man solchergestalt aber nur auf dieses allein zu achten hat, so ergiebt seine Anwendung schon hierin einen Vortheil. Einen zweiten, ebenfalls nicht unwesentlichen Vortheil besitzt er in der Braunfärbung, welche nicht nur die Grundsubstanz sondern auch besonders die Zellen dadurch bekommen. An dem ein Paar Monate in Holzessig erhärteten Materiale habe ich deswegen meine meisten Studien in dieser Richtung ausgeführt. Fig. 4 und 5 der Tafel IV geben ein Paar Präparate dieses Materiales wieder; die erstere (Fig. 4) stellt einen Längsschnitt, mit dem Theil, den ich die Uebergangsschicht *(a)* zwischen Intima und Media benennen will, sowie dem am meisten excentrischen Theil der Intima dar; Fig. 5 stellt einen Querschnitt dar, welcher dieselbe Partie der Intima, nach aussen hin durch die contourirte Uebergangsschicht begrenzt und nach innen hin gegen die Nähe der Oberfläche fortgesetzt, zeigt. Zunächst an der innersten Lamelle der Uebergangsschicht erscheint auf dem Längsschnitte eine schmälere Zone, wo eine grössere Anzahl glänzender Puncte und knöpfchenähnlicher Bildungen — solche kommen auch in geringerer Zahl ausserhalb dieses Gebietes vor — bezeugen, dass hier reichliche Fasern von hauptsächlich transversalem Verlauf durchgeschnitten worden sind. Ich stelle mir vor, dass es gerade diese Fasern seien, welche beim Abtrennen der Intima von der Media zerrissen werden. Die Figuren geben aber die Verhältnisse so deutlich wieder, dass ich ohne ihre weitere Erklärung zu einer Zusammenfassung alles dessen, was sie in Verbindung mit dem aus den Flächen-

schnitten Gewonnenen über die Beschaffenheit und die Anordnung des elastischen Gewebes erläutern, übergehen kann.

Die elastischen Elemente kommen in der Intima der Aorta des erwachsenen Menschen in Gestalt von Fasern vor. In der subendothelialen Schicht sind die elastischen Fasern verhältnissmässig sparsam, äusserst fein und in unregelmässigen Bahnen verlaufend. Nach aussen davon sind die Fasern zu Netzen von hauptsächlich längsgehender Richtung geordnet. Diese Netze sind, dem Lumen zunächst, von äusserst feinen Fasern gebildet und erscheinen als elegante Balkenwerke; es fehlt ihnen aber die lamelläre Anordnung, welche den mehr nach aussen hin belegenen, allmälig mehr und mehr grobfaserig werdenden Netzen zukommt.

Die Lücken zwischen den elastischen Netzen und ihren Maschen werden durch eine auf den Holzessigpräparaten angeschwellten, schwach braun gefärbten Substanz mit stärker braungefärbten Zellenbestandtheilen ausgefüllt. Die Beschaffenheit dieser Grundsubstanz ist in verschiedener Weise gedeutet worden. v. Ebner spricht sich — gegen Langhans, welcher nach der Entdeckung von Bindegewebszellen in der Intima darin alle die Elemente vertreten gefunden, die sie zu einer Bindegewebsbildung machen — für ihre ausschliesslich elastische Natur aus. Ranvier endlich spricht von dem bindegewebigen Theil der Intima und meint damit die Hauptmasse der Haut. Dass die fragliche Substanz von dieser letzteren, bindegewebigen Natur ist, scheint mir unzweifelhaft zu sein. Oben habe ich ihr Verhalten nach Zusatz von Essigsäure beschrieben. Durch Carmin färbt sie sich ganz wie das adventitielle Bindegewebe — ebenso durch Hämatoxylin. Eine deutliche Faserung konnte ich in derselben nie wahrnehmen, muss aber andererseits hervorheben, dass, in Folge der äusserst zahlreichen Zellenausläufer und der Menge der elastischen Fasern, es ausserordentlich schwer ist, ihre morphologische Beschaffenheit richtig zu beurtheilen. Der Uebergangsschicht zunächst scheint die Grundsubstanz in der Zone der schief- und quergehenden Fasern reichlicher als sonst zu sein. Man sieht hier oft sowohl an Längen- als an Querschnitten helle, homogene Stränge dieser Substanz.

In dieser Grundsubstanz liegen Zellen. Wie oben erwähnt, legte zuerst Langhans das Vorhandensein derselben dar. Er beschrieb drei besondere Formen: stern- und spindelförmige Zellen, sowie mehr rundliche Körperchen, welche letzteren er als Zeichen eines beginnenden pathologischen Processes betrachtet. Die Langhans'schen Zellen lassen sich ohne Schwierigkeit nachweisen. Schon an dem in Müllerscher Lösung allein während einiger Zeit erhärteten Materiale nimmt man die schwachen Contouren derselben wahr.

