

(Aus der Psychiatrischen Universitätsklinik zu Jena [Direktor:  
Professor Dr. *Hans Berger*].)

## Das Saftspaltensystem der Dura.

Von

Dr. med. **Walter Jacobi**,

Privatdozent an der Psychiatrischen Universitätsklinik zu Jena.

Mit 10 Textabbildungen.

(Eingegangen am 29. Oktober 1923.)

- I. Lymphspalten und Bindegewebe (Safröhren-, Spaltraum-, Saftlückentheorie).
- II. Das Saftspaltensystem der Dura.
- III. Methoden zur Darstellung und Kommunikationswege desselben.
- IV. Die *Magnussche* Methode, Vorteile und Kritik derselben.

Eigene Untersuchungen:

- V. Duraröhren und Saftlücken der harten Hirnhaut.
- VI. Saftlücken an Dura-Innen- und Außenfläche.
- VII. Das Saftlückensystem der Dura vom Kaninchen.
- VIII. Saftlückensystem und Lymphcapillaren.

### I. Lymphspalten und Bindegewebe.

Die Frage nach dem Ursprung der Lymphgefäße, sowie deren Beziehung zum Bindegewebe hat von jeher das Interesse zahlreicher Forscher in Anspruch genommen. Ob die Lymphgefäße geschlossen seien oder sich aus den Räumen des Gewebes herausentwickelten, war besonders in der letzten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts eine gewichtige Streitfrage, die Anatomen und Physiologen beschäftigte. Nach *Virchow* und *Donders*, die die Lehre von den sternförmigen Bindegewebskörperchen aufgestellt hatten, sollten diese infolge der Verschmelzung ihrer Membranen ein zusammenhängendes Röhrensystem bilden, ein plasmatisches Gefäßsystem oder Safröhrensystem, wie es *Koellicker* nannte, das nach *Leydig* ein Verbindungssystem zwischen Blut- und Lymphcapillaren darstellte. So schien eine Vorstellung für den unmittelbaren Übergang beider Systeme gefunden.

Die Physiologen dagegen, *Brücke* und *Ludwig* an der Spitze, vertraten Anschauungen, die unseren heutigen Vorstellungen auf diesem Gebiete weit näher liegen. Hiernach sollten sich die Lymphgefäß-

wurzeln, selbst membranlos, einfach aus den Lücken der Gewebe, aus den sogenannten interstitiellen Gewebsräumen entwickeln. Diese, in ihrer Form von der Gestalt der Gewebs Elemente abhängig, würden als ein feines Spaltensystem derart die Organe durchziehen, daß diese mit ihren schmalen Balken und Scheidewänden zwischen den Lymphräumen ein dichtes Geflecht von Lymphgefäßen bildeten. Die Injektionen der Lymphgefäße von *Mascagni*, *Fohmann* u. a. mit Quecksilber, durch die eine pralle Füllung der Organe bewirkt worden war, hatten eine derartige Auffassung besonders nahegelegt.

Von *Recklinghausen* vertrat, hauptsächlich auf die Untersuchung von Silberpräparaten und auf Injektionsversuche gestützt, die Meinung, daß das gewöhnliche Bindegewebe von einem Netz von Kanälen, den sogenannten Saftkanälen, durchzogen würde, in deren Lumen die eigentlichen Bindegewebskörperchen gelegen seien. So strömte nach seinen Beobachtungen der Gewebssaft in einem scharf vorgezeichneten Bett; die Ufer desselben konnten nicht, wie das *Ranvier*, *Engelmann*, *Straub* u. a. meinten, je nach der Stärke des Lymphstromes beliebig verlegt werden. „Dabei mag“, dies ist wohl nach langen Erwägungen seine endgültige Meinung, „immerhin das Ufer des Saftkanals, da es porös, die Saftflüssigkeit, wie das Flußufer das in seinem Bett strömende Wasser, in seine Umgebung hinein durchlassen, und innerhalb der das Kanalsystem begleitenden Kittsubstanz gleichsam eine Grundwasserbewegung erlauben“<sup>1)</sup>).

## II. Das Saftspaltensystem der Dura.

Von *Recklinghausen* war wohl auch der erste, der das Saftkanalsystem der harten Hirnhaut einer gründlichen Untersuchung unterzog. An Hand von Silberpräparaten konnte er an der Dura von Kaninchen, Meerschweinchen, Hund und Mensch ein Saftkanalsystem zur Darstellung bringen, das zwar bei den verschiedenen Tieren große Verschiedenheit zeigte, aber doch eindeutig als solches erkennbar war. Während er bei Kaninchen und Meerschweinchen nichts wahrnahm, was an Lymphgefäße erinnerte, sah er an den inneren Schichten der Dura von Hund und Mensch Gefäße, deren lymphatische Natur er für wahrscheinlich hielt<sup>2)</sup>. *Boehm* trat dann später den Anschauungen

<sup>1)</sup> Von *Recklinghausen*: Die Lymphgefäße und ihre Beziehung zum Bindegewebe. Berlin: August Hirschwald 1862; derselbe: Über Eiter- und Bindegewebskörperchen, Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. 28, 1863; S. *Stricker*: Handbuch der Lehre von den Geweben des Menschen und der Tiere. Leipzig 1871 = Kapitel X, Das Lymphgefäßsystem von Prof. F. von *Recklinghausen*; von *Recklinghausen*: Über die Saftkanälchen der Hornhaut, Anat. Anz., Suppl. 1888, S. 612—616.

