

# Über die elastischen Fasern<sup>1)</sup>.

Von  
Prof. Dr. Carl Sternberg.

(Eingegangen am 24. November 1924.)

Untersuchungen, die Herr Dr. Awoki in meinem Institut ausgeführt hat und über welche in diesem Archiv berichtet wird, zeigten überraschenderweise, daß in anscheinend vollkommen normaler Haut die elastischen Fasern überaus häufig Veränderungen, oft schwerer Art, aufweisen. Zum Teil handelt es sich um herdweise Atrophien dieser Fasern in den oberflächlichen Cutisschichten, namentlich im Bereich des Papillarkörpers, zum Teil um körnigen Zerfall, Aufquellung und Aufknäuelung. Nicht selten sieht man an Stelle der elastischen Fasern runde oder ovale Kügelchen oder Tröpfchen, die die Farbreaktion elastischer Fasern geben; den auffälligsten Befund aber, der keineswegs selten erhoben wurde, bildeten große Klumpen, die sich buckelförmig unter der Epidermis vorwölbt und aus breiten Bändern oder unregelmäßig scholligen, bei Elasticafärbung stark schwarz gefärbten Massen bestehen. (Bezüglich der Einzelheiten sei auf die Beschreibungen und Abbildungen in der erwähnten Arbeit verwiesen.)

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen fordern nun zu Betrachtungen über die Bedeutung der elastischen Fasern auf. Wie der Name sagt, wird diesen Gebilden allgemein eine sehr bedeutende, die anderen Gewebsbestandteile weit übertreffende Elastizität zugesprochen. Dabei wird „Elastizität“ als Schnellkraft oder Federkraft aufgefaßt und ihr Wesen im Sinne des Sprachgebrauches darin erblickt, daß die Fasern besonders dehnbar sind und bei Nachlassen der Zugwirkung rasch wieder ihre frühere Gestalt annehmen, etwa wie ein gedehnter Gummifaden nach Aufhören des Zuges in seine frühere Form zurück schnellt. Diese Auffassung der Elastizität deckt sich keineswegs mit der Definition, die die Physik für Elastizität gibt. So betont Triepel in seiner Einführung in die physikalische Anatomie, daß bei der Fähigkeit eines Körpers, eine erlittene Formveränderung nach Fortfall der beanspruchenden Kräfte wieder auszugleichen, auch andere Momente als die Elastizität (Dehnbarkeit, Grenzverlängerung, elastische Vollkommenheit) in Betracht kommen, und definiert die Elastizität als

<sup>1)</sup> Auszugswise auf der Tagung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte in Innsbruck 1924 vorgetragen.

„diejenige Eigenschaft eines Körpers, auf Grund derer er befähigt ist, äußeren Kräften, die seinen natürlichen Zustand verändern, innere Kräfte entgegenzusetzen, die die Wiederherstellung des natürlichen Zustandes oder wenigstens eine Annäherung an ihn anstreben.“ Danach deckt sich also Elastizität mit elastischem Widerstand. *Auerbach* definiert die Elastizität in Kürze als „die in einem Körper durch einen Zwang wachgerufenen inneren Kräfte.“

Es unterliegt aber keinem Zweifel, daß der Mediziner bei der Bezeichnung „elastische Fasern“ nicht an die physikalische Begriffsbestimmung der Elastizität, nicht an den elastischen Widerstand, bzw. an die in der Faser gegebenenfalles wachgerufenen Kräfte, sondern nur an die Schnellkraft oder Federkraft, wie sie an einem Gummifaden bekannt ist, denkt. Man wird auch kaum fehlgehen, wenn man annimmt, daß zu dieser Analogisierung bzw. zu der Bezeichnung „elastische Faser“ ihr histologisches Bild, vor allem ihre Schlängelung, die vielfach an die Form einer Spiralfeder erinnert, Veranlassung gegeben haben dürfte. Ist nun diese Auffassung der elastischen Fasern richtig, haben die elastischen Bänder und Lamellen in der Arterienwand, in der Wand der Lungenalveolen usw. tatsächlich jene physiologische Bedeutung, die ihnen gewöhnlichen zugeschrieben wird? Schon *Hyrtl* hat dagegen manchen Einwand erhoben. Ihm erschien das Vorkommen von elastischen Fasern in Membranen, die der Elastizität nicht bedürfen (vgl. z. B. die *Dura mater*), unverständlich. Er meinte ferner, daß dort, wo elastische Fasern mit Fasern eines anderen Gewebes gemengt erscheinen, letztere ebenso elastisch sein müssen wie erstere, sonst müßte es z. B. in der Arterie bei ihrer Ausdehnung zu einer Zerrung, bei ihrer Zusammenziehung zu einer Fältelung der Intima und Media kommen, was aber tatsächlich nicht der Fall ist. „Der Name elastisch eignet sich also schlecht zur Trennung einer einzigen Gewebsart, da ein gleicher Grad von Elastizität auch allen anderen Geweben zukommen muß, welche mit dem elastischen Gewebe anatomisch verbunden sind.“