Bei nachfolgender Färbung, durch Carmin, Hämatoxylin oder Bismarckbraun, treten die Kerne dieser Zellen hervor. Es zeigt sich dann, dass die Zellen so dicht liegen, dass man, um sie mit Erfolg studiren zu können, äusserst dünne Häutchen präpariren muss, und wenn möglich so, dass nur eine einzige Zellenschicht zur Beobachtung vorliegt. Schon durch Carminfärbung des vorher in Müllerscher Lösung erhärteten Materiales kann man eine recht gute Vorstellung von ihrem Aussehen erhalten, indem oft, wenigstens nach einer stärkeren Carminfärbung, auch das Protoplasma etwas reichlicher mit der Farbe imbibirt ist als die Grundsubstanz. Noch bessere Einsicht bekommt man jedoch, wenn das Zellenprotoplasma stärker gefärbt wird. Die Figuren, welche ich hier von den verschiedenen Zellenformen der Intima mittheile, rühren von einer und derselben Aorta her; das Präparat war in schwacher (0,5 %) Chromsäure erhärtet und die Schnitte in Hämatoxylin gefärbt. In diesem Falle war durch einen glücklichen Zufall auch das Protoplasma der Zellen vollständig und schön gefärbt; sonst färben sich hierdurch bekanntlich nur die Kerne, und dieses sogar erst nach sorgfältigem Auswaschen der Chromsäure. Die Fig. 6 und 7 der Taf. III zeigen die »stern- und spindelförmigen» Zellen, welche wohl einfacher als verzweigte Bindegewebszellen bezeichnet werden können, um so mehr als im Ganzen nur wenige derselben eine wirkliche Sternform besitzen, und die spindelförmigen Zellen bei genauerer Betrachtung und besonders nach guter Färbung ebenfalls sehr oft zahlreiche Ausläufer zeigen. Unendlich wechselnd sind die Uebergangsformen zwischen diesen Zellen und denjenigen, welche in Fig. 8 und 9 derselben Tafel abgebildet sind. Ich werde mich hier nicht mit der Frage von einer pathologischen Bedeutung der letzteren aufhalten, sondern nur hervorheben, dass ich fast constant in jeder untersuchten Aorta vom erwachsenen Menschen irgendwo ähnliche Zellen angetroffen, welche im Verhältniss zu den übrigen mit Recht »Riesen» genannt zu werden verdienen. An diesen Figuren sieht man ausserdem hier und da die oben erwähnten rundlichen Körperchen, von denen einige mit einer dünnen Protoplasmazone umgeben sind; anderen hingegen, welche schärfer contourirt sind, fehlt eine solche Zone. Die ersteren, welche in Folge ihres morphologischen Charakters möglicher Weise für unentwickelte oder noch nicht fertige Bindegewebszellen der Intima gehalten werden können, sind verhältnissmässig hell und ähneln, wenn das Protoplasma besonders sparsam ist, fast vollständig den Kernen der übrigen Bindegewebszellen dieser Haut. Das umgebende Protoplasma gruppirt sich verschieden, und man glaubt manchmal eben in der Anordnungsweise desselben die Anlage einer verzweigten Zelle vor sich zu haben.

Die letzteren Zellen aber liegen oft zu Reihen gruppirt, sind schärfer contourirt, etwas kleiner als die ersteren, von 0,005 Mm. Grösse, glänzen stark und erscheinen etwas körnig. Sind nun diese Körperchen ausgewanderte Blutkörperchen? Kommen sie normal oder nur unter pathologischen Verhältnissen vor? — Das sind Fragen, die sich für jetzt nicht beantworten lassen, zu denen ich jedoch möglicherweise ein anderes Mal zurückkommen werde. Ich fand indessen diese Zellen stets, obwohl in wechselnder Anzahl, in den der Oberfläche am nächsten gelegenen Schichten der Intima.

