

Zur Kenntnis des Thymusreticulum und seiner Beziehungen zu dem der Lymph- drüsen, nebst einigen Bemerkungen über die Winterschlagdrüse.

Von

H. Mietens.

(Aus dem Anatomischen Institut Jena.)

Hierzu Tafel 7 und 8.

Die mikroskopische Zusammensetzung der Thymus ist in mancher Hinsicht noch recht unklar. Die eigentümliche Entwicklung des Organs aus einer epithelialen Anlage, mit den darauf sich geltend machenden Beziehungen zu lymphoiden Organen, gibt zu den verschiedensten Meinungen Anlaß. Auch die technischen Schwierigkeiten bei der Untersuchung kommen hierbei in Betracht. Daher hat mir Herr Prof. F. MAURER als Thema vorgeschlagen, eine Untersuchung des Thymusreticulum vorzunehmen, wobei namentlich die Beziehungen zum Lymphdrüsengerüst näher ins Auge gefaßt werden sollten.

Die Arbeit zerfällt in folgende Teile: a) Entwicklung des Reticulum; b) Aufbau des Reticulum im vollentwickelten Zustand; c) seine Involution; d) Vergleichung mit den Lymphdrüsen.

Von der so interessanten Frage über die Beziehungen der epithelialen Thymusanlage zur Herkunft der kleinen Rundzellen mußte leider gänzlich Abstand genommen werden. Dergleichen Untersuchungen erfordern ein weit umfangreicheres embryologisches Material, als das mir zur Verfügung stand. Viel klarer und übersichtlicher liegen die Verhältnisse bei der Entwicklung des Reticulum.

Ich erfülle hiermit die angenehme Pflicht, meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. F. MAURER, für die Ueberlassung eines Arbeitsplatzes im Laboratorium und das Interesse, das er mir bei der vorliegenden Untersuchung stets bewies, nochmals herzlich zu danken. Desgleichen gebührt auch dem Assistenten an der Anatomischen Anstalt, Herrn Prof. Dr. W. LUBOSCH, für sein stets liebenswürdiges Entgegenkommen mein innigster Dank.

Material und Methoden.

Als Untersuchungsobjekt diente in erster Linie das Rind in allen Entwicklungsstadien. Ferner wurden verwendet Hammel, Katze, Ratte, Maus, Kaninchen und Meerschweinchen, auch zwei vorzüglich konservierte menschliche Thymus von Hingerichteten. Die zu vergleichenden Lymphdrüsen entnahm ich bei Rind und Hammel stets dem Gekröse, bei den übrigen Tieren der Inguinalgegend.

Als Fixationsmittel wurden hauptsächlich angewandt Pikrinsäure und das Pikroformalin nach BOUIN (75 Teile Pikrinsäure, 25 Formalin, 5 Eisessig). Für Kernteilungsfiguren eignet sich die sonst Vortreffliches leistende Flüssigkeit weniger. Von sonstigen Fixierungsmitteln kommen in Betracht Sublimat und seine verschiedenen Gemische. Sublimat-Eisessig bringt die zarten embryonalen Gewebe zur Schrumpfung, weshalb von diesem Mittel zuletzt Abstand genommen wurde.

Von den Färbungen erwies sich, besonders für die Hervorhebung der einzelnen Gewebsbestandteile, das VAN GIESONSche Gemisch am vorteilhaftesten. Das Hämatoxylin nach MALLORY kam als Bindegewebsfärbung meist zur Anwendung.

Zur Kontrolle wurde eine Reihe Präparate verdaut. Die Schnitte von 15—20 μ wurden mit Wasser, oder besser mit Eiweißglyzerin aufgeklebt und darauf direkt in eine schwache alkalisch gemachte Trypsinlösung gebracht. Frisch zubereitet wirkt das Trypsin am besten. In einer etwa 5-proz. Lösung sind die Schnitte bereits in $1/2$ — $1 1/2$ Stunde zur Genüge verdaut. Darauf wurden die Objekträger gut abgespült und in HANSENSches Hämatoxylin für eine halbe Stunde oder länger gebracht. Nach erfolgter Abspülung trockneten die Schnitte an der Luft und kamen dann in Xylol und Kanadabalsam. Die zelligen Bestandteile werden verdaut, Bindegewebe und elastische Fasern sind blau gefärbt.

Für die Untersuchung der feineren Reticulumverhältnisse eignen sich Paraffinschnitte in sehr geringem Maße, da in der ausgebildeten Thymus besonders die Rinde von den kleinen Rundzellen dermaßen infiltriert erscheint, daß selbst auf Schnitten, welche die Dicke von 3 μ nicht übersteigen, vom Reticulum so gut wie gar nichts zu sehen ist. Auch in den Lymphdrüsenfollikeln ist das Gewebe von den Rundzellen stark verdeckt. Es wurden daher in der Hauptsache Mazerationsmethoden, wie das Pinsel- und Schüttele-

lungsverfahren in Anwendung gebracht. Das Reticulum der Lymphsinus und Markstränge läßt sich verhältnismäßig leicht von den einliegenden Elementen befreien, doch sitzen sie in den Maschen der Lymphdrüsenfollikel und besonders in der Thymus bedeutend fester. Präparate, die mit Pikrinsäure, Sublimat u. a. behandelt waren, ergaben keine befriedigenden Resultate. Die Rundzellen lassen sich schwer entfernen und das feine Netzwerk wird meist zerstört, so daß es verhältnismäßig selten gelingt, größere Bezirke freizulegen. Dazu kommt noch, daß durch die nachfolgende MALLORY-Färbung das Gewebe stark geschrumpft wird. Weit bessere Resultate ergab dagegen die HEIDENHAINsche Stückfärbung. Die Objekte wurden je nach der Größe mehrere Tage mit kalt gesättigter Pikrinsäurelösung fixiert und, ohne gewässert zu werden, in Alkohol von 30 und 50 Proz. gebracht, wo sie beliebig lange aufbewahrt werden können. Darauf erfolgte die Färbung in $\frac{1}{2}$ -proz. wässriger Hämatoxylinlösung, die 1—3 Tage währt. Die Stücke wurden abgespült und in eine Kaliummonochromat-lösung gebracht, wo die Oxydierung des Hämatoxylins rasch vor sich geht¹⁾. Die Lösung wird mehrfach gewechselt, bis die Stücke keine Farbe mehr abgeben. Von den so behandelten Organen wurden Rasiermesserschnitte angefertigt und in destilliertem Wasser geschüttelt. Der Zusammenhang zwischen Rundzellen und Reticulum ist stark gelockert, und es gelingt schon nach gelindem Schütteln, beträchtliche Partien vom Reticulum freizulegen. Dabei erhält das Gewebe eine ausgezeichnete Konsistenz und wird von der nachfolgenden Behandlung mit Alkohol, Xylol und Kanadabalsam nicht beeinträchtigt. Das Protoplasma quillt leicht auf. Die Kerne werden blau gefärbt, Bindegewebsfasern dunkelblau bis schwarz, Plasma grau.

Sämtliche Untersuchungen wurden mit dem Mikroskop Leitz, Stativ 2 b, ausgeführt. Bei den Zeichnungen kam die ABBESche Zeichenkamera zur Anwendung. Die Ausführung auch der mit dem Trockensystem aufgenommenen Skizzen wurde mit homogener Immersion Zeiß kontrolliert.

Die farbigen Zeichnungen sind mit Hilfe von Herrn R. KOWLER angefertigt, dem ich auch hier meinen kameradschaftlichen Dank ausspreche.

1) Ebenso gut eignet sich zur Nachbehandlung das von H. PETERSEN empfohlene Ammoniumchromat.

I. Entwicklung des Reticulum.

KÖLLIKER hat zuerst nachgewiesen, daß die Thymus sich aus epithelialer Anlage herausbildet, und von HIS, STIEDA, BORN, MAURER u. a. wurde dieser Befund mehrfach bestätigt. Es wurde festgestellt, daß für die Säugetiere hauptsächlich die dritte Schlundspalte in Betracht kommt. Betreffs der Herkunft des Reticulum gehen die Ansichten auseinander. KÖLLIKER, PRENANT, MAURER, HAMMAR, STÖHR sind der Ansicht, daß das Reticulum aus der ursprünglichen epithelialen Anlage entsteht. Andererseits führen HIS, STIEDA, GULLAND, NUSSBAUM und PRYMAK, VER EECKE, das Reticulum auf eingewandertes, mesenchymales Gewebe zurück. Das Epithel soll nur noch in Form der HASSALSchen Körperchen zurückbleiben. SCHAFFER und EBNER schließlich nehmen für das Mark eine epitheliale, für die Rinde dagegen eine mesenchymale Herkunft an.

Bei den jüngsten der von mir untersuchten Embryonen hatte das Organ das Aussehen von epithelialen Knospen. Die großen Kerne, mit einer deutlichen Chromatinstruktur versehen, liegen dicht beieinander. Im dazwischenliegenden Protoplasma ist eine Scheidung in Fortsätze nicht nachzuweisen. Die kompakte Knospe hebt sich vom umgebenden Bindegewebe deutlich ab.

Im nächstfolgenden Stadium (Ratte, Rind, Schwein) ist die Thymus streckenweise noch rein epithelial. In benachbarten Bezirken lockert sich das Gewebe; kurze, dicke Plasmastränge verbinden die einzelnen Kerne miteinander. In den unteren Teilen der Halsstränge und in der Brustpartie hat sich bereits ein deutliches Reticulum ausgebildet. Die Kerne der Reticulumzellen sind von spärlichen Plasmamengen umgeben; sie sind rund bis oval und variieren beträchtlich in ihrer Größe. Die Fortsätze bilden ein unregelmäßiges Netz; bald sind die Maschen sehr weit, bald wieder ist es einem Filzwerk ähnlich (Fig. 2).

Die zentralen Teile sind lockerer gebaut als die peripheren. Hier geht das Wachstum hauptsächlich vor sich. An der Peripherie entsteht häufig eine Grenzschicht von ovalen parallel gestellten Kernen, die vollkommen epitheliales Aussehen besitzt.

In der Thymus vom Schwein fanden sich mehrere Höhlen, zum Teil mit einschichtigem Epithel bekleidet. Sie enthielten große freiliegende Zellen, die wohl als abgetrennte Reticulum-elemente zu deuten sind.

Der epitheliale Charakter des Gewebes tritt besonders deutlich in der *P. cervicalis* der Ratte hervor, wo die Thymusstränge unmittelbar an die Schilddrüsenanlage grenzen. Die Aehnlichkeit ist direkt auffallend. Beide stellen Inseln von eng aneinanderliegenden Zellen mit hellen, runden bis ovalen Kernen dar. In der Thymus ist bereits stellenweise ein Reticulum sichtbar. An der Peripherie der Organe dringt das Bindegewebe der Umgebung in stumpfen Keilen ein, die in der Thyreoidea umfangreicher sind und die Anlage bereits in einzelne Follikel zersprengt haben, während in der Thymus die Lappung schwach ausgesprochen ist (Fig. 1).

Kleine freiliegende Rundzellen kommen nur ganz vereinzelt vor. Dadurch ist der Unterschied des primären vom voll ausgebildeten Reticulum bedingt. Einzelne Gefäße sind bereits in der ungliederten Thymus nachweisbar (Fig. 2).

Das Bindegewebe ist vom Parenchym scharf geschieden. Gemäß der intensiven Volumvergrößerung des Organs wird es verdichtet und ordnet sich in zirkulären Zügen um die Thymusstränge. Es lassen sich unterscheiden eine sehr stark verdichtete Schicht, mit eng aneinanderliegenden länglichen Kernen und starken kurzen Fortsätzen, die bei schwacher Vergrößerung zum Thymusparenchym zu gehören scheint, jedoch bei Immersionsuntersuchung durch eine deutliche Membran vom Reticulum sich abgrenzt. Darauf kommt eine lockere Ringschicht mit spärlichen Kernen und feinen Fortsätzen, die allmählich in das gewöhnliche embryonale Bindegewebe übergeht. Die Schichten sind an verschiedenen Stellen ungleich stark ausgebildet. So ist die lockere Ringschicht vor der Vereinigungsstelle der Thymusstränge zur *Pars thoracica*, wo die Stränge einander entgegenwachsen, medial mächtig entwickelt, während sie lateral kaum angedeutet erscheint.

Nach der Brustpartie zu beginnt bereits die Septabildung. Größere Bindegewebsbezirke dringen ins Parenchym ein und bewirken eine Läppchenbildung. Oft sind in ihnen Blutgefäße sichtbar, die zunächst das Aussehen von Bindegewebspalten besitzen.

Die Bindegewebsmenge ist verschieden. Bei Rind, Schwein u. a. ist sie reichlich ausgebildet; dagegen bei Ratte, Maus sind die Septa nur angedeutet, was auch vollkommen den Befunden an erwachsenen Tieren entspricht.

Bei den älteren Stadien sehen wir, daß die Reticulumzellen weiter auseinanderrücken, die Fortsätze werden feiner. In den Maschen liegen dunkle Rundzellen, von einem deutlichen Plasma-

leib umgeben. Der Bau des Reticulum bleibt immer noch gleichförmig; eine ausgebildete Scheidung in Rinde und Mark liegt noch nicht vor.

Von dem umgebenden Bindegewebe sind die Thymusknospen scharf getrennt durch eine Grenzmembran, die aus verdichteten Bindegewebszügen besteht. Sie wird um so undeutlicher, je weiter man dem Verlauf des Septum von der Peripherie ins Innere nachgeht, und hört im Endbezirk des Septum ganz auf. Hier sieht man auch einzelne Septalfasern ins Parenchym eindringen. Dennoch sind die Gewebe deutlich gesondert; das Bindegewebe ist in Längszügen angeordnet und führt nur spärliche Kerne, wogegen das Parenchym ein unregelmäßiges Maschenwerk mit eng aneinander liegenden Kernen darstellt.

Mit der immer fortschreitenden Gliederung des Organs steht die Sonderung in Rinde und Mark in Zusammenhang. Die Rundzellen sammeln sich hauptsächlich in den peripheren Partien an, wodurch diese das charakteristische Rindenaussehen erhalten. Zugleich sieht man bei geeigneter Schnittrichtung, daß die Grenze zwischen Rinde und Mark gemäß dem Weitereindringen der Septa nach innen zu verschoben wird (Fig. 3). Es steht wohl mit der schwachen Septenbildung in Zusammenhang, daß bei der Maus die Scheidung in Rinde und Mark relativ spät eintritt. Noch bei Embryonen von 2,5 cm Länge hatte das Parenchym ein vollkommen gleichförmiges Aussehen. Auch bei erwachsenen Tieren ist das Organ auffallend uniform gebaut.

Das Reticulum beider Teile bekommt eine verschiedene Beschaffenheit. In der Rinde werden die Reticulumelemente infolge der Infiltration mit Rundzellen auseinander gedrängt und das Netz verfeinert sich. Im Mark hat es einen noch ganz primitiven Charakter. Die Maschen sind weit, unregelmäßig, Fortsätze ziemlich massig, Kerne dicht aneinander lagernd. Zum Teil sind sie vergrößert und haben ein lichtereres Aussehen; oft liegen sie zu Gruppen von einer gemeinsamen Plasmamasse umhüllt. Bereits früh kommt es zur Bildung von riesigen runden Zellen, deren Leib sich nach VAN GIESON intensiv rot färbt und zuweilen eine deutliche konzentrische Struktur zeigt. In der Mitte, oder mehr exzentrisch, liegt der große bläschenförmige Kern.