<sup>2)</sup> von *Recklinghausen*: Die Lymphgefäße und ihre Beziehung zum Bindegewebe. Berlin: August Hirschwald 1862.

von *Schweigger-Seidel*<sup>1)</sup>, der die von Recklinghausenschen Saftkanälen als Kunstprodukte erklärte, entgegen, indem er besonders an der Innenfläche der Katzen- und Hundedura Saftkanalzeichnungen zur Darstellung brachte, die besonders bei der Katze eine sehr typisch sternförmige, den Corneabildern ziemlich ähnliche Konfiguration zeigten. Auch die Kaninchendura bot mit ihren meist sehr langgezogenen, spitzzulaufenden Figuren, die in ihrer Gesamtheit eine jeder Beschreibung spottende Mannigfaltigkeit der Gestalt zeigten, ein ganz charakteristisches Bild. Lymphgefäße konnten an der Dura des Hundes und der Katze ebensowenig nachgewiesen werden als an der des Kaninchens und Menschen. Allerdings ließen sich durch Einstichinjektionen an der Innenfläche der Dura vom erwachsenen Menschen Netze darstellen, deren Deutung viel Schwierigkeit bot und deren Zugehörigkeit zum Lymphgefäßsystem von *Recklinghausen* als wahrscheinlich erschien. Diese Netze standen nach *Boehm* sowohl in Verbindung mit den Venen der Außenfläche der Dura, als auch in offener Kommunikation mit den intrafibrillären Gewebsspalten der Dura und dem Subduralraum. Diese Beobachtung, die unregelmäßige Gestaltung des Gefäßnetzes, dessen ausgesprochen knotigen Anschwellungen an den Verzweigungsstellen, begünstigten die Auffassung, daß man es hier mit einem selbständigen Lymphsystem zu tun habe. Als eine Art „accessorisches Capillarsystem der Dura“ bezeichnete es *Boehm*, dazu bestimmt, einerseits bei abnormen, intracraniellen Blutstauungen sich zu füllen, andererseits berufen, bei der Resorption krankhafter Exsudate und Flüssigkeiten eine Rolle zu spielen<sup>2)</sup>.

*Key* und *Retzius*, ebenso wie *Paschkewicz* u. a. zeigten dann, daß die von *Boehm* gefundenen, eigentümlichen Ampullen nichts anderes darstellten als ampulläre Erweiterungen der capillaren und venösen Blutgefäße an der Innenfläche der Dura, daß sie mit dem Subduralraum *nicht* kommunizierten, also nicht in unmittelbarer Verbindung mit dem Lymphgefäßsystem standen, eine Anschauung, die auch *Quincke* und *Michel* teilten und die in letzter Zeit durch die Arbeiten von *van Vleuten*, *Laurent* und *Jons* aus dem Bonner pathologischen Institut ihre Bestätigung fanden<sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> Die Behandlung der tierischen Gewebe mit Argent. nitr. etc., Arb. a. d. physiol. Inst. zu Leipzig vom Jahre 1866, S. 161ff.

<sup>2)</sup> *Rudolf Boehm*: Experimentelle Studien über die Dura mater des Menschen und der Säugetiere. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. **47**, 1869.

<sup>3)</sup> *Key* und *Retzius*: Studien in der Anatomie des Nervensystems. Arch. f. mikroskop. Anat. **9**; *dieselben*: Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes. I 1875, II. 1876; *Paschkewicz*: Zur Histologie der harten Hirnhaut. Beitr. z. Anat. u. Histol., Petersburg. med. Ztschr. 1872; *J. Michel*: Zur näheren Kenntnis der Blut- und Lymphbahnen der Dura mater cerebialis. Ber. über d. Verhandl. d. königl. sächs. Ges. d. Wiss. zu Leipzig, Mathematisch-Phys.

*Paschkewicz* lenkte dann weiter die Aufmerksamkeit auf Kanälchen, die die Blutgefäße umgaben und mit dem Subduralraum in Verbindung standen. Sie waren durch Silberbehandlung darstellbar und wurden als Lymphgefäße, die sonst nicht nachweisbar waren, angesprochen. Nach *Michel* verliefen die Gefäße der Dura in mit Endothel ausgekleideten Spalten und waren mit einer Scheide platter Zellen (Endothelscheide) versehen. Auch *Obersteiner* beschrieb eigentümliche Spalträume in der Umgebung von Arterien der harten Hirnhaut, die nach seiner Mutmaßung einerseits auf dem Wege des Saftlückensystems durch die von Recklinghausenschen Stomata mit dem Subduralraum kommunizierten und sich andererseits vom Blutgefäßsystem aus mehr oder minder leicht injizieren ließen<sup>1)</sup>.

Natürlich beanspruchte das von *Recklinghausen*, nicht, wie *Fuchs* meint, von *Boehm* zuerst beschriebene Saftlückensystem der Dura das Interesse sämtlicher Forscher, die sich mit der Anatomie und Physiologie der harten Hirnhaut beschäftigt haben<sup>2)</sup>.

### III. Methoden zur Darstellung und Kommunikationswege des Saftspaltensystems der Dura.

Man injizierte geeignete Flüssigkeiten: Berliner Blau, gleiche Teile Berliner Blau und 2% Kochsalzlösung, in Terpentinöl gelöstes Alkannin, in Chloroform gelöstes Asphalt usw. entweder in das Durgewebe selbst (Einstichinjektionen) oder zwischen Dura und Knochen oder in den Subduralraum und injizierte diese Stoffe schließlich, im Glauben, daß das Saftspaltensystem mit den Venen in offener Verbindung stände, in diese. Man brachte mit der Pipette frische, mit etwas Wasser verdünnte Kuhmilch, Berliner Blau und andere Stoffe auf die Innenfläche der Dura oder trieb jene aus einer Glasröhre mit wenig mm Lumen entweder durch ziemlich starken Druck oder unter dem Druck der eigenen Flüssigkeitssäule in den Subduralraum ein und suchte diese Flüssigkeiten durch die viel umstrittenen von Recklinghausenschen Stomata zur Resorption zu bringen. Durch all diese Maßnahmen ließen sich im Gewebe der Dura eigentümliche Röhrensysteme

---

sische Klasse 1872; vgl. weiter: *Helnikow-Raswedenkow*: Histologische Untersuchungen über den normalen Bau der Dura mater und über Pachymeningitis interna, Beitr. z. pathol. Anat. u. z. allg. Pathol. 28, Jena: Gustav Fischer 1900.

