

## LERNTIPP

Monozyten und große Lymphozyten können leicht verwechselt werden. Monozyten haben aber einen weniger stark gefärbten Kern, der in der Regel auch stärker eingebuchtet ist. **Achtung:** Thrombozyten können mit Verunreinigungen verwechselt werden!

## FAZIT – DAS MÜSSEN SIE WISSEN

- ! **Monozyten** sind die **größten Leukozyten** (Durchmesser: bis zu 20 µm). Ihr **Zellkern erscheint hell** und liegt meist **exzentrisch**. Sie können sich zu **Makrophagen** weiterentwickeln.
- ! Im **Blutausstrich** sind Monozyten üblicherweise die größten Zellen.
- ! **Megakaryozyten** sind **polyloid**.

### 3.4.4 Zusammenfassung: Merkmale der Blutzellen

## LERNTIPP

Bei den Blutzellen ist es wichtig, dass Sie die morphologischen Merkmale kennen. Die Wahrscheinlichkeit, dass Sie spezifische Blutzellen auf Bildern erkennen müssen, ist relativ hoch. Oft ist es dann auch noch relevant zu wissen, welche Funktion die entsprechende Zelle hat. Dazu finden Sie alles beim Immunsystem in der Biochemie und Physiologie.

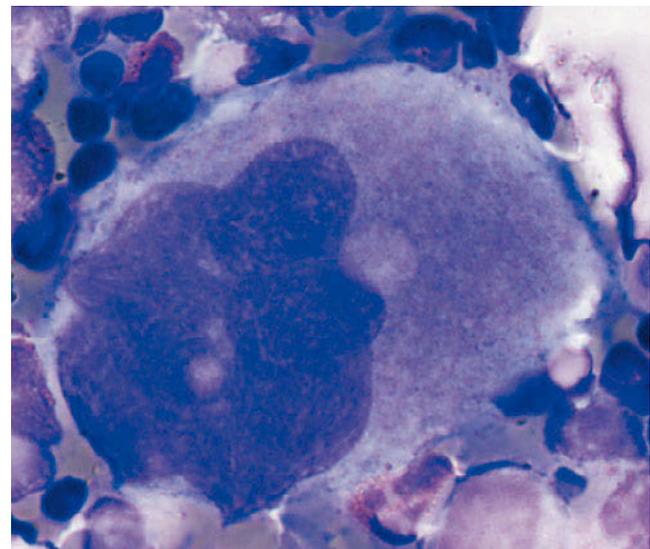


Abb. 3.6 **Megakaryozyt.** (Färbung nach Pappenheim; Vergrößerung 600-fach.)

Tab. 3.1 zeigt nochmals einen Überblick über die Blutzellen.

Tab. 3.1 Übersicht über die Blutzellen.

Blutzelle	Kern	Merkmal	Größe
<b>Erythrozyt</b>	–	rund, mit zentraler Aufhellung	7,5 µm
<b>neutrophiler Granulozyt</b>	mehrere Kernsegmente	zartrosa gefärbte, feine Granula	12 µm
<b>eosinophiler Granulozyt</b>	zwei Kernsegmente	grobe, dicht gepackte (rote) Granula	über 12 µm
<b>basophiler Granulozyt</b>	u- oder s-förmig	unregelmäßige, große, violette Granula	unter 12 µm
<b>Monozyt</b>	oval, hell, exzentrisch gelegen	feine azurophile Granula	bis 20 µm
<b>kleiner Lymphozyt</b>	rund, dunkel	schmäler Zytoplasmasaum	etwas größer als Erythrozyt
<b>großer Lymphozyt</b>	rund, dunkel, exzentrisch gelegen	mehr Zytoplasma	
<b>Megakaryozyt</b>	unregelmäßig gelappter Kern	größer als alle anderen Blutzellen	35–150 µm
<b>Thrombozyten</b>	–	kleine, bläuliche Körnchen	sehr klein

## 4 Lymphatisches Gewebe und Immunsystem

### 4.1 Überblick

Unser Körper verliert ständig Flüssigkeit. Durch den hydrostatischen Druck im Kapillargebiet dringt Plasma aus den Gefäßen ins umgebende Gewebe. Ein Teil dieser Flüssigkeit wird durch den kolloidosmotischen Druck zurückgeholt. Der Rest, der zurückbleibt, ist die sogenannte **Lymph**e. Diese wird durch das **Lymphsystem** wieder aufgesammelt und in das Kreislaufsystem zurückgeführt.

Die Bahnen des Lymphsystems beginnen blind in der Peripherie und vereinigen sich immer weiter. Die Lymphe aus den unteren Körperregionen sammelt sich in der **Cisterna chyli** und fließt dann

über den **Ductus thoracicus** weiter zum **linken Venenwinkel** in das Blutgefäßsystem. Auch die Lymphe aus der linken oberen Körperhälfte mündet über den Ductus thoracicus in den Blutkreislauf. Nur die Lymphe aus der rechten oberen Region fließt über den **Ductus lymphaticus dexter** in den **rechten Venenwinkel**.

Auf ihrem Weg durch dieses System nimmt die Lymphe alles mit, was ihr begegnet, und kommt so mit fast allen Substanzen im Körper in Kontakt – auch mit Fremdstoffen, Tumorzellen und Krankheitserregern. Diese werden dabei in den Lymphknoten erfolgreich aus dem System herausgefiltert.

So verwundert es nicht, dass das Lymphsystem auch gleichzeitig das **Immunsystem** beherbergt. Zum Immunsystem gehören die

- **primären lymphatischen Organe** und die
- **sekundären lymphatischen Organe**.