Es läßt sich eine ununterbrochene Stufenleiter von einfachen Riesenzellen zu ausgebildeten konzentrischen Körpern nachweisen. Der veränderte Zellkörper bleibt mit dem umgebenden Parenchym mittels Fortsätze in Verbindung. Bei dem fortwährenden Wachs-

tum der Zelle werden sie allmählich eingezogen und damit nähern sich die umgebenden Reticulumzellen dem Gebilde. Zum Teil legen sie sich abgeplattet der Peripherie direkt an, zum Teil werden sie von Fortsätzen der Körper umgriffen. Dabei verlieren sie ihr Chromatin und quellen stark auf. Die konzentrische Struktur gewinnt immer mehr an Ausdehnung, auch in die Fortsätze kann sie sich erstrecken. In dem anfangs kompakten Körper bilden sich durch Zerfall einzelner Teile Höhlen aus, mit Detritus erfüllt¹⁾ (Fig. 4).

Bei vollendeter Gliederung des Organs erscheint das Mark zuletzt in Form eines langen verzweigten Stranges, dem an der Peripherie die Rindenknospen aufsitzen. In diesen hat das primäre Reticulum der rundzellenarmen Stadien eine weitgehende Umwandlung erlitten. Es erscheint jetzt in Form eines sehr feinen Netzwerkes mit darin eingestreuten Kernen, die von wenig Protoplasma umgeben sind. Dagegen bleibt das Mark immer auf einer embryonalen Ausbildungsstufe stehen.

Neben den sich vergrößernden Thymusläppchen tritt das Bindegewebe immer mehr an Menge zurück und behält nur in der Umgebung der Blutgefäße eine größere Ausdehnung. Im embryonalen Gewebe bilden sich kollagene Fasern aus. Zuerst verfasern die feineren Septa und die verdichtete Grenzschicht an der Peripherie. In den Rindenpartien deutlich, schwindet die charakteristische Blaufärbung des MALLORYSchen Hämatoxylin nach dem Mark zu, wo es überhaupt nicht zur Bildung einer Grenzmembran kommt. Auch in der Umgebung der Gefäße lassen sich Fasern früh nachweisen. Indem das kollagene Gewebe immer mehr an Ausbreitung zunimmt, schrumpfen die Kerne und erhalten schließlich das Aussehen von typischen Bindegewebskörperchen.

Außer in Begleitung der feineren Gefäße zweigen sich in der Rinde nur vereinzelte Fibrillen ins Parenchym ab. Bedeutender ist der Faserreichtum im Mark. Vom Septumende gehen stets einzelne Fasern ins Markgewebe über; oft hat man es mit einer direkten Auflösung der Septa zu tun. Es kommt übrigens vor, daß das Mark vom Septum nicht erreicht wird, in welchem Fall die betreffenden Rindenpartien mehr Fasern als gewöhnlich aufweisen.

1) Eine übereinstimmende Darstellung dieses Prozesses geben MAURER und HAMMAR.

Zusammenfassung.

1) Das Reticulum entstammt allem Anschein nach der ursprünglichen epithelialen Anlage. Besonders beweisend erscheint mir die Uebereinstimmung im Bau der bereits stellenweise ein Reticulum aufweisenden Thymus mit der epithelialen Thyreoidea.

Das primäre Reticulum bildet sich durch Auseinanderrücken der Epithelzellen. Mit den später auftretenden Rundzellen erlangt es erst seine definitive Ausbildung.

2) Das Bindegewebe dringt in die Thymusanlage in Form der Septa ein. Eine irgend bedeutendere Anteilnahme desselben an der Ausbildung des Reticulum liegt nicht vor. Nur in Form einzelner Fasern und in Begleitung der feinen Gefäße gelangt es ins Parenchym. Die Abgrenzung der beiden Gewebe ist in den Rindenpartien am deutlichsten, wo sich eine Grenzmembran ausbildet. Letztere schwindet nach dem Mark zu, wo die Gewebe nur an ihrem verschiedenen Bau zu unterscheiden sind.

3) Im Anschluß an die Septenbildung geht auch die Differenzierung des Parenchyms in Rinde und Mark vor sich. Die Rundzellen sammeln sich in den gegliederten Organbezirken an, während der ungegliederte Rest zum Mark wird. Das Markreticulum bleibt auf einer primitiveren Ausbildungsstufe stehen; das der Rinde erfährt weitgehende Veränderungen. Beide gehen kontinuierlich ineinander über.

4) Die HASSALSchen Körperchen sind Derivate der Reticulumzellen.

Zum Schluß möchte ich die mechanischen Beziehungen zwischen Thymusparenchym und Bindegewebe kurz erörtern. Der erste Eindruck beim Anblick eines Schnittes durch das sich entwickelnde Organ kann dahin lauten, daß die Septa aktiv in die Thymusanlage einwachsen, somit die treibende Kraft bei diesem Prozeß im Bindegewebe zu suchen ist. Bei genauer Untersuchung gestaltet sich die Sache wesentlich anders.

Die primäre Thymusanlage ist von weiten Strecken embryonalen Bindegewebes umgeben. Im Laufe der Entwicklung tritt jedoch das Bindegewebe im Wachstum sehr hinter der Thymus zurück. Im ausgebildeten Organ ist es im Vergleich zu den mächtigen Parenchymmassen in einer verschwindend kleinen Menge vorhanden.

Die Thymusknospe übt bei ihrem Wachstum einen Druck auf

das umgebende Gewebe aus. Dieses ordnet sich in zirkuläre Züge an und an der Berührungsstelle mit der Thymus bildet sich eine verdichtete Schicht, die Grenzmembran, aus. Es ist eine auffallende Erscheinung, daß an der Peripherie des Organs diese Abgrenzung und demnach das Druckverhältnis am schärfsten ausgeprägt ist, während nach dem Mark zu die verdichtete Schicht vollkommen schwindet. Läge ein aktives Einwachsen des bindegewebigen Teiles vor, so müßte gerade an seinem Ende der Druck am stärksten sein und demnach eine Grenzmembran auftreten, was jedoch nicht der Fall ist.

Es deutet alles darauf hin, daß die Hauptursache der Septenbildung im intensiven Wachstum der Thymus selbst zu suchen ist. Durch den Druck des sich vergrößernden Organs wird das Bindegewebe zusammengepreßt und dringt an Stellen des geringsten Widerstandes in das Gewebe ein.

Daß auch den Gefäßen bei der Septenbildung eine Rolle zukommt, ist sehr wahrscheinlich. Die Septa sind dort am stärksten entwickelt, wo Gefäße in ihnen verlaufen. Oft erscheint auf dem Schnitt das Ende des Septum kolbenartig um das Gefäß erweitert. Doch kann dieser Einfluß nur sekundärer Natur sein, schon weil die Gefäße einen sehr geringen Teil der breiten Septenlamellen für sich in Anspruch nehmen. In vielen Septa sind überhaupt keine Gefäße vorhanden, was an jungen Stadien besonders deutlich erkennbar ist. Andererseits sind Gefäße im Organ zu einer Zeit nachweisbar, wo die Septenbildung noch nicht begonnen hat.

Eine größere Bedeutung mag den Gefäßen bei der Vaskularisierung der einzelnen Läppchen zukommen. Jedes Gefäß führt Bindegewebe mit sich, das ihm direkt anliegt und eine Adventitia ausbildet. Hier tritt das Bindegewebe offenbar nur in Begleitung der Gefäße auf.

II. Bau des Thymusreticulum.

Ueber die Zusammensetzung des Reticulum gehen die Ansichten sehr auseinander. Einige Autoren lassen es lediglich aus miteinander anastomosierenden Zellen gebildet sein. Hierher gehören HIS, SCHEDEL, TOURNEUX und HERMANN, GHKA, DEMOOR. Andererseits besteht das Reticulum nach AFANASSIEW nur im embryonalen Zustand aus verzweigten Zellen. Im ausgewachsenen Organ sollen sich in ihnen allen Fasern herausdifferenziert haben,

die ein Netz mit platten bindegewebigen Zellen an den Knotenpunkten bilden. Eine sehr genaue Schilderung des Thymuserüsts gibt WATNEY. Er unterscheidet 1) ein grobes Netz aus Bindegewebsfasern, das sich zwischen Gefäßen und Septa ausstreckt; 2) das eigentliche „Reticulum“, bestehend aus einem engmaschigen Netzwerk, das an den Knotenpunkten verdickt ist und dessen Maschen in der Regel nur eine Rundzelle fassen; 3) zwischen den Gefäßen und bindegewebigen Zügen ein feines, aber weitmaschiges Netzwerk, aus verzweigten Zellen mit langen, zarten Fortsätzen. Alle drei Netzarten sind eng miteinander verbunden. Die dieser Darstellung zugrunde liegende Auffassung von einer gemischten Zusammensetzung des Reticulum aus Bindegewebe und verzweigten Zellen ist in späterer Zeit von MAURER, HOEHL, EBNER, HAMMAR, STÖHR u. a. bestätigt worden. WATNEY hat auch zuerst in eingehender Weise die Modifikationen der Reticulumzellen geschildert als „epithelioid-, granular- und giant-cells“ und entdeckte die Flimmercysten in der Thymus vom Hund. Seitdem wurden diese Bildungen von TOURNEUX und HERMANN, PRENANT, HAMMAR u. a. wiederholt von neuem untersucht. In betreff der Bedeutung der HASSALSchen Körperchen stehen sich, abgesehen von den älteren Angaben, zwei Hauptanschauungen einander gegenüber. CORNIL und RANVIER, hauptsächlich AFANASIEW, DEMOOR, NUSBAUM und MACHOWSKI (für Amphibien) halten sie für Umwandlungsprodukte der zerfallenden Gefäße, wobei die Endothelwucherung eine Hauptrolle spielt. Die meisten Forscher sehen in ihnen Derivate des Epithels. HIS, STIEDA, NUSBAUM und PRYMAK sind der Meinung, es seien Reste der ursprünglichen epithelialen Anlage, die durch mesodermale Elemente verdrängt wurde. Dagegen MAURER, HAMMAR, STÖHR leiten sie direkt vom Reticulum ab. Hierher ist auch WATNEY zu rechnen, nur daß für ihn das Reticulum nicht epithelialer, sondern bindegewebiger Natur ist.

Im Gerüst eines ausgebildeten Thymusläppchens unterscheiden wir: 1) ein bindegewebiges Septum, welches das Läppchen kapselartig umschließt und bis zum zentralen Markstrang vordringt; 2) die vom Septum ausgehenden und das Läppchen durchsetzenden Gefäße; 3) das sich zwischen den Gefäßen und dem Septum ausspannende Reticulum. Sowohl Septa als Gefäße stehen mit dem Reticulum in innigster Verbindung. Da sie ferner für den Vergleich mit den Lymphdrüsen von Bedeutung, sind sie hier näher zu behandeln.

Es ist von Bedeutung, daß die Septa in ihrer Anlage ein dem Thymusgewebe fremdes Gebilde sind. Das Reticulum bildet sich aus dem Kiemenspaltenepithel, die Septa dagegen aus dem Mesenchym. Sie bestehen in der Hauptsache aus kollagenen Fasern von der allerverschiedensten Stärke, die dicht aneinander gedrängt sind. Den Fasern liegen geschrumpfte Kerne an, in Form kleiner eckiger, stark färbbarer Gebilde. In geringer Menge, hauptsächlich in der Umgebung der Gefäße, finden sich elastische Fasern. In wechselnder Anzahl finde ich auch glatte Muskelzellen. Sie liegen in den stärkeren Septa teils zu Bündeln vereinigt, teils zerstreut. Häufig sind sie gekrümmt, gemäß dem Verlauf der bindegewebigen Fasern (Fig. 6).

Die Septa umgreifen die Läppchen in kontinuierlicher Schicht, deren Stärke aber sehr wechselt. Ihre Hauptbedeutung liegt in der Bildung der Gefäßadventitia, daher entwickeln sie sich naturgemäß dort am stärksten, wo die größeren Arterien und Venen verlaufen. Hier kommt es oft zur Bildung von mächtigen Bindegewebsmassen. Mit der Abnahme des Gefäßkalibers schwinden auch die Septa. Wo keine Gefäße mehr zu bergen sind, bestehen sie aus einzelnen, parallel verlaufenden Faserreihen, die auf dem Schnitt als nebeneinanderliegende Bindegewebszüge erscheinen. Die Abgrenzung der benachbarten Läppchen voneinander ist hier ziemlich mangelhaft. Die Läppchen kommunizieren überall miteinander; der Raum zwischen den Septalfasern ist häufig von ausgewanderten Rundzellen erfüllt. Streckenweise scheint das Septum ganz zu fehlen. Somit tritt die Bedeutung der Septa als Trennungsm Medien der einzelnen Läppchen neben der Gefäßumhüllungsfunktion entschieden in den Hintergrund.

Eine Neubildung der Septa geht auch noch im postuterinen Leben vor sich. Man sieht die bindegewebigen Stränge tief ins Parenchym eindringen, wo sie als geschlossenes Ganzes plötzlich aufhören. Ein Teil der Fasern beschreibt eine scharfe Biegung nach rückwärts, ein anderer geht diffus ins Reticulum über. Auch von der Rindenpartie des Septum gehen einzelne Fasern ab, die mit den Reticulumbälkchen in Zusammenhang stehen und zwar in der Weise, daß die Septalfasern in die Reticulumbälkchen eingelagert sind. An Mazerationspräparaten sieht man die Faser von einem deutlichen hellen Saum umgeben, von dem aus die gleichgefärbten Bälkchen entspringen (Fig. 7, 8). Der Saum ist nur bei verhältnismäßig feinen Fasern zu sehen; er schwindet sehr bald, indem die Faser auf Kosten der plasmatischen Substanz

in die Breite wächst. Dann scheinen die Reticulumbälkchen direkt vom Bindegewebszug zu entspringen.

Auf diese Weise vermag das Reticulum nachträglich an der Ausbildung der Septa teilzunehmen. Indem die Fasern dem Septum parallel ins Parenchym einwachsen, werden Bezirke desselben dem Septum einverleibt (Fig. 5). Die Rundzellen schwinden infolge der starken Neubildung von Bindegewebe und die Reticulumzellen schrumpfen zu kleinen unscheinbaren Gebilden zusammen. In der dichten Masse der Bindegewebsfasern sieht man nicht selten bald einzelne Thymusrundzellen, bald größere Haufen eingelagert.

Somit sind die Septa wenigstens teilweise gemischter Herkunft. Ursprünglich dem Thymusgewebe fremd, erfahren sie einen Zuwachs von seiten des Reticulum.

Die Blutgefäße der Thymus treten an verschiedenen Stellen zur Oberfläche des Organs und verteilen sich im interlobulären Bindegewebe. Von den feinsten Verzweigungen, die im Septalgewebe zwischen den einzelnen Lobuli verlaufen, gehen Gefäßchen ins Innere der Lobuli ein. Sie durchziehen die Rinde und bilden hier ein ziemlich weitmaschiges Netz, das sich nach dem Mark zu bedeutend verengert. Im Markparenchym kommen auch größere Arterien und Venen vor. Die eigentlichen Lappchengefäße haben einen sehr eigentümlichen Bau. Ihre Weite ist verschieden, viele fassen nur eine Reihe roter Blutkörperchen. Die Wandung besteht zu innerst aus flachen Endothelzellen mit großem, je nach der Weite des Lumens runden bis ovalen Kern. In der menschlichen Thymus sind es lange, stäbchenförmige Gebilde, die den Kernen glatter Muskelzellen äußerst ähnlich sind. Hier fanden sich häufig neben längsgetroffenen Kernen auch Querschnitte derselben. Beide liegen nebeneinander, so daß die Wandung geschichtet sein muß. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß hier vereinzelt zirkuläre glatte Muskelzellen vorliegen, die von der Media der großen Gefäße herühren (Fig. 13).

Sämtlichen Lappchengefäßen kommt eine Adventitia zu. Sie besteht aus kollagenen Fasern, die mit den Septa in Verbindung stehen. Die Fasern liegen dem Endothel unmittelbar auf und sind mit ihm so fest verbunden, daß selbst beim stärksten Pinseln und Schütteln der Zusammenhang bestehen bleibt. Dadurch bekommt das Gefäß ein charakteristisches Aussehen und unterscheidet sich sofort von seiner Umgebung. Im Längsschnitt erscheint es von zwei randständigen Linien eingesäumt, dagegen im

Querschnitt als ein die Zellen von außen umgebender Ring, der übrigens oft unvollständig ist (Fig. 5, 10, 11, 15, 17, 25). Die Fasern sind also zu breiten Lamellen umgewandelt.

