

I.

Anpassungslehre, Histomechanik und Histochemie.

Erwiderung auf W. Roux's abermalige Berichtigungen.

Von

R. Thomä.

Die erneuten „Berichtigungen“, welche W. Roux mir im vorigen Bande dieses Archives zuteil werden läßt, nötigen mich wiederum zu einer Erwiderung behufs Aufklärung der bestehenden Mißverständnisse. Roux hat den Versuch gemacht, die Erscheinungen der sogenannten Anpassung mechanisch zu erklären. Indessen kann ich ihm auf seinen Wegen nicht folgen. Gewiß bietet seine Anpassungslehre sehr bequeme Erklärungen für viele Erscheinungen. Allein diese Erklärungen sind nur scheinbare. Die Anpassung ergibt sich nach Roux aus dem Kampfe der Teile und aus der von diesem erzeugten Anpassungsfähigkeit der Gewebe, welche sich als „reakтив gestaltende Gewebsqualität“ äußert. Diese Begriffe und Vorstellungen hat Roux verwendet zu dem Beweise, daß eine Anpassung mechanisch denkbar sei. Wenn jedoch dieselben Begriffe an dem einzelnen Vorgange geprüft werden, so geben sie keine tiefere Einsicht in denselben. Der Kampf der Teile ist im einzelnen Falle objektiv nicht nachweisbar und die Erklärung der sogenannten Anpassung durch eine „Anpassungsfähigkeit“ oder, was dasselbe ist, durch eine „reakтив gestaltende Gewebsqualität“ stellt nur eine Umschreibung dar. Ein Fortschritt der Erkenntnis wird durch solche Erklärungen nicht erzielt.

Allerdings behauptet Roux nunmehr in seiner neuen Berichtigung, auch ich könne nicht ohne die Lehre von der funktionellen Anpassung auskommen. Dieses aber ist ein schwerer Irrtum von Roux, welcher beweist, daß er meine Grundanschauungen immer noch nicht verstanden hat, obwohl ich sie in meiner ersten Erwiderung im 207. Bande dieses Archives nochmals ausführlich dargestellt habe und obwohl diese meine Grundanschauungen im wesentlichen nur aus der induktiven Methode der Forschung hervorgehen. Roux ist es, welcher die von mir beobachteten Tatsachen ungenau reproduziert und sie als die Folge von funktionellen Anpassungen deutet. Ich dagegen habe, soweit meine Untersuchungen reichen, den Nachweis geführt, daß die gegebenen Eigenschaften der Materie notwendigerweise immer den gleichen Erfolg herbeiführen, gleichviel, ob dieser nach unserem subjektiven Urteil sich als zweckmäßig oder als unzweckmäßig darstellt, und gleichviel, ob dieser Erfolg nach unserem Urteil als Anpassung

aufgefaßt werden kann oder nicht. Was R o u x von seinem Standpunkte aus als Anpassung bezeichnet, ist meiner Ansicht nach nur Folge des Umstandes, daß bei der Ausgestaltung der Gewebe und Organe notwendigerweise vielfach Formen entstehen, welche die Besonderheiten der Bedingungen erkennen lassen, unter welchen sie sich entwickelt haben.

Dabei übersehe ich nicht, daß die Materie, aus welcher die verschiedenen Arten der Organismen aufgebaut sind, gewisse Unterschiede aufweist. Diese Unterschiede entstehen zum großen Teile wenigstens phylogenetisch. Es erscheint mir jedoch überflüssig, sie durch einen Kampf der Teile zu erklären. Die natürliche Selektion dürfte, wie ich in meiner ersten Erwiderung ausführte, hierzu völlig genügen und zugleich auch das Problem der Abiogenese lösen.

R o u x gibt nur der Wahrheit die Ehre, wenn er in seiner neuen Berichtigung (S. 181) zugibt, daß meiner histomechanischen „Theorie“, weil sie des logischen Hilfsmittels der Anpassung nicht bedarf, eine erhebliche Überlegenheit gegenüber seiner Anpassungslehre zukommt. Daß ich aber teleologische Prinzipien in meine Theorie verflechte, wie R o u x gleichzeitig behauptet, darf ich ruhig in Abrede stellen. Von teleologischen Prinzipien, welche in der Anpassungslehre nur durch verwickelte logische Operationen verhüllt werden, ist in meiner Histomechanik und Histochemie keine Spur zu finden. Diese setzt sich nur die Aufgabe (Virch. Arch. Bd. 207, S. 260), auf rein empirischem Wege gesetzmäßige Beziehungen festzustellen zwischen meß- und wägbaren, mechanischen und chemischen Einwirkungen einerseits und der Wachstumsgeschwindigkeit der Gewebe und ähnlichen Werten andererseits. Bei dieser Behandlung des Stoffes ergibt es sich sodann ohne weiteres, daß die Formgestaltungen der Gewebe und Organe, ebenso wie die sich in denselben abspielenden Vorgänge ohne irgendwelche Anpassung sich als notwendige Folgen der Eigenschaften der organischen Materie darstellen. Weshalb jedoch die Materie diese Eigenschaften besitzt, die sie vom Urbeginn der Welt an hatte, ist eine metaphysische Frage, deren Lösung ich R o u x gerne überlasse. Seine Anpassungslehre und der Kampf der Teile beantwortet sie nur formell, nicht sachlich. Vorläufig werden wir die Eigenschaften der Materie als unerklärt betrachten müssen. Dies schließt jedoch nicht aus, daß bei der natürlichen Selektion einzelne größere oder kleinere Gruppen von Moleküllaggregaten, denen bestimmte Eigenschaften anhängen, überwuchert oder völlig verdrängt werden von Moleküllaggregaten anderer Zusammensetzung, denen demgemäß andere Eigenschaften zukommen.