#### LERNTIPP

In den Prüfungsfragen zu Histologie finden sich häufig Fragen, in denen eine Abbildung gezeigt und nach der Funktion des gezeigten Gewebes oder der Zellregion gefragt wird. Dazu muss man erst einmal das Gewebe erkennen (das lernen Sie hier) und dann aber auch wissen, welche Funktion dieses Gewebe hat. Beim lymphatischen Gewebe handelt es sich dabei um Funktionen des Immunsystems, zu dem eine ganze Reihe von Zellen (B-Lymphozyten, T-Lymphozyten, Makrophagen usw.) gehört. Hier lernen Sie, wo im lymphatischen Gewebe sich diese Zellen befinden. Die Funktion dieser Zellen lernen Sie in der Biochemie bzw. Physiologie beim Immunsystem kennen. Sie wird hier nicht besprochen.

## 4.2 Primäre lymphatische Organe

Zu den **primären lymphatischen Organen** zählen das **Knochenmark** und der **Thymus**. Hier entstehen und reifen die Immunzellen (**B-Zellen** und **T-Zellen**) heran. Die B-Zellen differenzieren sich bereits im Knochenmark, während die T-Zellen in den Thymus wandern und dort entsprechend „geprägt“ werden.

### 4.2.1 Knochenmark

Zum Bau des Knochenmarks und zur Entstehung der Immunzellen siehe Kap. 3.4.1.

### 4.2.2 Thymus

Der Thymus liegt innerhalb des **Mediastinums** und besteht aus zwei unterschiedlich großen Lappen, Lobus dexter und Lobus sinister, die untereinander verbunden sind.

#### Aufbau des juvenilen Thymus

Der juvenile Thymus ist oberflächlich in Läppchen gegliedert. Die Läppchen sind deutlich in eine **dunkle Rinde** und in ein **helles Mark** gegliedert (Abb. 4.1). Rinde und Mark gehen fließend ineinander über. Die Rinde enthält viele kleine **Lymphozyten** und ist deshalb dunkel gefärbt. Im Mark befinden sich deutlich weniger Lymphozyten. Die Lymphozyten beider Regionen sind in ein hohes Schwammwerk eingelagert, das von den **Thymusepithelzellen** gebildet wird. Die Thymusepithelzellen des Marks bilden die auffälligen (hellrot gefärbte) **Hassall-Körperchen** (s. u.).

**Thymusepithelzellen.** Die verzweigten Thymusepithelzellen bilden ein netzartiges **Zellretikulum**. Sie besitzen lange Fortsätze, die untereinander durch Desmosomen verbunden sind, und bilden **keine** retikulären Fasern.

Besonders im Rindenbereich bilden die Thymusepithelzellen mit ihren dünnen Fortsätzen eine kontinuierliche Trennschicht um die Blutgefäße, die Blut-Thymus-Schranke. Die funktionelle Bedeutung dieser Schranke ist nicht geklärt.

**Hassall-Körperchen.** Im Mark des Thymus liegen kugelige Hassall-Körperchen. Ihr Durchmesser beträgt im Durchschnitt 20–50 µm. Sie bestehen aus abgeflachten, scheibenförmig zusammengelagerten Thymusepithelzellen. Im Zentrum der Hassall-Körperchen sind häufig degenerative Veränderungen zu erken-

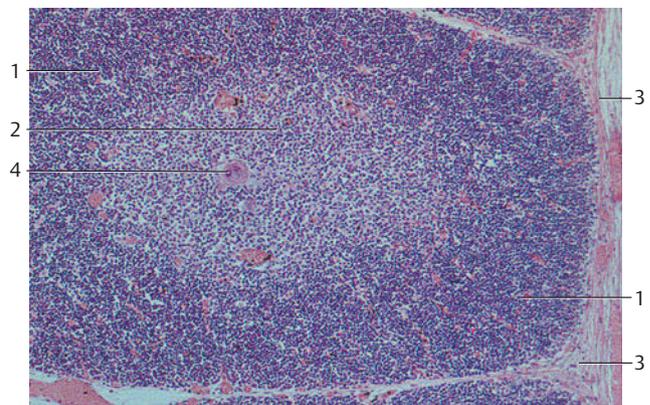


Abb. 4.1 Querschnitt durch ein Läppchen des juvenilen Thymus. 1 Rinde, 2 Mark, 3 Kapsel, 4 Hassall-Körperchen. (H.E., Vergrößerung 80-fach.)

nen. Die genaue Funktion der Hassall-Körperchen kennt man bisher noch nicht.

#### Funktion des Thymus

Im Thymus differenzieren sich aus dem Knochenmark eingewanderte T-Lymphozyten zu reifen T-Zellen. Dabei werden die T-Zellen, die es auf körpereigene Antigene abgesehen haben, eliminiert (**negative Selektion**): Sogenannte **dendritische Zellen** im **Mark** des Thymus präsentieren körpereigene **Antigene**. Die T-Zellen, die an diese körpereigenen Antigene binden, werden durch **Makrophagen** phagozytiert und unschädlich gemacht.

Außerdem finden sich in der Rinde sogenannte **Ammenzellen**, die Lymphozyten mit ihrem Plasma umschließen und möglicherweise an der Lymphozytenreifung beteiligt sind.

Näheres dazu siehe beim Immunsystem in der Biochemie oder Physiologie.

#### Der Thymus des Erwachsenen

Nach der Pubertät bildet sich der Thymus zurück (**Thymusinvolution**). Die Rückbildung betrifft vor allem die Rinde, weniger das Mark. An die Stelle des atrophierten Gewebes tritt Fettgewebe (retrosternaler Thymusfettkörper). Der Thymus wird nicht ganz abgebaut; es bleiben stets Reste von funktionstüchtigem Thymusgewebe.

In Präparaten des adulten Thymus finden sich große Mengen Fettgewebe, Inseln von Thymusparenchym und große Hassall-Körperchen. Mark und Rinde sind kaum noch zu unterscheiden.