Somit führen die Parenchymgefäße den Namen Kapillare mit Unrecht, denn an ihrer Ausbildung nimmt neben der Endothelwand auch noch das Bindegewebe mit teil.

Mit dem fortschreitenden Alter geht die Adventitia Wandlungen ein. Die Hülle verdickt sich allmählich; von ihr aus zweigen sich feine Fädchen ab, die in die Wandungszellen eindringen und sie netzartig umspinnen (Fig. 9). Stärkere Fasern laufen den Randzügen parallel, zwischen ihnen bildet sich gleichsam ein Treppenwerk von zarten Fibrillen. Die Kerne schrumpfen in Berührung mit dem Bindegewebe; sie werden stäbchenförmig und schwinden schließlich ganz. Die Fasern wachsen immer mehr aus, so daß das Gefäß das Aussehen eines bindegewebigen Stranges erhalten kann. Dabei bleibt aber sein Lumen erhalten, worauf die zahlreichen wohl erhaltenen Erythrocyten hinweisen.

Es kommen andererseits auch Bilder typischen Gefäßzerfalls vor. Das anfangs gerade verlaufende Gefäß bekommt Aussackungen, durch Wucherung der Wandungszellen bedingt. Der Abschluß gegen das Parenchym geht verloren und man sieht zahlreiche Rundzellen neben den roten Blutkörperchen liegen. Dabei wachsen die Gefäßfasern ins Parenchym ein und bilden ein dichtes Netzwerk um den Gefäßstamm. Aus Querschnitten geht hervor, daß die nächsten Fasern konzentrische Ringe bilden (Fig. 10). Andere umfassen schleifenartig die benachbarten Rundzellen (Fig. 12).

Es entsteht die Frage, ob man die Auflösung der Thymusgefäße als eine normale freie Endigung derselben im Parenchym ansehen darf, wie es WEIDENREICH für die Milz geschildert hat, oder ob hier Involutionerscheinungen vorliegen. Letzteres ist allem Anschein nach der Fall. Bilder wie die eben geschilderten kommen im allgemeinen selten vor und in der Thymus alter Tiere sind sie am häufigsten. Auch liegt ein wichtiger Unterschied von der Milz darin, daß dort die ausgetretenen roten Blutkörperchen im Parenchym erhalten bleiben. In der Thymus gehen sie spurlos zugrunde. Nie gelingt es, freie Erythrocyten im Parenchym nachzuweisen¹⁾. Somit ist das Thymusgewebe für die Fortexistenz der

1) Es wurde eine Reihe Strichpräparate von frischen Organen, die jungen Mäusen entnommen waren, gefertigt und mit Hämatoxylin-Eosin gefärbt. Stellenweise fanden sich rote Blutkörperchen in

roten Blutkörperchen ungeeignet. Eine freie Gefäßmündung mit der damit verbundenen massenhaften Vernichtung der Blutkörperchen findet normalerweise schwerlich statt; es handelt sich wohl immer um Rückbildungserscheinungen.

Zwischen dem Septum und Gefäßen und mit beiden in engster Verbindung, spannt sich das Reticulum aus. Wir unterscheiden darin zwei Hauptbestandteile: den zelligen und den bindegewebigen, die ganz verschiedenen Ursprungs sind. Das zellige Reticulum rührt von der weiterentwickelten epithelialen Anlage, dagegen das Bindegewebe vom Septum und der Gefäßadventitia, die beide dem Mesenchym entstammen. Immer bleibt das zellige Element das vorwiegende. Das Bindegewebe gelangt erst spät ins Innere des Lappchens und bleibt zuerst lediglich auf die Gefäßadventitia beschränkt. Es erscheint daher berechtigt, zuerst das zellige Reticulum für sich zu schildern und dann erst auf sein Verhältnis zum Bindegewebe einzugehen.

Das Reticulum ist aus verzweigten, miteinander anastomosierenden Zellen aufgebaut. Rinde und Mark weisen weitgehende Unterschiede auf, doch gehen sie ohne merkliche Grenze ineinander über. Der Unterschied ist bedingt durch das Vorhandensein in der Rinde einer gewaltigen Menge der bekannten Thymusrundzellen. Durch den Druck der sich vermehrenden Zellen hat das ursprünglich grobe Gerüst eine außerordentliche Feinheit angenommen. Die Epithelzellen sind auseinandergedrängt, die Fortsätze haben sich vielfach verzweigt und bilden Maschen, die, wie His es bereits gesehen, oft nur je eine Rundzelle fassen können. Die Reticulumbälkchen haben eine verschiedene Stärke. Dort, wo die Zellenbildung und dementsprechend auch der Druck am lebhaftesten, wurden auch die Fortsätze der Reticulumzellen zu ganz feinen Fädchen ausgebildet. Diese Fädchen bilden in der Hauptsache das Maschennetz (Fig. 15, 23). Daneben sieht man Züge von verschiedener, zuweilen recht bedeutender Stärke, die den

Inseln gelagert, was bei dem großen Gefäßreichtum der Lappchen ohne weiteres verständlich erscheint. Von kernhaltigen roten Blutkörperchen war nichts zu sehen. In der sich zurückbildenden Rattenthymus kommen derartige Gebilde vor, doch sind sie keineswegs als ein normaler Bestandteil des Organs zu betrachten. Jedenfalls ist ihre Menge so gering, daß ein Vergleich mit dem Knochenmark (SCHAFFER) unzulässig erscheint.

Charakter von Zellfortsätzen besser beibehalten. Sie ziehen durch große Netzbezirke und zweigen sich allmählich in das feine Maschennetz auf. Auch an einzelnen Flecken, wo der Druck der Rundzellen nicht wirksam war, bleiben Reste der ursprünglichen starken Zellfortsätze zurück. Besonders häufig finden sich solche verdickte Bezirke an den Knotenpunkten der Bälkchen (Fig. 23) (thickened nodal points von WATNEY). Sie kommen in sehr wechselnder Menge vor.

Da das Protoplasma der Reticulumzellen bei der Bildung des Netzes stark in Anspruch genommen wurde, sind die wenigsten Kerne von einem ansehnlichen Zelleib umgeben. Für gewöhnlich scheint es, als gingen die feinen Fortsätze direkt vom Kerne aus. Die Zusammensetzung des Reticulum aus untereinander anastomosierenden Zellen ist in der Rinde stark verdunkelt. Das Reticulum macht den Eindruck eines protoplasmatischen Netzes mit darin eingestreuten Kernen.

Die Kerne selbst haben eine meist runde Form. Es sind große, helle Gebilde mit gewöhnlich einem Nucleolus und einem deutlichen Chromatingerüst. Sie variieren in weiten Grenzen und können denen der Rundzellen ähnlich sein. Manche erinnern mit ihren kleinen, eckigen Zellkörpern lebhaft an typische, platte Bindegewebskörperchen.

Das Reticulum steht in engstem Zusammenhang mit dem Septum und den Gefäßen. Die Verbindung ist so fest, daß es nicht gelingt, durch Pinseln und Ausschütteln die Bälkchen ganz zu entfernen. Auch Reticulumzellen liegen in der Regel den Gefäßen an. Sie besitzen einen gut ausgebildeten Zelleib und entsenden einen sehr starken Fortsatz, der sich allmählich im Reticulum auflöst (Fig. 34).

An stark geschüttelten Schnitten werden die feinsten Maschen mit herausgespült. Es bleibt dann ein weites Netz, aus resistenteren Bälkchen gebildet, zurück. Bilder dieser Art führten WATNEY zu der Auffassung zweier Netze im Reticulum, wie bereits in der Literaturübersicht erwähnt. Diese Einteilung ist jedoch unberechtigt. Zellkerne finden sich sowohl im feineren als gröberen Gewebe. Es ist unmöglich, eine scharfe Grenze zwischen den verschiedenen starken Bälkchen zu ziehen; sie gehen kontinuierlich ineinander über. Schließlich ist auch die Beschaffenheit der Balken, ihrer Färbung nach zu urteilen, die gleiche, so daß auch hier kein Grund zur Trennung vorliegt.

Was nun das Markreticulum anbetrifft, so zeigt es eine primitivere Ausbildungsstufe (Fig. 25). Während die Rinde durch Anpassung an die in ihr liegenden Rundzellen den Charakter eines protoplasmatischen Netzes mit darin eingestreuten Kernen erlangt, ist hier die ursprüngliche Zusammensetzung aus untereinander anastomosierenden Zellen noch klar zu erkennen. Die meisten Zellen besitzen einen deutlichen Zelleib, von dem aus starke Fortsätze ausgehen. Feinere Bälkchen sind in geringer Zahl vorhanden. Die Zellen liegen näher aneinander, als in der Rinde.

Die Zellfortsätze bilden ein von den der Rinde verschiedenes Netz. Die Feinheit, Gleichmäßigkeit der Maschen ist verschwunden. Sie sind sehr weit, unregelmäßig geformt und dabei verschieden in ihrer Größe.

Die Kerne der Markzellen sind meist größer als die der Rinde und haben ein helleres Aussehen. Uebrigens haben sie eine recht mannigfaltige Form, von platten, kleinen Körperchen bis zu riesigen, blasigen Gebilden.

Das Markreticulum zeichnet sich durch seine größere Variabilität von der Rinde aus. Sehr häufig sieht man die einzelnen Reticulumzellen zusammenfließen. Die Unterscheidung von Zellkörpern und Fortsätzen geht verloren, die Kerne liegen in mächtigen Balken. Eine weitere Stufe sind die syncytialen Bildungen. Die Zellen ballen sich zu einem Klumpen zusammen, wobei die einzelnen Maschen vollkommen schwinden können. Das Ganze stellt eine zusammenhängende Plasmamasse dar, in die Kerne eingestreut sind (Fig. 31). Als Derivate der Reticulumzellen sind ferner die Flimmer- und Epithelcysten, die Riesenzellen und in erster Linie die HASSALSchen Körperchen mitzurechnen. Ich kann eine genaue Schilderung dieser und analoger Gebilde übergehen, da HAMMAR sie bereits in eingehender Weise bei den verschiedenen Tierklassen beschrieben und abgebildet hat. Der Entstehung der HASSALSchen Körperchen wurde bereits im Abschnitt über Reticulumentwicklung gedacht.

Das Bindegewebe spielt im Aufbau des Thymusreticulum keine so bedeutende Rolle, als es bei der Milz, dem Knochenmark, den Lymphdrüsen der Fall. Es dringt mit den Gefäßen ins Organ ein und bildet so die Septa. Ins Innere der Läppchen dringt es auf zweifachem Wege, durch Vermittelung der Läppchengefäße und sich direkt von dem Septum abzweigend.

Die Adventitia der Läppchengefäße entsendet Ausläufer, die im Parenchym verlaufen. Zunächst können bloß einzelne Fasern

entdeckt werden. In der Rinde trifft man meist Bilder dieser Art, dagegen ist die Bindegewebswucherung im Mark wesentlich stärker. Oft sind die Gefäße von einer dichten Masse verzweigter, verwickelter Fasern umschlossen. Solche Bilder sind mit denen des Gefäßzerfalls zu verwechseln; an Isolationspräparaten läßt sich leicht feststellen, daß der Gefäßstamm völlig intakt bleiben kann, trotz der starken Faserentwicklung. Letztere ist nur auf günstiges Verhalten der Umgebung zurückzuführen.

Wie verhält sich nun das Bindegewebe zum zelligen Reticulum? Untersucht man die Rinde an Paraffinschnitten, so hat man den Eindruck, als verliefen die Fasern vollkommen frei. Anders gestaltet sich die Sache an Mazerationspräparaten. Die Verbindung des Reticulum mit den Gefäßen geschieht häufig durch starke Balken, die entweder direkt oder durch Vermittelung von Basalzellen dem Gefäße anliegen. An geeigneten Stellen sieht man aufs deutlichste, daß die Gefäßfasern in diese Plasmastränge eingelagert sind. Besonders günstig sind für die Untersuchung die Verbindungsstellen der Balken mit dem Gefäße. Die Fasern verlaufen durch den verdickten Basalteil des Stranges und gehen, von einer distal sich verdünnenden Plasmahülle umgeben, ins Reticulum über (Fig. 14, 25, 26). Verfolgt man den Faserverlauf weiter, so sieht man, daß sie zunächst an feineren Zweigen des Reticulum vorbeiläuft, dagegen in die stärkeren Aeste gleichfalls Ausläufer hineinsendet. Je weiter die Faser sich vom Gefäß entfernt, um so schwieriger wird es, die feine Plasmahülle herum zu unterscheiden. Nur an den verdickten Knotenpunkten ist das Verhältnis noch klar erkenntlich.

Ebenso lassen sich auch in den Reticulumzellen Fasern nachweisen. Für gewöhnlich verlaufen die feinen Fibrillen an der Peripherie des Zellkörpers (Fig. 20, 21, 52).

Der Faserursprung wird modifiziert, wenn der Reticulumbalken sich mittels einer Basalzelle mit dem Gefäß verbindet. Entweder biegt sich die Faser einfach um den Kern und mündet dann in den Balken ein. Oder aber ist der Ursprung der Faser ein vielfacher (Fig. 17). Man sieht dann den Kern der Basalzelle von Fasern beiderseits eingefaßt, die dann oberhalb desselben wieder zusammenfließen und als eine Faser verlaufen. Je feiner die vom Gefäß ausgehenden Bälkchen, um so seltener finden sich in ihnen Fibrillen eingelagert.

Die Fasern wachsen auf Kosten der Plasmahülle. Nur bei jungen Fasern kann die Plasmaeinfassung zweifellos festgestellt

werden; später verdicken sie sich rasch, und in demselben Maße schwindet das Protoplasma. Oft hat man den Eindruck, als lägen in der Thymus zweierlei Gerüste vor, ein grobes bindegewebiges und das feinere protoplasmatische. Dieses ist auch in der Tat die Ansicht von WATNEY.

Wie weit geht nun die Faserung des Reticulum? Zunächst beschränken sich die Fasern auf die stärkeren Balken. Ihrem Verlauf folgend, durchziehen sie das Lappchen in allen Richtungen, verbinden die Gefäße miteinander und diese wieder mit dem Septum. Mit dem Alter wächst die Verbindung des Bindegewebes. An Organen, die bereits deutliche Zerfallserscheinungen aufweisen, sind große Parenchymbezirke von einem wohlausgebildeten Fasernetz durchsetzt (Fig. 19).

Es gelang mir, bis in die feinsten Verzweigungen der Reticulumbälkchen hinein Fibrillen nachzuweisen (Fig. 23). Die HEIDENHAINsche Stückfärbung ergab dabei ausgezeichnete Resultate. Es können bei der Mazeration künstliche Produkte zustande kommen; besonders leicht erwecken umgeschlagene Zellränder den Eindruck von Fibrillen. Doch haben solche Bildungen einen nur kurzen Verlauf und gehen dann wieder in die einfache Plasmalamelle über. Dagegen konnte man immer den Zusammenhang der feinen Fibrillen mit den stärkeren, im Netz verlaufenden Fasern nachweisen. Auch die feinsten Fädchen sind von einer plasmatischen Hülle umgeben, was jedoch bei der großen Feinheit der Bälkchen nur an den verdickten Knochenpunkten klar zu sehen ist. In Fig. 23 ist der Plasmasaum leicht gequollen und die Fibrillen treten auf hellem Grund scharf hervor. In keinem Alter verfasert das Netz ganz. Neben den dunkel tingierten Bälkchen sieht man in viel größerer Anzahl die blässeren, protoplasmatischen verlaufen, in deren Knotenpunkten keine Spur von Fibrillen nachzuweisen ist.