Weiterhin habe ich Gewicht zu legen auf die Tatsache, daß die Anpassungslehre von R o u x vielfach zu einem Hindernis für die induktive Forschung wird, weil sie den Schein erweckt, daß durch ihre theoretischen Erwägungen alle Erscheinungen der Entwicklungsgeschichte der Organismen erklärt wären. Beweis dafür ist die Tatsache, daß R o u x bei der sachlichen Erörterung der Beobachtungsresultate vielfach nicht zu folgen imstande ist. Durch langjährige Untersuchungen habe ich nachgewiesen, daß die lichte Weite der Blutgefäße abhängig ist von der

Stromgeschwindigkeit des Blutes. Demgegenüber behauptet Roux, er sei bereits vor Jahr und Tag zu demselben Ergebnisse gelangt, ihm käme daher die Priorität zu. Die Sätze, auf welche sich Roux in seiner neuen Berichtigung beruft, sind seiner im Jahre 1879 erschienenen Arbeit über die Ablenkung des Arterienstammes entnommen und lauten folgendermaßen:

„Aus der Annahme einer derartigen spezifischen gestaltenden Reaktion des betreffenden Gewebes, daß im allgemeinen „bloß der Blutspannung“ Widerstand geleistet (also dem Blutstoß möglichst ausgewichen) wird, folgt aber ohne weiteres die hydrodynamische Gestaltung der Gefäße, da allein bei dieser der Druck an allen Stellen desselben Querschnittes der gleiche ist und die Teile bloß die Spannung der Flüssigkeit auszuhalten haben; es ergibt sich daraus, daß der Querschnitt bei gerade dem Verlaufe der Gefäße rund ist, daß der Ursprung in der Stammachsen-Radialebene erfolgt und die Gestalt des freien Astursprungs hat. Nach dieser Annahme bedarf dann nicht mehr die hydrodynamische Gestaltung, sondern im Gegenteil jede „Abweichung“ von derselben einer besonderen Erklärung; denn jede Abweichung gibt Anlaß zu einem Flüssigkeitsstoß, gegen welchen durch besondere Kräfte fortwährend Widerstand geleistet werden muß“ (Unterstreichungen, Anführungszeichen und Klammern sind nach dem Original wiedergegeben).

Ich will keineswegs eingehen auf alle Mängel dieser Sätze und auf die Unklarheit der in ihnen enthaltenen mechanischen Anschauungen, welche lebhaft an die von Roux als Schulphysik bezeichnete Wissenschaft erinnern. Vielmehr versuche ich mich ganz der Denkweise von Roux anzuschließen. Dann darf ich wohl vermuten, daß dieser mit dem Worte „Blutspannung“ den Seitendruck des Blutes bezeichnen will, obwohl an der gegebenen Stelle vielleicht auch der Reaktionsdruck desselben in Frage kommen könnte. Obige Sätze von Roux lassen sich dann zusammenfassen in die Worte: Aus der Annahme einer spezifisch gestaltenden Reaktion der Gefäßwand, welche abhängig ist von dem Seitendrucke des Blutes folgt die „hydrodynamische Gestaltung“ der Gefäßwand. Dieser Satz, welchem noch einige Eigentümlichkeiten der Schreibweise von Roux anhaften, wird leichter verständlich in folgender Form: Wenn man eine Anpassungsfähigkeit der Gefäßwand voraussetzt, so erklärt sich durch diese die Anpassung der Gefäßwand an den Blutstrom.

Hier tritt der beschränkte Inhalt der Anpassungslehre klar zutage. Der induktiv denkende Forscher aber wird sich außerdem den Einwand machen, daß der Begriff der Anpassung von dem Zweckmäßigkeitssbegriff nicht zu trennen ist und daher, streng genommen, bei der induktiven Forschung keine Verwendung finden sollte. Wenn aber Roux seine Anpassungslehre zu einem ganzen System ausgebaut hat, so ändert dies nichts an dem soeben gefällten Urteil.

Für die induktive Forschung bleibt von den oben zitierten Sätzen von Roux nur die Behauptung übrig: Die Gestaltung der Gefäßwand sei ausschließlich abhängig von dem Seitendrucke des Blutes. Daß diese Behauptung von Roux falsch ist, habe ich induktiv

nachgewiesen, was allerdings von R o u x nicht bemerkt wird, da er ganz unter der Herrschaft seiner Anpassungslehre steht. Ihm genügt es, irgendetwas beobachtet zu haben, was einer Anpassung ähnlich sieht, um dann auf Grund ganz oberflächlicher und unklarer, mechanischer Anschauungen irgendeinen Faktor, in diesem Falle die unklare „Blutspannung“, welche vermutlich den Seitendruck des Blutes zum Ausdrucke bringen soll, als maßgebend für die von ihm supponierte Anpassung zu erklären.

Tatsächlich ist, wie ich durch zahlreiche Beobachtungen nachgewiesen habe, die Gestaltung der Gefäßlichtung im wesentlichen abhängig von der Stromgeschwindigkeit des Blutes und unabhängig von der Höhe des Blutdruckes. Dagegen löst der Blutdruck, wie es scheint, die Neubildung von Kapillaren aus, wenn er im Kapillarbeirke eine bestimmte, von den örtlichen Verhältnissen abhängige Höhe überschreitet. In welcher Weise unter diesen Bedingungen und unter dem Einflusse der die Gefäße umgebenden Gewebe die Entwicklung eines reichgegliederten, aus Arterien, Venen und Kapillaren bestehenden Gefäßsystems als notwendige Folge zustandekommt, habe ich in meinen „Untersuchungen über die Histogenese und Histomechanik des Gefäßsystems“ (Stuttgart 1893) ausführlich nachgewiesen. Von Anpassungen aber ist dabei mit keinem Worte die Rede. Nur R o u x hat sich, wie es scheint, erlaubt, unter Verkennung meiner Grundanschauungen, Anpassungen in diese Vorgänge hineinzukonstruieren. Daß aber meine Ergebnisse bezüglich der Histogenese und Histomechanik des Gefäßsystems zutreffend sind, wird nicht nur durch ausgedehnte und sorgfältige Untersuchungen pathologischer Vorgänge bewiesen, sondern auch durch die neueren Beobachtungen von M a l l , E v a n s u. a. über die Entwicklung des Gefäßsystems des Menschen und anderer Warmblüter.

