

9

Blut und Lymphe

9.1 Übersicht

Sowohl Blut als auch Lymphe sind Transportflüssigkeiten. Beide Flüssigkeiten enthalten Wasser und Zellen. Blutzellen entstehen in den Zwischenräumen der Knochenbälkchen (*Spongiosa*), Lymphe im Zwischenzellgewebe (*Interstitium*).

9.2 Blutzellen

Zu den Blutzellen gehören drei verschiedene, unterschiedlich aussehende Zellgruppen: Erythrozyten (*rote Blutzellen*), Leukozyten (*weiße Blutzellen*) und Thrombozyten (*Blutplättchen*).

9.3 Lebenszyklus der Erythrozyten

Die Bildung von Erythrozyten ist von Hormonen, Eisen und Vitaminen abhängig. Erythrozyten zirkulieren etwa 120 Tage im Blutkreislauf. Beim Erythrozytenabbau entsteht Bilirubin, ein Gallenfarbstoff.

9.4 Lymphatisches System

Die im Zwischenzellgewebe gebildete Lymphe gelangt über Lymphgefäße in das venöse System. In das Lymphgefäßsystem sind Lymphknoten eingebunden. In den lymphatischen Organen sichern Lymphozyten die Abwehr von Mikroorganismen und körperfremden Substanzen.

9.1 Übersicht



Lymphe (*Lymphflüssigkeit*) entsteht, weil Wasser durch Filtration aus dem arteriellen Schenkel der Kapillaren in das **Zwischenzellgewebe** (*Interstitium*) gelangt. Aufgrund der großen Bluteiweiße, die in den Kapillaren verbleiben, wird das ausgetretene Wasser größtenteils im venösen Schenkel der Kapillaren wieder resorbiert (*zurückgeholt*). Etwa zwei Liter Wasser täglich verbleiben im Gewebe, finden als Lymphe (*Lymphflüssigkeit*) Anschluss an kleine Lymphkapillaren und gelangen in die Lymphwege.

Blut besteht aus:

- **Plasma** (mit Wasser, Bluteiweißen und Elektrolyten, Hormonen und Glucose)
- **Blutzellen** (*Blutkörperchen*).

Die **Bildung aller Blutzellen** findet durch pluripotente (*viel könnende*) Blutstammzellen im **ro-ten Knochenmark** statt:

- Während der **Erythropoese** (*Bildung der roten Blutzellen*) entstehen Erythrozyten
- Im Verlauf einer **Leukopoese** (*Bildung der weißen Blutzellen*) werden Granulozyten (*Granulozytopoese*), Monozyten (*Monozytopoese*) und Lymphozyten (*Lymphozytopoese*) gebildet
- Während der **Thrombopoese** (*Bildung von Blutplättchen*) schnüren sich tausende Thrombozyten aus einer Riesenzelle (*Megakaryozyt*) ab.



Farbliche Gestaltung

Arterie:	<i>hellrot</i>	Vene:	<i>hellblau</i>
Kapillaren:	<i>rosa</i>	Lymphkapillare:	<i>orange</i>
Filtration und Resorption:	<i>braun</i>	Blutstammzelle:	<i>grau</i>
Stammzellen:	<i>lila</i>	Lymphozytopoese:	<i>dunkelgrün</i>
Monozytopoese:	<i>gelb</i>	Erythropoese:	<i>dunkelrot</i>
Granulozytopoese:	<i>hellgrün</i>	Thrombopoese:	<i>dunkelblau</i>

