

## IX.

# Über die Entwicklung der elastischen Fasern im Organismus und ihre Beziehungen zu der Gewebefunktion.

(Aus dem Pathologischen Institut zu Berlin.)

Von

Dr. med. Motokichi Nakai. Tokio (Japan).

(Hierzu Taf. VI.)

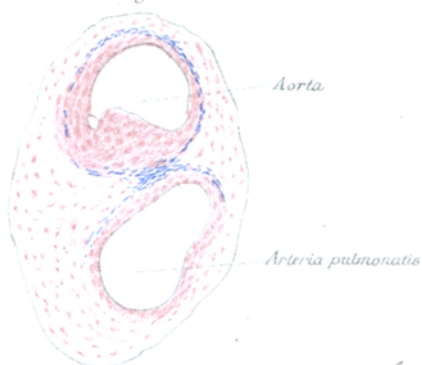
## I. Einleitung.

Das elastische Gewebe ist in den letzten Jahren von vielen Seiten und besonders auch von dem Standpunkt der pathologischen Anatomie untersucht worden. Zahlreiche Autoren haben sich, wie ein Einblick in die diesbezügliche Literatur uns lehrt, an dieser Arbeit beteiligt, und es wurde dabei auch vor allem die große Bedeutung klargestellt, die den Störungen des elastischen Gewebes bei den verschiedenen Krankheiten zukommt.

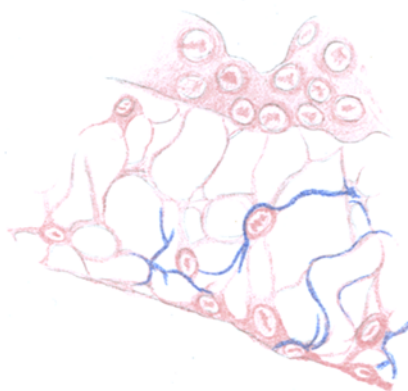
Um die regenerativen Vorgänge an den elastischen Fasern zu verstehen, und den Zweck dieser Vorgänge im elastischen Gewebe für den Organismus zu begreifen, gibt uns das Studium ihrer embryonalen Entwicklung eine Handhabe und zwar um so mehr, als wir dadurch in die Lage gesetzt werden, die Bedingungen ihres Auftretens unter physiologischen Verhältnissen kennen zu lernen. Denn es ist häufig genug das, was wir beim Erwachsenen unter dem Eindruck pathologischer Bedingungen beobachten, bis zu einem gewissen Grade nichts weiter als die Wiederholung einer bestimmten Entwicklungsperiode zu späterer Lebenszeit.

## II. Methode der Untersuchung.

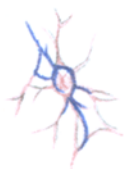
Um die Fragen: wann, wo und wie die erste Entstehung des elastischen Gewebes auftritt, zu beantworten und dann die weitere Entwicklung dieses Gewebes verfolgen zu können, habe ich an Hühnerembryonen verschiedenen Alters das elastische Gewebe untersucht. Soweit ich die Literatur überschaue, scheinen mir genauere Angaben darüber zu fehlen.



*Fig. 2.*



*Fig. 3.*



Es standen mir bebrütete Eier bezw. Embryonen von folgenden Brüttagen zu Gebote:

Embryo vom	2. Brüttage
" "	3. "
" "	4. "
" "	5. "
" "	6. "
" "	7. "
" "	9. "
" "	10. "
" "	14. "

Ich habe eine große Anzahl (etwa 6000) Serienschritte von 5  $\mu$  Dicke angefertigt. In der Regel wurden die ganzen Embryonen, bei den größeren Exemplaren Teile derselben in Schnitte zerlegt. Zur Fixation und Härtung brauchte ich Carnoysche<sup>1</sup> Flüssigkeit (Alk. abs. 3, Chloroform 6, Eisessig 1), absoluten Alkohol und Einbettung in Paraffin. Ich bediente mich abwechselnd folgender Doppelfärbungen: Hämatoxylin-Eosin oder Weigert-sche Elastica- mit Lithioncarminfärbung nach Orth.