<sup>1)</sup> *H. Obersteiner*: Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Zentralorgane im gesunden und kranken Zustande. III. verm. u. umgearb. Aufl. Leipzig u. Wien: Franz Deuticke 1896. VII. Abschnitt: Die Hüllen des Centralnervensystems

<sup>2)</sup> *Alfred Fuchs*: Die Veränderungen der Dura mater cerebialis in Fällen von endokranieller Drucksteigerung (Tumor und Hydrocephalus), nebst einem Beitrag zur Histologie der Dura mater spinalis. Arb. a. d. neurol. Inst. d. Wiener Univ., X. Heft, S. 378—497.

zur Darstellung bringen, die aus stiftförmigen, geraden, im allgemeinen cylindrisch geformten Figuren bestanden, die sich oft in eine Anzahl feinerer, entweder dicht beisammenliegender oder von einander sich trennender Röhrchen auflösten und spitz endeten. Oft war zwischen den einzelnen Röhrchen nur ein dünner Streifen des Duragewebes sichtbar. War die Injektion stark, standen sie so dicht, daß man kaum das Grundgewebe erblickte. Anastomosen wurden selten beobachtet. Gestalt und Anordnung des Röhrensystems waren durch den Bau der Dura bestimmt, so daß die einzelnen Röhren sich in den einzelnen Schichten derselben in Richtung ihrer Fibrillen unter verschiedenem Winkel kreuzten. Dieses Saftlückensystem hat in den Arbeiten zahlreicher Forscher seine Beschreibung gefunden. Es erinnerte in seiner Gestalt stark an die „corneal tubes“, die *Bowman* im Jahre 1849 durch Injektionen mittels Quecksilber und Zinnober an der Hornhaut dargestellt, die *Teichmann* bestätigt, aber unbedingt für Kunstprodukte erklärt hatte, und über die in der Folgezeit ein heftiger Streit entbrannte. *Bartels* spricht in seiner bekannten Monographie über das Lymphgefäßsystem geradezu von einem Corneastreit.

Von *Recklinghausen*, *Boehm*, *Paschkewicz*, *Quincke*, *Michel*, *Key* und *Retzius*, *Fischer*, *Waldeyer*, *Koelliker*, *Obersteiner*, *Troitzky*, *Melnikow-Raswedenkow*, *Stöhr*, in letzter Zeit *Nose* und *Fuchs* vom Obersteinerischen Institut haben ihm eingehende Untersuchungen gewidmet. Sie alle geben übereinstimmend an, daß die Dura zwischen den verflochtenen Bindegewebsbündeln ein feines Saftlückensystem besitzt, das durch *Key* und *Retzius* auch heute noch seine gründlichste Beschreibung erhalten hat<sup>1)</sup>.

Daß dieses mit dem Subduralraum, wie *Boehm*, *Paschkewicz*, *Quincke*, *Michel*, *Fischer*, *Waldeyer*, *Obersteiner*, *Koelliker*, *Kopsch* und andere meinten, in Verbindung steht, wurde von anderen Forschern, so z. B. von *Ziehen*, bestritten<sup>2)</sup>.

Für eine Kommunikation mit den epiduralen Räumen, deren Vorhandensein von *Key* und *Retzius* entschieden in Abrede gestellt wurde, traten *Michel*, *Quincke*, *Koelliker* ein. *Fischer* und *Waldeyer* sahen bei Injektion des spinalen Epiduralraumes die Injektionsmasse nie in die Schädelhöhle eindringen.

<sup>1)</sup> Vgl. außer den bereits genannten Arbeiten noch besonders: *Fischer*: Beiträge zur Kenntnis der Lymphbahnen des Zentralnervensystems. Mitgeteilt von *Waldeyer*. Arch. f. mikroskop. Anat. 17, S. 362; *Koelliker*: Handbuch der Gewebelehre. II. Bd. 1896; *Troitzky*: Ein Beitrag zur Kenntnis der Endotheliome der Pachymeninx spinalis. Prag. med. Wochenschr. 1893; *S. Nose*: Zur Struktur der Dura mater des Menschen. Arb. a. d. neurol. Inst. d. Wiener Univ., VIII. Heft, 1902.

<sup>2)</sup> von *Bardleben*: Handbuch der Anatomie des Menschen, Nervensystem. Vierter Band, Erste bis dritte Abteilung, Zentralnervensystem.

Eine weitere Frage war die, ob das Lymphspaltensystem der Dura mit den Venen derselben in offener Verbindung stehe.

Daß durch die Pacchionischen Granulationen ein Abfluß beider Lymphräume, des Subdural- und des Subarachnoidalraumes, in die Hirnsinus, besonders in den Sinus longitudinalis superior und dessen Recessus laterales, und hierdurch eine indirekte Kommunikation beider Räume gesichert ist, bedarf nach den Untersuchungen von *Key* und *Retzius*, die durch *Fischer-Waldeyer* vollauf bestätigt wurden, keiner Erörterung. Eine weitere indirekte Verbindung beider Räume ist bekanntlich dadurch gewährleistet, daß die Lymphgefäße der Nasenschleimhaut sich sowohl durch subdurale, wie subarachnoideale Injektion füllen lassen. Bemerkenswert aber, besonders im Hinblick auf meine eigenen Untersuchungen, ist, daß *Fischer* und *Waldeyer* durch subdurale Injektion auf dem Wege über das Säftlückensystem die kleinen Venen der Dura darstellen und somit die älteren *Boehmschen* Versuche bestätigen konnten, denen unter anderen von *Key* und *Retzius* widersprochen worden war.

#### IV. Die Magnussche Methode, Vorteile und Kritik derselben.

In letzter Zeit hat nun *Magnus* eine Methode zur Darstellung der Lymphgefäße und ihrer Wurzeln, über die er zuerst in der Sitzung der Medizinischen Gesellschaft zu Jena am 15. Februar 1922 berichtete, angegeben, die mich veranlaßte, die Frage des Säftlückensystems der Dura erneut in Angriff zu nehmen<sup>1)</sup>.

Bringt man Gewebssäfte des menschlichen Körpers in Berührung mit Wasserstoffsuperoxyd, kann man sich unschwer überzeugen, wie sich alsbald feine Luftblasen entwickeln:

Die Katalase des Gewebes hat aus dem Wasserstoffsuperoxyd Sauerstoff in Freiheit gesetzt, der sich unter den Augen des Beschauers entwickelt. Geschieht eine solche Entwicklung innerhalb des frischen, unzerstörten Körpergewebes, wird sich das Gas auf dem Wege fortbewegen, auf dem ihm der geringste Widerstand geboten wird. Derartige Wege sind durch die Lymphbahnen und Blutgefäße natürlich vorgezeichnet, die beide in reichem Maße Katalase enthalten.

Derartige theoretische Erwägungen fanden, wie *Magnus* und nach ihm Frau *Ada Stübel* zeigen konnten, vollauf ihre praktische Bestätigung<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Vgl. Nr. 4/6 der Korrespondenzblätter des allg. ärztl. Ver. v. Thüringen 1922; *Magnus*: Die Darstellung der Lymphwurzeln durch Gasfüllung.