Die Kerne der Reticulumzellen gehen infolge der Faser-einlagerung charakteristische Veränderungen ein. Die Kerne der Faserzellen sind merklich kleiner als die der rein protoplasmatischen Elemente. Mit der fortschreitenden Verdickung der Faser wird dieser Unterschied in der Größe immer deutlicher. Zugleich färbt sich der Kern intensiver. Schließlich liegen die Kerne als platte Bindegewebskörperchen den mächtigen Zügen an. Dasselbe ist bei den Basalzellen der Fall, und zwar werden sie zu allererst von der Degeneration betroffen.

In derselben Weise wie die Gefäße bei der Bildung von Reti-

culumfasern beteiligt sind, finden wir es auch am Septum. Auch hier sind einzelne Septumzweige in die stärkeren Bälkchen eingelagert. Die Fasern verzweigen sich und tragen auf diese Weise zur Festigung des Gerüsts wesentlich bei. Bei der Beschreibung der Septa ist auf diese Verhältnisse näher eingegangen worden.

Etwas andere Befunde ergeben sich im Mark. Die Gefäßfasern verzweigen sich vielfach, sie treten miteinander in Verbindung und bilden ein dichtes Gewebe um die Gefäße herum. Andererseits dringen auch die Septa bis ins Mark vor und lösen sich dort zum Teil fächerförmig auf. Die Fasern haben einen geraden Verlauf und lassen sich auf weite Strecken verfolgen. Sie verbinden sich mit den Gefäßfasern und können ein Netzwerk ausbilden. Feinere Verhältnisse sind an Schnitten trotz der größeren Sichtbarkeit des Reticulum nicht gut erkenntlich. Eine Analogie mit der Struktur des Rindengerüsts kann man bloß vermuten. Das ergibt sich denn auch in der Tat beim Studium von Isolationspräparaten. In vielen Fällen findet man in den Zellfortsätzen und Zellen starke Fasern eingelagert (Fig. 18). Weniger haben wir es hier mit feinen Fibrillen zu tun. Die Kerne bilden sich meist zurück und liegen als kleine, dunkle Gebilde den Fasern an.

Ueber die Faserverteilung im Lappchen geben auch die Verdauungspräparate Aufschluß. Das Mark ist bedeutend reicher an Bindegewebe als die Rinde. Die Fasern liegen meist in der Umgebung des Septum und der Gefäße, wo sie ein unregelmäßiges Netzwerk hervorbringen können.

Es fragt sich nun, welcher Natur die Reticulumfasern der Thymus sind. Die stärkeren Fasern sind zweifellos mit kollagenem Gewebe nahe verwandt. Sie färben sich intensiv mit den spezifischen Bindegewebefärbungen, bleiben unverändert in Trypsin und quellen auf unter Einwirkung verdünnter Essigsäure. Etwas anders verhält es sich mit den feinsten der wahrgenommenen Fibrillen. Trypsin löst sie auf, und in Essigsäure werden sie in kurzer Zeit vollkommen blaß, was beides Eigenschaften plasmatischer Substanzen sind. Eigentümlich ist ihre Färbbarkeit. Kernfärbungen lassen sie unberührt. Eosin, Eosin-Orange, Lichtgrün tingieren das Reticulum recht schwach, ohne dabei irgendwelche besondere Bildungen hervortreten zu lassen. Bei Behandlung mit Bindegewebsfärbungen, wie das Hämatoxylin von MALLORY, HEIDENHAINsche Stückfärbung, lassen sie sich bei andauernder Färbung herausdifferenzieren. Dadurch wird ihre nahe Verwandtschaft mit

bindegewebigen Elementen gekennzeichnet, wie auch durch den Umstand, daß alle Fibrillen mit den Bindegewebsfasern des Septum und der Gefäße in Verbindung stehen. Es liegt der Schluß nahe, daß wir es hier mit einer Vorstufe der kollagenen Fasern zu tun haben. Vergleicht man Schnitte durch die Thymus von Tieren derselben Art, aber verschiedenen Alters, so ist ein größerer Reichtum an Fasern bei älteren Individuen ganz unverkennbar. Auch hier sind die Fasern inselartig um die Gefäße herumgelagert, doch ist die Ausdehnung dieser Inseln weit beträchtlicher, als bei jungen Tieren. Es ist unschwer festzustellen, daß die Faserichtung mit der der Reticulumbälkchen zusammenfällt; sehr oft kommt es zu regelrechten Netzbildungen. Es geht also im Reticulum meiner Meinung nach eine fortwährende Umsetzung der plasmatischen in bindegewebige Fasern vor sich.

Bei allen untersuchten Tierarten wies das Reticulum im allgemeinen keine namhaften Unterschiede auf. Ich kann die Angabe AFANASSIEWS nicht bestätigen, der das Reticulum der Rattenthymus aus Zellen, ähnlich den bekannten Sehnenzellen im Schwanz des Tieres, bestehen läßt. Solche Gebilde kommen auch bei anderen Arten, namentlich im Marke vor, sind aber immer in nur geringer Quantität vorhanden.

Fassen wir die Befunde kurz zusammen, so ergibt sich folgendes:

- 1) Das Thymusreticulum besteht aus Rinde und Mark, die verschieden gebaut sind, und kontinuierlich ineinander übergehen.
- 2) Es ist aus zwei Hauptbestandteilen zusammengesetzt: einem Netz von miteinander anastomosierenden Zellen und bindegewebigen Fasern. In allen Lebensaltern prävaliert der zellige Teil. Die Fasern gehen von den Septa und der Adventitia der Lappchengefäße aus und wachsen in die Balken und Zellen des Reticulum hinein auf Kosten des Protoplasma¹⁾. Sie verzweigen sich gemäß der Balkenrichtung.
- 3) Die Rinde zeichnet sich aus durch regelmäßige Anordnung und Feinheit der sie zusammensetzenden Bälkchen. Die Maschen fassen in der Regel nur wenige Rundzellen. Die Kerne sind von wenig Protoplasma umgeben und lagern in weiten Abständen voneinander. Fasermenge gering.

1) Eine ähnliche Anschauung hat WALDEYER in einer mündlichen Äußerung an AFANASSIEW geäußert. WALDEYER läßt jedoch das ganze Reticulum aus Fasern bestehen, was nicht der Fall ist.

4) Das Mark besteht aus Zellen, die nahe beieinanderliegen und meist einen deutlichen Zelleib besitzen. Ihre Fortsätze sind stark und bilden ein unregelmäßiges, weitmaschiges Netz. Die Kerne sind meist größer als in der Rinde. Die Zellen können verschieden epithelartigen Bildungen Ursprung geben. Fasern oft in großer Anzahl vorhanden. Das Markreticulum zeichnet sich durch große Variabilität aller seiner Bestandteile aus.

5) Die Läppchengefäße werden gebildet von einer Endothelwand, der eine bindegewebige Adventitia anliegt.

6) Die Septa werden gebildet von 1) dichtgedrängten, bindegewebigen Fasern mit platten Kernen; 2) elastischen Fasern; 3) glatten Muskelzellen. Sekundär kann auch das Reticulum an ihrer Bildung teilnehmen. Sie sind in der Umgebung der Gefäße am stärksten entwickelt.

III. Involution.

Bei dem schon um die Zeit der Geburt beginnenden Schwund des Organes kommen verschiedene charakteristische Prozesse zur Geltung. Der am meisten in die Augen fallende Vorgang ist die fettige Umbildung. Durch das wuchernde Fett wird das Parenchym in einzelne Inseln verteilt, die immer kleiner werden. Beim Menschen sind noch in hohem Alter solche Reste erhalten, wie WALDEYER zuerst hervorhob. Die Fettbildung geschieht nach HIS, WATNEY, AFANASSIEW, WALDEYER, HAMMAR nur im perilobulären Bindegewebe. SULTAN läßt sie auch im Innern der Läppchen vor sich gehen. Im Parenchym wird eine Vermehrung des Bindegewebes bemerkbar, die von AFANASSIEW, WATNEY, JACOBI u. a. auf eine aktive Wucherung desselben zurückgeführt wird. HAMMAR meint, daß die Vermehrung nur durch Retraktion des Bindegewebes um das verkleinerte Läppchen und in seinem Inneren hervorgerufen ist. MAURER, PRYMAK, NUSBAUM und MACHOWSKI, HAMMAR betonen, daß bei der Involution eine verstärkte Auswanderung der Rundzellen stattfindet. Die Reticulumzellen legen sich dabei nach HAMMAR aneinander, wodurch ein epithelartiges Aussehen erreicht wird. Auch SULTAN und LOCHTE haben ähnliche Befunde gehabt.

Eigene Ergebnisse. Die Rundzellen schwinden größtenteils und bleiben nur in einzelnen scharf umschriebenen Parenchyminseln erhalten. Das Reticulum der verödeten Bezirke geht Wand-

lungen ein. Die Kerne vergrößern sich stark, wobei das Chromatin spärlich wird. Die Plasmabälkchen schwinden und die Zellen rücken dicht zusammen. Schließlich bilden sie eine zusammenhängende Masse ohne sichtbare Zellgrenzen, in der Kerne eingelagert sind. Mit HAMMAR sehe ich den Grund dieses Vorgangs in der Schrumpfung des Reticulum, das keine Rundzellen mehr in seinen Maschen enthält. Häufig findet in den Zellen ein körniger Zerfall statt. Die charakteristische Randschicht aus reihenförmig angeordneten Kernen fand sich ganz besonders schön in der menschlichen Thymus ausgebildet (Fig. 33). Mitten in den degenerierenden Bezirken liegen Höhlen mit einem Detritus gefüllt und oft von epithelartigen Zellen umkleidet. Das Läppchen gewinnt dadurch zum Teil ein an frühere embryonale Zustände erinnerndes Aussehen, um so mehr, da der Unterschied von Rinde und Mark vollkommen schwinden kann¹⁾.

Je nach der Tierart haben die epithelioiden Zellen eine ungleiche Ausbreitung. Beim Menschen waren sie am reichlichsten vorhanden, ferner auch bei der Katze, Meerschweinchen, Ratte. Dagegen fehlten sie vollkommen beim Rind. Auch bei ganz alten Tieren zeigten die Parenchymreste das charakteristische Aussehen von adenoidem Gewebe.

Eine verstärkte Bindegewebsbildung in der schwindenden Thymus wird von HAMMAR geleugnet. Ich muß mich jedoch der alten Ansicht anschließen. Bei dem oben geschilderten Gefäßzerfall, der gerade bei der Involution stark im Gange, ist eine Wucherung der Adventitiafasern eine Hauptbedingung. Auch in Bezirken, wo das Gewebe noch anscheinend normal erhalten, ist eine Faservermehrung unverkennbar. Zweifellos aber findet daneben auch eine Zusammenziehung des bereits vorhandenen Bindegewebes statt.

Bei alten Tieren sieht man die den Gefäßen anliegenden Bezirke verwüstet durch wucherndes Bindegewebe; die Rundzellen sind gänzlich geschwunden und zwischen den epithelartigen Zellen verlaufen in Masse Fasern, begleitet von länglichen Kernen. Unter

1) Daß die epithelartigen Zellen zum Teil wenigstens als umgewandelte Reticulumzellen zu deuten sind, beweisen die zahlreichen Uebergangsformen zu unveränderten verzweigten Zellen. Es ist aber nicht unmöglich, daß auch die Rundzellen eine epithelioider Umwandlung eingehen können. Jedenfalls sind ihre Kerne häufig größer und der Zelleib stärker ausgeprägt, als es in jungen Thymus der Fall.

den letzteren wechseln große, helle Formen mit kleinen, stäbchenförmigen, intensiv färbaren Gebilden ab. Allem Anschein nach liegen hier verschiedene Umwandlungsformen der Zellen unter Einfluß von Bindegewebswucherung vor. Ob diese länglichen Kerne als Endothelzellen oder Reticulumelementen zugehörig angesehen werden müssen, läßt sich nicht entscheiden.

Das Fett kann sowohl inter- als intralobulär entstehen. In den Septa entsteht es in Zellen mit deutlich abgegrenztem Zelleib (gewöhnlich in der Nähe des Kernes). Intraparenchymatös treten Fetttropfen in den epithelioiden Zellen auf. Dabei ist es unmöglich, den Kern der fettbildenden Zelle genau zu bestimmen. Oft findet man Fettröpfchen in einer größeren Strecke ganz kernfreien Plasmas liegen. Die Fettzellen liegen meist gruppenweise.

Bilder sowohl inter- als intralobulärer Fettbildung fand ich besonders deutlich in der menschlichen Thymus, ferner bei der Katze. Bei verschiedenen Arten scheint der Prozeß nur interlobulär vor sich gehen zu können, so beim Rind, Meerschweinchen, Kaninchen.

Eine eigentümliche Art der Fettbildung findet statt in der sogenannten Winterschlagdrüse.

Wie der Name zeigt, wurde das Organ zuerst bei Tieren mit einem Winterschlaf gefunden, den Chiropteren, einigen Insektivoren und Nagern. Doch kommt es auch bei Arten vor, die eines Winterschlafs entbehren, so bei Ratten und Mäusen. ECKER fand es bei jungen Kaninchen, Katzen und Hunden. HAMMAR hebt hervor, daß alles Fettgewebe im Laufe der embryonalen Entwicklung ein mehr oder minder winterschlagdrüsenähnliches Stadium durchläuft und die Winterschlagdrüse somit ein gleichsam auf niederer Entwicklungsstufe stehengebliebenes Gewebe darstellt.

Bei der Ratte erstreckt sich die Winterschlagdrüse in scharf begrenzten Läppchen an der Rückseite des Körpers vom Hals bis in die Inguinalgegend (HAMMAR). Ich fand wiederholt im periglandulären Fett der Inguinalknoten von Ratten und Mäusen die charakteristischen Zellen der Winterschlagdrüse zerstreut.

Bei spärlicher Ernährung hat das Organ ein bräunliches Aussehen („braunes Fettgewebe“ HAMMARS); bei verstärkter Fettbildung wird es heller, wobei das Organ zugleich an Umfang zunimmt.

Als Untersuchungsobjekt diente namentlich die Ratte, auch die weiße Maus. Es kam in Betracht der der Thymus aufliegende Teil des Organs (Pars thymica), von der Thymus meist durch ein bindegewebiges Septum getrennt.

Der innere Bau des Organs hat mit dem der Thymus manche Berührungspunkte. Es besteht aus eng aneinanderliegenden Läppchen, die durch feine bindegewebige Septa getrennt sind. Von den Septa zweigen sich Fortsätze ab, die zwischen den Zellen verlaufen. In den Septa liegen die größeren Gefäße. Wie EHRMANN zuerst gezeigt, ist das Organ reich durchblutet. Jedes Läppchen ist durchsetzt von einem Kapillarnetz. Dieses stammt von Arterien und Venen, die zusammen durch eine Art Hilus ins Läppchen eintreten. Die Kapillare bilden häufig Schlingen um die Zellen und liegen in den ausgehöhlten Rändern derselben.

Untersucht man das Organ an schlecht genährten Tieren, am besten zu Beginn des Sommers, so findet man die Läppchen aus großen polygonalen Zellen zusammengesetzt, die eng aneinander gelagert sind und in ihrer Gesamtheit ein dem Pflasterepithel nicht unähnliches Bild liefern (Fig. 28). Der Zelleib ist gleichmäßig gekörnt und färbt sich intensiv mit Eosin und Pikrinsäure. Häufig, wenn auch keineswegs immer, sind die Zellen durch bindegewebige Leisten voneinander getrennt. Dazwischen liegen in wechselnder Menge Rundzellen mit einem großen, stark tingierbaren Kern, die mit den kleinen Thymuszellen eine große Ähnlichkeit zeigen und wohl mit ihnen identisch sind.