Es wurde so z. B. von einem Embryo Schnitt Nr. 1 bis 20 oder 50 mit Hämatoxylin-Eosin, Schnitt Nr. 21 resp. 51 bis 40 resp. 100 nach Weigert-Orth gefärbt, dann wurde bei der folgenden Gruppe wieder Hämatoxylin-Eosin angewandt usf.

Ich bemerke noch, daß es bei der Elasticafärbung nötig ist, die Schnitte lange Zeit in der Farblösung stehen zu lassen, weil die jungen elastischen Fasern bei den Embryonen schwer färbbar sind. Genauere Angaben finden sich weiter unten.

### III. Befunde in den einzelnen Entwicklungsstadien.

Die Befunde, welche sich an den verschiedenen Schnittserien erheben lassen, seien hier kurz zusammengefaßt:

1. Embryo vom 2. Brüttage (entspricht fast dem Embryo Nr. 40 [d. h. 1 Tag und 23 Stunden] von den Keibelschen Normentafeln<sup>2</sup>).

Bei den Serienschritten vom ganzen Embryo läßt sich nichts am Gewebe mit der Weigertschen Elasticafärbung tingieren.

2. Embryo vom 3. Tage (Nr. 54 der Normentafeln [2 Tage 22 Stunden] entsprechend).

Serienschritte vom ganzen Embryo. Es färbt sich noch nichts mit der Elasticafärbung.

3. Embryo vom 4. Tage (Nr. 63 der Tafeln [3 Tage 16 Stunden] entsprechend).

Serienschritte vom ganzen Embryo haben 3 Tage lang in Weigert-scher Elastica-Färbelösung gelegen. Noch keine Spur von blau gefärbtem Gewebe nach der Weigertschen Elasticafärbung.

4. Embryo vom 5. Tag (Nr. 77 [5 Tage 1½ Stunden] entsprechend).

Serienschritte vom ganzen Embryo ohne Kopf. Ebenfalls 3 Tage lang in Farblösung gelegen.

Bei diesem Embryo tritt zuerst *Elastica* in Form feinsten Fäserchen auf. In der Wand der Aorta und Arteria pulmonalis findet man in der Nähe des Anfangsteiles dieser Gefäße am Herzen und zwar in einer Längenausdehnung von etwa 0,5 mm (100 Serienschritte à 5  $\mu$ ) elastische Fasern. Dieselben liegen circular am äußeren Rande der die Gefäßlumina umgebenden kernreichen, dichten Zellschicht. Es handelt sich um sehr zarte, wellige Fäserchen und man sieht, wie in der zwischen den beiden Gefäßen befindlichen Gewebspartie die elastischen Fasern beider Gefäße vielfach derart eng aneinander liegen, daß die Trennung des dem einen Gefäße zugehörigen Faseranteils von demjenigen des andern nicht möglich ist.

Die Aortenwand läßt einen weit kräftigeren Ring elastischer Fasern erkennen, als die Wand der Arteria pulmonalis.

Bei diesem Embryo ist die Anlage der Wirbel in der Umgebung der Chorda bereits deutlich zu sehen, aber sie scheint noch nicht knorpelig, und von Knorpelgrundsubstanz ist noch nichts zu sehen.

Bei den Extremitäten ist die Knorpelgrundsubstanz dagegen leicht erkennbar.

5. Embryo vom 6. Tage (Nr. 79 [5 Tage 15 Stunden] entsprechend).

Serienschritte des ganzen Embryon ohne Kopf.

Die Längenausdehnung der *Elastica* hat zugenommen, und zwar ist die *Elastica* von den Wurzeln der beiden großen Gefäße nach herz-distaler gelegenen Abschnitten der Gefäße gewachsen. Die Circulärschicht erscheint auf den Querschnitten faserreicher als vormals.

Die Grundsubstanz der Wirbelanlage hat bereits einen knorpeligen Charakter.

Die Extremitätenknorpel färben sich leicht blau.

6. Embryo vom 7. Tage (Nr. 80 [7 Tage, 8 Stunden] entsprechend).

Serienschritte von Hals- und Oberbrustteil.

Am elastischen Gewebe findet sich, abgesehen von einem weiteren Fortschritte seiner Entwicklung in dem oben fixierten Sinne, keine nennenswerte Veränderung.