Ich kehre nun zur Beschreibung der ausgebildeten Bindegewebszellen zurück. Ihre Grösse wechselt, wie erwähnt, bedeutend. Langhans giebt als ungefähres Mass für die sternförmigen Zellen eine Berechnung an, welche in den meisten Fällen richtig ausfallen dürfte, nämlich dass Zellenprotoplasma und Kern der Masse nach einander ungefähr entsprechen. Wie sich dieses jedoch bei den riesigen Zellen gestaltet, zeigt die Fig. 8 der Taf. III; die in der Mitte des Feldes befindliche Zelle zeigte zwischen dem Abgang der oberen und der unteren Fortsätze eine Grösse von 0,05 Mm. Charakteristisch für alle diese Zellen, wie für viele andere Bindegewebszellen, ist die körnige Beschaffenheit des Zellenkörpers, sowie die verhältnissmässig bedeutende Grösse des Kerns, welcher neben kleineren Körnchen ein oder mehrere glänzende Kernkörperchen enthält, und vor Allem die Menge und die Verzweigung der von den Zellen entspringenden und mit denen der Nachbarzellen anastomosirenden Fortsätzen. Die Zellenkerne bieten nicht immer dasselbe Aussehen dar. Gewöhnlich sind sie ziemlich regelmässig oval, zuweilen auch mehr rundlich; in anderen Fällen aber erscheinen sie mehr unregelmässig, bald dreieckig, bald stabförmig, was wohl wahrscheinlich die Folge der Einwirkung der Präparationsflüssigkeit ist, und z. B. bei Gold- wie zuweilen, obschon weniger, auch bei Silberbehandlung deutlich statt findet. Von dem Rande gesehen müssen sie in Folge ihrer Gestalt stabförmig erscheinen. In jeder Zelle kommt in der Regel nur ein Kern vor, hier und da findet man jedoch zwei oder zuweilen noch mehr (Taf. III Fig. 7 *a*). Wenn in den Zellen nur ein Kern vorhanden ist, hat er eine Länge von 0,013—0,016 Mm. Sind mehrere in einer Zelle da, so zeigen sie eine geringere, gewöhnlich auch eine ungleiche Grösse. Die Kerne liegen in der Regel in der breitesten Partie der Zelle, aber nicht immer central darin, sondern im Gegentheil meistens excentrisch. Uebrigens erscheinen sie etwas körnig und treten besonders durch die grossen glänzenden Kernkörperchen auch dort hervor, wo man ihre Contouren nicht ganz scharf sieht.

Der Zellenkörper ist, besonders was den dem Kern zunächst liegenden

Theil betrifft, stets etwas körnig. Eine fibrilläre Anordnung konnte ich darin nicht finden, obwohl derartige Zellen, wie die grösste der Fig. 11 der Taf. V, eben durch die Anordnung der Körner vielleicht für eine solche Structur sprechen. Auffallend ist aber in den grossen Zellen die Ablagerung in der Zellensubstanz von — obwohl etwas verschieden — grossen, glänzenden Körnern (Taf. III Fig. 8 und 9 und Tafel V Fig. 11). Eine solche Ablagerung ist gerade in diesen grösseren Zellen sehr gewöhnlich, wenngleich nicht ganz constant. Hier werde ich indessen nicht auf eine Beschreibung dieser Kornablagerung eingehen, sondern will nur auf die Thatsache hinweisen, dass die Körner nicht nur den centralen Zellenkörper mehr oder weniger ausfüllen, sondern auch mehr oder weniger zahlreich in den Fortsätzen abgelagert sind, nie aber in der Intercellularsubstanz vorkommen, was für die Auffassung der Silberbilder von Bedeutung ist.

Durch die Anordnung, die Grösse und die Verzweigung der Fortsätze wird die eigentliche Gestalt der Zelle bedingt. Diese Zellenfortsätze zeigen in der Regel einen ziemlich steilen und geraden Verlauf, verzweigen sich nach verschiedenen Seiten und anastomosiren reichlich mit den Fortsätzen der Nachbarzellen. Dass dieses letztere der Fall ist, davon habe ich mich zu verschiedenen Malen auf das Bestimmteste überzeugen können. Im Allgemeinen ist es doch schwer, solche Verbindungen an den in einer und derselben Schicht liegenden Zellen nachzuweisen. In sehr dünnen Präparaten scheinen die Fortsätze sich in der Grundsubstanz zu verlieren, ohne die Anastomosen zu zeigen. Eigenthümlich sind die gewöhnlich triangulären Erweiterungen, welche bei der Verschmelzung zweier grösserer Fortsätze vorkommen (Taf. III Fig. 9).

Versuche diese Intimazellen zu isoliren gelingen ziemlich gut, selbst bei frischem Material, obwohl dabei die Fortsätze zum grossen Theil verstümmelt werden. Man erkennt dann diese Zellen als platte, häutchenartige Gebilde, welche in der Umgebung des Kerns etwas verdickt sind und hier nach Anilinfärbung eine dunklere körnige Zone zeigen; der Kern erscheint ebenfalls abgeplattet.

In Zusammenhang mit der Beschreibung der verzweigten Bindegewebszellen der Intima werde ich auch die Frage vom Vorhandensein von Muskelzellen in dieser Haut berühren. Solche Zellen sind hier bis jetzt nicht sicher nachgewiesen. Obwohl ich mehrmals lange, spindelförmige, an glatte Muskelzellen lebhaft erinnernde Zellen mit langem, ebenfalls charakteristischem, stabförmigem Kern angetroffen habe, bin ich von ihrer Muskelzellennatur keineswegs überzeugt worden. Die Bindegewebszellen können näm-

lich solchen Zellen so ähnlich sein, dass eine Differentialdiagnose nur mit Rücksicht auf ihre resp. morphologischen Charaktere mir beinahe unmöglich erscheint. So lange wir kein ganz sicheres Reagenz für die Entdeckung der glatten Muskelzellen besitzen, dürfte diese Frage auch unentschieden bleiben.