Bei reichlicher Ernährung gehen die Zellen Umwandlungen ein. Im Plasma treten Fetttropfen auf, die das ganze Plasma in einzelne Septa zersprengen. Zuerst nur wenige, erfüllen sie allmählich den ganzen Zelleib. Die Zelle erhält einen wabigen Bau, indem jeder Fetttropfen von einer Plasmahülle umschlossen ist. An der Peripherie bleibt häufig ein Streifen unveränderten Plasma erhalten, Zentral, von den Bälkchen gestützt und mit wenig Protoplasma umgeben, liegt der Kern. Mit der fortschreitenden Fettimpetion verändert sich meist auch sein Aussehen; er wird größer und die Kernstruktur tritt sehr deutlich hervor (Fig. 32).

Die zwischen den Fettzellen liegenden Rundzellen können unter dem zunehmenden Druck eine längliche Form annehmen.

Schließlich zersprengen die immer mehr anwachsenden Fetttropfen die Plasmahüllen und fließen zu einem großen Fettklumpen zusammen; das Plasma und der Kern werden zur Peripherie verdrängt und das ganze Gebilde erlangt das Aussehen einer typischen Fettzelle. Letzteres Stadium ist bei wohlgenährten Individuen, besonders zu Ende des Sommers, sehr verbreitet. Doch bleibt ein Teil des spezifischen Gewebes immer bestehen, so daß man zuweilen an einem Läppchen alle Entwicklungsstadien der Zellen

verfolgen kann. Namentlich an der Peripherie kommen die ausgebildeten Fettzellen häufig vor.

Nicht immer geht die Bildung der Fettzellen auf die beschriebene Weise vor sich. Häufig tritt die völlige Verfettung an noch kleinen Zellen ein, die dann erst intensiv zu wachsen beginnen.

Die von AFANASSIEW, EHRMANN, CARLIER, HAMMAR gegebenen Beschreibungen anderer Teile des Organs als die Pars thymica stimmen mit der obigen Schilderung vollständig überein.

Von um so größerem Interesse ist die Herkunft der Winterschlagdrüse. AFANASSIEW und EHRMANN lassen sie der Hauptmasse nach aus einer gesonderten Anlage entstehen. Später hat HAMMAR gezeigt, daß das Organ embryonal von fixen Bindegewebszellen seinen Anfang nimmt. Die betreffenden Bezirke sind schon früh durch verstärkte Vaskularisation ausgezeichnet. Die zwischen den Blutbahnen liegenden verästelten Zellen sind zuerst denen des umgebenden Bindegewebes gleich gestaltet. Bald gewinnen sie ein verändertes Aussehen. „Um den gerundeten Kern herum ist das Protoplasma in einer wenig voluminösen, gerundeten oder unregelmäßig kantigen Masse gesammelt, von welcher feine, im allgemeinen fadenförmige und reich verzweigte Ausläufer in allerlei Richtungen ausgehen.“ Die Zellen vergrößern sich rasch und liegen schließlich als voluminöse, polygonale Bildungen einander an. Die Fortsätze werden mit dem Wachstum verkürzt, wobei sie größer und plumper werden. Zugleich bildet sich eine Lobulierung der Anlage aus. Bereits in der letzten Zeit des intrauterinen Lebens treten die ersten Fetttropfen im Leib der Zellen auf.

Eine gesonderte Stellung nimmt die Pars thymica ein. Dieser Teil des Organs bildet sich nach Angaben AFANASSIEWS erst spät und sein Wachstum geht Hand in Hand mit dem allmählichen Schwund der Thymus. AFANASSIEW nimmt an, die Pars thymica entsteht aus weißen Blutkörperchen, die, ebenso wie die roten, infolge von Zirkulationsstörungen aus den Gefäßen der Thymus ausgewandert sind. Unter steter Vergrößerung sollen sie in ihren Zelleib Hämoglobinkörnchen von zerfallenen roten Blutkörperchen aufnehmen. Die pigmentierten Zellen legen sich aneinander an und erhalten durch den Druck eine vieleckige Gestalt. In den Zellen entstehen Fetttropfen.

Somit soll das Organ zugleich fettbildend und auch noch als Sauerstoffreservoir durch Vermittelung des Hämoglobin fungieren. Diese Ansicht begründete AFANASSIEW auf der intensiven Färb-

barkeit des Zelleibes mit Eosin, das er fälschlicherweise für eine charakteristische Hämoglobinfärbung hielt.

Ich untersuchte die Entstehung der Winterschlagdrüse um die Zeit der geringsten Fettimpetion. Diese ist eine sekundäre Erscheinung und verdunkelt das Bild in außerordentlicher Weise.

An den betreffenden Stellen fehlt das bindegewebige Septum und Thymus und Winterschlagdrüse berühren sich unmittelbar. Der Vorgang beginnt damit, daß die Rundzellen zum großen Teil aus den Maschen des Reticulum auswandern. Sie nehmen eine veränderte Form an (Fig. 35 *Trz*). Uebergangsformen lehren, daß der Zelleib allmählich wächst und eine regelmäßige ovale bis runde Form annimmt. Der Kern bleibt unverändert. Das Plasma färbt sich intensiv, in Pikrinsäure erscheint es dunkelgelb, in Eosin violett. In diesem Stadium zeigen die Zellen eine gewisse Ähnlichkeit mit kernhaltigen roten Blutkörperchen¹⁾ (Fig. 35 *Er*).

Die Reticulumzellen gehen durch allmähliche Umwandlung in Zellen der Winterschlagdrüse über (Fig. 28). Die Zellen rücken näher zusammen, wobei ihre Fortsätze ein Filzwerk bilden. Der Zelleib vergrößert sich und bekommt eine unregelmäßig eckige oder rundliche Form; er hebt sich von den Fortsätzen deutlich ab. Zuerst in der Nähe des Kernes treten Körnchen auf, bis schließlich der ganze Zelleib damit erfüllt erscheint. Zugleich ändert sich auch seine chemische Beschaffenheit. Während sich die Fortsätze nach VAN GIESON rosa färben, nimmt der gekörnte Teil einen leuchtend gelben Ton an.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß auch die Rundzellen an der Bildung der Winterschlagdrüse mitbeteiligt sind. Von den erythrocytenähnlichen Formen unterscheiden sich andere durch starke Entwicklung des Zelleibes, wobei die Färbbarkeit allmählich umschlägt. Pikrinsäure färbt sie rein gelb, Eosin rosa. Meist unterscheiden sich diese Zellen von den umgebenden Reticulumzellen durch ihren dunkleren Kern und die scharfen Umrisse des Zelleibes. Im Protoplasma ist eine undeutliche Granulierung bemerkbar. An einzelnen Stellen sind ganze Massen von metamorphosierten Rundzellen in allen Entwicklungsstadien zu sehen. Wahrscheinlich sind es diese Zellen gewesen, die AFANASSIEW in der Thymus vom Igel gesehen und als weiße Blutkörperchen, die in ihren Zelleib

1) PRYMAK hat für die Thymus von *Carassia aurata* einen analogen Vorgang geschildert. Es soll tatsächlich eine Umwandlung in rote Blutkörperchen vorliegen.

Hämoglobin aufgenommen haben, beschrieben hat. Daneben trifft man zuweilen auch eosinophile Leukocyten mit polymorphem Kern.

Zum Teil jedenfalls zerfallen die metamorphosierten Rundzellen (Fig. 35 *Deg.*). Der Zelleib erhält riesige Dimensionen, wobei die Konturen undeutlich werden, die Färbbarkeit schwindet und das Plasma unregelmäßig grob granuliert erscheint. Der Kern wird bläschenförmig, sein Chromatin sammelt sich in einzelne Klümpchen. Schließlich zerfällt die Zelle zu kleinkörnigem Detritus ¹⁾.

Indem die umgewandelten Parenchymzellen sich eng aneinanderlegen, wird ihre Form durch den gegenseitigen Druck polygonal. Der Zelleib fährt fort zu wachsen, seine Granulierung ist nun scharf ausgeprägt. Zwischen den einzelnen Zellen sind noch häufig die leistenartigen Zellfortsätze sichtbar. Nicht selten fließen einzelne Zellen zusammen. Dabei können die Kerne der riesigen Gebilde entweder ganz schwinden, oder sie bleiben in Form von kleinen intensiv färbbaren Brocken erhalten.

Bereits früh sind im Protoplasma einzelne Fettröpfchen sichtbar. Die Zellen treten zu Inseln zusammen; dazwischen liegen breite Strecken filzartigen Gewebes mit einzelnen Kernen. Mit der fortschreitenden Volumvergrößerung seitens der Zellinseln werden diese Partien zusammengepreßt und erscheinen als Septa der neugebildeten Läppchen.

Außer bei Ratte und Maus fand ich typische Winterschlafdrüsenzellen in allen Stadien der Fettimpletion vereinzelt in der Hammelthymus, wo ihre Abstammung von Reticulumzellen außerordentlich deutlich zu verfolgen war.

Die einzelnen Teile der Winterschlafdrüse bilden sich somit aus grundverschiedenen Anlagen. Ein großer Teil ist mesenchymatösen Ursprungs, wie HAMMARS Untersuchungen lehren; die Pars thymica dagegen in letzter Linie epithelialer Natur. In beiden Fällen geschieht die Umwandlung auf eine recht ähnliche Weise. Ein analoger Prozeß findet auch bei der Bildung des gewöhnlichen Fettgewebes statt; dieses kann in der Thymus sowohl in den Septa, als in den umgewandelten Parenchymzellen entstehen.

1) Es können also, wie bei der epithelioiden Umwandlung der Thymus anscheinbar beide Zellarten des Parenchyms an der Bildung der Winterschlafdrüse teilnehmen. Diese Erscheinung spricht für die gleiche Natur sowohl der fixen Reticulumzellen als der beweglichen Rundzellen.

Zusammenfassung.

1) In dem sich zurückbildenden Organ wird das Reticulum häufig epitheloid umgewandelt. Das Läppchen bekommt dadurch ein an frühere embryonale Zustände erinnerndes Aussehen.

2) Bindegewebe bildet sich in verstärktem Maße. Die Wucherung geht namentlich von der Gefäßadventitia der zerfallenden Läppchengefäße aus.

3) Die Fettbildung geschieht sowohl inter- als intralobulär. Im letzten Fall entsteht das Fett im Protoplasma der epitheloiden Zellen.

4) Bei einigen Tieren geben die Parenchymzellen der Pars thymica der Winterschlagdrüse den Ursprung.

Einige Worte über die Bedeutung der eosinophilen Leukocyten in der Thymus, auf deren häufiges Vorkommen zuerst SCHAFFER hingewiesen hat. Ganz unbedeutend bei jungen Tieren, wächst ihre Anzahl in dem sich zurückbildenden Organ. Dieser Umstand deutet von vornherein auf einen kausalen Zusammenhang mit Zerstörungsprozessen im Inneren des Organs. In der Tat sammeln sich die Leukocyten dort an, wo ein Bezirk der Rückbildung unterliegt und lösen das Gewebe allmählich auf. Fig. 27 ist einem Schnitt durch die Rattenthymus entnommen. *dg* ist eine bindegewebige Masse, die wahrscheinlich der Winterschlagdrüse entstammt. Durch eingewanderte Leukocyten wird sie zerstört. Es entstehen Höhlen, in deren jeder ein resp. mehrere weiße Blutkörperchen liegen, deren Zelleib von stark acidophilen Granula erfüllt ist. Der Kern ist oft polymorph. Die Höhlen vergrößern sich nach innen zu und fließen schließlich zusammen. Die Reste des Gewebes werden durch die massenhaft angesammelten weißen Blutkörperchen vernichtet.

IV. Thymus- und Lymphdrüsenreticulum.

Es finden sich in der Literatur zahlreiche Versuche, sowohl von physiologischen als anatomischen Gesichtspunkten, die beiden Organe aufeinander zu beziehen. AFANASSIEW, HIS, FLEMMING, PRENANT finden Anklangspunkte in ihrem Bau und schließen daraus auch auf eine funktionelle Analogie. HIS und DEMOOR finden speziell das Reticulum der beiden Organe nach demselben

Plan gebaut. In neuerer Zeit ist HAMMAR für die lymphoide Natur der Thymus eingetreten, sich übrigens mehr auf die Beschaffenheit der freien Elemente stützend.

Andererseits wurde auf die großen Verschiedenheiten im Bau der Organe hingewiesen. Speziell für das Reticulum betonen WATNEY, HOEHL, HAMMAR, daß das Gerüst der ausgebildeten Thymus zum großen Teil aus miteinander anastomosierenden Zellen besteht, während in den Lymphdrüsen sich frühzeitig ein Netz von bindegewebigen Fasern ausbildet. Am entschiedensten hat sich gegen eine Gleichstellung von Thymus und Lymphdrüsen STÖHR ausgesprochen. Thymus und Lymphdrüse „sind absolut verschiedene Organe“. „Die Thymus ist und bleibt ein epitheliales Organ, das mit der Bildung von Leukocyten nichts zu tun hat.“

Durch die grundlegenden Untersuchungen von HIS wurde für den Bau der Lymphdrüsen ein Schema aufgestellt, das noch bis jetzt seine Gültigkeit behalten, wenn auch spätere Forscher wie FREY, CHIEVITZ, RICHTER, THOMÉ, SCHUMACHER gezeigt haben, daß seine Ausbildung nicht nur bei verschiedenen Tieren, sondern auch in derselben Art in weiten Grenzen schwanken kann. Im allgemeinen sind, abgesehen von Blutgefäßen und Nerven, drei Hauptbestandteile vorhanden: 1) die Kapsel mit dem Trabekularsystem, 2) die Lymphbahnen und 3) die eigentliche Drüsensubstanz. Diese zerfällt in die peripher gelegenen Follikel, mit den FLEMMINGSchen Keimzentren und die davon ausgehenden Markstränge, welche nach dem Hilus zu zusammenfließen und ein von den Lymphsinus mehrfach durchbrochenes grobes Netz ausbilden. Die Follikel haben ein bedeutend dichteres Aussehen als die Markstränge, beide gehen jedoch ohne merkliche Grenze ineinander über. HIS und nach ihm HOEHL und HOYER haben gezeigt, daß auch das Reticulum beider Teile bedeutende Unterschiede in seiner Anordnung aufweist.

Die feinere Struktur des Lymphdrüsenreticulums wird verschieden aufgefaßt. Die eine Forschergruppe, zu der HIS, RIBBERT, SAXER, SCHUMACHER gehören, läßt es ganz oder zum Teil aus miteinander anastomosierenden Zellen bestehen. Andere, wie RANVIER, BIZZOZERO, CARLIER, HOEHL, HOYER, STÖHR bezeichnen es als ein Netz von bindegewebigen Fasern, dem Zellen bloß anliegen. Endlich haben sich THOMÉ und WEIDENREICH (für die Milz) dahin ausgesprochen, daß sich in den Balken des ursprünglich aus verzweigten, miteinander anastomosierenden Zellen bestehenden Netzes Fasern herausdifferenzieren. Ich bemerke im voraus, daß ich mich dieser letzten Ansicht vollkommen anschließe.

Vergleicht man Schnitte-durch Thymus und Lymphdrüse von jungen Tieren miteinander, so fällt das gleiche adenoide Aussehen der Lymphdrüsenfollikel und der Thymusrinde sofort auf. Die Aehnlichkeit wird dadurch erhöht, daß die einzelnen Lymphdrüsenfollikel meist durch dazwischenliegende Trabekeln voneinander getrennt sind. Es wurden daher auch immer bei den bisher angestellten Vergleichen die Rindenpartien der Organe einander gegenübergestellt.