Die Grundsubstanz des Wirbelknorpels ist blau färbbar geworden.

7. Embryo vom 9. Tage (Nr. 91 [9 Tage] entsprechend).

Serienschritt von Hals- und Brustteil.

Die Ausstattung der Wand der beiden großen Gefäße mit elastischem Gewebe ist eine reichere geworden.

Zum ersten Male tritt jetzt auch noch an einem anderen Orte *Elastica* auf: in dem Epikard.

8. Embryo vom 10. Tage (Nr. 92 [10 Tage, 2 Stunden] entsprechend).

Serienschritte von Hals- und Oberbrustteil.

Außer in der Wand der beiden großen Gefäße und im Epikard werden in den Gelenkbändern der Extremitäten elastische Fasern sichtbar.

In der Gegend der Insertionsstelle der Extremitäten am Rumpf treten inmitten des dort zwischen den Muskelzügen eingelagerten interstitiellen Gewebes elastische Fasern auf.

9. Embryo vom 14. Tage.

Serienschnitte vom Brustteil.

Zu der *Elastica* an der Wand der beiden großen Arterien gesellen sich elastische Fasern in der Wand der kleineren Gefäße (Arterien und Venen).

Im interstitiellen Gewebe sind allenthalben elastische Fasern weit verbreitet, aber im interstitiellen Gewebe bestimmter Organe (z. B. der Lunge usw.) findet sich noch keine Spur elastischer Fasern.

#### IV. Das zeitliche Auftreten der elastischen Fasern in den verschiedenen Körperteilen.

Die oben im einzelnen mitgeteilten Befunde lassen sich in folgender Tabelle zusammenfassen.

Brüt- tage	Elastica	Herz	Extremitäten	Wirbel
2.	—	Herz- anlage	—	—
3.	—	Herz- bewegung deutlich	—	—
4.	—	Herz- bewegung deutlich	Ext. angelegt	—
5.	Erste Entstehung der elastischen Fasern in Aorta- und Pulmonalwand	—	Ext. Skelett knorpelig	—
6.	Weitere Entwicklung	—	Ext. Knorpel blau gefärbt	Wirbel knorpelig
7.	„ „	—	—	Wirbel knorpel blau
9.	Erste Entstehung der elastischen Fasern im Epikard	—	—	—
10.	In Gelenkbändern. Im interstitiellen Gewebe in der Gegend der Insertion der Extremitäten	—	—	—
14.	In kleineren Gefäßen. Im interstitiellen Gewebe weit verbreitet, aber noch nicht im interstitiellen Gewebe einzelner Organe, wie z. B. Lunge usw.	—	—	—

Wir haben gesehen, daß die elastischen Fasern zuerst in der Wand der großen Gefäße, und zwar im Anfangsteile von Aorta und Arteria pulmonalis, auftreten, bald nachdem das Herz begonnen hat, seine rhythmische Tätigkeit aufzunehmen.

Wir sehen, wie sich diese Fasern dann allmählich herzdistanal in der Gefäßwand vorschieben, wie sie alsbald an anderen Orten im Körper inmitten des interstitiellen Gewebes erscheinen, und zwar überall da, wo sich Körperteile anschicken, Bewegungen auszuführen oder auf die Funktion, die sich in der Bewegung der Teile ausdrückt, vorzubereiten. So entsteht *Elastica* in dem Epikard, in dem Ansatzgebiete der Extremitäten an dem Rumpf, sie erscheint in den Gelenkbändern und bleibt noch lange aus in dem Organe, das beim Erwachsenen doch als die eigentliche Domäne der *Elastica* genannt werden darf: in den Lungen.

Auch beim neugeborenen Menschen ist die *Elastica* der Lungen, wie ich mich überzeugt habe, noch nicht in ihrer Entwicklung abgeschlossen, wenn man das aus ihrer schweren Färbbarkeit folgern darf.