<sup>2)</sup> *Georg Magnus*: Die Darstellung der Lymphwurzeln im menschlichen und tierischen Gewebe, ihr Verhalten in serösen Häuten und ihre Bedeutung für deren Pathologie. Dtsch. Ztschr. f. Chirurg. 175, 1.—6. H., 1922; *Ada Stübel*: Über die

Die Erfahrung hat gelehrt, daß der Wasserstoffsuperoxyd auf drei Wegen in die Lymphbahnen der Gewebe gelangen kann.

I. Auf dem Wege künstlich geschaffener oder natürlich präformierter Öffnungen, der viel umstrittenen, von Recklinghausenschen Stomata, über die später zu handeln sein wird.

II. Vermittelst Diffusion durch die Schleimhaut und schließlich

III., indem man das Wasserstoffsuperoxyd mittels Pravazscher Spritze direkt in das Gewebe injiziert.

Ersterer Weg war gegeben bei den serösen Häuten, beim Peritoneum, bei der Pleura, beim Perikard, auch bei der Dura; der zweite ergab sich z. B. bei Dickdarm und Gallenblase; der dritte erwies sich als gangbar bei der Haut, bei Conjunktiva und Cornea, beim Studium der Lymphgefäße der Gelenke und des Dünndarms.

Die zur Untersuchung auserwählten Präparate wurden für meine Zwecke von Sektionen entnommen, die baldmöglichst nach stattgefundenem Tode vorgenommen wurden. Die Gewebe von Tieren wurden noch lebenswarm in physiologische Kochsalzlösung, die Körpertemperatur besaß, verbracht, so daß mit postmortalen Veränderungen bestimmt nicht zu rechnen war.

Die Durchmusterung der Gewebe fand statt mit dem binokularen Mikroskop für Planktonforschung der Firma Zeiß, das uns in lebenswürdiger Weise leihweise zur Verfügung gestellt wurde.

Das Instrument besteht aus einem Tubuspaar, das auf einem sehr schweren Stativ aufmontiert ist und dessen Doppelobjektiv *Pl* eine Wasserimmersion darstellt, die bei 4,3 cm Abstand vom Präparat mit Okular 2 eine 42fache, mit Huygensokular 4 eine 73fache Vergrößerung gibt.

Die Präparate wurden durch ein paar Zwirnwindungen auf einem Objektträger schnell fixiert, auf ein Glastischchen verbracht, das sich in einer Wanne mit physiologischer Kochsalzlösung, die Körpertemperatur hatte, befand. Durch ein Schraubengewinde ließ sich das Tubuspaar heben und senken, so daß sich das Präparat schichtweise von der Fläche her bei auffallendem Lichte leicht durchmustern ließ.

Als Lichtquelle diente eine von der Firma Zeiß gleichfalls zur Verfügung gestellte Bogenlampe.

Auf diese Weise konnten die Präparate unter fast physiologischen Bedingungen stereoskopisch bei mäßiger Vergrößerung betrachtet werden.

Ohne große Schwierigkeiten gelang es, die gewünschten Bilder durch das Tauchmikroskop hindurch bei demselben auffallenden Lichte,

---

Lymphgefäße des Auges. v. Graefes Arch. f. Ophth. **110**, 1.—2. H., 1922; *Georg Magnus*: Über den Nachweis der Lymphgefäße in der Zahnpulpa, Dtsch. Monatschrift f. Zahnheilk. H. 21, 1922 und weiter: *Magnus* Abderhaldens Lehrbuch der biologischen Arbeitsmethoden, und *Magnus* Chirurgenkongreß 1923.

bei dem mikroskopiert wurde, zu photographieren. Die Aufnahmen der Mikrophotogramme, die mit dem Objektiv *Pl* und mit dem Okular 2 oder 4 angefertigt wurden, geschahen mit der Zeißschen Mikro-Vertikal-kamera, die uns ebenfalls für unsere Zwecke leihweise zur Verfügung gestellt wurde. Die scharfe Einstellung des umgekehrten Bildes auf der Mattscheibe vermittelte die Mikrometerschraube unter Zuhilfenahme der Einstelllupe. Die Exposition der dann eingelegten photographischen Platten, als welche aus Sparsamkeitsgründen meist mit dem Diamant halbierte  $9 \times 12$ -Platten verwendet wurden, betrug durchschnittlich 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Minute bei kleiner Blende. Um das Präparat vor Erschütterungen zu bewahren, wurde in der Zeit der Belichtung eine zwischen Mikroskop und Bogenlampe geschaltete Papptafel hochgenommen. Die Bogenlampe, die auf 220 Volt abgestimmt war, war durch Birnenschaltung (Deckenbeleuchtung) verbunden, so daß sie von dort aus unter Einschaltung eines dazu konstruierten Widerstandes mit Strom gespeist wurde. Als Plattensorte wurde Aqua-Chromo-Isorapid, als Entwickler Metolhydrochinon verwandt.

Die im folgenden wiedergegebenen Abbildungen entsprechen nach direkter Messung auf der Mattscheibe einer 33- bzw. 58fachen Vergrößerung.

Der Wert der Magnusschen Methode liegt in ihrer großen Einfachheit und vor allem darin, daß das Präparat im Gegensatz zur mikroskopischen Technik ohne irgendwelche Vorbehandlung beinahe lebenswarm unter fast physiologischen Bedingungen zur Untersuchung kommt. Fixierung, Härtung und sonstige Vorbehandlung kommen ja in Wegfall; ein paar Tropfen Wasserstoffsuperoxyd vorsichtig auf die Fläche desselben gebracht, sind die einzigen Vorbereitungen, um es untersuchungsfertig zu machen.

*Erich Seidel* hat der Magnusschen Methode zum Vorwurf gemacht, daß durch sie nicht nur physiologisch präformierte Räume zur Darstellung kämen, sondern durch sie, ganz ähnlich wie bei der Einstichmethode, besonders in Geweben mit lockerem Bau, durch die explosionsartige Entbindung des Sauerstoffs künstliche Sprenglücken geschaffen würden, die leicht als präformierte Lymphbahnen angesprochen werden könnten<sup>1)</sup>.