Durch die Versilberung der Intima erhält man, wenn möglich, in gewissen Einzelheiten sogar noch deutlichere Bilder von dem oben geschilderten Zellennetze. Meine Präparate wurden in derselben Weise wie für die Darstellung des Endothels behandelt. Die dadurch erhaltenen Bilder wechseln, wie die oben beschriebenen Zellenformen, in der mannigfaltigsten Weise. Stets zeichnet sich jedoch ein schönes System heller, ungefärbter Figuren von einem bald mehr homogen braunen, bald mehr körnig schwarzgefärbten Grunde ab. Wenn das Präparat etwas dicker ist, sieht man in der Tiefe andere, jene Figuren kreuzende und mit ihnen anastomosirende, gleichartige Figuren durch die spärliche Schicht von Grundsubstanz, welche sie von der Oberfläche trennt, hervorschimmern (Taf. V Fig. 10—12). Nach der Färbung solcher Präparate mit Carmin oder Hämatoxylin treten deutliche Kerne von der schon oben beschriebenen typischen Gestalt hervor. Nach Behandlung mit Rosanilin aber färben sich sowohl die Hauptmasse der hellen Figuren, als auch die von ihr ausgehenden Fortsätze. Fig. 12 giebt das Zellennetz in einer schönen Gestalt wieder, welche zwar nicht zu den gewöhnlichsten gehört, die ich aber deswegen abbilden liess, weil gerade diese Form des Netzes, mit anderen Färbemitteln dargestellt, einem näheren Verständniss Schwierigkeiten darbietet. Die in dieser Fig. in der Grundsubstanz vorkommenden, kleinen, fast zirkelrunden, hellen Figuren (*a*) verdienen auch bemerkt zu werden; ich meine, dass dieselben möglicher Weise Kanälen für senkrechte gröbere Zellenfortsätze entsprechen. Uebrigens ist die Uebereinstimmung der Netze der Fig. 11 der Taf. V mit den Zellen der Fig. 8 und 9 der Tafel III, sowohl in Betreff der eigentlichen Gestalt als auch der in beiden vorhandenen Kornablagerung, so auffallend, dass es hinreichend ist, nur darauf hinzuweisen, um zu zeigen, dass hier dieselben Bildungen vorliegen.

Das geschilderte Zellennetz setzt sich als ein zusammenhängendes Netz durch die ganze Intima fort. Davon habe ich mich theils an gefärbten Querschitten, theils an nach einander abgetrennten und nachher versilberten Flächenschichten der Intima überzeugt. Stets wiederholten sich dabei dieselben Bilder des Netzes, wie die der oberflächlichen Schicht.

Die Frage von der Bedeutung der Silberbilder der Intima ist unter den Forschern mehrfach besprochen geworden. Während, wie oben hervorge-

hoben wurde, Langhans ihnen die Bedeutung eines intracellulären Kanalsystems vindicirt hat und sie als mit den auf andere Weise darstellbaren Zellen identisch ansieht, werden sie von v. Ebner nur als Artefacte betrachtet, die mit den bei vielen anderen subendothelialen Schichten durch Silber hervorzurufenden Kunstproducten vergleichbar sind. Ranvier glaubt an die Bedeutung der Bilder, d. h. der hellen Figuren, als Zellen, sieht aber in ihnen kein intracelluläres Plasmasystem. Keinem der genannten Forscher scheint es indessen gelungen zu sein, in diesen hellen Figuren denselben definitiv angehörige Kerne nachzuweisen. Merkwürdiger Weise bot mir nun diese Präparation keine Schwierigkeit dar; sowohl mit Carmin als mit Hämatoxylin ist sie gut gelungen. Der Grund der negativen Ergebnisse genannter Forscher ist mir nicht ganz erklärlich. Wenn aber die Vermuthung von Langhans richtig ist, dass das Nicht-Hervortreten der Kerne bei seinen Versuchen von der Einwirkung des Silbernitrates herrührte, so wird die Sache verständlicher. Während dieser Forscher bei der Versilberung der Intima für das Verbleiben des Präparats in der Silberlösung 5—24 Stunden und Ranvier mehr als eine Stunde vorschreibt, liess ich dasselbe nie mehr als 15 Minuten darin liegen. Und es stellte sich auch bei meinen Versuchen heraus, dass an den versilberten Präparaten die Kerne der hellen Figuren nach hinreichender Carminfärbung nur mässig gefärbt erscheinen, während alle übrigen Kerne, sowohl die des Endotheles als auch die der runden, an amoeboiden Zellen erinnernden Zellen, überfärbt wurden.