Alles das kann nur einen Sinn haben: Bei der embryonalen Entwicklung steht das elastische Gewebe in einer bestimmten Beziehung zur Funktion der einzelnen Körperteile: überall, wo Bewegung auftritt oder wenigstens sich vorbereitet, sproßt die *Elastica* inmitten des interstitiellen Gewebes, ohne daß ich damit natürlich sagen will, das Auftreten der *Elastica* sei in jedem einzelnen Falle und bei jedem einzelnen Individuum die Folge der Bewegung der Teile.

Ich stelle hier mit Genugtuung fest, daß J. Schiffmann<sup>16</sup> auf Grund seiner eigenen experimentellen Untersuchungen an Kaninchen zu dem Schluß gekommen ist, daß die Bildung der elastischen Fasern zum Teil abhängig sei von der mechanischen Inanspruchnahme des Gewebes (von der Zugwirkung). Dieser Gedanke steht durchaus mit dem im Einklang, was ich soeben ausgeführt habe.

Es sollte nur ganz allgemein die Beziehung der Morphologie zur Funktion an dem Beispiel der Entwicklung des elastischen Gewebes zum Ausdruck gebracht werden.

Daß es gerade die Bewegung ist, zu der die *Elastica* in so nahe Beziehung tritt, bedarf kaum einer weiteren Erläuterung. Sollen Körperteile bewegt werden, so müssen sie ganz besondere physiologische Eigenschaften haben, die darin gipfeln, daß sie in hohem Grade dehnbar sind, ohne eine dauernde Störung ihrer ursprünglichen Form zu erfahren. Es bedürfen eben die zu bewegenden Teile einer höheren Elastizität im Chwalsonschen<sup>3</sup> Sinne.

#### V. Zur Begriffsbestimmung der Elastizität.

Wenn wir hier von Elastizität sprechen, so erscheint es wünschenswert, auf die Definition dieses Begriffes etwas näher einzugehen, weil sich in der Literatur ein Streit darüber entsponnen hat, was Elastizität ist und ob man ein Recht hat, bestimmte Körper und für den vorliegenden Fall bestimmte Gewebe im Gegensatz zu anderen als „elastisch“ zu bezeichnen.

Im allgemeinen wird die Elastizität als eine bestimmte physikalische Eigenschaft des Körpers bezeichnet, die an sich einer quantitativen Bestimmung jedoch noch bedarf. Was den Maßstab für die Elastizität anlangt, so scheinen mir im wesentlichen, soweit ich die Literatur überschauete, vier Definitionen für den Begriff der Elastizität gegeben zu sein.

a) In der Physik nennt man im allgemeinen Körper elastisch (also hohe Elastizität besitzend), deren Elastizitätsmodulus (nach Young) hoch ist, z. B. Korund, Topas, Stahl usw.

b) Nach einer anderen Definition begreifen manche Physiker solche Körper als elastisch, deren Deformation nur durch beträchtliche Kraft hervorgerufen werden können; darnach ist z. B. dicker Stahldraht von höherer Elastizität als dünner Stahldraht.<sup>1)</sup>

c) Nach Maßgabe des allgemeinen Sprachgebrauchs gelten solche Körper als elastisch, bei denen man mit geringer Kraft

<sup>1)</sup> Begriff der Elastizität (nach Winkelmann<sup>4</sup>). Elastizität, im allgemeinsten Sinne des Wortes, bezeichnet den Widerstand irgendeines Körpers gegen Veränderungen der Lage seiner Teile gegeneinander.

eine größtmögliche Deformation hervorrufen kann, während mit dem Aufhören der Kraftwirkung sich die normale Form sofort wieder einstellt.

In diesem Sinne würde z. B. ein dünner Gummifaden „elastischer“ sein, als ein dicker.

d) Eine vierte Definition endlich legt solchen Körpern das Attribut „elastisch“ bei, deren Elastizitätsgrenze (vgl. Chwalson S. 694) im Sinne der Physik erst nach beträchtlicher vorausgegangener Deformation erreicht wird, wie z. B. bei Kautschuk (Chwalson). (Von manchen Autoren als „vollkommen elastisch“ genannt.)