In der Tat lassen sich verschiedene Erfahrungen geltend machen, die mit der gangbaren Auffassung über die Bedeutung der elastischen Fasern schwer vereinbar sind. So sieht man gelegentlich bei Obduktionen Arterien, die eine auffallend starke Elastizität — immer im gewöhnlichen Sinne des Wortes gemeint — besitzen. Sie sind ungewöhnlich stark dehnbar und verkürzen sich bei Nachlassen des Zuges (bzw. die Aorta bei Ablösung von der Wirbelsäule) sehr rasch. Da gewöhnlich aus einer Vermehrung der elastischen Fasern in der Arterienwand auf eine erhöhte Elastizität und umgekehrt geschlossen wird, würde man in solchen Fällen einen besonderen Reichtum oder eine besonders starke Entwicklung der elastischen Fasern erwarten, findet aber bei der histologischen Untersuchung eher das Gegenteil.

Die Elastica solcher Gefäße ist eher schwächer als gewöhnlich, insbesondere enthält die Media der Aorta in diesen Fällen weit spärlichere und schwächere elastische Fasern als sonst. Ich möchte des weiteren darauf verweisen, daß sich bei grober Prüfung — ich sehe auch hier von exakten physikalischen Messungen ab — zwischen der Elastizität der Extremitätenarterien und der großen Gefäße in der Regel kaum ein nennenswerter Unterschied nachweisen läßt, trotzdem erstere weit weniger elastische Fasern als letztere enthalten (Unterscheidung zwischen Arterien vom muskulären und vom elastischen Typus). Soweit man ferner der Verkürzungsfähigkeit der elastischen Fasern in der Arterienwand eine besondere aktive Rolle bei der regelmäßigen Änderung der Weite des Gefäßlumens beimißt, ist daran zu erinnern, daß auch die Capillaren, deren Wand doch keine elastischen Fasern enthalten, contractil sind.

Auch die Elastizität der Lunge wird gewöhnlich auf die in ihr enthaltenen elastischen Fasern zurückgeführt, „ihre Federkraft bestimmt ceteris paribus das Lungenvolumen“ (*Tendeloo*). Ein zwingender Beweis für diese Behauptung liegt aber nicht vor und es ist nicht einzusehen, warum die Bedeutung des übrigen Lungengewebes, der bindegewebigen Alveolarwandungen für die Elastizität der Lunge praktisch gleich Null sein soll. Es wird in diesem Zusammenhang oft darauf hingewiesen, daß in der emphysematösen Lunge, die ihre Elastizität eingebüßt hat, die elastischen Fasern in großer Ausdehnung geschwunden sind. Ist aber dieser Schwund der elastischen Fasern die Ursache des Verlustes der Lungenelastizität? Es sind ja nicht nur die elastischen Fasern, sondern auch die Alveolarwandungen in größerer Ausdehnung untergegangen. Ich will dabei nicht auf die alte Streitfrage eingehen, ob die Atrophie der elastischen Fasern im Sinne *Eppingers* die Ursache oder im Sinne *Tendeloo*s die Folge der Überdehnung der Lungenalveolen ist.

Zu ähnlichen Erwägungen führen uns die eingangs genannten Befunde, die wir bei Untersuchung der elastischen Fasern der Haut erheben konnten. Von 150 Fällen, bei welchen makroskopisch keinerlei auffällige Veränderung der Haut wahrnehmbar war, zeigten 85 bald in einer, bald in mehreren der untersuchten Hautabschnitte Veränderungen der elastischen Fasern, teilweise auch des kollagenen Gewebes. Läge nun die Bedeutung der elastischen Fasern in der Aufgabe, Gestaltsveränderungen des Gewebes rasch wieder auszugleichen, so hätte man bei der Ausdehnung der vorgefundenen Veränderungen, wenn schon nicht in allen, so doch wenigstens in einzelnen Fällen makroskopisch wahrnehmbare Veränderungen der Haut erwarten müssen. Es war dies aber nicht der Fall. Die histologischen Veränderungen in der Haut sind in der Tat überaus eindrucksvoll und bestärken mich daher in meinen Zweifeln an der gangbaren Auffassung der elastischen Fasern.