Dieser Einwand bedarf sorgsamer Prüfung, weil er physiologisch wohl fundiert ist. Die Möglichkeit zur Entwicklung von Sauerstoff bei Berührung mit Wasserstoffsuperoxyd ist ja zweifelsohne überall im Gewebe gegeben, das gleichmäßig von Gewebs- oder Parenchymsaft, der Ernährungsflüssigkeit desselben, durchsaftet wird. Man muß wohl

<sup>1)</sup> *Erich Seidel*. XIX. Mitteilung. Über die von Magnus und Stübel angeblich nachgewiesenen Lymphgefäße im Bereich der Irisvorderfläche und des Kammerwinkels. v. Graefes Arch. f. Ophth. **111**, 1.—2. H. 1923.



annehmen, daß dieser durch eine aktive Funktion der Endothelzellen, die mosaikartig die Capillarenwand aufbauen und deren jede unter dem Einfluß des Nervensystems steht, zustande kommt. Nur so vermag es sich m. E. zu erklären, daß der Gewebssaft jedes Organs eine dessen Bedürfnissen genau entsprechende Zusammensetzung, im Muskel eine zuckerreiche, in den Milchdrüsen eine kalkreiche usw., enthält<sup>1)</sup>.

Gelangt nun  $H_2O_2$  auf mechanischem Wege, durch Endosmose oder durch direkte Applikation mit der im Gewebe vorhandenen Katalase in Berührung, wird es zur Abspaltung von Sauerstoff kommen, der den Weg ins Freie sucht. Stößt er nicht auf die natürlich präformierten Abzugskanäle der Lymph- und Blutgefäße, wird er sich eigens geschaffene Wege ins Gewebe bahnen, meint *Seidel*, die entweder als Gasödem imponieren oder regelrechte Straßen schaffen, die von den natürlich präformierten Lymphwegen nicht zu unterscheiden sind.

Dieser *Seidelsche* Einwand war nicht neu; hatte doch *Magnus* gleich in seiner ersten Publikation darauf hingewiesen, daß durch Gasexplosionen künstlich geschaffene Räume entstehen könnten, eine Möglichkeit, die übrigens auch *Ada Stübel* in ihrer Entgegnung auf die *Seidelschen* Einwände zugibt<sup>2)</sup>.

Wenn so dieser theoretische Einwand auch voll gewürdigt wurde, mußte doch daran festgehalten werden, daß die an lebensfrischem Material unter physiologischen Bedingungen zur Darstellung gebrachten Räume bei einiger Übung sehr wohl von Kunstprodukten in Form von Gewebszerreißen unterschieden werden konnten. Besonders überzeugend nach dieser Richtung waren für mich die Ergebnisse von im Pathologischen Institut zu Jena vorgenommenen Experimenten:

Ratten und Mäusen wurde eine Tuscheaufschwemmung intraperitoneal injiziert, die nach einer halben bis einer Stunde getötet wurden. Betupfte man nunmehr den peritonealen Überzug des Zwerchfells, gelegentlich auch des Peritoneums der Bauchwand mit Wasserstoff-superoxyd, zeigte sich, daß die resorbierte Tusche in feinen Partikelchen in der Wand silberglänzender Gaskanäle sich fand, eben in den durch die *Magnussche* Methode zur Darstellung gebrachten Lymphräumen<sup>3)</sup>.

Wenn durch diese Ergebnisse der *Seidelsche* Einwand auch noch nicht voll entkräftet ist und noch weiterer kritischer, experimenteller

---

<sup>1)</sup> Vgl. *C. v. Bunge*: Physiologie des Menschen. 2, 19. Vortrag: Die Lymphe, S. 331—342.

<sup>2)</sup> *Ada Stübel*: Erwiderung auf E. Seidels XIX. Mitteilung aus v. Graefes Archiv 111, H. 1—2, 1923.

<sup>3)</sup> *Ada Stübel*: Die Methode der Darstellung von Lymphwurzeln durch Gasfüllung nach Magnus und ihre Kontrolle durch den mikroskopischen Schnitt. Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. 244, S. 287—298, 1923.

Erörterungen bedarf, scheint mir doch durch sie ein wichtiger Baustein für die Richtigkeit der *Magnus-Stübel'schen* Anschauung gewonnen.

Bei Erörterung meiner eigenen Untersuchungen wird hierauf zurückzukommen sein.

Diese sollen an einer Reihe von Mikrophotogrammen erörtert werden.

### V. Duraröhren und Saftlücken der harten Hirnhaut.

Betupft man die Innenfläche der Dura mit einigen Tropfen Wasserstoffsuperoxyd, sieht man bald (Abb. 1), wie unter den Augen des Beschauers ein Spaltensystem zur Darstellung kommt, das silberglänzend

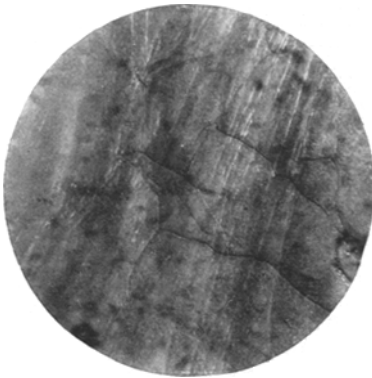


Abb. 1.

strichförmig das Gesichtsfeld durchzieht und mit der Faserung des Grundgewebes parallel läuft. Betrachtet man die einzelnen langgezogenen Gebilde näher, erkennt man, daß diese, oft strahlenförmig divergierend, streckenweise aus einer Reihe langgezogener, spindelförmiger Anschwellungen zusammengesetzt sind. Die Ähnlichkeit dieser Gebilde mit den corneal tubes *Bowmans*, den Hornhauröhren, liegt auf der Hand.