Max Bönninger<sup>5</sup> (S. 166) bezeichnet einen Körper als „um so elastischer, je größer die Kraft ist, welche nötig ist, um eine temporäre Verschiebung seiner Teile gegeneinander hervorzurufen“. Diese Definition scheint mir der Definition (a) hier zu entsprechen. Er benutzt aber in den folgenden Zeilen den vulgären Elastizitätsbegriff, der zu unserer Definition (d) paßt.<sup>1)</sup>

In diesem Sinne haben die sog. elastischen Fasern des Körpers eine hohe Elastizität, eine höhere als z. B. der Knochen, während z. B. dem Knochen nach der erstangeführten Definition eine höhere Elastizität zukommen würde als den eigentlichen elastischen Fasern (vgl. <sup>6</sup>).

Aus alledem ergibt sich, daß es ein Streit um Worte ist, ob man ein Gewebe elastisch nennen darf, oder ob man die Berechtigung dazu aberkennt. Es kommt eben darauf an, was man unter „Elastizität“ versteht, und dieser Begriff ist selbst elastisch genug, um eine genauere Präzisierung in jedem Falle zu rechtfertigen.

Ich nehme für die sog. elastischen Fasern diejenige Definition des Begriffs „Elastizität“ in Anspruch, die ich an letzter Stelle mitgeteilt habe (vgl. auch Triepel<sup>7</sup>).

<sup>1)</sup> Es sei mir gestattet, hier auf meine Untersuchung über erworbene Störungen in den Elastizitätsverhältnissen der großen Gefäße, dieses Archiv Bd. 103, zu verweisen. Dort finden sich außer der Begriffsbestimmung auch noch einschlägige Literaturangaben, welche für diese Frage von Interesse sind.



## VI. Über die Bedeutung der elastischen Fasern für den Organismus.

Aus meinen Beobachtungen am Embryo ergeben sich nun noch weiterhin einige Ausblicke auf die Bedeutung der Elastizität überhaupt für den Organismus.

Wenn wir annehmen, daß den zu bewegendenden Teilen eine höhere Elastizität innewohnen muß als den anderen, und wir in der Ontogenie sehen, wie gerade da im Körper elastische Fasern im interstitiellen Gewebe auftreten, wo Körperteile ihre Formen fortwährend ändern müssen, so scheint der Schluß berechtigt, daß die Beimengung der sog. elastischen Fasern zum collagenen Bindegewebe die Gewebselastizität in dem oben fixierten Sinne erhöht.<sup>1)</sup>

Indessen hat dieser Satz insofern keine allgemeine Gültigkeit, als nicht in jedem Falle die Zunahme elastischer Fasern in einem Gewebe eine Steigerung der Elastizität desselben involviert. Es vermögen wohl Aortenwände gleicher Dicke, aber mit verschiedenem Reichtum an normalen, nicht pathologisch veränderten elastischen Fasern ungleich elastisch zu sein, und zwar so, daß das an *Elastica* ärmere Gefäß weniger elastisch ist als das andere, indessen können zwei Arterienwände ungleicher Dicke, aber von ebenmäßigem Gehalt an elastischen Fasern in der Raumeinheit insofern ungleich elastisch scheinen, als man, um gleiche Dehnungsgrade zu erhalten, das dickere Gefäß mit größerer Gewalt angreifen muß als das dünnere.

Bei gleicher Gewalt würde die dickere Gefäßwand weniger stark als die dünnere gedehnt werden. Wenn man jedoch bedenkt, daß bei gleichem Reichtum an elastischen Fasern in der Raumeinheit bei einer dickeren Gefäßwand eben numerisch mehr Widerstände zu überwinden sind als bei einer dünneren, so versteht man, daß die Dehnungsgröße, die bei gleicher Kraft (aber ungleicher Zahl der in den elastischen Elementen usw.

<sup>1)</sup> Vgl. O. Israel, Elemente der patholog.-anatom. Diagnose, II. Aufl., Berlin 1900, im Abschnitt: Die Konsistenz der Binde-substanzen.

befindlichen Widerstände) erhalten wird, unmöglich der Elastizität in dem Sinne proportional sein kann, daß das stärker gedehnte Gewebe elastischer sein müsse als das andere.