#### FAZIT – DAS MÜSSEN SIE WISSEN



- ! Das **Knochenmark** zählt zu den **primären** lymphatischen Organen.
- !!! Sie sollten einen **Querschnitt** durch den **Thymus** im Bild erkennen können (Abb. 4.1). Wichtige Erkennungsmerkmale sind:
  - Die Läppchen des juvenilen Thymus gliedern sich in eine dunklere **Rinde** und ein helleres **Mark**.
  - Die Rinde erscheint **dunkel**, weil dort viele kleine **Lymphozyten** sitzen.
  - Im Mark des juvenilen Thymus finden sich hellrot gefärbte kugelige **Hassall-Körperchen**.
- ! Außerdem sollten Sie wissen, dass der Thymus innerhalb des **Mediastinums** liegt. Es hilft dabei einzuordnen, um welches Organ es sich handelt.
- !! Die **Thymusepithelzellen** finden sich in Mark und Rinde. Sie bilden ein **Netzwerk**, in das die Lymphozyten eingelagert sind.

## 4.3 Sekundäre lymphatische Organe

Zu den sekundären lymphatischen Organen gehören **Lymphknoten, Mandeln, Milz** und mukosaassoziierte Lymphfollikel, in ihrer Gesamtheit auch als **MALT** (S.55) bezeichnet. Hier gehen die fertig differenzierten Immunzellen aus Knochenmark und Thymus ihren jeweiligen Aufgaben nach.

### 4.3.1 Allgemeines zum Aufbau

Das Grundgerüst der sekundären lymphatischen Organe besteht aus **retikulärem Bindegewebe** mit fibroblastischen Retikulumzellen und retikulären Fasern, die dem Organ mechanische Stabilität verleihen. Allgemein kann man die **sekundären lymphatischen Organe** in eine **B-Zone** und eine **T-Zone** einteilen. Die Zonen haben unterschiedliche Funktionen.

**B-Zone.** Sie ist, wie man aus dem Namen bereits schließen kann, das Revier der B-Lymphozyten. Man findet die B-Lymphozyten innerhalb von **knötchenförmigen Ansammlungen**, den sogenannten **Lymphfollikeln**. Es gibt Primär- und Sekundärfollikel:

- **Primärfollikel:** Hier sind die Lymphozyten gleichmäßig dicht verteilt. Außer B-Lymphozyten kommen T-Helferzellen, Makrophagen und antigenpräsentierende follikuläre dendritische Zellen (S.43) vor.
- **Sekundärfollikel:** Sie entstehen nach Kontakt mit Antigenen. Es entwickelt sich ein helles **Keimzentrum**, das von einem dunklen **Lymphozytenwall** aus dicht gepackten kleinen B-Lymphozyten umgeben wird (Abb. 4.2).

Im **Keimzentrum** proliferieren die B-Lymphozyten (Zentroblasten) zu **Zentrozyten**. Hier präsentieren die follikulären dendritischen Zellen den Zentrozyten aus der Lymphe oder dem Blut aufgenommene Antigene. Zentrozyten, die das präsentierte Antigen nicht oder nur schwach binden, gehen apoptotisch zugrunde und werden durch Makrophagen phagozytiert. Die überlebenden Zellen differenzieren sich zu Plasmazellen. Bei einer Infektion kann es durch eine sehr starke Vermehrung der Zentroblasten zur schmerzhaften **Lymphknotenvergrößerung** kommen.

Im **Lymphozytenwall** findet man auswandernde Lymphozyten oder nicht aktivierte „durchreisende“ Lymphozyten.

**T-Zone.** Die an die Follikel angrenzende Zone (**parafollikuläre Zone, Parakortex**) ist die T-Zone, in der sich die T-Lymphozyten aufhalten. Durch die gleichmäßige Verteilung der T-Zellen erscheint die T-Zone sehr homogen. Innerhalb der verschiedenen lymphatischen Organe erkennt man die T-Zone an ihrer typischen Lokalisation. **Charakteristisch für die T-Zone** sind außerdem:

- **Interdigitierende dendritische Zellen:** Sie gehören zu den antigenpräsentierenden Zellen (MHC-II-gekoppelte Präsentation) und stehen in engem Kontakt mit T-Zellen.
- **Hochendotheliale Venolen:** Diese Venolen besitzen ein außergewöhnlich hohes Endothel (Abb. 4.3), dessen Zellen mit **Selektinen** besetzt sind, die es den T-Lymphozyten ermöglichen, aus dem Blut ins lymphatische Gewebe einzuwandern (**Rezirkulation der Lymphozyten**).

### 4.3.2 Allgemeines zur Funktion

In den sekundären Lymphorganen wird den Lymphozyten beigebracht, gegen welche Antigene sie spezifisch vorzugehen haben. Sie müssen dazu mit diesen Antigenen in Berührung kom-

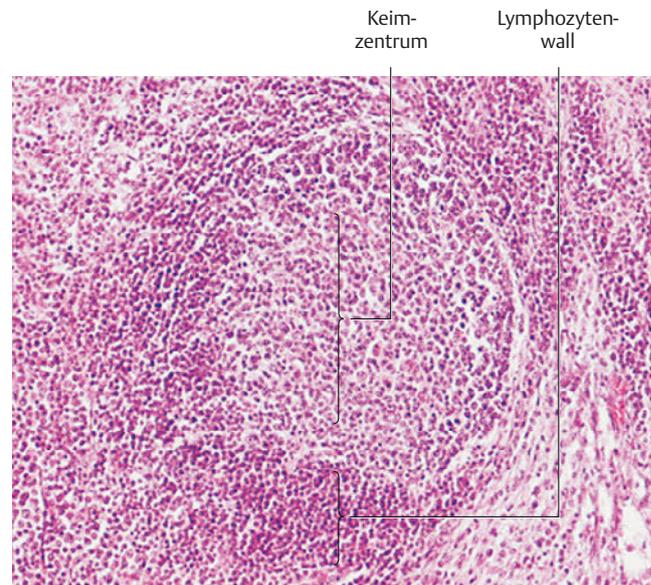


Abb. 4.2 Lymphfollikel aus der Rinde eines Lymphknotens. (H.E., Vergrößerung 150-fach.)