Es darf hier nicht unerwähnt bleiben, daß gerade Dermatologen (vielleicht auf Grund analoger Erfahrungen oder Erwägungen?) schon früher ähnliche Bedenken geäußert haben. Nach *Riehl* verdankt die Haut ihre Elastizität zum größten Teil der Anordnung der sie zusammensetzenden Gewebsbestandteile. Die Dehnbarkeit der Bindegewebsbündel ist eine ziemlich bedeutende, jene der elastischen Fasern geringer. „Man kann das Geflecht der elastischen Fasern als Stützgewebe für die weicheren, dehnbareren Bindegewebsfasern auffassen.“ Bei dem Vergleich mit einem Gummiband versehen nach *Riehl* in der Haut die Bindegewebsfasern die Rolle der Gummifäden, die elastischen Fasern jene der Seiden- oder Baumwollfäden, welche einer Überdehnung der Gummifäden Widerstand leisten.

Die gleiche Auffassung vertritt *Kyrle* in seinem demnächst erscheinenden Werke über die Biologie der Haut. Nach ihm werden die elastischen Fasern „für die weicheren, weniger labilen Bindegewebsfasern gewissermaßen zum Stützapparat, der dieselben vor Überdehnung bewahrt und so ihre Kontinuität sichert. Der elastische Apparat ist demnach, ähnlich wie wir dies bei Eisendraht-Betonkonstruktionen gegeben haben, als Stützgerüst anzusehen, das ungemein regelmäßig in das Bindegewebe eingebaut ist und letzteres dadurch für die mannigfachen mechanischen Aufgaben wesentlich leistungsfähiger macht“.

Auch der Physiker kann sich mit der gewöhnlichen Auffassung der elastischen Fasern nicht befrieden. Bestimmt man Elastizität als die Fähigkeit eines Körpers, eine erlittene Formveränderung wieder auszugleichen, so müßte es nach *Triepel* „als falsch bezeichnet werden, wenn man ein einzelnes Gewebe ‚das elastische‘ (*καὶ ἔξοχην*) nennt, denn in diesem Sinne sind alle Gewebe des menschlichen Körpers elastisch, bei allen kann man — glücklicherweise — voraussetzen, daß sie bei normalem Verhalten die Fähigkeit besitzen, erlittene Formveränderungen wieder auszugleichen, solange diese sich innerhalb gewisser Grenzen halten“, wenn auch die elastischen Fasern sehr große Formveränderungen wieder auszugleichen vermögen. Nun ist aber die landläufige Definition der Elastizität unzureichend, vielmehr muß man sich nach *Triepel* für jene früher wiedergegebene Begriffsbestimmung entscheiden, derzufolge Größe der Elastizität und Größe des elastischen Widerstandes sich decken; dann ist es aber ausgeschlossen, weiterhin die Bezeichnung elastisches Gewebe beizubehalten. *Triepel* tritt vielmehr dafür ein, an Stelle derselben den alten Namen „gelbes Bindegewebe“ zu gebrauchen, der besser, aber leider in Vergessenheit geraten sei. Von Wichtigkeit ist das Ergebnis seiner physikalischen Untersuchungen, die zeigen, daß das Maß (Elastizitätsmodul, Elastizitätskoeffizient) für Zug- oder Dehnungselastizität, der Zug- oder Dehnungsmodul,  $E_z$ , und ebenso der Zugfestigkeitsmodul bei dem kollagenen

Gewebe weit größer sind als bei dem sogenannten elastischen Gewebe, während die Zerreißungsdehnung geringer ist.

Ich möchte jedoch von den physikalischen, dem Mediziner recht fernliegenden Betrachtungen hier absehen, glaube aber, daß auch vom anatomisch-physiologischen Standpunkt aus die Bezeichnung einer einzelnen Gewebsart als des elastischen unbegründet ist, und möchte daher *Triepels* Vorschlag beitreten.

Die Auffassung der elastischen Fasern als Stützgerüst für die weicheren Gewebe (Bindegewebe, Muskulatur, Nerven) scheint den Vorgängen im Körper unter physiologischen und pathologischen Verhältnissen weit besser Rechnung zu tragen als die landläufige Auffassung, welche auf ihre Fähigkeit, Formveränderungen rasch wieder auszugleichen, besonderes Gewicht legt. (Daß dabei die Anordnung der elastischen Fasern, das Durchflechten der Gewebe, von größter Bedeutung ist, braucht wohl nicht besonders hervorgehoben zu werden.) Bei dieser Betrachtungsweise ist z. B. die Vermehrung der elastischen Fasern oder Netze an Stellen der Gefäßbahn, die mechanisch besonders stark in Anspruch genommen werden, ihr Verhalten bei der Arteriosklerose, in Aneurysmen, bei dem Lungenemphysem usw. sehr gut verständlich.