Anders jedoch verhält es sich mit der Marksubstanz der Thymus. In den bisherigen Untersuchungen wird es mit den Keimzentren der Follikel verglichen. Ich glaube, daß diese Gegenüberstellung nicht zutrifft. Auf quergeschnittenen Läppchen erscheint das Mark zuweilen in Form eines runden hellen Fleckes, der in das Zentrum des Läppchens zu liegen kommt und dadurch mit dem Keimzentrum eine gewisse Aehnlichkeit aufweist. Diese Analogie ist aber rein zufällig, wie auch STÖHR hervorhebt. Das Keimzentrum stellt in der Tat einen der Form nach meist kugeligen Zentralteil des Follikels dar und ist allseits von der dunkleren Rindensubstanz umschlossen. Das Thymusmark dagegen zieht sich in Form eines resp. mehrerer weitverzweigter Stränge durch das Organ und steht mit einer großen Anzahl Läppchen in Verbindung, die dem zentralen Teil in Form von ursprünglich kugeligen resp. ellipsoiden Knospen aufsitzen. Das Mark kann ins Innere der Läppchen eindringen, bleibt aber immer mit dem zentralen Strang in Verbindung.

Ein weiterer Unterschied zwischen Thymusmark und Keimzentrum liegt darin, daß im letzteren stets in großer Zahl Kernteilungsfiguren anzutreffen sind. Anscheinbar geht hier die Vermehrung der Elemente in der Hauptsache vor sich. Für die Thymus hat SCHEDEL nachgewiesen, daß die Vermehrung der Rundzellen gerade in der Rinde stattfindet und im Mark nur verhältnismäßig wenig Zellteilungen vorkommen.

Von Bedeutung ist auch, daß die Keimcentra im Gegensatz zum Thymusmark keineswegs konstante Bildungen darstellen. RICHTER hat in 10 Proz. seiner Pferdelymphknoten überhaupt keine nachweisen können und auch sonst sind sie ihrer Zahl und Ausbildung nach sehr verschieden. Häufiger sind sie beim Rind und am reichlichsten und schärfsten beim Schwein ausgebildet.

Aus alledem folgt, daß Keimzentren und Thymusmark Gebilde von ganz verschiedenem Wert sind. Weit annehmbarer erscheint es, die Markteile der beiden Organe miteinander zu ver-

gleichen¹⁾. Beides sind Zentralpartien, denen sich von der Peripherie zahlreiche Follikel resp. Läppchen anschließen. In der ausgebildeten Thymus ist das Verhältnis nicht so klar ersichtlich, als es bei den Lymphdrüsen der Fall ist; doch läßt sich durch das Studium der Entwicklungsgeschichte des Organs das einfache Schema leicht herausfinden. Wir werden sehen, daß im Bau der Markteile weitgehende Uebereinstimmungen nachweisbar sind.

Die Lymphbahnen sind, obgleich ihr Reticulum sowohl entwicklungsgeschichtlich als auch im erwachsenen Zustand mit dem Gerüst der Drüsensubstanz zusammenhängt, dennoch von letzterer scharf geschieden, häufig unter Grenzfaserbildung, wie Verdauungspräparate lehren. Sie sind gekennzeichnet durch die spärliche Ausbildung ihres Reticulum und ferner durch das Fehlen von Blutgefäßen, die in der Drüsensubstanz ein deutliches Netz bilden. Im Thymusparenchym sind die Lymphbahnen morphologisch nicht differenziert. Desgleichen fehlen der Thymus vollkommen die Keimzentren, die durch die Rinde vertreten werden.

Es ist somit nur ein Teil des gesamten Lymphdrüsengewebes der Thymus vergleichbar, wodurch eine vollkommene Analogie beider Organe von vornherein ausgeschlossen erscheint.

Für das richtige Verständnis der histologischen Verhältnisse müssen wichtige Umstände mit berücksichtigt werden.

Thymus und Lymphdrüsen haben eine grundverschiedene Abstammung. Nach Untersuchungen von SAXER, GULLAND, STÖHR bildet sich das Gerüst und die Kapsel der Lymphdrüsen- und -Knötchen aus verdichtetem embryonalen Bindegewebe²⁾. In dessen Maschen lagern die freiliegenden Elemente, deren Herkunft nicht bestimmt ist. Lymphbahnen bilden sich später aus. Das Reticulum der Thymus dagegen entwickelt sich aus einer epithelialen Anlage, und das Bindegewebe spielt eine ziemlich untergeordnete Rolle. Es bildet die Septa und gelangt von hier aus nur in Begleitung der Läppchengefäße und in Form einzelner Züge ins Parenchym.

Viele Differenzen im Bau beider Organe sind sicher gerade auf diese Stammesverschiedenheit zu beziehen. Dadurch sucht z. B. FLEMMING das Fehlen der Keimcentra in der Thymus zu er-

1) Unter der Bezeichnung Mark sind in der Lymphdrüse lediglich die Markstränge resp. das aus ihnen hervorgehende Zentralnetz gemeint.

2) RETTERER leitet das reticulare Gewebe von abgeschnürten Epithelknospen ab. Allem Anschein nach beruht diese Lehre auf Untersuchungsfehlern, wie STÖHRs eingehende Kritik gezeigt hat.

klären. Höchst wahrscheinlich ist, daß auch die so verschiedene äußere Gestaltung durch diesen Umstand mitbedingt ist.

Die Thymus ist ein Organ, dessen volle Tätigkeitsperiode bei Säugetieren der Hauptsache nach ins fötale Leben fällt. Die Lymphdrüsen gelangen zu ihrer vollständigen Ausbildung wenn die Thymus ihre Funktion zum großen Teil eingestellt hat und sich zurückbildet. Diese Verschiedenheit erschwert den Vergleich in ganz außerordentlichem Maße, denn in keinem Stadium ihrer Entwicklung kann man die Organe rücksichtslos einander gegenüberstellen. Am nächsten liegen die Verhältnisse bei sehr jungen Tieren, wo wir beide Organe als normal funktionierend betrachten können. Jedoch ist dabei nicht zu vergessen, daß es sich seitens der Thymus um ein vollständig entwickeltes Organ handelt, die jungen Lymphdrüsen dagegen noch verschiedene Umwandlungen einzugehen haben.

Ein Vergleich zwischen Thymus und Lymphdrüse in vorgeschrittenem Alter ist in nur sehr beschränktem Maße möglich. Es ist jedoch von Wichtigkeit, daß die Involution nicht nur der Thymus eigen ist. ZACHAROW hat gezeigt, daß in hohem Alter auch die Lymphdrüsen sich zurückbilden und ganz analog wie die Thymus durch Bindegewebe und Fett ersetzt werden. Das Fett entsteht aus den Bindegewebs- und Reticulumzellen.

Die verschiedene Abstammung der Gerüste macht sich schon beim Vergleich der Septa resp. Trabekel geltend. Von dem die Organe umgebenden Bindegewebe, das sich bei der Lymphdrüse zu einer festen Kapsel verdichtet, gehen Fortsätze ins Innere. Diese sind in beiden Fällen identisch gebaut. Sie bestehen aus bindegewebigen Fasern mit platten Kernen, glatten Muskelzellen und elastischen Fasern. Die Trabekel und das Reticulum der Lymphdrüsen sind eines Ursprungs. Daher sehen wir auch, daß beide direkt ineinander übergehen. Die Entstehung der Trabekel ist an Lymphdrüsen junger Tiere genau zu verfolgen. Im Innern des verdichteten Reticulumstranges beginnt eine Faserbildung, die vom Zentrum des Gebildes zur Peripherie fortschreitet. Die periphere Zellenschicht bleibt am längsten bestehen; mit ihr steht das protoplasmatische Reticulum in kontinuierlicher Verbindung. Von den Trabekeln setzt sich die Faserbildung auch auf die nächstliegenden Reticulumbezirke fort. — Die Verwandtschaft von Trabekeln und Reticulum offenbart sich auch in der großen Variabilität des Ausbildungsgrades der Trabekel bei verschiedenen Tierklassen. THOMÉ vermochte eine Stufenleiter aufzustellen von den Lymphdrüsen des

Rindes mit stets gut entwickeltem Trabekularsystem bis zu denen der Chiropteren, wo die Follikel lediglich durch die Lymphsinus voneinander getrennt sind.

Dagegen ist in der Thymus, wo die Septa eine dem Reticulum in seiner Anlage fremdes Gebilde darstellen, die Abgrenzung eine recht scharfe. Nur einzelne Fasern können ins Parenchym gelangen. Die Septa bilden im Organ ein zusammenhängendes Netz. Die Thymus der Maus nimmt dabei eine Sonderstellung ein. Die Septenbildung ist sehr schwach; schon nach kurzem Verlauf hören die Septa auf und das dadurch zustande kommende Bild hat mit dem einer Lymphdrüse viel Aehnlichkeit.

Analog dem Thymusparenchym ist die Drüsensubstanz der Lymphknoten von einem engen Gefäßnetz durchzogen, das aus den größeren Gefäßen in der Kapsel und Trabekeln her stammt. In ihrem feineren Bau zeigen die Gefäße dieselben Eigentümlichkeiten, wie wir sie bei der Thymus kennen gelernt haben: Endothelwand, Fehlen der Muscularis, bindegewebige Adventitia.

In den Maschen des Gefäßnetzes spannt sich das Reticulum aus. Von den Lymphsinus ist es durch eine verdichtete Schicht häufig durch Grenzfasern geschieden. Eine Abgrenzung durch Endothelzellen konnte nicht nachgewiesen werden.

Vergleichen wir ausgeschüttelte Schnitte durch Lymphdrüsenfollikel und Thymusrinde eines jungen Tieres, so ist eine Unterscheidung kaum möglich (Fig. 15 u. 16). In beiden Fällen besteht das Reticulum aus weitläufig verzweigten, miteinander anastomosierenden Zellen. Die Fortsätze sind verschieden stark, in der Hauptsache jedoch von außerordentlicher Feinheit. Sie bilden enge Maschen, in denen sehr häufig nur 1—2 Rundzellen Platz finden können. Vom Septum bzw. Trabekeln und Kapsel gehen Kapillare aus, die im Gewebe ein weitmaschiges Netz bilden. Die Kerne der Reticulumzellen sind in beiden Fällen gleichgroß, hell und weisen eine deutliche Chromatinstruktur auf. Bei älteren Tieren können sie zum Teil geschrumpft und eckig erscheinen, was auf die Vermehrung des Bindegewebes zurückzuführen ist. Der Zellleib ist leicht gekörnt und im allgemeinen spärlich ausgebildet. Oft gehen die Bälkchen gleichsam direkt vom Kern aus.

Von Bedeutung ist das Verhältnis des Reticulums zum Bindegewebe. Nur bei sehr jungen Tieren ist das Netz rein protoplasmatisch. Zuerst in der Nähe der Gefäße und Septa treten Fibrillen auf, die auf eine in beiden Fällen genau übereinstimmende Weise in den Bälkchen des Reticulum eingelagert sind.

Dieses Verhältnis bleibt auch bei der vollentwickelten Thymus bestehen. Die Fasern lagern meist in der Nähe der Septa und Gefäße, hier ein zuweilen recht enges Netz bildend. In der degenerierenden Thymus gewinnt das Bindegewebe eine stärkere Entfaltung, doch bleibt das Reticulum vorwiegend protoplasmatisch. Bei den Lymphdrüsen dagegen greift die Verfaserung des Follikelreticulums rasch um sich, so daß schon bei jungen Tieren in allen stärkeren Bälkchen Fasern eingelagert sind. Oft lagern sich dabei die Fasern gemäß der Ausbildung der Keimzentra in konzentrischen Ringen. Bei dieser Verschiedenheit bleibt es von Bedeutung, daß im Prinzip das Verhältnis sowohl in der Thymus als auch in den Lymphdrüsen dasselbe ist.

Das Markreticulum ist in beiden Organen nach übereinstimmendem Plane gebaut (Fig. 24 u. 25). Es lassen sich ohne Schwierigkeit gemeinsame Merkmale aufstellen, die es von der Rinde unterscheiden. Solche Merkmale sind:

a) Beschaffenheit des Gewebes. Auch hier besteht das Reticulum aus miteinander anastomosierenden Zellen, doch ist das Gewebe viel gröber als in der Rinde. Die feinen Bälkchen schwinden fast ganz und das Netz ist aus starken, protoplasmareichen Fortsätzen gebildet. Auch die Kerne sind meist von beträchtlichen Protoplasmamengen umgeben.

Während in der Rinde die feinen Bälkchen faserfrei bleiben, sind in den Zellen bzw. Zellfortsätzen des Markes frühzeitig Fasern eingelagert. Dadurch erhält es eine bedeutende Festigkeit. Der Prozeß der Faserbildung geht in übereinstimmender Weise vor sich. Im Leib der Reticulumzelle bzw. im Balken erscheint eine Fibrille, die zuweilen gabelförmig den Kern umgreift und in der Richtung des Balkens verläuft. Allmählich wächst die Fibrille auf Kosten des Protoplasmas zu einer kräftigen Faser aus, wobei die plasmatische Hülle ganz schwinden kann. Dementsprechend verhalten sich auch die Kerne. Erst sind sie denen der Rinde gleich, meist runde, helle, mit einem deutlichen Chromatingerüst versehene Gebilde. Mit der fortschreitenden Faserausbildung schrumpfen sie und werden schließlich zu kleinen eckigen Gebilden, die den Fasern anzuliegen scheinen und beim Mazerieren leicht verloren gehen (Fig. 29, 30; Fig. 18, 19).

b) Ausbildung des Netzwerkes. Während die Rinde eine erstaunliche Feinheit und Regelmäßigkeit ihrer Maschen zeigt, zeichnet sich das Mark gerade durch das ungeordnete Durch-

einander seiner Bestandteile aus. Immer aber sind die Maschen bedeutend weiter als in der Rinde.

c) Im Mark herrscht eine große Variabilität, sowohl was die Form der Zellen, als auch was den Bau des Netzes anbetrifft. Oft können die Zellen zu syncytialen Bildungen zusammenfließen. Für die Thymus wurde solcher Bildungen bereits Erwähnung getan. In den Lymphdrüsen des *Macacus rhesus* hat SCHUMACHER ein besonderes „Zwischengewebe“ aus unregelmäßig polygonalen, großen, epithelartigen Zellen geschildert, die ohne Lücken aneinander schließen. Beim Menschen, bei der Katze wurden sie gefunden. Ich fand sie auch in den Marksträngen der Rindlymphdrüsen. Mit EBNER und THOMÉ bin ich der Ansicht, daß diese Zellkomplexe auf zusammengeballte Reticulumzellen zurückzuführen sind.

Das Markreticulum ist bei verschiedenen Tieren ungleich ausgebildet. Sehr regelmäßig fand ich die Maschen der Markstränge beim Hammel, den Gegensatz davon in den Lymphdrüsen des Rindes.

Die Entwicklung aus einer Epithelknospe macht sich auch in der Gestaltung des Thymusmarkes geltend. Die Zellen liegen näher aneinander, als es in den Lymphdrüsen der Fall ist, und dementsprechend sind auch ihre Fortsätze massiger. Den Lymphdrüsen fehlen vollkommen die epithelioiden Bildungen der Thymus, wie Flimmer- und Epithelcysten, Riesenzellen und HASSALSche Körperchen. Auch syncytiale Bildungen sind in der Thymus häufiger.

Der Hauptunterschied jedoch zwischen Lymphdrüsen und Thymusreticulum bleibt der bei weitem größere Faserreichtum der ersteren. Es entspricht der epithelialen Natur der Thymus, daß das Bindegewebe in ihr keine bedeutende Ausdehnung erhalten kann. Wie wiederholt hervorgehoben, bleiben die Fasern stets in nahem Zusammenhang mit den Septa und namentlich der Gefäßadventitia. Auch die größere Fasermenge des Thymusmarkes im Vergleich zur Rinde ist, wenigstens zum Teil, auf das dichtere Gefäßnetz im Mark zu beziehen.

Es sei zum Schluß darauf hingewiesen, daß die obige Schilderung des Reticulum namentlich auf dem Studium von Isolationspräparaten beruht. Für die Beurteilung der feineren Reticulumverhältnisse eignen sich Verdauungspräparate, wie sie HOEHL und HOYER vorzüglich gebraucht haben, weniger. Die vielen faserlosen Bälkchen, die in den Rindenpartien prävalieren, werden verdaut, so daß das zustande kommende Bild den wirklichen Verhältnissen keineswegs entspricht.