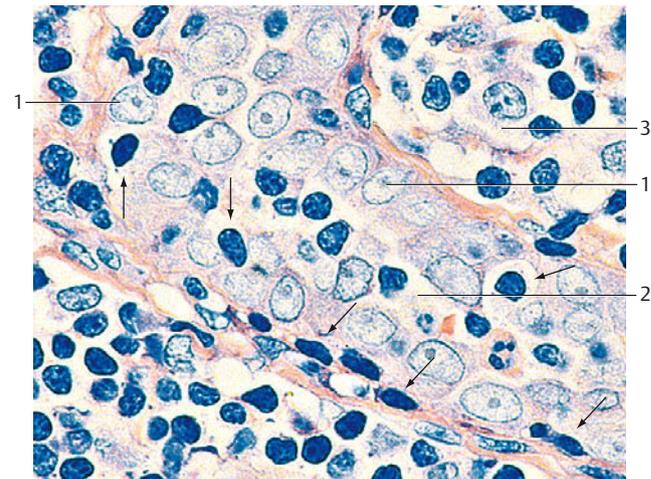


Abb. 4.3 Hochendotheliale Venole in der T-Zone. 1 Hohe Endothelzelle, 2 Lumen, 3 Extravasalarraum der T-Zone. Pfeile weisen auf einige Lymphozyten, die die Gefäßwand durchdringen. (Giemsa-Färbung, Vergrößerung 640-fach.) [aus Lüllmann-Rauch, Taschenlehrbuch Histologie, Thieme, 2012]

men. Die Antigene gelangen auf verschiedenen Wegen in die lymphatischen Organe:

- **Lymphknoten:** über die **Lymphe**
- **Milz:** über das **Blut**
- **Mandeln und mukosaassoziiertes Gewebe:** über das **Oberflächenepithel**.

Den **B-Lymphozyten** werden die Antigene in der B-Zone durch **follikuläre dendritische Zellen** präsentiert. Sie entwickeln sich dann zu **Plasmazellen**, die spezifische Antikörper gegen „ihr“ Antigen bilden.

Den **T-Lymphozyten** präsentieren in der T-Zone **interdigitierende dendritische Zellen** die Antigene. Die T-Lymphozyten differenzieren sich dann u. a. zu **zytotoxischen T-Zellen** (Killerzellen), die spezifisch Zellen angreifen, die „ihr“ Antigen auf der Zelloberfläche tragen (hauptsächlich viral infizierte Zellen).

Grundsätzlich verlassen Lymphozyten das lymphatische Gewebe nur über die Lymphe. In die Lymphfollikel hinein gelangen sie über die hochendothelialen Venolen in der parafollikulären

Zone (s.o.). Durch deren Endothel gelangen sie aus dem Blut in das lymphatische Gewebe (Rezirkulation der Lymphozyten).

#### FAZIT – DAS MÜSSEN SIE WISSEN

- ! Auch charakteristisch für die **parakortikale Zone von Lymphknoten** sind interdigitierende dendritische Zellen und hochendotheliale Venolen.
- ! (Interdigitierende) **dendritische Zellen** fungieren als antigen-präsentierende Zellen.
- !!! **Hochendotheliale Venolen** im **Parakortex** eines Lymphfollikels dienen der **Rezirkulation** der Lymphozyten, man erkennt sie an ihrem hohen Endothel.
- ! **Mandeln** und **mukosaassoziiertes Gewebe** nehmen Antigene über das Oberflächenepithel auf.
- ! **Lymphknoten** weisen, wie alle sekundären lymphatischen Organe, eine B- und T-Zone auf. Die B-Zellen der B-Zone halten sich in sog. **Lymphfollikeln** auf, deren charakteristisches Aussehen Sie sich einprägen sollten.

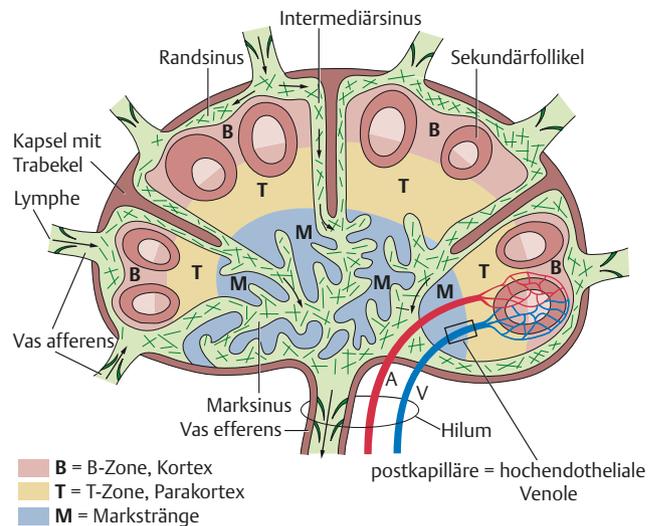


Abb. 4.4 Aufbau eines Lymphknotens und Durchfluss der Lymphe durch den Lymphknoten. [nach Bommas-Ebert u.a., Kurzlehrbuch Anatomie, Thieme, 2011]

### 4.3.3 Lymphknoten

Der Mensch besitzt etwa 600–700 Lymphknoten. Große Ansammlungen von Lymphknoten finden sich z.B. am Hals, in der Leistenregion, in der Achselhöhle sowie neben der Aorta.

#### Aufbau

Lymphknoten sind oval oder bohnenförmig. Sie besitzen eine **Bindegewebekapsel**, von der Bindegewebesepten (**Trabekel**) in das Innere ziehen und den Lymphknoten in kleinere Kompartimente untergliedern (Abb. 4.4). Die Lymphe tritt in Gefäßen durch die Organkapsel in den Lymphknoten ein und fließt dann durch ein System von Lymphkanälen (**Sinussystem**). Sie verlässt den Lymphknoten am Hilum durch ein efferentes Lymphgefäß. Am **Hilum** treten auch Blutgefäße ein und aus.