Im Gegenteil, fast das Umgekehrte wird zutreffen. Ein Beispiel dafür dürfte eine normale Aorta (keine Spur von Arteriosklerose usw. darf vorhanden sein) und eine sog. Hosen-trägeraorta abgeben. Nicht der Reichtum an elastischen Fasern in der Raumeinheit, sondern hauptsächlich die Ungleichheit der Querschnitte der Gefäßwände dürften die scheinbare Differenz in der Elastizität bedingen, die in absolutem Sinne, wie mir scheint, überhaupt nicht vorhanden ist.

## VII. Über die Art und Weise der Bildung der elastischen Fasern.

Endlich haben meine embryologischen Studien einige Aufschlüsse über die Art und Weise der Entstehung der elastischen Fasern gegeben, auf die ich zum Schlusse noch kurz eingehen möchte.

Bekanntlich sind es im wesentlichen zwei Theorien, welche diesen Punkt betreffen.

Die erste Theorie, diejenige der intercellularen Entstehung der elastischen Fasern, wie sie von Ranvier, Kölliker, Reinke u. a. vertreten wird, nimmt an, daß die elastischen Fasern nicht direkt aus Zellen hervorgehen, sondern inmitten der intercellularen Substanz entstehen.

Einige Autoren glauben, daß präformierte collagene Fasern sich in elastische Fasern umwandeln.

Ich will gleich vorausnehmen, daß meine eigenen Beobachtungen entschieden zugunsten der anderen Theorie, nämlich derjenigen der cellularen Entstehung der elastischen Fasern, sprechen.

Schwann<sup>8</sup> hatte bereits im Jahre 1839 an Zupfpräparaten der Aortenwand von Schweinembryonen die Entwicklung der elastischen Fasern untersucht und auf die cellulare Entstehung dieser Fasern hingewiesen, und zwar sollten die jungen elastischen Fasern in enger Anlagerung an kernhaltige Zellen entstehen.

O. Hertwig<sup>9</sup> dagegen kam bei Untersuchung der menschlichen foetalen Ohrknorpel zu dem Resultat, daß das Protoplasma der Zellen die elastische Substanz gleich als fertig bilde. Mit ihm stimmt auch Deutschmann überein.

Die Theorie der cellularen Entstehung fand aber auch Gegner, unter welchen Ranvier, Kölliker und Reinke hervorzuheben sind. Kölliker<sup>10</sup> und Reinke<sup>11</sup> haben die Entstehung der elastischen Fasern präformierten collagenen Fasern zugeschrieben.

Nachdem die moderne Färbetechnik der Elastica von Unna, Taenzer und besonders von Weigert ausgebildet war, bekam die Theorie der cellularen Entstehung der elastischen Fasern eine festere Stütze.

Die Arbeiten Hansens<sup>12</sup> aus dem Jahre 1898/99 enthalten viele Analogien zu meinen eigenen Beobachtungen.

Hansens Angaben gipfeln in dem Punkte, daß im Protoplasma der Bindegewebszellen zwei Schichten unterscheidbar sind, ein äußeres Ectoplasma, welches die Bildungsstätte der Bindegewebsfasern sein soll, und ein inneres Endoplasma, aus dem die elastischen Fasern entstehen sollen.

W. Flemming<sup>13</sup> äußerte in seiner Beschreibung der Histogenese der Stützsubstanzen der Binde substanzgruppe seine Ansicht zugunsten der cellularen Entstehung der elastischen Fasern auf Grund seiner Arbeit über die intracelluläre Genese der Bindegewebsfibrillen.

Richard Thomé<sup>16</sup> sagt in seiner Arbeit über Lymphknoten: „In den weitaus meisten Zellen bzw. Zellausläufern differenziert sich ein Teil des Protoplasma zu Fasern, die denen des fibrillären Bindegewebes nahe stehen. Späterhin werden auch in dem Zellprotoplasma in mehr oder minder großer Ausdehnung elastische Fasern ausgebildet.“

Minervini<sup>14</sup> befaßte sich in einer Arbeit aus dem Jahre 1904 mit dem gleichen Gegenstand bei der Untersuchung der Narbe. In seiner Publikation schreibt er: „Bei den dünnsten und am besten gefärbten Schnitten und bei starker Vergrößerung gelang es nur manchmal, in dem Narbengewebe spindelförmige Zellelemente zu sehen (wie auch Jores und Grohé angeben), welche sich an den Spitzen in zwei dünne elastische