R o u x nimmt sodann für sich das Verdienst in Anspruch, die Spongiosastrukturen des Knochens erklärt zu haben. Indessen wurden diese Strukturen, wie R o u x bekannt sein wird, bereits von ihren Entdeckern H. v. M e y e r und C u l m a n n in vollkommen zutreffender Weise als funktionelle Strukturen erwiesen und erklärt. Doch bezog sich diese Erklärung im wesentlichen auf die Befunde an dem fertig ausgebildeten Knochen, ohne deren Genese zu berühren. Später haben sich viele andere Forscher und unter diesen auch J. W o l f f und R o u x mit den normalen und pathologisch entstandenen Strukturen dieser Art beschäftigt. R o u x ist daher bei weitem nicht der erste, welcher die Erklärung dieser Strukturen versucht hat. Seine Erklärung aber erstrebte eine Deutung der Entwicklung dieser Strukturen. Das war entschieden ein Fortschritt, welcher auch allgemein anerkannt wurde. Indessen war seine Erklärung eine unzutreffende, soweit sie hinausging über die bequeme Behauptung einer funktionellen Anpassung. Ich habe dies bereits in meiner ersten Erwiderung im 207. Bande dieses Archives besprochen. Demungeachtet bringt R o u x in seiner neuen Berichtigung seine als fehlerhaft erwiesenen Schemata unverändert zum Abdruck. Immerhin gibt er jedoch jetzt zu, daß bei den gegebenen Winkeln seiner Schemata seine Argumen-

tation nicht zutrifft. Daß bei anderen Winkeln die Belastungen andere sind und seinen Anschauungen besser entsprechen, war mir nicht unbekannt. Allein es schien mir unwichtig darauf einzugehen, weil, wie ich bereits damals bemerkte, auch das Gesamtresultat, wie R o u x es darstellt, keinen gleichmäßig belasteten Knochen ergibt. Das Problem ist von R o u x von vornherein unrichtig angefaßt. Demgemäß blieb es notwendigerweise ungelöst, indem nur das Stichwort „funktionelle Anpassung“ den Mißerfolg verschleierte. Wie das Problem gelöst werden kann, findet sich dagegen — ohne Rücksicht auf die Anpassungslehre — in meiner Arbeit über die sagittale Synostose (Virch. Arch. Bd. 188) ausführlich entwickelt.

Diese beiden Beispiele, welche den Kern der Berichtigungen von R o u x klarlegen, mögen genügen, um zu zeigen, wie es mit seinen Prioritätsansprüchen bestellt ist. Letztere beruhen zumeist auf Mißverständnissen. Nur an einer Stelle muß ich den Prioritätsanspruch von R o u x in gewisser Ausdehnung anerkennen. Die kurzen Bemerkungen, welche er im Jahre 1891 in seinem Referate einer Arbeit von R. F i c k im biologischen Zentralblatt und im Jahre 1895 als Fußnote in seinen gesammelten Abhandlungen (Bd. 1, S. 354) gemacht hat, sind mir leider entgangen. Ich hätte anderenfalls sehr gerne bezeugt, daß R o u x zuerst die Abhängigkeit des Knorpelwachstums von dem auf dem Knorpel lastenden Drucke und einen wichtigen Teil ihrer Bedeutung für die Bildung der Gelenkformen erkannt hat, obwohl er an allen anderen Stellen seiner Schriften die „A b s c h e e r u n g“ und nicht den D r u c k als maßgebende Ursache für das Knorpelwachstum bezeichnet. In der Tat hatte meine vorläufige Mitteilung über die Entwicklung und Formgestaltung der Gelenke den Zweck eine einschlägige, von R o u x aufgestellte Behauptung zu widerlegen. Dieser hatte in seiner ersten Berichtigung (Virch. Arch. Bd. 206) geschrieben:

„So erkläre ich (R o u x) die Erhaltung der Gelenkknorpel, d. h. ihre Nichtverknöcherung, damit, daß hier die A b s c h e e r u n g am s t ä r k s t e n ist; während T h o m a als Grund angibt, daß hier der D r u c k zu gering (unterhalb der Grenze $p = ab$) sei.“

Ich darf wohl behaupten, daß der Zweck meiner vorläufigen Mitteilung damals erreicht wurde, indem ich zeigte, daß die Erhaltung und der Schwund der Gelenkknorpel von denselben histomechanischen Beziehungen zwischen Druck und Wachstumsgeschwindigkeit abhängig sind, welche auch ihre Entwicklung und Formgestaltung beherrschen. Die sich teilweise widersprechenden Untersuchungen früherer Autoren über die erste Entstehung der Gelenkspalte aber gedenke ich bei einer ausführlichen Darstellung meiner einschlägigen Untersuchungen in gebührender Weise zu besprechen. Hier würde dies wohl zu weit führen, da die erste Entstehung der Gelenkspalte für die hier zu lösende Aufgabe nicht wesentlich in Betracht kommt.

Bei der Formgestaltung der Gelenke tritt noch ein weiterer Unterschied zwischen den Anschauungen von R o u x und den meinigen hervor. Ich kann diesen Unterschied nicht übergehen, weil er von R o u x in irrtümlicher Weise behandelt wird. R o u x unterscheidet zwischen gestaltenden und erhaltenden

Reizäquivalenten und behauptet (S. 196) seine gestaltenden Reizäquivalente seien identisch mit meinen Schwellenwerten oder kritischen Werten der mechanischen Beanspruchung. Dies ist unzutreffend. Abgesehen davon, daß meine Schwellenwerte oder kritischen Werte aus anderen Gedankenkreisen hervorgehen als die Reizäquivalente von R o u x , so besitzen sie auch wesentlich andere Eigenschaften. Die den gestaltenden Reizäquivalenten entsprechenden Koeffizienten von R o u x sollen größer sein als die Koeffizienten der erhaltenen Reizäquivalente. Damit will R o u x zum Ausdruck bringen, daß „zur funktionell bedingten Ausbildung einer bestimmten Organgröße ein größeres mittleres Maß von Funktion nötig sei, als zur bloßen Erhaltung des bereits Gebildeten“.

Solange R o u x keine induktive Beweise für diesen Satz zu geben vermag, erscheint mir derselbe höchst unwahrscheinlich. Er stellt einen Notbehelf dar, welcher den Wachstumsstillstand erklären soll. Letzterer aber ergibt sich, wie ich gezeigt habe, in sehr einfacher Weise als notwendiger Erfolg, wenn man annimmt, daß in allen Lebensjahren ein bestimmtes, für die Maßeinheit Gewebe konstantes oder annähernd konstantes Maß von mechanischer oder chemischer Beanspruchung, welches ich als Schwellenwert oder kritischen Wert bezeichnete, die Grenze abgibt, an welcher das positive Wachstum eines Gewebes in das negative Wachstum, also die Gewebsapposition in den Gewebsschwund übergeht. Die von R o u x beliebte Gleichstellung meiner Schwellenwerte mit seinen Reizäquivalenten und Koeffizienten ist daher gänzlich unberechtigt und beweist nur, daß er meinen Gedankenkreisen nicht genau gefolgt ist.