Übungsaufgabe



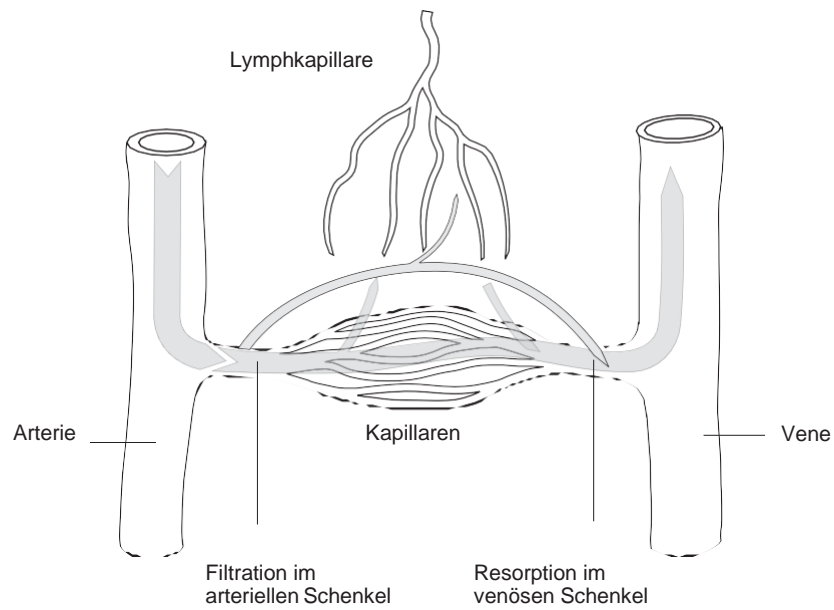
Ordnen Sie jeweils zwei in der Abbildung angegebene Vorläuferzellen den Blutzellen von 1–4 zu. Nutzen Sie für Ihre Beantwortung die entsprechenden Farbstifte.

1. Erythrozyten:

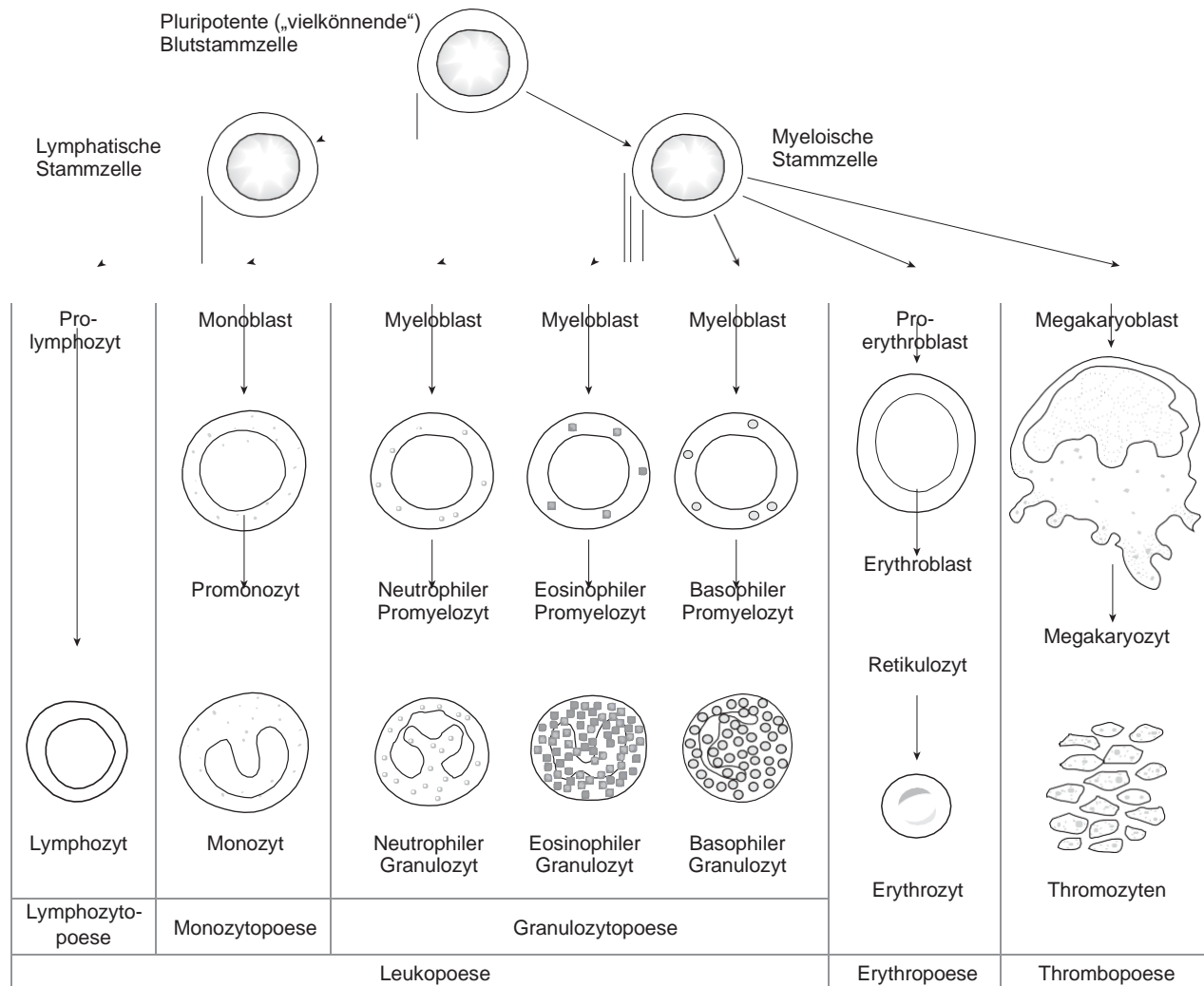
2. Lymphozyten:

3. Granulozyten:

4. Thrombozyten:



Bildung der Lymphe im Kapillargebiet



9.2 Blutzellen



Erythrozyten bestehen hauptsächlich aus **Hämoglobin** (roter Blutfarbstoff), dessen Eisenatome Sauerstoff anlagern. Die zentrale Eindellung kommt durch den Verlust des Zellkerns zustande. Zu den **Leukozyten** (weiße Blutkörperchen) gehören:

- **Monozyten**
- **Lymphozyten** (B-Lymphozyten, T-Lymphozyten)
- **Granulozyten.**

Monozyten sind die größten Blutzellen. Sie haben eine hohe Phagozytoseaktivität (Phagozytose = *Fressfähigkeit*). B-Lymphozyten wandeln sich nach Antigenkontakt in Plasmazellen um. Diese bilden spezifische Antikörper. T-Lymphozyten werden im Thymus (*Bries*) z. B. zu zytotoxischen Zellen oder T-Helferzellen geprägt. Zytotoxische Zellen zerstören Zellen, T-Helferzellen sind für die Vermittlung einer Immunantwort wichtig.

Charakteristikum der Granulozyten sind kleine Granula (*Körnchen*):

- **Basophile Granulozyten** (mit blau anfärbbaren Granula) speichern Histamin und Heparin
- **Eosinophile Granulozyten** (mit rot anfärbbaren Granula) besitzen Substanzen, die auf Würmer und Parasiten toxisch (*giftig*) wirken
- **Neutrophile Granulozyten** können phagozytieren (*fressen*).

Das **Alter** der Granulozyten kann an der Kernform abgeschätzt werden: Junge Granulozyten besitzen einen **stabförmigen**, ältere einen **segmentierten Zellkern**. Die flachen und kernlosen **Thrombozyten** enthalten Substanzen, die für den Ablauf einer Blutstillung und einer Blutgerinnung wichtig sind.

Farbliche Gestaltung



Erythrozyten:	<i>dunkelrot</i>	Thrombozyten:	<i>braun</i>
Lymphozyten:	<i>lila</i>	Monozyt:	<i>gelb</i>
Basophiler stabkerniger Granulozyt:	<i>hellblau</i>	Basophiler segmentkerniger Granulozyt:	<i>dunkelblau</i>
Eosinophiler stabkerniger Granulozyt:	<i>rosa</i>	Eosinophiler segmentkerniger Granulozyt:	<i>orange</i>
Neutrophiler stabkerniger Granulozyt:	<i>hellgrün</i>	Neutrophiler segmentkerniger Granulozyt:	<i>dunkelgrün</i>