Es ist ein eindrucksvolles Bild (Abb. 2), wie diese röhrenförmigen Gebilde im Gesichtsfeld zur Entwicklung kommen. Pfeilartig schießen sie auf, bald nach dem Beobachter zu, bald von ihm hinweg, dann wieder ruhig in der horizontalen Fläche verlaufend. In den verschiedensten Ebenen sieht man sie zur Darstellung kommen, so daß sich mit Leichtigkeit beobachten läßt, wie, je weiter der Wasserstoffsuperoxyd in die Tiefe dringt, ein Spaltensystem nach dem anderen sich vorführt. Wie ein Bündel hingeworfener Stäbe, teilweise dicht beieinander, dann wieder entfernter liegend, muten die Gebilde an, die sich, einmal gesehen, fest dem Beschauer einprägen. Weiter bringen sich unscharf umrissene Komplexe winzig kleiner, aufgeblähter, dicht beieinander stehender Hohlräume zur Geltung; die, oberflächlich vom Röhrensystem gelegen, dem Saftlückensystem in der Cornea an die Seite zu stellen sind, jenen interlamellär gelegenen Kanälen, die *Zinn*, *Coccius*, von *Recklinghausen* beschrieben haben, und auf die dieser seine Theorie vom Ursprung des Lymphgefäßsystems aus in die Grundsubstanz eingegrabenen Lücken gestützt hat.

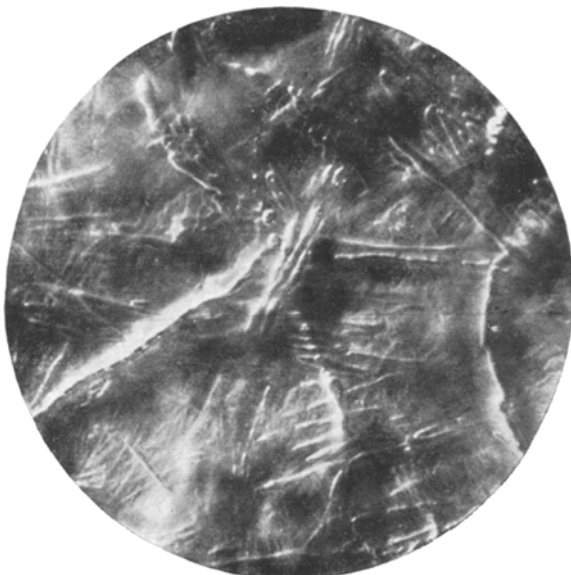


Abb. 2.

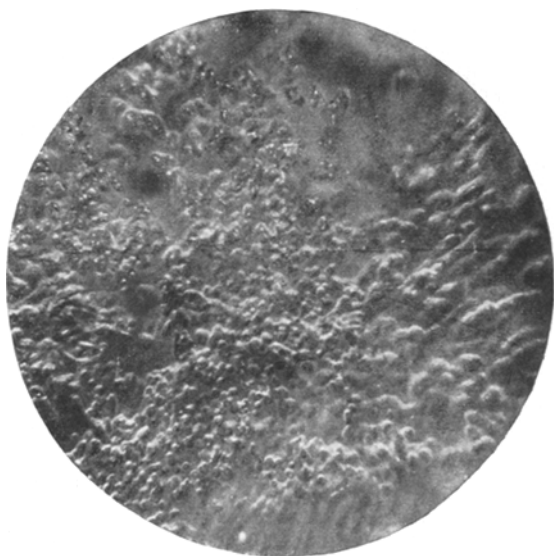


Abb. 3.

Abb. 3, einer Mondkraterlandschaft nicht unähnlich, zeigt die von Recklinghausenschen „Saftlücken“ an der Dura eines Kaninchens.

Blutgefäße bei vorsichtigem Betupfen mit Wasserstoffsuperoxyd von intakter Oberfläche her zur Darstellung zu bringen, ist mir bisher nicht gelungen. Dagegen gelingt es unschwer, sie vorzuführen, wenn man den Rand der ausgeschnittenen, zur Untersuchung aufgespannten harten Hirnhaut damit betupft. Man sieht dann, wie gleichmäßig geformte, zarten, gebogenen Metallfäden nicht unähnliche Gebilde ruckartig das Bild übersetzen. Diese drehrunden Gefäße sind nicht leicht im Mikrophotogramm festzuhalten, weil sich das Gas innerhalb derselben unruhig, einem Quecksilberfaden vergleichbar, hin- und herbewegt. Die Gleichmäßigkeit ihrer Konturen, die Stetigkeit ihres Kalibers, zusammen mit den bereits geschilderten Kennzeichen lassen sie unschwer als Blutgefäße erkennen (vgl. Abb. 1) und von den Duraröhren unterscheiden.

#### VI. Saftlücken an Dura, Innen- und Außenfläche.

Betrachtet man eine harte Hirnhaut von der Innenfläche, so sieht man, wie von der Hirnsichel aus zahlreiche, sich kreuzende Balkenbündel zur Dura ziehen, die eine Menge von Spalten und kleinen Öffnungen zwischen sich lassen. Durch

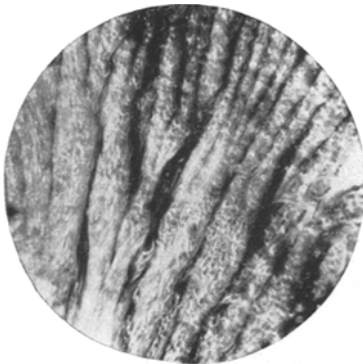


Abb. 4.

diese dringen die arachnoidealen Zotten in das durale Gewebe hinauf, um, von einer dünnen Duraschicht bedeckt, schließlich als Pacchionische Granulationen in den Sinus longitudinalis und dessen Recessus laterales einzuschießen. Zwar steigen nicht alle bis zum Lumen des Sinus empor und tauchen in diesen ein, zahlreiche bleiben im Duragewebe zurück, dasselbe in den verschiedensten Richtungen durchkreuzend. Injiziert man vom Subarachnoidealraum aus Berliner Blau, sieht man, wie das blau-

gefärbte Zottengewebe massenhaft zwischen die Durabalken hineinschießt, um die Dura in mancherlei Richtung zu durchspinnen.

Betupft man ein Stück dieser cribrierten Durapartie, die aus einem netzförmigen Geflecht anastomosierenden Balken besteht, mit Wasserstoffsuperoxyd, ergibt sich ein außerordentlich charakteristisches Bild. In unendlicher Fülle quillt auf ihnen ein Belag, feiner, zarter, kuppenförmiger Hohlräume von wechselnder Größe auf (Abb. 4), die bei Wasserimmersion besehen entweder fingerförmig, einzeln oder in Gruppen stehend, erscheinen oder wie Bananen sich aus dem Durabalken hervorstrecken (Abb. 5) und schließlich, bei stärkster Vergröße-

rung, wie ein Gehäus von Bergkrystallen anmuten. So lassen diese Gebilde, bei wachsender Vergrößerung besehen, der vergleichenden Phantasie in ihrer mannigfaltigen Schönheit reichen Spielraum.