Zusammenfassung.

1) In Thymus und Lymphdrüsen lassen sich Rinde- und Markreticulum unterscheiden, die kontinuierlich ineinander übergehen.

2) Das Reticulum besteht aus miteinander anastomosierenden Zellen, mit darin eingelagerten Fasern.

3) Das Reticulum der Thymusrinde ist namentlich bei sehr jungen Tieren dem der Lymphdrüsenfollikel seiner Gestaltung nach vollkommen gleich. Beide bestehen aus einem feinen gleichförmigen, engmaschigen Netzwerk mit darin eingestreuten Kernen.

4) Das Markreticulum in beiden Organen unterscheidet sich von der Rinde durch folgende gemeinsame Merkmale:

- a) gröbere Reticulumbälkchen,
- b) stärkere Verfaserung,
- c) größere Maschenweite,
- d) Variabilität der Bestandteile.

5) Das Reticulum der Lymphdrüsen unterscheidet sich von dem der Thymus durch stärkere Faserentwicklung.

Speziell im Thymusmark liegen die Zellen näher aneinander und dementsprechend sind die Balken protoplasmareicher als in den Marksträngen.

6) Die Trabekeln und Septa sind aus denselben Elementen zusammengesetzt. Die Trabekeln gehen ins Reticulum der Lymphdrüse kontinuierlich über. Die Septa der Thymus sind vom Reticulum scharf geschieden.

7) Die Gefäße zeigen einen analogen Bau.

Somit hat das Thymusreticulum in seinem Bau mit dem der Lymphdrüsen viele Uebereinstimmungen. Das Rindenreticulum ist seiner Gestaltung nach dem der Follikel identisch, auch an den Markteilen der Organe ist eine Aehnlichkeit nicht zu verkennen. Bedenkt man, daß beide Organe grundverschiedenen Ursprunges sind, daß auch die verschiedene Funktionszeit nicht ohne Einfluß auf den Bau sein kann, so lassen sich die vorhandenen Unterschiede, zum Teil wenigstens, erklären. Die trotz alledem so augenfällige Analogie im Bau der Reticula kann aber nur durch Funktionsähnlichkeit bedingt sein.

Diese Annahme wird durch die übereinstimmende Beschaffenheit der im Reticulum beider Organe enthaltenen Elemente gestützt. In der Hauptsache handelt es sich hier um kleine Zellen mit einem großen, runden Kern, dessen Chromatin zu einem

Klumpen zusammengeballt ist. An Isolationspräparaten sieht man, daß das Protoplasma in kleinen Häufchen dem Kern anhängt. Vergleichende Messungen haben ergeben, daß die Größe dieser Elemente in beiden Organen im ganzen dieselbe ist. Nach HAMMAR haben die Rundzellen der Thymus wie typische Gefäßlymphocyten ein basophiles Plasma. Demselben Forscher ist es gelungen, bei den Rundzellen der Froschthymus amöboide Beweglichkeit zu beobachten. RUDBERG schildert die große Empfindlichkeit der Zellen der Röntgenbestrahlung gegenüber; genau dasselbe Verhalten zeigen die Lymphocyten des Körpers.

Die möglicherweise verschiedene Abstammung der betreffenden Zellen spricht nicht gegen die Möglichkeit einer funktionellen Analogie, wie wir denn auch eine Analogie in der verschiedenen Abstammung des Fettgewebes besitzen. Um wirkliche, unbewegliche Epithelzellen, wie es scheinbar STÖHR sich vorstellt, handelt es sich sicher nicht. Ihr Zusammenhang mit dem Reticulum ist ziemlich locker, und es gelingt leicht, größere Partien desselben ohne weitgehende Beschädigungen freizulegen. Ferner habe ich wiederholt eine Ueberschwemmung des perilobulären Gewebes durch Rundzellen feststellen können. Eine Verwechslung mit einwandernden Leukocyten war ausgeschlossen, die Zellen waren in ihrem Aeußeren mit der typischen Thymusrundzellen identisch. In der Deutung des Befundes stimme ich mit HAMMAR vollkommen überein.

Daß Thymus und Lymphdrüsenzellen funktionell nicht vollkommen gleichwertig sind, zeigen die Untersuchungen BANGS, der chemische Verschiedenheiten in ihrer Zusammensetzung nachgewiesen hat. Bei den vielen Differenzen in der Beschaffenheit beider Organe war ja auch eine vollkommene Gleichheit der Elemente von vornherein nicht anzunehmen.

Jedenfalls bleibt in der Bedeutung der Thymus vieles dunkel. Durch die Untersuchungen von CALZOLARI, HENDERSON, SEYDEL, HANSEN u. a. sind merkwürdige Beziehungen der Thymus zu Geschlechtsorganen, zum allgemeinen Ernährungszustand des Körpers festgestellt worden. Wie weit sich die funktionelle Analogie zwischen Thymus und Lymphdrüse erstreckt, läßt sich auf Grund bloß morphologischer Befunde vorderhand nicht entscheiden.

Benutzte Literatur.

- AFANASSIEW, Ueber die konzentrischen Körper der Thymus. Arch. f. mikr. Anat., Bd. XIV, 1877.
- Weitere Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung der Thymus und der Winterschlagdrüse der Säugetiere. Ebenda.
- BANG, Chemische Untersuchungen der lymphatischen Organe. Beiträge zur chem. Physiologie u. Pathol., Bd. IV u. V, 1901. Cit. nach HAMMAR.
- BORN, Ueber die Derivate der embryonalen Schlundbogen und Schlundspalten bei Säugetieren. Arch. f. mikr. Anatomie, Bd. XXIX, 1882.
- CALZOLARI, Recherches expérimentelles sur les rapports probables entre la fonction du Thymus et celle des testicules. Arch. Italien de Biol., T. XXX, 1898.
- CORNIL et RANVIER, Manuel d'histologie pathologique, Paris 1869.
- DEMOOR, Recherches sur la structure du tissu réticulé. Arch. de Biol., T. XIII, 1893.
- EBNER, Von der Thymus. KÖLLIKERS Handbuch der Gewebelehre des Menschen, 6. Aufl., Leipzig, Bd. III, 1899.
- ECKER, Blutgefäßdrüsen. WAGNERS Handwörterb. der Physiol., Bd. IV, 1853.
- EHRMANN, Ueber Fettgewebsbildung aus dem als Winterschlagdrüse bezeichneten Fettorgane. Sitzungsber. der K. Wiener Akad. d. Wiss., Bd. LXXXIII, Abt. III., 1883.
- GHKA, Etude sur le thymus. Thèse Paris, 1901.
- GULLAND, The development of adenoid tissue, with special references to the tonsil and thymus. Laporatory Reports iss. by the R. College of Phys. Edinburgh, 1891.
- HANSEN, Ueber die Thymusdrüse und ihre Beziehungen zur Entwicklung der Rinder. Inaug.-Diss. Kiel, 1891.
- HIS, Schlundspalten und Thymusanlage. Archiv für Anatomie und Entwicklungsgesch., 1889.
- Beiträge zur Kenntnis der zum Lymphsystem gehörigen Drüsen. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. X u. XI, 1861—62.

- HAMMAR, Zur Histogenese und Involution der Thymusdrüse. *Anat. Anz.*, Bd. XXVII, 1905.
- Zur Kenntnis des Fettgewebes. *Arch. f. mikr. Anat. u. Entwicklungsgesch.*, Bd. XLV, 1895.
- Ueber die Natur der kleinen Thymuszellen. *Arch. f. Anat. u. Phys.*, anatomischer Teil, 1907.
- HENDERSON, On the relationship of the thymus to the sexual organs. I. The influence of the castration. *The Journal of Physiol.*, Vol. XXXI, 1904.
- HOEHL, Zur Histologie des adenoiden Gewebes. *Arch. f. Anat. u. Phys.*, anat. Abt., 1897.
- JACOBI, Contributions to the anatomy and pathology of the thymus-gland. *Trans. Assoc. of Americ. Physiol.*, Philadelphia 1888. III. Ref. in *Archiv für Kinderheilkunde*, Bd. XIII, 1891.
- KÖLLIKER, Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Tiere. 2. Aufl., Leipzig 1879.
- *Handbuch der Gewebelehre des Menschen*, Leipzig 1852.
- LOCHTE, Zur Kenntnis der epithelioiden Umwandlung der Thymus. *Centralbl. f. allg. Path. u. path. Anat.*, Bd. X, 1899.
- MAURER, Schilddrüse und Thymus der Teleostier. *Morph. Jahrb.*, Bd. XI, 1875.
- Schilddrüse, Thymus und Kiemenreste bei Urodelen und Anuren. *Ebenda*, Bd. XIII, 1887.
- Die Schilddrüse, Thymus und andere Schlundspaltenderivate bei der Eidechse. *Morph. Jahrb.*, Bd. XXVII, 1899.
- Schilddrüse, Thymus und andere Schlundspaltenderivate bei Echidna und ihre Beziehungen zu den gleichen Organen bei anderen Wirbeltieren. *SEMONS Forschungsreisen*, Bd. III, 1899.
- Die Entwicklung des Darmsystems. *HERTWIGS Handbuch der vergl. und exper. Entwicklungsgesch.*, Bd. II, 1902.
- NUSBAUM und PRYMAK, Zur Entwicklungsgeschichte der lymphoiden Elemente der Thymus bei den Knochenfischen. *Anat. Anz.*, Bd. XIX, 1901.
- und MACHOWSKI, Die Bildung der konzentrischen Körperchen und die phagocytischen Vorgänge bei der Involution der Amphibienthymus, nebst einigen Bemerkungen über die Kiemenreste und die Epithelkörperchen der Amphibien. *Anat. Anz.*, Bd. XXI, 1902.
- PRENANT, Recherches sur le développement organique et histologique des dérivés branchiaux. I. Thymus. *Compt. rend. hebdom. de la Soc. de Biol.*, Sér. 9, T. I, 1893.
- Contributions à l'étude organique et histologique du thymus, de la glande thyroïde et de la glande carotidienne. *La Cellule*, T. X, 1894.
- PRYMAK, Beiträge zur Kenntnis des feineren Baues und der Involution der Thymusdrüse bei den Teleostiern. *Anat. Anz.*, Bd. XXI, 1902.
- RUDBERG, Studien über die Thymusinvolution. I. Die Involution nach RÖNTGEN-Bestrahlung. *Archiv f. Anat. u. Physiol.*, 1907.

- SCHAFFER, Ueber das Vorkommen der eosinophilen Zellen in der menschlichen Thymus. *Centralbl. f. d. med. Wiss.*, Bd. XXIX, 1891.
- Ueber den feineren Bau der Thymus und deren Beziehungen zur Blutbildung. *Abhandlungen d. K. Akad. d. Wiss. Wien*, Bd. CII, nat.-math. Kl., Abt. III, 1893.
- SCHADEL, Zellvermehrung in der Thymusdrüse. *Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. XXIV, 1884.
- SEYDEL, Ein Zeichen des Erschöpfungstodes durch mangelhafte Ernährung bei jungen Kindern. *Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med.*, Folge III, Bd. VII, 1894.
- STIEDA, Untersuchungen über die Entwicklung der Gl. thymus, Gl. thyreoidea und Gl. carotica, Leipzig 1871, Engelmann.
- STÖHR, Ueber die Natur der Thymuselemente. *Anat. Hefte*, 1. Abt., Bd. XXXI, Heft 3, 1906.
- TOURNEUX et HERMANN, Sur l'évolution histologique du thymus chez l'embryo humain et chez les mammifères. *Soc. de Biol., Sér. 8*, T. IV, 1887. Cit. nach GHKA.
- VER EECHE, Structure et modifications fonctionnelles du thymus de la grenouille. *Bull. de la classe des sciences Académie R. de Belgique*, 1899. Cit. nach GHKA.
- WATNEY, On the minute anatomy of the thymus. *Philosophical Transactions of the R. Soc. of London*, Vol. CLXXIII, part 3, 1882.
- WALDEYER, Die Rückbildung der Thymus. *Sitzungsber. der K. Akad. d. Wiss. zu Berlin*, Bd. XXV, 8. Mai 1890.

Für die Lymphdrüsen kamen, abgesehen von den bei genannten Autoren vorhandenen Angaben, folgende Abhandlungen in Betracht.

- BIZZOZERO, Beiträge zur Kenntnis des Baues der Lymphdrüse. *MOLESCHOTTS Untersuchungen*, Bd. XI, 1876.
- CARLIER, Contributions to the histology of the hedgehog. *The Journal of Anat. and Phys.*, Vol. XXVII, 1893.
- CHIEVITZ, Zur Anatomie einiger Lymphdrüsen in konserviertem und fötalem Zustande. *Arch. f. Anat. u. Phys.*, anatomische Abt., 1881.
- DISSE, Das retikuläre Bindegewebe. *Ergebnisse der Anat. und Entw.-G.*, Bd. VII, 1897.
- EBNER, in: *KÖLLIKERS Handbuch der Gewebelehre*, Leipzig, 6. Aufl., p. 690—714.
- ENGELMANN, Untersuchungen über die elastischen Fasern der Lymphknoten von Pferd, Rind, Schwein und Hund und über die an ihnen ablaufenden Altersveränderungen, Leipzig 1908.
- FLEMMING, Studien über Regeneration der Gewebe. I, VII. *Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. XXIV, 1880.
- FREY, Untersuchungen über die Lymphdrüsen des Menschen und der Säugetiere, Leipzig 1861.

- GULLAND, The development of lymphatic glands. *Journal of Path. and Bacteriol.*, Vol. II, 1894. Ref. MARCHAND, *Fortschritte der Medizin*, Bd. XII, 1894.
- HOYER, Beitrag zur Kenntnis der Lymphdrüsen. *Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. XXXIV, 1889.
- RANVIER, *Traité technique d'histologie*. 2. éd., Paris 1889.
- RICHTER, Vergleichende Untersuchungen über den mikroskopischen Bau der Lymphdrüsen von Pferd, Rind, Schwein und Hund. *Arch. f. mikr. Anat. u. Entwicklungsgesch.*, Bd. LX, 1902.
- RIBBERT, Regeneration und Entzündung der Lymphdrüsen. *Beitr. zur path. Anat. und allg. Path.*, Bd. VI, 1889.
- RETTNER, Verhandlungen der Anatomischen Gesellschaft auf der 11. Versammlung zu Genf, 1897, 2. Sitzung.
- STÖHR, Entwicklung des adenoiden Gewebes der Zungenbälge und der Mandeln des Menschen. *Festschrift für NÄGELI und KÖLLIKER*, Zürich 1891.
- Ueber die Entwicklung der Darmlymphknötchen. *Verhandlungen der Anat. Gesellsch.*, Genf 1897, 3. Sitzung.
- *Lehrbuch der Histologie*, 12. Aufl., 1906.
- SAXER, Ueber die Entwicklung und den Bau der normalen Lymphdrüsen und die Entstehung der roten und weißen Blutkörperchen. *Anat. Hefte*, 1. Abt., Bd. VI, 1896.
- SCHUMACHER, Ueber die Lymphdrüsen des *Macacus rhesus*. *Arch. f. mikr. Anat.*, Bd. XLVIII, 1897.
- THOMÉ, Beiträge zur mikroskopischen Anatomie der Lymphknoten. *Jenaische Zeitschr.*, Bd. XXXVII, 1903.
- WEIDENREICH, Ueber Blutlymphdrüsen. *Anat. Anz.*, Bd. XX, 1901.
- Das Gefäßsystem der menschlichen Milz. *Arch. f. mikr. Anat.*
- ZACHAROW, Zur Frage über die Veränderungen der Lymphdrüsen im Greisenalter, St. Petersburg 1891.