Fasern fortsetzen, und öfters konnte ich auch kurze und sehr dünne Fäserchen konstatieren, eng an die Zellkörper gedrängt.“

„Ich konnte nie mit Sicherheit die Anwesenheit jener kleinsten Körnchen feststellen, welche auf die spezifische Färbung reagieren, und in Reihen angeordnet an die Bildung neuer Fasern erinnern. Aus all diesen Gründen scheint es mir glaublicher, daß die Bildung der neuen elastischen Fasern im Narbengewebe von den bereits vorhandenen unabhängig, und daß ihre Verbindung mit diesen sekundär ist, so daß es wahrscheinlicher ist, daß ihre Genese direkt vom Zellprotoplasma stattfindet, als von der Grundsubstanz.“ Das stimmt mit meinem Resultate bei der Untersuchung der embryonalen Entwicklung der elastischen Fasern im großen und ganzen gut überein.

Die Art und Weise der Entstehung der elastischen Fasern genau kennen zu lernen, macht deshalb die Schwierigkeiten, weil bei der ersten Entstehung der Fasern an der Wand der Aorta und Arteria pulmonalis die Zellen dicht zusammengedrängt liegen, so daß es kaum möglich ist, sicher zu unterscheiden, ob die elastischen Fasern zwischen den Zellen ganz frei und von den Zellen unabhängig sind, oder als direkte Fortsetzung der Zellen angesehen werden müssen. Daß die präformierten collagenen Fasern sich in elastische Fasern umwandeln, ist dabei unwahrscheinlich, weil in diesem früheren Stadium keine Spur von fertigen collagenen Fasern in anderen lockeren interstitiellen Geweben zu erkennen ist. Was dort als Fasern erscheint, sind alles Fortsätze der netzförmig angeordneten Mesenchymzellen.

Das Auftreten von elastischen Fasern im locker gebundenen Gewebe findet man erst im späteren Stadium des embryonalen Lebens.

Bei den Präparaten aus der frühesten embryonalen Entwicklung habe ich die junge *Elastica* immer schon in Form von feinen, nach dem Ende dünner werdenden Fäserchen gefunden. Auch in diesem frühesten Entwicklungsstadium ist das Gewebe, in das die Fasern eingebettet sind, bereits von großer Dichtigkeit. Es ist daher hier schwer zu entscheiden, welcher Provenienz die Fasern sind.

Andererseits habe ich in späteren Entwicklungsstadien, bei denen die elastischen Fasern im lockeren Mesenchymgewebe liegen, hier und da Bilder gefunden, welche die direkte Entstehung der Fasern aus den Fortsätzen der Mesenchymzellen in hohem Grade wahrscheinlich machen; die von mir beobachteten Zellbilder erinnern außerordentlich an diejenigen, welche sich in der Beschreibung von Hansen finden. (Fig. 2, Taf. VI.)

Aus diesem Grunde gebe ich der Theorie der cellularen Entstehung der elastischen Fasern den Vorzug.

### VIII. Schlußfolgerungen.

1. Die nach Weigertscher Elasticafärbung färbbare Substanz nimmt ihre erste Entstehung in der embryonalen Zeit bei Hühnern am fünften Brüttage, zwei Tage nachdem das Herz seine rhythmische Tätigkeit begonnen hat.

2. Sie entsteht zuerst in der Wand der Aorta und Arteria pulmonalis und zwar in dem Anfangsgebiete dieser Gefäße dicht oberhalb der Semilunarklappen in der peripherischen Schicht der Gefäßwand und zwar als eine Gruppe der feinen, nach einem Ende dünner werdenden, in der Gefäßwand zirkulär, leicht wellenförmig verlaufenden Fasern, welche sich als die Fortsätze der sternförmigen oder spindelförmigen Mesenchymzellen darstellen.

3. Die Entwicklung der elastischen Fasern setzt sich in der Wand der beiden großen Gefäße von ihren Ursprüngen nach der Peripherie zu und zwar auch nach ihren Verästelungen immer weiter fort, indem die Fasern an Zahl und Dicke zunehmen.