Lymphknoten gliedern sich in eine dunkel erscheinende **Rinde** und ein helleres, locker gebautes **Mark**. In der Rinde finden sich zahlreiche Lymphfollikel (s.o., B-Zell-Region), im Mark findet man die **Markstränge**. Zwischen den Lymphfollikeln und den Marksträngen liegt die **parafollikuläre Zone** (Parakortex, T-Zell-Region). Der Parakortex ist nicht scharf begrenzt!

#### Sinussystem

Das Sinussystem ist das Lymphgefäßsystem der Lymphknoten. Hier fließt die Lymphe über die zuleitenden **Vasa afferentia** zunächst in den **Randsinus**, der zwischen der Kapsel und den Lymphfollikeln der Rinde liegt (Abb. 4.4). Von dort fließt sie weiter durch die **Intermediärsinus**, die jeweils zwischen einem **Bindegewebetrabekel** und dem angrenzenden **Lymphfollikel** liegen. Weiter geht es durch die miteinander anastomosierenden **Marksinus**, die zwischen den Marksträngen liegen und schließlich zum **Vas efferens** zusammenfließen.

Die Sinus des Lymphknotens werden von Endothelzellen ausgekleidet, die auch als **Uferzellen** (Sinuswandzellen) bezeichnet werden. Die Sinuswandung weist zahlreiche Poren und Spalten auf, durch die Lymphozyten und Makrophagen zwischen Lymphe und Lymphknotenparenchym hin und her wechseln können. In den **Intermediärsinus** filtern **Makrophagen** Fremdstoffe aus der Lymphe.

#### Funktion

Die Lymphknoten haben die Aufgabe, die Lymphe einer bestimmten Körperregion zu filtern und von Antigenen zu befreien. In der Rinde proliferieren **B-Lymphozyten** zu **Plasmazellen**, die dann Antikörper gegen die Antigene bilden können. In der parakortikalen Zone können aus T-Lymphoblasten **T-Killerzellen** gebildet werden, die über die Lymphe in den Blutkreislauf gelangen. In den Marksträngen (verzweigte Bänder) finden sich vor allem B-Lymphozyten und Plasmazellen, die hier Antikörper bilden.

### 4.3.4 Milz

#### LERNTIPP

Bisher wurden zur Milz nur „Erkennungsfragen“ (anhand eines histologischen Bildes) gestellt. Es hilft in diesem Fall, sich klarzumachen, wie die Milz funktioniert. Dann wird man auf den Bildern relativ schnell vertraute Strukturen wiederfinden.

Die Milz hat die Besonderheit, dass sie nicht in den Lymphkreislauf, sondern in den **Blutkreislauf** eingebunden ist. Sie ist sozusagen ein großer Lymphknoten (ca. 150–200 g) im Blutkreislauf. Ihre Aufgaben sind sehr verschieden:

- Sie „bildet“ Lymphozyten „aus“ (wie die anderen sekundären lymphatischen Organe).
- Sie sammelt alte und kranke Erythrozyten ein und baut sie ab.
- Sie speichert Thrombozyten in größeren Mengen.

Die Milz liegt im linken Oberbauch auf der Höhe der 9.–11. Rippe. Sie hat ebenfalls ein Hilum, an dem Gefäße und Nerven ein- und austreten. Die Milz liegt intraperitoneal und ist beim Gesunden nicht tastbar. Die Milz ist von einer derben **Kapsel** umhüllt, die neben Kollagenfasern auch elastische Fasern und einige glatte Muskelzellen enthält. Kräftige, unregelmäßig gestaltete **Trabekel** ziehen in das Organinnere (Abb. 4.5) und bilden ein grobes Gerüst. Das Grundgewebe der Milz ist **retikuläres Bindegewebe**. Das Gewebe der Milz wird in die rote und die weiße Milzpulpa eingeteilt. In der roten Pulpa werden alte Erythrozyten abgebaut (deshalb die rote Farbe); die weiße Pulpa ist das lymphatische Gewebe, in dem sich die B- und T-Lymphozyten aufhalten.

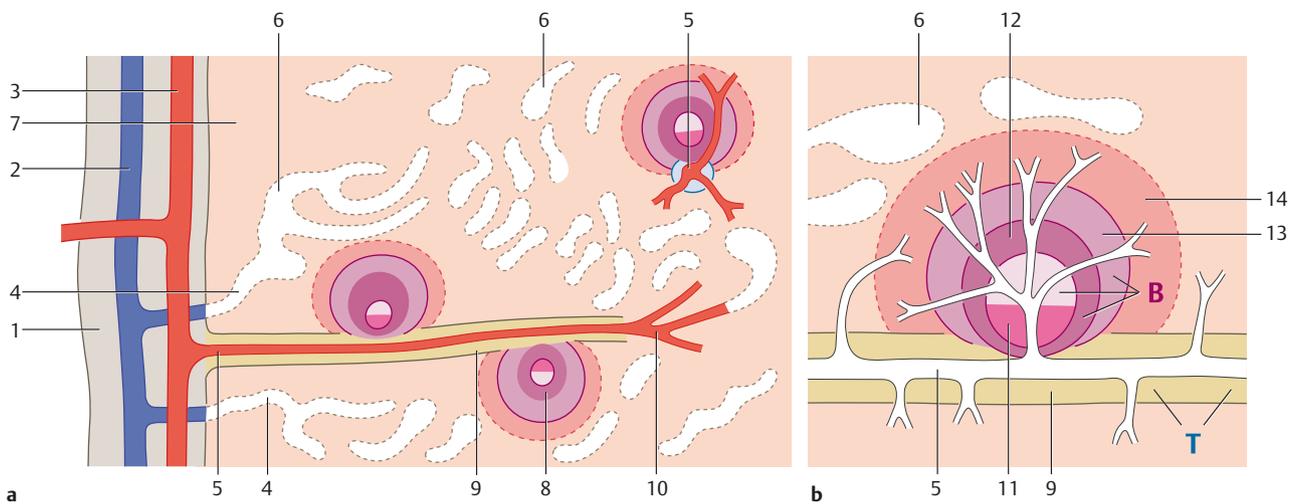


Abb. 4.5 **Histologische Organisation der Milz.** a Übersicht. b Vergrößerung. 1 Trabekel, 2 Trabekelvene, 3 Trabekelarterie, 4 Pulpavene, 5 Zentralarterie, 6 Sinusoid, 7 rote Pulpa, 8 Follikel, 9 PALS (periarterielle Lymphscheide), 10 Pinselarterie, 11 Keimzentrum, 12 Lymphozytenmantel, 13 Marginalzone, 14 perifollikuläre Zone. T T-Zone; B B-Zone. [aus Lüllmann-Rauch, Taschenlehrbuch Histologie, Thieme, 2012]