Sehr unerklärlich aber ist es, wenn R o u x in seiner neuen Berichtigung behauptet, ich hätte mich in meiner Arbeit über die Spannung der Schädelwand bei Bestimmung der Schwellenwerte von seiner ersten Berichtigung beeinflussen lassen. Seine erste Berichtigung und meine soeben genannte Arbeit erschienen am gleichen Tage im gleichen Hefte dieses Archivs. Wie soll da eine Beeinflussung möglich gewesen sein? Ich habe die Zahlen der Schwellenwerte nur gegeben, wie sie sich mir boten, und die Unterschiede der für den Oberschenkel und das Schädeldach gefundenen Schwellenwerte durch die prinzipielle Verschiedenheit der einachsigen Belastung des Oberschenkels und der zweiachsigen Belastung des Schädeldaches erklärt. Was hierbei „unzulässig“ sein soll, ist mir nicht ersichtlich. Wie es scheint, hat R o u x sich bei dieser Gelegenheit im Eifer des Kampfes zu weit fortreißen lassen.

Meiner Auffassung der Schwellenwerte kommt indessen noch eine weitere Bedeutung zu. Der Umstand, daß diese Schwellenwerte, wie die Erfahrung zeigt, unter dem Einfluß des Lebensalters und unter dem Einfluß allgemeiner und lokaler Störungen des Kreislaufs und der Gewebernährung innerhalb gewisser Grenzen variabel sind, ermöglicht es, die Ergebnisse der Histomechanik und Histochemie auch auf das pathologische Gebiet in nutzbringender Weise anzuwenden. Aus den Erfahrungen der Chirurgen wissen wir beispielsweise, daß lokale Hyperämien die Knochenneubildung erheblich beschleunigen, also nach der Sprache der

Histomechanik den Schwellenwert für die Neubildung des Knochengewebes beträchtlich erniedrigen. Damit erklärt es sich, daß nach einer Knochenfraktur unter dem Einflusse der lokalen, traumatischen Hyperämie zunächst große Mengen von Knochengewebe gebildet werden, obwohl die mechanische Beanspruchung vorläufig eine geringe ist und daher auch in der Gestaltung des sogenannten primären Kallus wenig zum Ausdrucke gelangt. Mit der Konsolidation der Bruchenden schwindet jedoch die traumatische Hyperämie, indem zugleich der Schwellenwert des Knochengewebes zunimmt und allmählich seine frühere Höhe erreicht. Wenn dann gleichzeitig auch die mechanische Beanspruchung des Gliedes wieder eine entsprechende Steigerung erfährt, so tritt notwendigerweise eine Umbildung des primären Kallus ein, bei welcher dieser kleiner wird und die Architektur des definitiven Kallus annimmt. Letzterer muß in der Tat bei diesen Vorgängen Gestaltungen annehmen, welche bestimmt werden durch die bei der gegebenen Dislokation der Bruchenden eintretenden, mechanischen Beanspruchungen, und zugleich müssen alle Knochenlamellen des sogenannten definitiven Kallus die dem normalen Schwellenwerte entsprechende Durchschnittsbelastung aufweisen. Damit ist in ganz allgemeinen Zügen eine Erkenntnis gegeben, welche bei weiterer Prüfung von seiten der Ärzte auch für die Therapie Früchte zu tragen befähigt ist. Die von R o u x vertretenen Anschauungen, welche die Bildung des primären und des sekundären Kallus von zwei verschiedenen Vorgängen abhängig machen, die Bildung des primären Kallus von der „Auslösung eines reaktiven Gestaltungsprinzipmechanismus“ und die Bildung des sekundären Kallus von der funktionellen Anpassung, dürften dagegen keinerlei empirische Prüfung am Krankenbette gestatten.

R o u x hat in seiner erneuten Berichtigung noch manche andere Einzelheiten besprochen, welche zu dem Verständnisse seiner Anpassungslehre dienen können, jedoch entweder meine Arbeiten nicht berühren oder bereits in meiner ersten Erwiderung als unzutreffend erwiesen wurden. Auch hat er mir vieles vorgeworfen, was sich nur als Verstoß gegen sein System darstellt. Bei diesen Einzelheiten möchte ich mich nicht aufhalten, sondern vielmehr versuchen, den gegenwärtigen Stand des Streites in wenigen Worten zu kennzeichnen. Die Anpassungslehre von R o u x erscheint mir als ein erster Versuch, in die Entwicklung der organischen Formgestaltungen erklärend einzudringen, und hat das Verdienst, zahlreiche interessante Beobachtungen gezeitigt zu haben. Das Ergebnis der Anpassungslehre aber ist unzulänglich, weil die Anpassung ein Begriff ist, welcher den Zweckmäßigkeitssbegriff zum Maßstab hat. Damit wird es unmöglich, mit dieser Lehre eine rein kausale, vom Zweckmäßigkeitssbegriff abgelöste Erklärung der Naturvorgänge zu gewinnen.

Unter diesen Umständen ist es nicht zulässig, die Anpassungslehre von R o u x der wissenschaftlichen Untersuchung zugrunde zu legen. Vielmehr erscheint es wünschenswert, zu der rein induktiven, voraussetzunglosen Beobachtung zurückzukehren. Meine Histomechanik und Histochemie hat sich daher die Aufgabe

gestellt, die Bedeutung mechanischer und chemischer Einwirkungen auf die Entstehung, das Wachstum und den Schwund der Gewebe zu prüfen, und zwar ohne irgendwelche Voraussetzungen.

Dieses Programm hat auch den Beifall von R o u x gefunden, wie er in seiner neuen Berichtigung ausführt. Es wird daher wohl auch am besten sein, daran festzuhalten. Wenn jedoch R o u x behauptet, daß er dieses Programm vor langer Zeit aufgestellt und „in Spezialbearbeitung genommen habe“, so zweifle ich keineswegs an der Aufrichtigkeit seiner Aussage. Doch behaupte ich, daß die Tat dem nicht entsprach. Denn bereits drei Zeilen später (S. 174) stößt sich R o u x daran, daß ich die Anpassung leugne. Dies war nicht etwa eine Entgleisung. Vielmehr ist der Umstand, daß ich die Axt an die Wurzel der Anpassungslehre legte, wohl meine schwerste Schuld. Ich glaube jeder, welcher auch nur die von unzähligen verborgenen und offen ausgesprochenen Voraussetzungen durchsetzten Berichtigungen R o u x s gelesen hat, wird erkennen, daß dieser tatsächlich obiges Programm nicht eingehalten hat.