Schon oben habe ich erwähnt, dass bei den Silberpräparaten die also durch Färbung hervortretenden Kerne gerade in den breiteren Partien der hellen Figuren liegen und durch ihre Lage und Anordnung deutlich bezeugen, dass sie ihnen angehören, ebensowie dass die hellen Figuren selbst mit den verzweigten Zellen der Intima übereinstimmen. Durch Färbung der Kerne mehrerer auf einander liegender Zellennetze können zwar Bilder entstehen, die weniger deutlich erscheinen; durch Heben und Senken des Tubus aber erkennt man jedoch das wahre Verhalten.

Wenn es also entschieden ist, dass das durch Versilberung hervortretende helle netzförmige Figursystem mit den durch die andere einfache Färbungsmethode darstellbaren Zellennetzen identisch ist, so bleibt doch immer noch die Frage zu beantworten, welche durch die auffallende Aehnlichkeit der Silberbilder mit einem Kanalsystem unterstützt wird: Liegt hier, wie Langhans will, ein intracelluläres Plasmasystem vor, oder sind diese Zellen solide Gebilde? Wie gestaltet sich in solchem Falle ihr Verhältniss zu der Umgebung?

Diese Frage ist natürlich noch schwer zu entscheiden, besonders wenn man nur die vorliegenden Bilder berücksichtigt. Stelle ich aber die fraglichen Verhältnisse in die Beleuchtung des Wissens, welches man einerseits in Betreff der allgemein angenommenen Eigenschaften der Bindegewebszellen anderer Gebiete des Organismus und andererseits in Betreff der Bedeutung ähnlicher Bilder z. B. in der Cornea besitzt, so finde ich mich am meisten dazu geneigt, anzunehmen, dass diese Zellen der Intima dünn und häutchenähnlich sind, sowie dass in der Grundsubstanz ein System sinuöser Erweiterungen mit feineren und gröberen, anastomosirenden Kanälen vorhanden ist, in welchem die Zellen eingeschlossen liegen. Das Verhältniss der Zellen zu diesen Kanälen kann man sich in verschiedener Weise denken. Entweder tapetziren sie die eine Wand der fraglichen Räume aus, oder sie schwimmen frei in ihnen, von dem Gewebssaft umspühlt, der wahrscheinlich die Räume erfüllt. Die Richtigkeit einer derartigen Deutung zu bestreiten, wie Langhans gethan hat, scheint mir nicht hinreichende Stütze in der einzigen Thatsache zu haben, dass bei der grobkörnigen Ablagerung in den Zellen die Körner oft wie eine Injectionsmasse scheinbar das ganze Lumen sogar feiner Fortsätze erfüllen, ohne dass man zwischen ihnen und den Kanalwänden, wie Langhans besonders hervorhebt, einen Zwischenraum wahrnimmt. Leider ist es uns nicht möglich bei frischem, lebendem Gewebe, solche Verhältnisse nachzuspühren, sondern wir müssen uns mit dem Studium der in verschiedener Weise erhärteten Präparate begnügen.

Wie dem nun auch sei, so stimmen die Ansichten von Langhans und mir darin überein, dass wir in der Intima das Vorhandensein eines reichlich entwickelten Kanalsystemes annehmen, dessen Deutung als Führer des Gewebssaftes nahe liegt. Dass übrigens ein Saftkanalsystem in der Intima existirt, darüber scheinen im Ganzen die Ansichten der Forscher ziemlich übereinzustimmen, und mehrere nehmen, wie Langhans, an, dass die Silberbilder ihr Vorhandensein hinreichend beweisen. So berichtet v. Thanhoffer in einem Aufsatze: »Die Saftkanälchen der Gefässwände»[1] über seine Untersuchungen in dieser Richtung bei Fröschen, Hunden und Katzen. Bei denselben benutzte er die Versilberungsmethode theils wie gewöhnlich mit Silbernitratlösung (2 %), theils so modificirt, dass er unter hohem Druck eine Silberleimlösung in die untergebundenen Gefässe einspritzte. An successive gelegten Flächenschnitten beobachtete er dann die Zeichnungen, welche hier oben beschrieben wurden. Er giebt an, nachgewiesen zu haben, dass die

[1] v. Thanhoffer, Die Saftkanälchen der Gefässwände, Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften 1876.

»sternförmigen» Saftkanälchen in directer Verbindung mit Lymphgefässen stehen; er ist auch von dem unmittelbaren Zusammenhang der Saftkanälchen der Intima und der Adventitia überzeugt.