### Milzgefäße

Die Trabekel enthalten die **Trabekelarterien** und **Trabekelvenen**. Die Trabekelarterien entspringen den Hauptästen der A. splenica, die am Hilum in die Milz eintreten. Sie geben Seitenäste, die **Zentralarterien**, ab, die in die weiße Milzpulpa hineinziehen. Die Zentralarterien sind von einer **periarteriellen Lymphscheide** umgeben. Sie verzweigen sich weiter in die **Pinselarterien**, die in die rote Pulpa übertreten. Die Pinselarterien spalten sich in **Kapillaren**, die streckenweise von einer sogenannten „Hülse“ umhüllt sein können. Sie werden dann als **Hülsekapillaren** bezeichnet. Diese Kapillaren können ohne Unterbrechung in **Milzsinus** übergehen (geschlossener Kreislauf). Einige enden jedoch offen im retikulären Bindegewebe (offener Kreislauf, s. u.). Aus den **Marksinus** fließt das Blut in die **Pulpavenen**, die auch in der roten Milzpulpa liegen. Die Pulpavenen münden in die Trabekelvenen, die schließlich zur V. splenica zusammenfließen.

### Rote Milzpulpa

Die rote Milzpulpa ist von zahlreichen **Sinus** durchsetzt, die wie kleine Risse aussehen (Abb. 4.6). Um sie herum verdichten sich die Retikulumzellen des Bindegewebes zu den **Pulpasträngen**. Das Blut, das im offenen Kreislauf aus den Kapillaren ins Gewebe fließt, wird durch die **Pulpastränge** zu den Sinuswänden geleitet. Die Wände der **weitlumigen Milzsinus** bestehen aus lang gestreckten Endothelzellen, die parallel zur Längsrichtung angeordnet sind. Sie besitzen nur eine reduzierte Basalmembran. Die Blutzellen gelangen aus den Pulpasträngen durch Spalten zwischen den Endothelzellen in die Sinus. In den Pulpasträngen sind neben den Blutzellen zahlreiche **Makrophagen** anzutreffen. Nicht mehr verformbare (alte) Erythrozyten gelangen nicht mehr durch Endothelspalten und werden von den Makrophagen abgebaut. Makrophagen erkennen überalterte Erythrozyten auch schon in den Pulpasträngen an veränderten Oberflächenstrukturen der Erythrozyten.

### Weißer Milzpulpa

Die weiße Milzpulpa ist das lymphatische Gewebe der Milz. Sie setzt sich aus den Milzknötchen (**Malpighi-Körperchen**) und den periarteriellen lymphatischen Scheiden (**PALS**) zusammen. Weiße und rote Milzpulpa werden durch die Marginalzone voneinander getrennt.

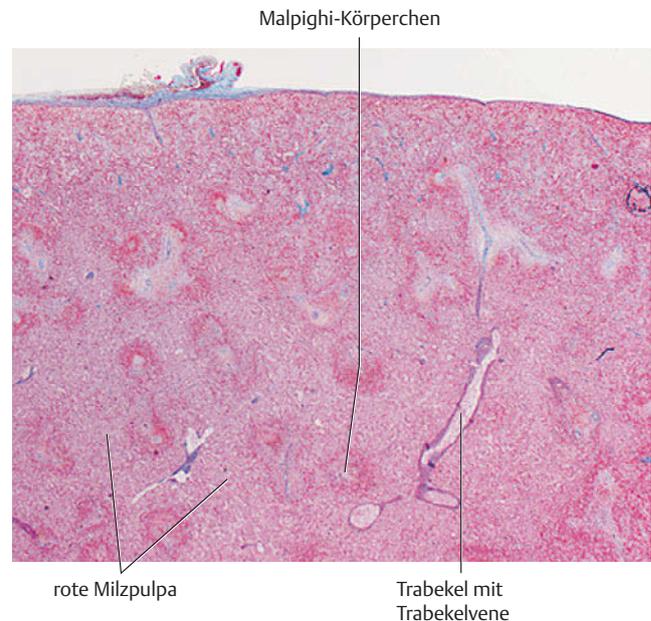


Abb. 4.6 **Ausschnitt aus einer Milz.** (Azan, Vergrößerung 12,5-fach.)

**Periarterielle (periarterioläre) lymphatische Scheide (PALS).** Sie sind charakteristisch für die Milz und kommen in keinem anderen lymphatischen Organ vor. Sie sind die **T-Zell-Region** der Milz. Sie umgeben die **Zentralarterien** und enthalten hauptsächlich T-Lymphozyten (vorwiegend T-Helferzellen). Stellenweise ziehen die Zentralarterien in primäre oder sekundäre Lymphfollikel, die **Malpighi-Körperchen**. Als T-Zell-Region enthalten die PALS **interdigitierende dendritische Zellen**.

**Malpighi-Körperchen.** Sie sind die B-Zell-Region der Milz. In ihnen findet man **follikuläre dendritische Zellen**. Sie liegen häufig seitlich der strangförmigen PALS wie Perlen an. Im Malpighi-Körperchen verläuft die Zentralarterie (trotz ihres Namens) allerdings eher exzentrisch (Abb. 4.7).