Damit erklärt es sich zugleich, daß R o u x unter dem Banne seiner Anpassungslehre meinen sachlichen Ausführungen ein geringes Verständnis entgegenbringt. Ich habe daher den von ihm in seiner neuen Berichtigung genannten Brief nur empfangen als ein Zeichen, daß R o u x die Objektivität meiner Untersuchungen noch nicht verstanden hat. In der Beantwortung seines Briefes aber habe ich die Überzeugung ausgesprochen, daß er bei reiflicher Überlegung die sachliche und formelle Richtigkeit meiner histomechanischen Anschauungen und meiner Kampfesweise anerkennen wird. Diese Überzeugung hat mich auch heute noch nicht verlassen, und will ich daher noch den Versuch machen, den prinzipiellen Fehler der Auffassungen von R o u x klarzulegen.

Die Anpassungslehre von R o u x geht von der Annahme einer Variabilität der Gewebelemente aus, welche in ähnlicher Weise von Haeckel und Preyer vertreten wird. Wie sich dabei die Prioritätsverhältnisse gestalten, hat R o u x in seinen gesammelten Abhandlungen (Bd. 1, S. 226) ausführlich besprochen. Es ist indessen nicht meine Aufgabe, auf diese Prioritätsfragen einzugehen. In der Regel nehmen solche Gedanken bei verschiedenen Autoren nicht leicht identische Formen an, auch wenn sie in organischer Weise aus älteren Gedankenkreisen hervorgehen. Ich muß mich hier auf die Anschauungen von R o u x beschränken, welche für seine Anpassungslehre grundlegend sind.

Die Variabilität der Gewebelemente wird von R o u x abgeleitet aus einer allerdings beschränkten Selbständigkeit derselben. Die Zentralisation der einzelnen Organismen sei keine so vollständige, daß den einzelnen Gewebelementen nicht eine gewisse Selbständigkeit bliebe. Die einzelnen Bestandteile der Organismen sollen nicht in absoluter Abhängigkeit vom Ganzen stehen. Vielmehr würden die Gesetze, welche das organische Leben beherrschen, nur allgemeine Normen abgeben, welche innerhalb bestimmter Grenzen die Größe, Gestalt, Struktur und Leistung jedes Organs und Organteiles annäherungsweise bestimmen. Im einzelnen

dagegen würden sie einen gewissen Spielraum gestatten für Abweichungen und Variationen in dem Ablaufe der geweblichen Vorgänge. Diese beschränkte Selbständigkeit der Gewebselemente aber führe zu einem Wettstreite derselben, zu einem Kampfe der Teile, welcher die Anpassung zur notwendigen Folge habe.

Als Beweis für die beschränkte Selbständigkeit der Gewebselemente nennt Roux zunächst die erfolgreichen Transplantationen vollständig abgetrennter Gewebezteile. Indessen weisen gerade die Transplantationen auf die gegenseitige Abhängigkeit der Gewebe und Organe hin, da Dauererfolge bei denselben nur unter enge beschränkten Bedingungen gewonnen werden. Die transplantierten Teile können an ihren neuen Standorten nur gedeihen, wenn sie die ihrer Funktion und ihrem Stoffwechsel entsprechenden Beziehungen zu ihrer Nachbarschaft vorfinden. Im gleichen Sinne werden sodann die Ungleichheiten der Form, Größe und Struktur der im übrigen gleichwertigen Bestandteile der Organe, z. B. der Leberzellen als Beweis für die beschränkte Selbständigkeit der Gewebselemente betrachtet. Diese Ungleichheiten bestehen unzweifelhaft. Indem aber Roux dieselben durch die abweichende Individualität der einzelnen Zellen oder durch einen gewissen Spielraum erklärt, welchen die über der organischen Welt stehenden Naturgesetze gestatten sollen, entsteht eine kleine Lücke in der gesetzmäßigen Verbindung zwischen Ursache und Wirkung. In diese Lücke schlüpft dann die Variabilität und mit ihr der Wettstreit der Gewebselemente ein, welcher die wesentliche Voraussetzung der Anpassungslehre von Roux bildet.

Logisch richtiger erscheint es mir dagegen, wenn man die geringen Ungleichheiten anscheinend gleichwertiger Gewebselemente betrachtet als die Folge gewisser Ungleichheiten der auf die Gewebselemente wirkenden Bedingungen. In allen Organen findet man geringe, anscheinend unvermeidliche Unterschiede in der räumlichen Anordnung der Gewebselemente zu den Blut- und Lymphgefäßen, und außerdem sind die einzelnen Gewebselemente in jedem Organ von ungleichem Alter. Unter diesen Umständen ist es selbstverständlich, daß die im übrigen gleichwertigen Gewebselemente der Organe nicht vollständig identisch sein können in Beziehung auf ihre Form, Größe, Struktur und Funktion. Dazu kommt, daß zahlreiche äußere Einwirkungen regelmäßiger oder zufällig wechselnder Art die einzelnen Gewebselemente nicht selten in sehr ungleicher Weise treffen. Man hat daher keinen genügenden Grund, eine Lücke in der Verbindung zwischen Ursache und Wirkung anzunehmen, wie dies von Roux geschieht. Die geringen Ungleichheiten in dem Verhalten prinzipiell gleichwertiger Gewebselemente der Organe können sehr wohl betrachtet werden, als Folge geringer Ungleichheiten der auf die Gewebselemente einwirkenden Bedingungen.

Diese Auffassung der geweblichen Vorgänge schließt, wie man bemerkt, einen Wettstreit der Gewebselemente, Gewebe und Organe aus, nicht aber einen Wettstreit der Individuen. Zugleich mit dem Wettstreit der Gewebe aber fällt auch die Anpassung im Sinne von Roux, denn das Verhalten jedes Gewebs-

elementes, Gewebes und Organes erscheint jetzt in genauer Übereinstimmung mit den einwirkenden Ursachenkomplexen.

Roux ist sodann der Meinung, daß seiner Anpassungslehre aus dem Grunde eine sehr hohe Bedeutung zu käme, weil sie imstande sei, die Einzelheiten des Baues und der Funktion der Gewebe und Organe zu erklären, ohne wegen jeder einzelnen Zelle oder Faser auf den Darwinschen Wettstreit der Individuen zurückgreifen zu müssen.