Wenn nun diese Kanälchen wirklich vorhanden sind, dürften sie wohl auch auf andere Weise dargelegt werden können. Eine gute Methode ist bekanntlich die Stichinjection. Ich konnte aber in der Literatur keine Nachricht über die Ergebnisse solcher Versuche bei der Intima auffinden. Bei meinen in dieser Hinsicht angestellten Stichinjectionen benutzte ich als Flüssigkeit das Asphaltchloroform. Es gelang mir nun, durch Einstich in die Media, von hier aus nicht nur durch dieselbe nach aussen hin in der *Adventitia* ein Kanalsystem zwischen ihren Lamellen und Bündeln zu füllen, welches an manchen Stellen einen lymphgefässähnlichen Charakter hat und mit den in anderen entsprechenden Geweben, z. B. im Epineurium der peripherischen Nerven dargestellten Saftbahnen sehr übereinstimmt; sondern auch in der ganzen *Media* selbst, zwischen ihren vielen elastischen Lamellen (Taf. V Fig. 14) erhielt ich ein reichliches Bahnennetz mit dünnen Maschen sowie endlich, von hier aus und mit dem System der Media innig zusammenhängend, auch in der *Intima* ein feines und dichtes Netz von Kanälchen, welche die ganze Haut bis zur inneren Oberfläche durchzogen, wovon ich mich sowohl durch Flächen- als durch Querschnitte überzeugen konnte. Es sind diese injicirten Netze ganz so gestaltet, wie man a priori erwarten dürfte. Sie ähneln (Taf. V Fig. 13) in hohem Grade den Silberfiguren und den Zellennetzen in der Intima. Wie diese wechseln auch sie in mancherlei Formen und liegen in vielen auf einander befindlichen Schichten, wobei sie einander in verschiedener Weise kreuzen. Nie sah ich hierbei, weder makro- noch mikroskopisch, Sprengung des Gewebes durch die Injection entstanden. Dagegen hatte ich bei meinen Injectionen stets Gelegenheit zu beobachten, wie die Injectionsflüssigkeit früher oder später bis auf die Oberfläche der Intima und weiter, durch dieselbe in Form zahlreicher, dicht stehender, zuerst äusserst kleiner, dann während des fortgesetzten Druckes wachsender Flüssigkeitstheilchen hinausdrang. Es liegt in der That auch nicht fern anzunehmen, dass die Blutbahn mit dem besprochenen Kanalsystem einigermassen in Communication steht, und ich glaube, dass, wenn dieses der Fall ist, die oben erwähnten »Stigmata» — ich lasse dahin gestellt sein, ob sie immer zugänglich sind oder nicht — die Communicationsöffnungen zwischen diesen beiden Bahnsystemen darstellen.

Jedenfalls ist nun durch Stichinjectionen bewiesen, dass in der Intima ein feines, dichtes und reichlich anastomosirendes Kanalsystem sich füllen

lässt, und dass dieses Kanalsystem in directer Communication mit gleichartigen Systemen in der Media und der Adventitia steht. Soweit aber die Stichinjection das Vorhandensein von Saftkanälchen im Allgemeinen beweisen kann, glaube ich, dass die von mir injicirten Bahnen derartige Kanälchen darstellen. Weitere Untersuchungen werden möglicher Weise einen directen Zusammenhang derselben mit grösseren, in der Aortenwand befindlichen, ableitenden Bahnen darlegen können.

Der Intima scheinen Nerven und in der Regel auch Blutgefässe zu fehlen. Koester[1] sagt zuweilen gesehen zu haben, dass Kapillaren sich bis in die Intima hinein ausgedehnt haben. Ich habe nie etwas derartiges wahrgenommen.

Wie oben hervorgehoben wurde, bietet es ziemlich grosse Schwierigkeiten, nach aussen hin eine bestimmte Grenze für die Intima zu ziehen. Die Methode von v. Ebner u. A., diese Grenze mit dem Auftreten der ersten Muskelzelle erzielt anzusehen, bietet — von anderen Gründen abgesehen — auch in praktischer Hinsicht Unbequemlichkeiten in Folge der schwierigen Erkenntniss und des anfangs sparsamen Auftretens der Muskelzellen dar. Die Auffassung Ranvier's, nach welcher die äussere Grenze durch eine einfache Lamina elastica interna, die innerste Lamelle der Media, gebildet wird, scheint, wenn man die gewöhnlichen Verhältnisse berücksichtigt, etwas zu schematisch zu sein.

Mag nun jede der verschiedenen Anschauungen über diese Frage ihren Werth behalten! Ich begnüge mich mit einer kurz gefassten Darstellung zu berichten, wie ich an übereinstimmenden Bildern, sowohl von Essigsäure- (resp. Holzessig-) und Pikrinsäurepräparaten als auch von solchen, welche nach schwacher Erhärtung in Chromsäure mit Hämatoxylin gefärbt wurden, diese Grenze — oder wie ich es lieber nenne, diesen Uebergang — zwischen den beiden Häuten in den meisten Fällen gefunden habe.