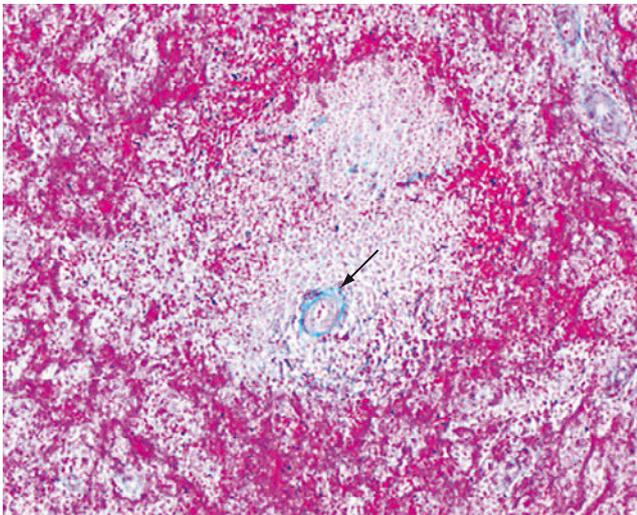


Abb. 4.7 Malpighi-Körperchen mit Zentralarterie. (Pfeil; Azan, Vergrößerung 125-fach.)

### Marginalzone

Die Marginalzone lagert sich der PALS und besonders ausgeprägt den Malpighi-Körperchen außen an (Abb. 4.5). Sie trennt also B- und T-Zell-Areale und enthält überwiegend B-Lymphozyten (besonders Gedächtniszellen) und Makrophagen.

### 4.3.5 Mandeln (Tonsillen)

Im Übergangsbereich von der Mund- und Nasenhöhle zum Rachen enthält die Schleimhaut reichlich lymphatisches Gewebe. Dieses lymphatische Gewebe hat eine enge Beziehung zum Epithel, weshalb man auch von **lymphoepithelialen Organen** spricht. Zu diesen Organen gehören die Gaumenmandel (Tonsilla palatina), die Rachenmandel (Tonsilla pharyngealis), die Zungenmandel (Tonsilla lingualis) und die Seitenstränge mit der Tonsilla tubaria. Die Tonsillen werden insgesamt als Waldeyer-Rachenring zusammengefasst. Sie zählen zum mukosaassoziierten lymphatischen Gewebe, dem MALT (S.55).

#### LERNTIPP !

Das **MALT** (mukosaassoziiertes lymphatisches Gewebe) besteht aus Regionen lymphatischen Gewebes, die vor allem in **epitheliale** Gewebe vorkommen. Sie sind grundsätzlich nach demselben Schema aufgebaut: retikuläres Grundgerüst mit einer **B-Zone** (Follikel) und einer **T-Zone** zwischen den Follikeln.

Außer den **Mandeln** gibt es noch andere prominente Mitglieder des MALT: die **Peyer-Plaques** (S. 59) und die Lymphfollikel in der **Appendix vermiformis** (S. 60).

**Aufbau.** Die Tonsillen weisen (unterschiedlich hohe) Epitheleinsenkungen (Krypten) auf (Abb. 4.8, Abb. 4.9). Unter dem Epithel finden sich **Lymphfollikel** (B-Zell-Regionen) und **parafollikuläres lymphatisches Gewebe** (T-Zell-Region). Die häufig sehr großen Sekundärfollikel weisen zum Epithel hin eine dunkle halbmondförmige **Lymphozytenkappe** auf. Das Epithel der Tonsillen ist aufgelockert. In den Lücken des Epithels liegen Lymphozyten und Monozyten (**Durchdringungszone**). In den Krypten kommen Pfröpfe (**Detritus**) aus geschilferten Epithelzellen, Schleim und Leukozyten vor.

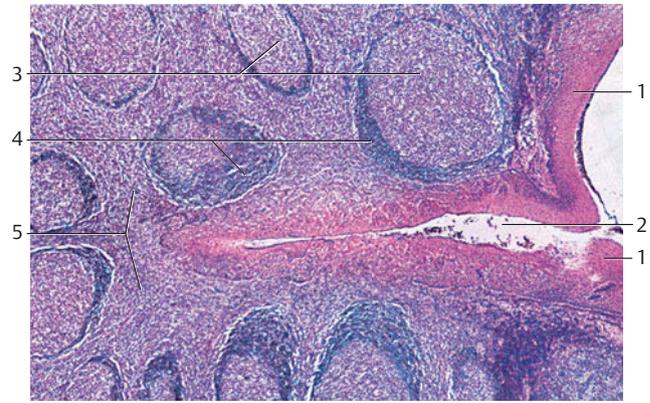


Abb. 4.8 Längsschnitt durch die Tonsilla palatina. 1 Mundhöhlenepithel, 2 Krypte, 3 Reaktionszentrum, 4 Randwall, Lymphozytenkappe, 5 interfollikuläre Areale. (Hämalaun-Eosin, Vergr. 75-fach.) [aus Kühnel, Taschenatlas Histologie, Thieme, 2014]



Abb. 4.9 Schnitt durch die Tonsilla lingualis. 1 Tonsillarkrypte, 2 muköse Drüsen des Zungengrundes (Gll. linguales posteriores), 3 Epithel der Zungenschleimhaut, 4 lymphoretikuläres Gewebe, 5 Bindegewebschale. [aus Kühnel, Taschenatlas Histologie, Thieme, 2014]

Die **Antigene** werden in den **Tonsillarkrypten** aufgenommen und durch die Epithelbarriere hindurchgeschleust. Auch die **Prozessierung** und **Präsentation** der Antigene findet dort statt.