Man muß bereitwillig zugeben, daß die Anpassungslehre von Roux eine solche Erklärung liefert hat, wobei er jedoch zu zwei weiteren Voraussetzungen genötigt wird. Diese Voraussetzungen lauten: erstens, daß „dem spezifischen funktionellen Reize jedes Gewebes zugleich eine trophische, Ernährung anregende Wirkung zukomme“, und zweitens, daß die im Wettstreite der Teile gezüchteten Eigenschaften innerhalb bestimmter Grenzen erblich seien. Wie sich hierbei die Anpassung ergibt, ist leicht zu übersehen und in den Arbeiten von Roux ausführlich besprochen. Indessen rufen auch die von mir vertretenen Anschauungen keineswegs für die Gestaltung jedes einzelnen Gewebelementes die Darwinsche Selektion der Individuen an und führen zugleich in sehr viel einfacherer und kürzerer Weise zum Ziele. Gegenüber den mehr deduktiven Ausführungen von Roux will ich versuchen, dies auf mehr induktivem Wege zu entwickeln.

Ich gehe von der allgemein anerkannten Tatsache aus, daß die Ernährung der Gewebe und Organe in einer bestimmten Abhängigkeit von ihrer Funktion steht. Diese Tatsache, welche an der großen Muskelkraft des fleißigen Arbeiters in auffälliger Weise bemerklich wird, gehört wohl zu dem ältesten Grundstocke des biologischen Wissens. Ausführlicher gewürdigt wurde sie von R. Virchow, welcher die in den Geweben und Organen sich vollziehenden Vorgänge in drei Kategorien zerlegte, in die Nutrition, die Formation und die Funktion, indem er zugleich ihre gegenseitigen Beziehungen erörterte. Sehr auffällig tritt die Beziehung der Funktion zu der Gewebsernährung hervor an den Geweben der **Bindesubstanzgruppe**, denen im wesentlichen eine mechanische Funktion zukommt. Wie Roux bin ich zu dem Ergebnisse gelangt, daß die Entwicklung der Bindesubstanzen abhängig ist von der Art der mechanischen Beanspruchung, welche sich entweder als eine Zugspannung oder als eine Druckspannung oder als eine Kombination von Zugspannungen und Druckspannungen darstellen kann. Leider ist jedoch bezüglich der Einzelheiten noch keine Übereinstimmung mit Roux erzielt, weil dieser einen anderen in Betracht kommenden Faktor nicht in gebührender Weise berücksichtigt. Die Entwicklung der Bindesubstanzen ist nämlich auch abhängig von der Höhe der mechanischen Beanspruchung, bezogen auf den Quadratmillimeter des Quer-

schnittes der Bindesubstanz, also von der sogenannten Materialspannung¹⁾. Eine vorurteilslose Prüfung zahlreicher geweblicher Vorgänge hat mich sodann zu der Ansicht geführt, daß alle Materialspannungen, welche eine bestimmte Höhe überschreiten, Knochenbildung zur Folge haben, gleichviel ob diese Materialspannungen sich als Druck- oder als Zugspannungen darstellen²⁾. Geringere Materialspannungen dagegen geben, wenn sie Zugspannungen sind, Veranlassung zu der Bildung von Bindegewebe, während sie die Entwicklung von Knorpelgewebe bedingen, wenn sie sich als Druckspannungen oder als Kombinationen von Druck- und Zugspannungen erweisen.

Indessen sind auch Unterschiede für die verschiedenen Formen des Bindegewebes und des Knorpelgewebes zu machen. Das weiche, schleimige, embryonale Bindegewebe trägt nur geringe Zugspannungen und der weiche, schleimige, embryonale Knorpel dürfte nur geringen Druckspannungen unterliegen. Mit der Größenzunahme des Embryo aber werden diese mechanischen Beanspruchungen größer, die Materialspannungen steigen und mit ihnen die Dürbheit und Festigkeit des Bindegewebes und des Knorpels³⁾. Unter Umständen kann sich die Materialspannung des Knorpelgewebes und namentlich diejenige des Bindegewebes sogar der Materialspannung des Knochens nähern. Das Bindegewebe der Schädel-

¹⁾ Wenn man die in einer bestimmten Richtung stattfindende, mechanische Beanspruchung eines Organes oder Organteiles etwa in Grammen ausdrückt und teilt durch den nach Quadratmillimetern gemessenen, senkrecht zu der Richtung der mechanischen Beanspruchung stehenden Querschnitt desselben Organes oder Organteiles, so erhält man die Materialspannung in Grammen für den Quadratmillimeter, vorausgesetzt, daß die mechanische Beanspruchung sich gleichmäßig über den ganzen Querschnitt verteilt.

²⁾ Bei einachsiger Belastung dürfte eine Materialspannung von ungefähr 6 g für den Quadratmillimeter und bei zweachsiger Belastung eine Materialspannung von ungefähr 3 g für den Quadratmillimeter Knochenbildung zur Folge haben, wenn diese Belastung längere Zeit dauert oder einen Mittelwert aus längeren Zeiträumen darstellt.

³⁾ Manche Bindegewebsformen bestehen, obgleich sie weich und nachgiebig erscheinen, aus derben Fibrillenbündeln und Bindegewebslamellen. Diese aber werden bei bestimmten Gelegenheiten straff gespannt, während sie bei anderen Gelegenheiten entspannt oder nur schwach gespannt erscheinen. Hierher gehören die losen, subkutanen und intermuskulären Zellgewebsmassen, die Gewebe der weichen Hirnhäute und der Nervenscheiden sowie die serösen Membranen. Alle diese Gewebe stellen sich als Lamellen und Faserzüge dar, welche die sich aufeinander verschiebenden Wandungen mehr oder weniger ausgiebig kommunizierender seröser Räume bilden. Trotz der losen Beschaffenheit dieser Gewebe können ihre durchschnittlichen Materialspannungen verhältnismäßig hohe werden, weil der Querschnitt der Fasern und Membranen klein und ihre gelegentlich eintretende Spannung eine beträchtliche ist. Man versteht daher, daß diese Gewebe, ungeachtet ihrer losen Beschaffenheit, reich sind an derben Fibrillenzügen. Unter pathologischen Bedingungen kann die Materialspannung in den weichen Hirnhäuten sogar stellenweise eine so hohe werden, daß Verknöcherungen in Form der bekannten kleinen Knochenscheibchen eintritt. Es wird dies namentlich bei Volumsverkleinerungen des Rückenmarkes beobachtet, welche mit einer Zunahme des Liquor verbunden sind. Das Rückenmark übt dann auf einzelne Fäden und Membranen der weichen Rückenmarkshäute so starke Zugwirkungen aus, daß sie verknöchern.

nähte z. B. dürfte, wie man aus den räumlichen Verhältnissen schließen kann, in der Regel Materialspannungen aufweisen, welche ungefähr vier Fünftel der Materialspannung des Knochengewebes betragen. Vielleicht ist jedoch die Nahtsubstanz das am stärksten beanspruchte Bindegewebe. Bei weiterer Zunahme der Materialspannung tritt dann schließlich die Verknöcherung ein, nachdem vielleicht noch ein Zwischenstadium der Verkalkung durchlaufen wurde.