4. Am neunten Brüttage findet man zuerst die elastischen Fasern im Epikardium, dann an den Gelenken der Extremitäten und in dem interstitiellen Gewebe, welches sich in der Umgebung der Insertion der Extremitäten am zehnten Brüttage findet.

Am vierzehnten Brüttage sind die elastischen Fasern in dem interstitiellen Gewebe weit verbreitet, aber die Organe (z. B. auch die Lungen) sind noch frei von elastischen Fasern.

5. Aus diesen Befunden kann man den Schluß ziehen, daß die elastischen Fasern in demjenigen Gewebe

früher entstehen, welches in embryonaler Zeit früher der physikalischen Eigenschaft bedarf, vermöge deren es nach der Ausdehnung durch irgendeine Kraft bei dem Nachlaß der Kraft wieder von selbst auf seinen ursprünglichen Umfang sich zurückzieht: der Elastizität im Chwalson'schen Sinne. Auf die Beziehung der Entstehung der elastischen Fasern zur Funktion der betreffenden Gewebe, bzw. Körperteile, ist oben bereits hingewiesen worden.

### Literatur.

1. Paul Röthig, Handbuch der embryologischen Technik. 1904.
2. F. Keibel, Normentafeln zur Entwicklungsgeschichte der Wirbeltiere. Zweites Heft. — Normentafel zur Entwicklungsgeschichte des Huhnes (*gallus domesticus*).
3. O. D. Chwalson, Lehrbuch der Physik, übersetzt von H. Pflaum. 1902. I. Band.
4. Winkelmann, Handbuch der Physik. I. Band, S. 214. 1891.
5. Max Bönninger, Die elastische Spannung der Haut und deren Beziehung zum Oedem. (Zeitschrift für experimentelle Pathologie und Therapie. Band I. Heft I. 1905.)
6. Landois, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. X. Auflage. 1900.
7. Hermann Triepel, Noch einmal das Wort „elastisch“ in der Bezeichnung eines Gewebes. (Anat. Anz. XVII. S. 457. 1900.)
8. Schwann, Lit.-Verzeichnis. 1839. S. 148 ff. (citirt nach W. Flemming. Lit. 14.)
9. O. Hertwig, Über die Entwicklung und den Bau des elastischen Gewebes im Netzknochen. (Archiv mikrosk. Anat. Band IX. S. 80.)
10. Kölliker, Handbuch der Gewebelehre des Menschen. I. Band. S. 115. 1889.
11. Friedrich Reinke, Zellstudien. (Archiv mikrosk. Anat. Band XLIII. S. 381 ff. 1894.)
12. C. C. Hansen in Kopenhagen, Über die Genese einiger Bindegewebsgrundsubstanzen. (Anat. Anz. Band XVI. S. 417. 1899.)
13. W. Flemming, Die Histogenese der Stützsubstanzen der Bindegewebsgruppe. (Handbuch der vergleichenden und experimentellen Entwicklungslehre der Wirbeltiere. Herausgegeben von Dr. Oskar Hertwig.)
14. Minervini, Über die Ausbildung der Narbe. (Dieses Arch. 175. S. 238. 1904.)
15. Josef Schiffmann, Die Histogenese der elastischen Fasern bei der Organisation des Aleuronatexsudates. (Zentralblatt für allgemeine Pathologie und pathologische Anatomie. XIV. Band. Nr. 20. S. 833. 1903.)

16. Richard Thomé, Beiträge zur mikroskopischen Anatomie der Lymphknoten. (Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft. XXX. Bd. I. Heft. S. 174. 1902.)

### Erklärung der Abbildungen auf Taf. VI.

- Fig. 1. Der Gefäßstamm beider großen Arterien, Aorta und Arteria pulmonalis. Horizontalschnitt dicht bei dem Herzen beim Hühnerembryo vom 5. Tage. Blau: elastische Faser; rot: andere Gewebe, dichteres Gewebe in der Wandung der Gefäße, bei Aorta dicker als bei A. pulmonalis; lockeres Gewebe umfaßt das Ganze.
- Fig. 2. Schnitt des Epicardiums beim Embryo vom 9. Tage. Blau: elastische Fasern; rot: Mesenchymzellen.
-