Die Mandeln lassen sich im histologischen Bild folgendermaßen unterscheiden:

- **Tonsilla palatina (Gaumenmandel):**
  - mehrschichtiges unverhorntes Plattenepithel
  - tiefe verzweigte Krypten
- **Tonsilla lingualis (Zungenmandel):**
  - mit flacheren, weiter auseinanderliegenden Krypten
  - in der Tiefe der Krypten münden Drüsen.
  - manchmal kann man im Präparat Skelettmuskulatur und Fettzellen erkennen.
- **Tonsilla pharyngealis (Rachenmandel):**
  - keine Krypten, sondern flache Buchten, in die Drüsen münden
  - **Flimmerepithel** mit Becherzellen (respiratorisches Epithel)
  - schwach ausgeprägte Kapsel
  - begrenzte dünne Schicht lymphatischen Gewebes

## FAZIT – DAS MÜSSEN SIE WISSEN



- ! Mukosaassoziiertes lymphatisches Gewebe (**MALT**) kommt hauptsächlich in **Epithelien** vor.
- ! In der **Milz** gibt es **Zentralarterien**.
- !! Sie müssen Strukturen der Milz auf dem histologischen Bild erkennen können. Sie erkennen die Milz an der roten Pulpa (**Sinus, Pulpastränge** und **Blutzellen**) und der weißen Pulpa (**Lymphfollikel** mit **Zentralarterie** und **PALS**), einer deutlichen **Kapsel** und kräftigen **Trabekeln** mit Gefäßen. Prägen Sie sich **Abb. 4.6** genau ein.
- ! Aus den Marksinus fließt das Blut in die **Pulpavenen**, die in die Trabekelvenen münden und zur **V. splenica** zusammenfließen.

- ! Die periarterielle Lymphscheide (**PALS**) ist **charakteristisch** für die **Milz**. Sie kommt in keinem anderen Lymphorgan vor.
- !! Die PALS sind die **T-Zell-Region** der Milz. Sie enthalten hauptsächlich T-Lymphozyten.
- !! Die **Tonsilla palatina** erkennt man im Querschnitt an **mehrschichtigem unverhorntem Plattenepithel** und **tiefen verzweigten Krypten**.
- !! Auch die **Tonsilla lingualis** sollten Sie in einem Schnitt erkennen können. Sie hat **kürzere Krypten** als die Tonsilla palatina.
- ! Die **Tonsilla pharyngealis** erkennt man u. a. am **Flimmerepithel** erkennen.

## 5 Respirationssystem

### 5.1 Überblick

Die Aufgabe des Respirationssystems ist der Gasaustausch. Es sorgt ganz grob gesprochen dafür, dass frische Luft in den Körper gelangt und die Abgase hinaustransportiert werden.

- Der physikalische Transport geschieht in den **luftleitenden Wegen**: Nasenhöhle, Rachen, Luftröhre, Bronchien und Bronchioli terminales. Hier gibt es noch keinen Gasaustausch.
- Der **Gasaustausch** findet dann in den **Bronchioli respiratorii** und den **Alveolen** statt. Dort diffundiert der Sauerstoff von der Atemluft ins Blut und Kohlendioxid vom Blut in die Atemluft.

Anatomisch gliedert sich das Respirationssystem in:

- **obere Atemwege**: Nasenhöhle und Rachen
- **untere Atemwege**: Kehlkopf, Luftröhre und Lungen.

### 5.2 Nasenhöhle (Cavum nasi)

Nach dem Aufbau der Schleimhaut gliedert sich die Nasenhöhle in drei Regionen, die **Regio cutanea**, die **Regio respiratoria** und die **Regio olfactoria**.

**Regio cutanea.** Sie befindet sich im Vestibulum nasi (Nasenvorhof). Sie weist mehrschichtiges verhorntes Plattenepithel, Talgdrüsen, apokrine Knäueldrüsen und dicke Haare (Vibrissen) auf. Am Rand des Nasenvorhofs geht das verhornte Plattenepithel in Flimmerepithel über und es beginnt die Regio respiratoria.

**Regio respiratoria.** Sie nimmt den größten Teil der Nasenhöhle ein und liegt auf der mittleren und unteren Nasenmuschel sowie auf der gegenüberliegenden Fläche des Septum nasi. Sie besitzt ein mehrreihiges Flimmerepithel (**respiratorisches Epithel**), in das Becherzellen eingestreut sind. Die **Aufgaben** der Regio respiratoria sind Reinigung, Befeuchtung und Erwärmung der Atemluft.

## LERNTIPP



Merken Sie sich: Strukturen aus dem **Respirationstrakt** – dazu gehört auch die Rachenmandel (S. 46) – haben immer ein **Flimmerepithel**. Einzige Ausnahme: Der respiratorische Trakt des Bronchialbaums (Bronchioli respiratorii, Ductus alveolares und Alveolen) hat **keine** Kinozilien mehr.

**Regio olfactoria.** Sie ist die eigentliche **Riechschleimhaut** und nimmt beim Menschen nur eine kleine Fläche der Nasenhöhle ein. Ihr mehrreihiges Epithel ist etwas dicker als das der Regio respiratoria und enthält **Riechzellen**, **Stützzellen** (am häufigsten) und **Basalzellen** (Ersatzzellen). Aus Letzteren erfolgt die Regeneration des Epithels.

### 5.3 Kehlkopf (Larynx)

Details zum Kehlkopf finden Sie in der makroskopischen Anatomie.

### 5.4 Luftröhre (Trachea)

Die Trachea ist ein elastisches Rohr, das vom Kehlkopf bis zu ihrer Aufzweigung in die Hauptbronchien reicht. Sie wird durch 16–20 hufeisenförmige Knorpelspannen stabilisiert, deren Öffnungen nach hinten gerichtet sind und die Lichtung der Trachea offen halten.

Die Wand der Trachea besteht aus drei Schichten:

**Tunica mucosa.** Die innere Schleimhautschicht besitzt ein **mehreihiges Flimmerepithel (respiratorisches Epithel)** mit Becherzellen (sowie Sinneszellen und endokrinen Zellen). In der Lamina propria liegen seromuköse Drüsen (Glandulae tracheales). Außerdem finden sich in der Lamina propria histaminbildende Mastzellen.

**Tunica fibromusculocartilaginea.** Die auffällige Struktur dieser Schicht ist die hufeisenförmige hyaline Knorpelspanne. Ihre freien Enden werden durch den quer verlaufenden M. trachealis verschlossen.

**Tunica adventitia (Adventitia).** Das lockere Bindegewebe dieser Schicht ermöglicht Verschiebungen der Trachea beim Schlucken und beim Husten.