Offenbar ist die Entwicklung und das Wachstum der Bindesubstanzen, zu denen ich auch das Knochengewebe rechne, abhängig von der Höhe¹⁾ und von der Art der mechanischen Beanspruchung. Dabei gelangt man zu der Vorstellung, daß die Entwicklung der Bindesubstanzen aus dem ursprünglich mehr oder weniger gleichmäßig gebauten Keimplasma in der Weise vor sich geht, daß diejenigen Teile desselben, welche unter etwas stärkere mechanische Beanspruchung gelangen, nach bestimmten Gesetzen in Schleimgewebe, Bindegewebe, Knorpel und Knochen übergehen. Die dabei hervortretenden Form- und Struktureigentümlichkeiten der Gewebe und Organe — welche Roux durch die Anpassung erklärt — sind aber nur Folge des Umstandes, daß in dem Bau der Organe und Organteile vielfach die Besonderheiten der als Wachstumsursachen wirkenden mechanischen Beanspruchungen zum Ausdruck gelangen. Wir sind daher auch imstande, diese Eigentümlichkeiten der Form und der Struktur der Organe zu benützen, um die für das Wachstum der Gewebe maßgebenden Ursachenkomplexe aufzusuchen.

Die empirische Prüfung dieser Ursachenkomplexe führt zu der Erkenntnis, daß alle Eigentümlichkeiten der äußeren Gestalt, der Architektur und der Struktur der Bindesubstanzen sich als notwendige Folge der mechanischen Beanspruchungen ergeben, wenn man annimmt, daß das Längenwachstum und das Dickenwachstum der Bindesubstanzen sich nach bestimmten Gesetzen vollziehen, welche ich²⁾ früher ausführlich dargelegt habe. Die wichtigsten Besonderheiten der Gestalt und Struktur der Bindesubstanzen, welche Roux als Zweckmäßigkeit betrachtet und durch die Anpassung erklärt, sind damit zurückgeführt auf zwei einfache, das Längen- und das Dickenwachstum beherrschende Gesetze. Meine histomechanischen Auffassungen sind daher weit davon entfernt, die Darwinische Selektion zu einer Erklärung der Lage und Anordnung jeder einzelnen Zelle und Faser als Aushilfsmittel heranzuziehen. Vielmehr beschränkt sich meiner Meinung nach die Darwinische Selektion darauf, dasjenige organische Material auszuwählen, welches diesen Gesetzen des Längen- und Dickenwachstums folgt.

¹⁾ Die Abhängigkeit von der Höhe der mechanischen Beanspruchung habe ich für das Knochengewebe ausführlicher besprochen in Virch. Arch. Bd. 188, 1907.

²⁾ R. Thoma, Virch. Arch. Bd. 188, 1907. Das Längenwachstum vollzieht sich in der Richtung der mechanischen Beanspruchung, während das Dickenwachstum in einer Ebene erfolgt, welche senkrecht steht auf der Richtung der mechanischen Beanspruchung.

Jedes Gewebe des menschlichen Körpers unterliegt mechanischen Beanspruchungen und ist zugleich Sitz eines Stoffwechsels, welcher aus chemischen Vorgängen besteht. Auch in den Bindesubstanzen vollziehen sich chemische Vorgänge, welche zwar wenig ausgiebig, jedoch keineswegs ohne Bedeutung sind. Diese Bedeutung tritt am deutlichsten bei krankhaften Störungen hervor, bei welchen Änderungen der Stoffwechselvorgänge Veranlassung geben zu Änderungen der Schwellenwerte der mechanischen Beanspruchung. Diese Änderungen haben dann zur Folge, daß die Neubildung und das Wachstum der Bindesubstanzen entweder erst bei abnorm hoher oder bereits bei abnorm geringer mechanischer Beanspruchung beginnt¹⁾.

In den **epithelialen Geweben** ist die mechanische Beanspruchung eine untergeordnete, indem die chemischen Vorgänge vorwiegend für das Wachstum maßgebend sind. Ich erinnere in dieser Beziehung an die Vergrößerung der einen Niere nach Verlust der anderen, welcher Vorgang in den verschiedenen Lebensaltern deutliche Unterschiede aufweist und daher zugleich auf die im Laufe des Lebens eintretenden Änderungen der Höhe der Schwellenwerte und der zwischen Funktion, Nutrition und Formation bestehenden Beziehungen aufmerksam macht. In den Geweben, deren Wachstum vorwiegend von ihren chemischen Funktionen abhängig ist, dürften sodann bei Störungen der mechanischen Bedingungen die Schwellenwerte der chemischen Funktion Änderungen erfahren²⁾. Endlich wäre das **Muskelgewebe** zu nennen, in welchem chemische und mechanische Vorgänge annähernd den gleichen Rang einnehmen und die Wachstumsvorgänge in gleichwertiger Weise bestimmen. Damit sind allerdings nicht alle Fragen gelöst. Nirgends aber finde ich Formgestaltungen oder Tätigkeiten, von denen man annehmen müßte, daß sie nicht gleichfalls auf relativ einfache, histomechanische und histochemische Gesetze zurückgeführt werden könnten. Dies gilt auch von den in den Arbeiten von Roux enthaltenen Tatsachen und Beobachtungen.

Die histomechanisch-histochemische Untersuchung

¹⁾ Der Schwellenwert der mechanischen Beanspruchung ist derjenige Wert der letzteren, bei welchem die Neubildung eines bestimmten Gewebes beginnt. Er ist für die einzelnen Gewebe von ungleicher Höhe und diese Höhe ändert sich mit dem Lebensalter sowie bei Störungen der Gewebernährung.