Nach aussen von der Zone (*d*), in welcher man auf dem senkrechten Längsschnitte (Taf. IV Fig. 4) zahlreicher als sonst quer- und schiefgeschnittene elastische Fasern (s. o.) trifft, sieht man (*a*) in einem solchen Schnitte meistens 3—4, zuweilen 2, aber auch bis 5 glänzende Stränge, welche sich wie die die elastischen Lamellen representirenden Stränge der Media aus-

[1] Koester, Verhandlungen des naturhistorischen Vereines des preussischen Rheinlands u. Westfalens 1875,

nehmen. Sie liegen jedoch hier viel näher an einander, sind schmäler und geben zahlreiche, in spitzem Winkel abgehende Verbindungsstränge an die Nachbarstränge ab. Die Lücken zwischen ihnen werden von dicht liegenden, durchgeschnittenen, elastischen Bildungen, von ein wenig homog. Bindesubstanz und von hier und da befindlichen, an gefärbten Präparaten wahrnehmbaren, langen, stabähnlichen Körperchen angefüllt. Der senkrechte Querschnitt, bei dem es im Allgemeinen viel schwerer ist sich genau zu orientiren, zeigt in der fraglichen Region ebenfalls Stränge, obwohl oft unterbrochen und streckenweise durch glänzende Körperchen ersetzt.

Wenn man nun diese Bilder zusammenstellt, so findet man, dass der Uebergang zwischen Intima und Media in der Regel von einer mehrschichtigen Zone gebildet wird, in welcher die elastischen Elemente theils in Gestalt hauptsächlich längsgehender Fasern, theils in Gestalt von Lamellen auftreten, die sich bei näherer Untersuchung fenestrirt zeigen. Beide Elemente kommen neben einander in einer und derselben Schicht vor. Die nach aussen von einander liegenden elastischen Fasernetze und Lamellen stehen unter sich in innigster Verbindung, und in den Interstitien zwischen ihnen trifft man längsgehende Muskelzellen an. Dass die hier auf dem Quer- sowohl als auf dem Längsschnitt hervortretenden betreff. Körperchen wirklich solche Zellen sind, scheint mir ganz sicher zu sein. Die glatten Muskelzellen bilden jedoch in dieser Partie der Aortenwand, so weit ich finden konnte, nie eine zusammenhängende Schicht, sondern kommen nur gruppenweise in einer oder ein Paar Lagen vor.

Obwohl ich, auf Grund des unzweifelhaft am meisten an die Media erinnernden Baues dieser Partie der Aortenwand, mehr geneigt war, dieselbe histologisch zur Media zu rechnen, so konnte ich jedoch keine Bedenken dagegen finden, sie als eine Uebergangsschicht von dieser Haut zur Intima zu schildern, um so viel mehr als man sich erst nach Uebersteigen dieser Schwelle — sie könnte gewissermassen eine mehrschichtige »Membrana (Lamina) elastica interna» genannt werden — auf dem gut charakterisirten Gebiete, welches Tunica media heisst, vollkommen zu Hause findet.

Es liegt nicht in dem Plane dieser Arbeit eine Darstellung der Tunica media aortæ zu geben. Ich konnte jedoch nicht umhin, wenigstens ein Paar naturgetreue Figuren (Taf. IV Fig. 15 und 16) desselben nach den

wunderschönen Holzessigpräparaten mitzutheilen, da die von anderen Forschern gelieferten Abbildungen besonders in Betreff der Anordnung des sonderbar gestalteten elastischen Gewebes dieser Haut im Allgemeinen viel zu wünschen übrig lassen.

Erklärung der Abbildungen.

TAFEL III—V.

Sämmtliche Figuren stellen Bilder aus der Aortenwand des erwachsenen Menschen dar. Sie haben ihre resp. Nummern von der Ordnung erhalten, in welcher sie als Illustrationen des Textes vorkommen, und ihre Anordnung auf den Tafeln rührt von Umständen her, die mit dem Graviren in Zusammenhang stehen.

Fig. 1. Endothel der Aorta: Aorta abdominalis. Behandlung: Höllensteinlösung; neutrales Carmin. Vergrösserung: Vérick's Obj. 3 + Oc. 3, ausgez. Tub.

Fig. 2. Feines, elastisches Balkenwerk aus dem oberflächlichen Theile der Intima. Behandl.: Frisches, mit der Pincette abgetrenntes dünnes Häutchen. Kaliumhydr. 33 %. Vergröss.: Vérick's Obj. 6 + Oc. 3, ausgez. T.