Die Lymphspalten, die ich an der Dura eines Neugeborenen in der Parietalregion (Abb. 6) zur Darstellung bringen konnte, erinnern in Form und Aufbau in mancherlei Beziehung an die soeben Beschriebenen. Strichförmig, dem Verlauf der Grundstruktur des Gewebes folgend, reiht sich oft in spindelförmiger Gestalt Spalte hinter Spalte, oder es liegt in nahester Fühlung, wie die Maschen in einem Netzwerk, ein kleiner winziger Hohlraum neben dem anderen. Andere Partien wieder muten unregelmäßig an (linke Partie im Bilde); aber auch hier gebietet die Grundstruktur des Bindegewebes die Anordnung.

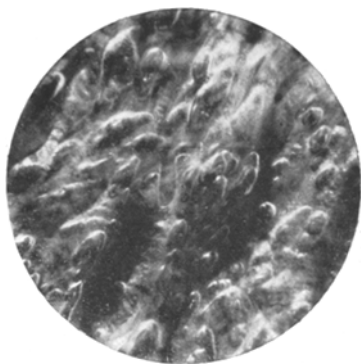


Abb. 5.

Betrachtet man eine solche Stelle bei stärkster Vergrößerung, zeigt sich, wie die geblähten Hohlräume oft ineinander greifen und miteinander verschmelzen, so daß ein Relief zur Darstellung kommt, das

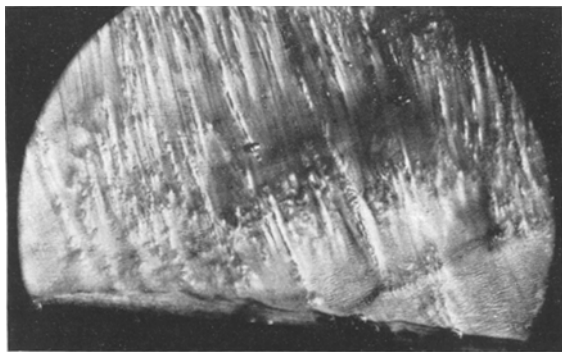


Abb. 6.

in seiner zerrissenen Unebenheit dem Rücken einer Kröte nicht unähnlich ist.

Dieselben Formen, die sich an der Dura-Innenfläche zur Darstellung bringen lassen, lassen sich an der Außenfläche derselben nachweisen. In der Parietalregion war oft ein ganzes Gesichtsfeld mit fingerförmigen Kuppen besät, die in der Gleichmäßigkeit ihrer Gestalt geradezu monoton anmuteten.

Selbst auf dem zerklüfteten Boden des Längssinus traten dieselben Formen, in ihrer Größe allerdings stets voneinander abweichend, in Erscheinung:

Bald als zarte Kuppen, wie Spargelköpfe, die das Erdreich eben durchbrechen wollen, gerade erkennbar, dann wieder wie volle Fingerglieder sich dem Beschauer entgegenstreckend.

So ergibt sich als wesentlich, daß die Grundform der Spaltenräume an Innen- und Außenfläche die nämliche ist.

## VII. Das Saftlückensystem der Dura vom Kaninchen.

Die Dura des Kaninchens ist von jeher ein beliebtes Objekt für das Studium der Lymphzirkulation der harten Hirnhaut gewesen. Und in der Tat ergeben sich hier außerordentlich charakteristische Bilder:

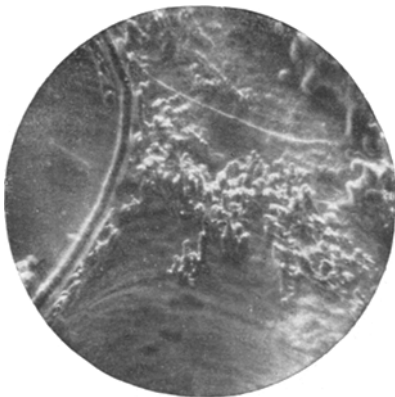


Abb. 7.

Läßt man die Mikrometerschraube spielen, zeigt sich mühe-los, wie etagenförmig ein Spaltensystem über das andere geschichtet ist. Oft hat man den Eindruck, als ob der dunkle Strang der Gefäße, die in ihren gleichbleibenden Konturen unschwer zu erkennen sind, von einem helleren Mantel umscheidet ist, an den sich die Spalt-räume in schmalen Streifen an-gliedern (Abb. 7). Dann wieder bilden sie in den Winkeln der einmündenden Gefäße Komplexe unregelmäßig geformter Maschen-räume, die sich aber mit ihrer

Peripherie stets in bestimmtem Abstand von ihnen halten. Dann wieder stehen sie einzeln oder reihenweise hintereinander und heben sich plastisch vom freien Grundgewebe ab. Natürlich ist die Viel-gestaltigkeit der Anordnung der Saft-räume, die sich in ihrer Mannig-faltigkeit kaum beschreiben läßt, durch diese wenigen Federstriche keineswegs erschöpft. Öfters habe ich hier den Eindruck gewonnen, als ließen sie sich durch vorsichtige Injektion von den Gefäßen her zur Darstellung bringen, eine Beobachtung, die ich trotz häufiger Versuche keineswegs immer zu machen Gelegenheit hatte.

## VIII. Saftlückensystem und Lymphcapillaren.

Man hat, wie ich bereits ausgeführt habe, gegen die Magnussche Me-thode zur Darstellung der Lymphräume dieselben Einwendungen er-hoben, wie sie von maßgebender Seite gegen die bisher üblichen Ver-

fahren ins Feld geführt worden sind. Man könne nicht mehr erreichen als den Nachweis, daß außerhalb der Lymphgefäße auch noch Wege im Gewebe seien, die dem Saftstrom dienen.