Des weiteren geben die eingangs angeführten Befunde zu Betrachtungen über das Verhältnis zwischen „elastischen“ Fasern und kollagenem Gewebe Veranlassung. Ich möchte zunächst jene kleinen kügelchen- oder tröpfchenförmigen Gebilde hervorheben, die sich stark mit Elasticafarbstoffen färben. Sie liegen häufig an Stellen des Corium, an welchen elastische Fasern fehlen, manchmal stehen sie aber auch mit erhaltenen Fasern in Zusammenhang. Als Degenerationsprodukte elastischer Fasern sind sie kaum zu deuten, es ist schwer vorstellbar, welcher Art die Veränderung sein sollte, die aus elastischen Fasern diese Gebilde schafft. Eine unvoreingenommene, fast möchte ich sagen naive Betrachtung erweckt vielmehr den Eindruck, als wäre die gleiche Substanz, die die Farbreaktion der elastischen Fasern bedingt („Elastin“) hier frei in Tropfenform abgelagert.

Zu einer ähnlichen Vorstellung führen auch jene großen, oft überaus umfangreichen, klumpigen und scholligen, bei Elasticafärbungen stark schwarz gefärbten Massen, wie sie in gleicher Weise bei der sogenannten kolloiden Degeneration der Haut, bei dem Pseudoxanthoma elasticum Darier und bei dem Colloidoma miliare angetroffen werden. Auch diese Veränderung wird in der dermatologischen Literatur gewöhnlich als Degeneration der elastischen Fasern angesprochen, obwohl es schwer verständlich ist, wie die elastischen Fasern sich in diese mächtigen Klumpen umformen sollen. Das morphologische Bild würde vielmehr dafür sprechen, daß kollagene Balken mit einer Substanz durchtränkt

sind, die das gleiche färberische Verhalten aufweist wie die in den elastischen Fasern enthaltene Substanz. In der Tat hat *Unna* schon vor vielen Jahren diese Veränderung dadurch erklärt, daß unter Umständen (bei der senilen Atrophie der Haut und namentlich bei der sogenannten kolloiden Degeneration) eine „Umprägung“ von Kollagen entstehe. Verbinde letzteres sich mit Elacin (basophilem Elastin), so entstehe Kollacin, welches die Form des Kollagens mit der Färbbarkeit des Elacins vereinige. Verbinde sich degenerierendes Kollagen mit Elastin, so gebe das Produkt (Kollastin) die Färbung des Elastins und sei nur durch seine Form vom wahren Elastin zu unterscheiden. Obwohl die histologischen Bilder diese oder ähnliche Vorstellungen sehr wahrscheinlich machen, fanden sie im allgemeinen bisher wenig Anklang. In jüngster Zeit nimmt aber *Kyrle* auf Grund seiner histologischen Untersuchungen *Unnas* Gedankengang wieder auf und deutet in dem früher angeführten Werke die in Rede stehende Veränderung als kollagene Umformung, die auf Durchtränkungsvorgänge zurückzuführen wäre.

Diese auf den ersten Blick vielleicht befremdenden Vorstellungen finden nun eine sehr wesentliche Stütze in der neuen Auffassung der Bindesubstanz, wie sie durch *Hueck* vertreten wird. Nach *Hueck* bilden sich kollagene und elastische Fasern auf der gleichen einheitlichen, aber chemisch noch indifferenten morphologischen Grundlage, die sich nachträglich wahrscheinlich auf Grund verschiedener mechanischer Inanspruchnahme entweder mit Kollagen oder Elastin imprägnieren kann. Er meint, daß die Herde hyalin-elastoider Degeneration der Grundsubstanz „zumeist einer neuerfolgten ‘Imprägnation’ der vorhandenen bindegewebigen Grundsubstanz ihre Entstehung verdanken“, also eine Art Fortentwicklung, Endausreifung der bindegewebigen Grundsubstanz darstellen.

Ist die hier vorgebrachte Auffassung richtig, dann bestehen sowohl unter physiologischen als unter pathologischen Verhältnissen sehr innige Wechselbeziehungen zwischen elastischem und kollagenem Gewebe, die in Umformungen oder Umprägungen ihren morphologischen Ausdruck finden können und einer experimentellen Erforschung unterzogen werden müssen. Allerdings steht diesen Bestrebungen der Umstand entgegen, daß uns die chemische Zusammensetzung der elastischen Substanz, des fraglichen Elastins, unbekannt und auch eine Darstellung dieser Substanz noch nicht möglich ist.

Immerhin scheint mir nach den vorliegenden Tatsachen eine Überprüfung der landläufigen Auffassung über Wesen und Bedeutung der elastischen Fasern unerlässlich. Es wäre mir eine große Freude, wenn der geistvolle und scharfsichtige Forscher, dem diese Betrachtungen zugeeignet sind, ihre Berechtigung anerkennen würde.