Fig. 3. Elastiches Netz aus den tiefsten Schichten der Intima. Behandl.: Frisches, abgetr., dünnes Häutchen. Saures Carmin. Vergröss.: wie bei Fig. 2. Zwischen ziemlich groben, nur wenig verzweigten, elastischen Strängen zieht sich ein feines Netz hin, welches gleichfalls von elastischer Beschaffenheit ist. In den Zellen erscheinen wegen der nicht hinreichenden Färbung die Kerne nicht deutlich.

Fig. 4. Aus einem Längsschnitte der Aorta: Aorta thoracica. *a* = die Uebergangsschicht. *b* = der an diese grenzende Theil der Intima. *c* = die innersten Schichten der Media, skizzirt. *d* = die Zone der vorzugsweise quer- und schrägverlaufenden elastischen Fasern. Behandl.: Holzessig. Vergröss.: Vérick's Imm. Obj. 9 + Oc. 3, ausgez. T. In den Zwischenräumen der hier 4-blättrigen Uebergangsschicht erscheinen einige längsgetroffene glatte Muskelzellen.

Fig. 5. Aus einem vertikalen Querschnitte der Aorta: Aorta thoracica. *a* = die Uebergangsschicht, skizzirt. *b* = der äussere Theil der Intima. *d* = wie bei Fig. 4 (*d*).

Fig. 6. Verzweigte, s. g. »stern- und spindelförmige» Bindegewebszellen der Intima. Behandl.: Von der Oberfläche abgetrenntes, dünnes Häutchen; Chromsäure; Hämatoxylin. Vergröss.: Vérick's Obj. 6 + Oc. 3, ausgez. T. Hier erscheinen ausserdem kleine, von einer sparsamen, protoplasmatischen Zone umgebene, rundliche Zellen.

Fig. 7. Wie bei Fig. 6.

Fig. 7 a. Eine mehrkernige Bindegewebszelle aus der Intima. Isolirt gezeichnet. Behandl. und Vergröss. wie bei Fig. 6.

Fig. 8. Riesenartige Bindegewebszellen der Intima (mit der oft vorkommenden Ablagerung von grossen, glänzenden, rundlichen Körnern). Behandl. und Vergröss. wie bei Fig. 6.

Fig. 9. Wie bei Fig. 8.

Fig. 10. Das der Oberfläche zunächst gelegene Zellennetz der Intima: Aorta abdominalis. Behandl.: Höllensteinlösung; abgetrenntes, dünnes Häutchen mit neutral. Carmin gefärbt. Vergröss.: Vérick's Obj. 6 + Oc. 3, ausgez. T. Am Rande erscheint das Endothel, dessen Kerne jedoch, um Verwechselung zu vermeiden, nicht gezeichet sind.

Fig. 11. Das Zellennetz der Intima: Aorta thoracica. Behandl.: Höllensteinlösung; abgetrenntes, dünnes Häutchen mit Hämatoxylin gefärbt. Vergröss.: Vérick's Obj. 3 + Oc. 3, ausgez. T. In den Zellen dieser Figur bemerkt man die grosskörnige Ablagerung.

Fig. 12. Grösseres Stück des Zellennetzes der Intima: Aorta abdominalis. Behandl. und Vergröss. wie bei Fig. 11. Anstatt des Hämatoxylins ist aber dieses Präparat mit neutr. Carmin gefärbt.

Fig. 13. Horizontalschnitt der Intima mit den von Asphalt erfüllten Saftkanälchen. Behandl.: Injection von Asphaltchloroform durch Einstich in die Media; Alkohol. Vergröss.: Vérick's Obj. 3 + Oc. 3, ausgez. T.

Fig. 14. Vertikaler Querschnitt der Media mit Saftkanälchen. Behandl. und Vergröss. wie bei Fig. 13.

Fig. 15. Vertikaler Querschnitt der Media: Aorta abdominalis. *a* = quergetroffene glatte Muskelzellen. Behandl.: Chromsäure $^1/_2$ %, Hämatoxylin. Vergröss.: Vérick's Obj. 8 + Oc. 3, ausgez. T.

Fig. 16. Vertikaler Querschnitt der Media: Aorta abdominalis. *a* = wie bei Fig. 15; *b* = Lücken, welche mit einer durchsichtigen, structurlosen Substanz erfüllt sind. Behandl.: Holzessig (2 Monate). Vergröss.: Vérick's Imm. Obj. 9 + Oc. 3, ausgez. T.

Beide Figuren (15 u. 16) stellen Partien aus der Mitte der Media-Haut dar.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologische Untersuchungen

Jahr/Year: 1881

Band/Volume: 1

Autor(en)/Author(s): Key-Aberg Algot

Artikel/Article: Ueber den Bau der Tunica intima der Aortenwand bei dem erwachsenen Menschen 27-50