„Die Gestalt dieser Wege aber, wie sie das Injektionsbild bietet“, sagt *Bartels* unter Bezugnahme auf die bisher geübten Methoden, „hängt einzig und allein von den Eigenschaften des Experimentators, der Injektionsmasse und dem Gewebe ab, und nichts kann den Gegner zwingen, zu glauben, daß die dargestellten Formen nur gerade diejenigen sein müssen, die ein Ausguß des Safttraumsystems uns liefern würde, wenn wir den Gewebssaft erstarren lassen und etwa durch Korrosionen oder ähnliches sichtbar machen könnten. Irgendwohin muß doch eine Masse schließlich gelangen . . .“

„. . . aber auch die geschickteste Injektion“, lesen wir weiter, „. . . wird immer dem Einwand gegenüber machtlos sein, daß hier gewaltsam an Stellen des geringsten Widerstandes ein Kanalsystem künstlich geschaffen nicht ein Ausguß eines präexistierenden Systems hergestellt sei . . .“

„An Schnitten wird man wohl Spalten und Hohlräume sehen, aber kaum in der Lage sein, sie bis zum Übergang in Lymphgefäße zu verfolgen, noch weniger aber zu entscheiden, ob sie vor der Fixierung bereits existiert haben.“

„Es ist also die ganze Frage eine solche, daß sie vom Anatomen mit dessen Hilfsmitteln zur Zeit nicht gelöst werden kann. Die Frage nach den Anfängen des Lymphsystems, nach der Entstehung des Lymphstroms aus dem Saftstrom ist eine philosophische, keine anatomische Frage.“

Die Frage nach den Anfängen des Lymphstroms solle man, so rät *Bartels*, unter diesen Umständen aus der anatomischen Diskussion ausmerzen.

Ist das das Resumé der bisher geübten Methoden, muß ich auf Grund meiner eigenen Untersuchungen feststellen, daß die Magnussche Methode ein gut Stück weiter gebracht hat. Nachfolgende Bilder, die von der Dura des Neugeborenen herrühren, sollen das dartun. Man sieht hier deutlich, wie aus den sattsam beschriebenen Lymphspalträumen korkzieherartig gewundene, röhrenförmige Gebilde entspringen, die in andere Lymphspaltkomplexe einmünden oder in zahlreichen zierlichen Guirlanden das Gewebe durchqueren (Abb. 8). Der Ur-

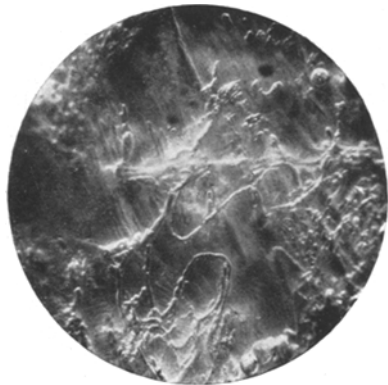


Abb. 8.

sprung dieser verbindenden Lymphhaarröhrchen aus den Spalträumen der Gewebe steht außer Zweifel (Abb. 9). Deutlich heben sie sich von den „Riffelmarken“ der Endotheloberfläche ab und zeigen in ihren Konturen oft wellenförmige Umrisse im Gegensatz zum geraden, steifen Verlauf der Blutcapillaren.

Was aber das Wesentliche ist:

Übersichtsbilder (Abb. 10) zwingen geradezu zu der Anschauung, daß hier *lediglich* physiologisch präformierte Hohlräume durch die Sauerstoffentwicklung zur Darstellung gekommen sind, die durch zarte Verbindungskanälchen miteinander kommunizieren. Gewiß, man mag *Seidel* recht geben, die Abspaltung des Sauerstoffs wird nicht

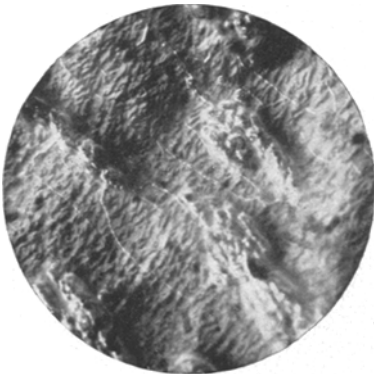


Abb. 9.

ausschließlich, auch nicht fast ausschließlich innerhalb der Blut- und Lymphgefäße erfolgen. Aber auch er wird, wo er auch immer zur Entwicklung kommt, auf demselben Wege, auf dem die Lymphe den Lymphspalten zugetrieben wird, nämlich auf dem Wege der Grundwasserströmung, um mich eines Ausdrucks von *von Recklinghausen* zu bedienen, dorthin gelangen. Hier hat er dann Gelegenheit, sich zu entfalten und die Lymphräume zur Darstellung zu bringen.

Natürlich kann man einwenden, daß die an der Durainnenfläche des Neugeborenen gewonnenen Ergebnisse nicht zu Verallgemeinerungen berechtigen. Das mag richtig sein.

Immerhin sind sie ein neuer Beweis für den Wert der neuen Methode, auch dafür, daß es berechtigt ist, diese als eine „*schonende*“ zu bezeichnen.

*Als Ergebnis meiner Untersuchungen ergibt sich folgendes:*

- I. Mit der Magnusschen Methode zur Darstellung der Lymphgefäße und ihrer Wurzeln (Abspaltung von Sauerstoff aus Wasserstoff-superoxyd durch Kontakt mit der Katalase des Gewebes) wurde das Saftspaltensystem der harten Hirnhaut bei Mensch und Tier zur Darstellung gebracht.
- II. Die Beobachtung der Präparate fand statt mit dem binokularen Mikroskop für Planktonforschung der Firma Zeiß, das gestattet, die Gewebe bei mäßiger Vergrößerung von der Oberfläche her stereoskopisch zu betrachten.
- III. Die beiden zur Darstellung gebrachten Lymphspaltenräume der harten Hirnhaut werden dem Safttlückensystem der Cornea und



den Hornhautröhrchen, den „corneal tubes“ *Bowmans*, an die Seite gestellt.

- IV. Diese durchziehen in mehreren Schichten die harte Hirnhaut und richten sich in ihrem Verlauf nach der Struktur des Duragrundgewebes.
- V. Innen-, wie Außenfläche derselben sind mit in ihrer Grundform gleichen, fingerförmigen Spalträumen wechselnder Größe besetzt,



Abb. 10.

die besonders an den cribrierten Partien der Dura in ihrer Anordnung ein wechselvolles Bild bieten.

- VI. Der Ursprung der Lymphcapillaren aus dem Saftlückensystem wird an einer Reihe von Bildern vorgeführt.
- VII. Lymphspaltkomplexe sind oft durch feine, capillarförmige Verbindungsrohren miteinander verbunden, ein Beweis dafür, daß es sich bei jenen um präformierte Räume handelt.