Experimentell herbeigeführte, durch lokale Blutstauungen veranlaßte, lokale Stoffwechselstörungen erniedrigen den Schwellenwert für das Knochengewebe und beschleunigen damit die Knochenneubildung, weil diese jetzt bereits bei geringerer Belastung beginnt. Dasselbe bewirken chronische, allgemeine Blutstauungen, indem sie Hyperostosen des Skeletts erzeugen. Andere Hyperostosen verdanken ihre Entstehung mannigfachen Stoffwechselstörungen, welche ohne Kreislaufstörung verlaufen. Endlich kennt man auch Systemerkrankungen des Skeletts, welche, wie die Osteogenesis imperfecta, auf eine Erhöhung der mechanischen Schwellenwerte zurückzuführen sind.

²⁾ Die hohe, von Ponfick nachgewiesene Regenerationsfähigkeit des Lebergewebes und die bekannten Erfahrungen über die Druckatrophie der Leber erklären eine sehr große Zahl normaler und pathologischer Leberbefunde, welche diesen Sätzen als Illustration dienen können.

führt somit zu der Anschauung, daß in allen Organen die Besonderheiten des anatomischen Baues und der Funktion entstehen als die notwendige Folge der zwischen der Nutrition, der Formation und der Funktion der Gewebe bestehenden gesetzmäßigen Beziehungen. Eine Mitwirkung der Darwinischen Selektion bei der speziellen Formgestaltung jeder einzelnen Zelle und Faser ist dabei in keiner Weise erforderlich. Vielmehr kann sich die Darwinische Selektion darauf beschränken, dasjenige Keimmaterial auszuwählen, welches bestimmten histomechanischen und histochemischen Gesetzen gehorcht. Bei der Ontogenese dagegen werden zuerst die auf chemischen Vorgängen beruhenden Beziehungen der Embryonalanlage zu der Umgebung des Eies einerseits und zu den Dottermassen andererseits wirksam und führen zu der Entwicklung des äußeren und inneren Keimblattes. In etwas späterer Zeit treten dann im mittleren Keimblatt mechanische Spannungen auf, welche die Entwicklung der Bindesubstanzen bestimmen. Ob und inwieweit jedoch dabei Selbstdifferenzierungen im Sinne von Roux mitwirken, scheint mir gegenwärtig noch nicht spruchreif. Manches, was früher unerklärlich schien, ist heute bereits erklärt.

Histomechanik und Histochemie haben die Aufgabe, auf rein induktivem Wege die gesetzmäßigen Beziehungen zu prüfen, welche zwischen der Formation, der Nutrition und der Funktion der Gewebe bestehen. Aus den bei Verfolgung dieser Aufgabe gewonnenen Erfahrungen ergibt sich sodann, daß der Bau und die Funktion der Gewebe und Organe, einschließlich ihrer pathologischen Störungen sich entwickeln ohne die Mitwirkung der von Roux angenommenen, die Verbindung zwischen Ursache und Wirkung unterbrechenden, willkürlichen Variabilität der Gewebselemente, Gewebe und Organe und ohne den sich daraus ergebenden Kampf der Teile. Demungeachtet besteht eine gewisse Variabilität des Baues und der Funktionen der Gewebselemente, Gewebe und Organe, wie unter anderem die oben erwähnte, wechselnde Gestalt, Größe und Beschaffenheit der Zellen jeder Leber zeigt. Allein dies ist keine willkürliche, vom Zufall abhängige Variabilität, sondern eine gesetzmäßige Variabilität. Sie ist der Ausdruck einer strengen, auch auf geringfügige Nebenursachen reagierenden Abhängigkeit, welche zwischen der Nutrition, Funktion und Formation der Gewebe besteht.

Damit glaube ich gezeigt zu haben, daß es außer der Rouxschen Anpassungslehre noch eine wesentlich andere Form der Erklärung der beobachteten Tatsachen gibt, welche einfacher ist und nirgends eine Lücke zwischen Ursache und Wirkung offen läßt. Indessen hat die Anpassungslehre von Roux ungeachtet ihrer deduktiven Entstehung eine sehr weite Verbreitung gefunden und ist zugleich ein stark benütztes Verständigungsmittel für die morphologische Forschung geworden. Ich kann dies nur bedingungsweise gut heißen, weil dabei zugleich die

Geister gebunden wurden. Wenn es unsere Aufgabe ist, die Beziehungen zwischen der Formation, der Nutrition und der Funktion der Gewebe auf das Kausalgesetz zurückzuführen, dürfen wir offenbar nicht bereits in den Anfangsstadien der Untersuchung mit R o u x eine Lücke zwischen Ursache und Wirkung annehmen und mit Hilfe der Anpassungslehre in alle Beobachtungen hineininterpretieren.

Nachdem beide Teile genügend zum Worte gekommen sind, ist für das Archiv die Diskussion geschlossen.

O r t h.

II.

Über aseptische und septische Narbenbildung.

(Aus dem Institut für chirurgische Pathologie und aus der chirurgisch-propädeutischen Klinik der Universität Padua.)

Experimentelle Untersuchungen von

Dr. Ettore Greggio¹⁾.

(Hierzu Taf. I.)

Zweck der vorliegenden Untersuchungen.

Ich beabsichtige in dieser Arbeit über eine Reihe von Experimenten zu berichten, die sich auf den Prozeß der aseptischen und septischen Narbenbildung beziehen, um damit die Herkunft und den Wert besonderer Zellen aufzuklären, welche in den letzten Jahren Veranlassung zu vielen Diskussionen und Untersuchungen gegeben haben.

Auch die in jüngster Zeit von verschiedenen Forschern aufgeklärten Prozesse bei der Narbenbildung sollen Beachtung finden.

Ich deute damit auf die Beobachtungen hin, welche zeigen, daß die Unterschiede bei der aseptischen und septischen Heilung von Wunden nicht nur quantitativer, sondern in hervorragender Weise auch qualitativer Art sind.

Die sehr beachtenswerten Beobachtungen, die D e v a u x bei aseptischen Gehirnverletzungen verschiedener Art (Schnitt-, Brandwunden, Blutinjektionen usw.) gemacht hat, veranlaßten ihn, entgegen der allgemeinen Ansicht, der er sich vordem ebenfalls angeschlossen hatte, die Aufräumungsarbeit der aus dem Blut emigrierten Leukozyten vollständig in Abrede zu stellen, ebenso den Glauben an ihr Erscheinen 12 Stunden nach dem Trauma, ihre plötzliche Degeneration und ihr Verschwinden nach 3 Tagen. Sie haben nichts mit der Beseitigung nekrotischer Bröckel zu tun, eine Arbeit, die allein den von M e t s c h n i k o w so-nannten Makrophagen zukommt.

¹⁾ Übersetzt von Dr. C. Davidsohn.