Ein reichhaltiges Literaturverzeichnis über Thymus findet sich bei GHİKA (bis 1901). Desgleichen über Winterschlafdrüse bei HAMMAR.

Erklärungen der Abbildungen.

Tafel 7.

Fig. 1. *Th* Thymus, *Thyr* Schilddrüse, *EBg* Bindegewebe, *vas* Gefäße. Ratte. VAN GIESON. Vergr. 450.

Fig. 2. Rechter Thymusstrang. *EBg* embryonales Bindegewebe, *vas* Gefäß im Parenchym. Kalb 6,5 cm. VAN GIESON. Vergr. 450.

Fig. 3. Thymus. Verzweigter Markstrang mit Rindenknospen. Die Ausbreitung der Rinde geht Hand in Hand mit dem Vordringen der Septa. Kalb 32 cm. VAN GIESON. Vergr. 30.

Fig. 4. Thymus. Bildung der HASSALSchen Körperchen. *a* Riesenzelle, in deren Leib bereits eine Fibrillierung sichtbar ist. Die nahe-
liegenden Reticulumzellen (*Rz*) werden in den Körper miteingezogen.
c Höhle im Inneren mit stark färbbarem Detritus. Mensch. VAN GIESON.
Vergr. 450.

Fig. 5. Thymus. Septum mit darin liegenden Blutgefäßen und Rundzellen. Diese werden von Faserschlingen umgriffen und degenerieren. *vas* Gefäß ins Parenchym eindringend. Septalfasern bilden eine Adventitia. Kalb. MALLORY. Vergr. 450.

Fig. 6. Thymuskapsel. *Bg* Bindegewebe mit Kernen. *Ms* glatte Muskelzellen. Kalb. VAN GIESON.

Fig. 7. Thymus. Septum (*Sp*) entsendet Fasern ins Parenchym. Diese sind von einem hellen Saum umgeben, von dem aus Reticulumbälkchen (*Rb*) entspringen. HEIDENHAINsche Methode. Kalb. Vergr. 450.

Fig. 8. Dasselbe. Vergr. 600.

Fig. 9. Thymus. Gefäß, das ein Netz von feinen Fibrillen zeigt. *End* Kern der Endothelzelle, *Er* deformierte Erythrocyten. Ochs. MALLORY. Vergr. 450.

Fig. 10. Thymus. Gefäßzerfall. Die Fasern bilden ein ziemlich enges Netz, das mit der Gefäßadventitia in Zusammenhang steht. Wo keine Gefäße zu sehen sind, ist das Gebiet faserfrei. *Deg* Zellen in Zerfall. Ochs. MALLORY.

Fig. 11. Thymus. Gefäßzerfall. Die Wand des Gefäßes bildet Aussackungen und weist Lücken auf. Im Lumen liegen Rundzellen (*Trz*) neben Erythrocyten (*Er*). Kalb. MALLORY. Vergr. 600.

Fig. 12. Thymus. Gefäßzerfall. Die Fasern bilden konzentrische Kreise um den Gefäßstamm. *End* gewucherte Endothelzellen, *Er* Erythrocyten. Die Fasern umgreifen einzelne Parenchymbezirke schlingenartig, wobei die Zellen degenerieren. Mensch. MALLORY. Vergr. 600.

Fig. 13. Thymus. Gefäß mit mehrschichtiger Wandung. *Er* Erythrocyten, *End* Endothelkerne. Mensch. Eosinhämatoxylin-fuchsin. Vergr. 450.

Fig. 14. Reticulum der Thymusrinde mit zum Teil ausgepinselten Maschen. *Rz* Reticulumzellen von wenig Protoplasma umgeben, *Bg* bindegewebige Faser, die an Gabelungsstellen durch eine Protoplasmahülle verläuft. Bei *a* feineres Maschennetz erhalten. Kalb. Fix. Pikrinsäure. Hämatoxylin nach HANSEN.

Tafel 8.

Fig. 15. Thymus. Reticulum der Rinde. *Sp* Septum, *vas* Gefäß mit Adventitia, von der Fasern (*Bg*) ausgehen. *Rz* Reticulumzellen. Kalb. HEIDENHAINsche Methode. Vergr. 450.

Fig. 16. Reticulum der Lymphdrüsenfollikel. Bezeichnung wie oben.

Fig. 17. Thymus. Gefäß mit anliegender Reticulumzelle (*Rz*). Von der Gefäßadventitia gehen Fasern aus, die den Kern gabelförmig umgreifen und oberhalb desselben zusammenfließen. Kalb. MALLORY. Vergr. 600.

Fig. 18. Reticulumzelle aus dem Thymusmark mit einliegender Faser. Kalb. HEIDENHAINsche Methode. Vergr. 600.

Fig. 19. Thymus. Verfasertes Reticulum. *Pl* einzelne erhaltene Protoplasmaabälkchen, *Rz* degenerierende Reticulumzelle von Fasern eng umschlossen. Ochs. Pikrinsäure. MALLORY. Vergr. 600.

Fig. 20—21. Thymus. Reticulumzellen mit eingelagerten Fasern. Kalb. HEIDENHAINsche Methode. Immersion.

Fig. 22. Dasselbe. MALLORY.

Fig. 23. Thymusrinde. In den Bälkchen sind zum Teil Fibrillen sichtbar. *Rz* Reticulumzelle. Kalb. HEIDENHAINsche Methode. Immersion.

Fig. 24. Lymphdrüse. Markstrang. Reticulum zum Teil verfasert. Kalb. HEIDENHAINsche Methode. Vergr. 600.

Fig. 25. Thymusmark. Reticulum. *vas* Gefäß, *Bg* Faser von einer Plasmahülle umgeben. Bei *a* starke Protoplasmaabälkchen einem Gefäß anliegend. Kalb. HEIDENHAINsche Methode. Vergr. 600.

Fig. 26. Thymus. Gefäß mit davon ausgehender Faser, die von einer basal verdickten Protoplasmahülle umgeben ist. Kalb. MALLORY. Immersion.

Fig. 27. Winterschlagdrüse. *dg* degenerierendes Gewebe, *E. L.* eosinophile Leukocyten bilden Höhlen im Inneren des Gewebes. Ratte. Hämatoxylin-Eosin. Vergr. 450.

Fig. 28. Winterschlagdrüse. Reticulumzellen (*Rz*) gehen in gekörnte Drüsenzellen (*Wz*) über. Dazwischen umgewandelte Rundzellen. *F* Fettröpfchen. Ratte. VAN GIESON. Vergr. 450.

Fig. 29. Lymphdrüse. Isolierte Faserzellen. Kalb. MALLORY. Vergr. 450.

Fig. 30. Dasselbe. Ochs. HEIDENHAINsche Methode. Vergr. 600.

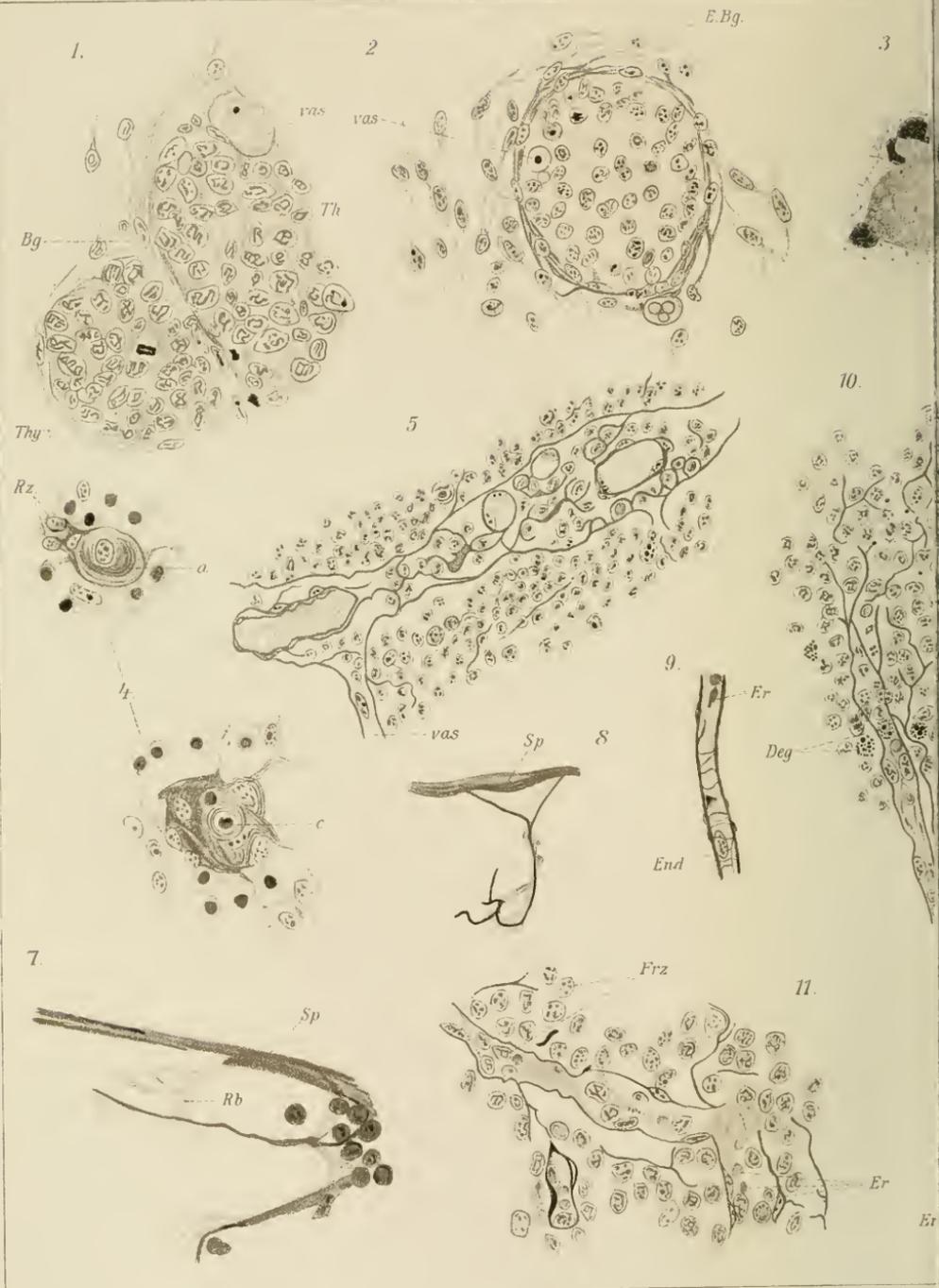
Fig. 31. Thymus. Bild aus dem Mark. Bei *a* Anfangsstadium eines HASSALSchen Körperchens. In der protoplasmatischen Masse ist eine Fibrillierung erkennbar. Kalb. VAN GIESON. Vergr. 450.

Fig. 32. Winterschlafdrüsenzellen in verschiedenen Stadien der Fettimpletion. *a* unveränderter Protoplasmasaum, *b* Rundzellen. Ratte. Eisenhämatoxylin-Fuchsin. Vergr. 450.

Fig. 33. Thymus. Randschicht mit parallel gestellten epithelartigen Kernen. *R* Riesenzellen, *F* Fettcysten. Eisenhämatoxylin-Fuchsin. Vergr. 450.

Fig. 34. Thymus. Gefäß und anliegende Reticulumzelle, die einen Fortsatz entläßt. Ungefärbt. Vergr. 450.

Fig. 35. Thymus. *Trz* metamorphosierte Thymusrundzelle in verschiedenen Umwandlungsstadien. *Deg* degenerierende Thymusrundzelle, *Er* kernhaltige rote Blutkörperchen von einem Rattenembryo.





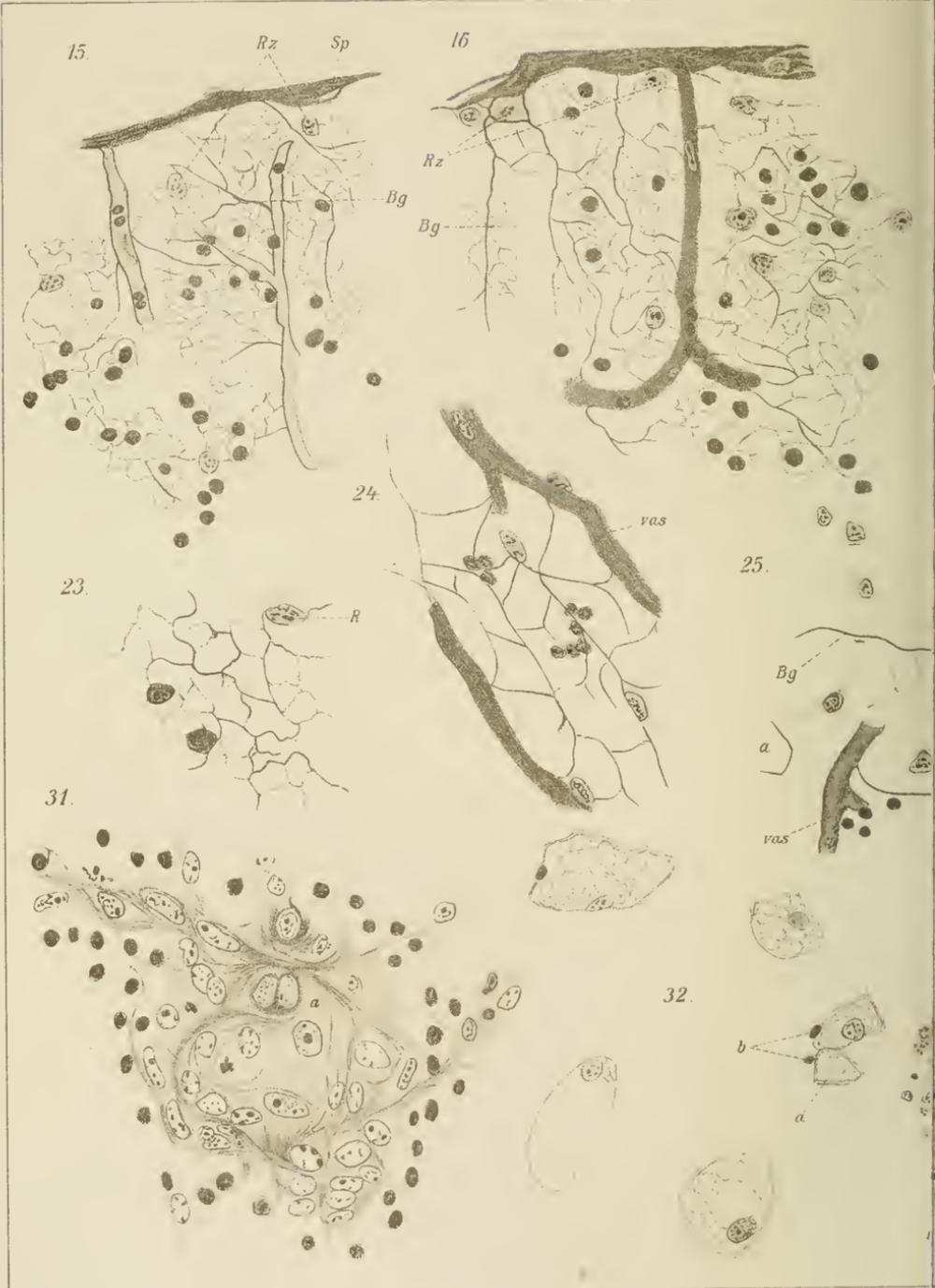


Mielens u. Fowler gez.

Gezeichnet von Gustav Fischer in Jena.

Lith. Anst. v. Johannes Arndt, Jena.









Mistens gez

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft](#)

Jahr/Year: 1909

Band/Volume: [NF_37](#)

Autor(en)/Author(s): Mietens Harald

Artikel/Article: [Zur Kenntnis des Thymusreticulum und seiner Beziehungen zu dem der Lymphdrüsen, nebst einigen Bemerkungen über die Winterschlafrüse. 149-192](#)