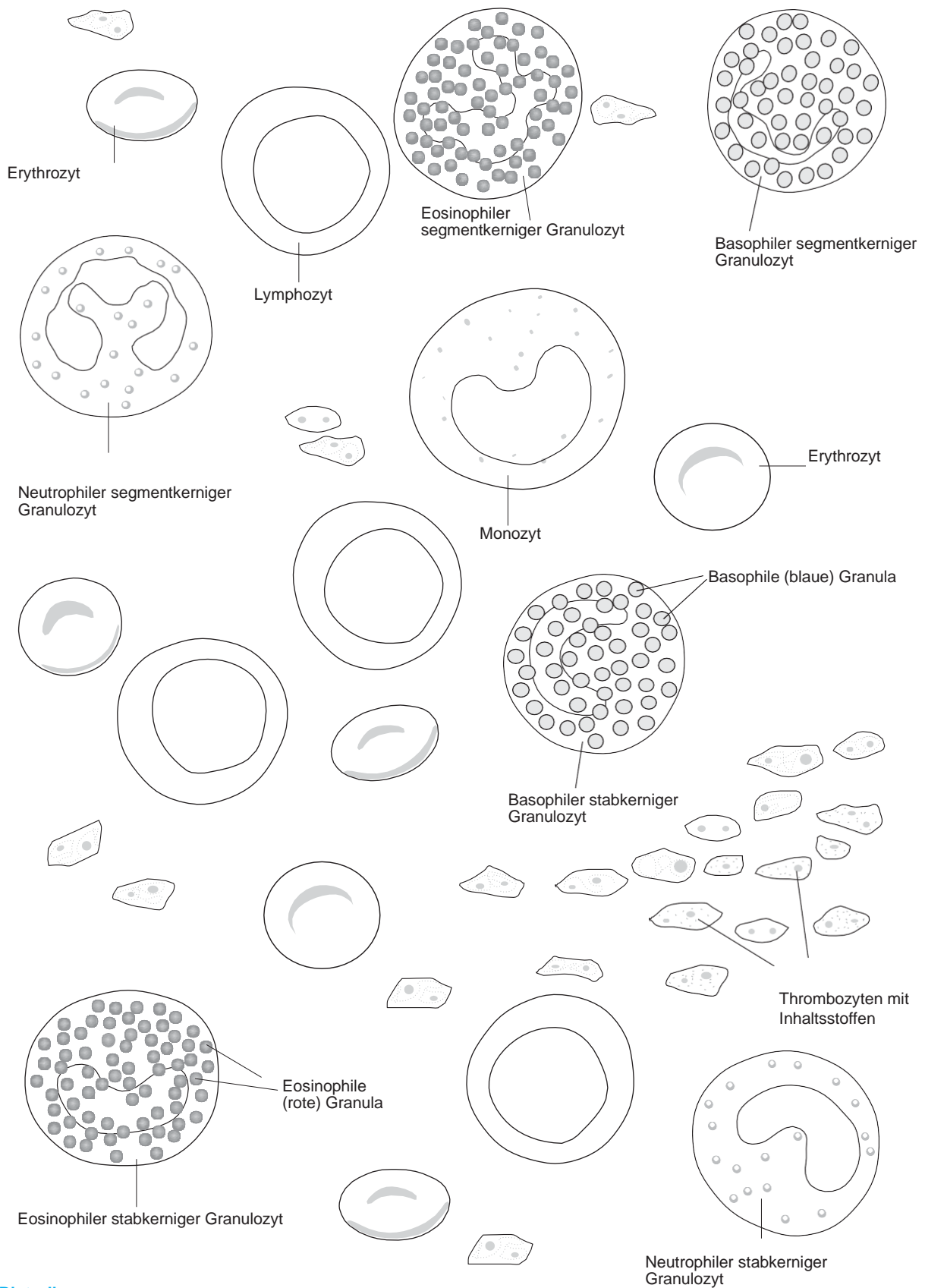
Übungsaufgabe



Finden Sie die richtigen Begriffe für die folgenden Sätze. Nutzen Sie für die Ergänzung einen lila Stift.

Der Morbus Hodgkin ist ein Lymphom, das von den _____
 _____ ausgeht. Symptome sind z. B. _____
 _____. Betroffen
 sind häufig _____ Menschen.

verminderte Infektanfälligkeit - junge - Erythrozyten - B-Lymphozyten - Lymphknoten- schwellung, meist im Halsbereich - alte - Nachtschweiß - Juckreiz



9.3 Lebenszyklus der Erythrozyten



Für die Bildung von Erythrozyten sind erforderlich:

- **Erythropoetin** (*EPO* – Hormon aus der Niere)
- **Eisen** (in Fleisch, Vollkornernzeugnissen, Hülsenfrüchten)
- **Vitamin B₁₂** (in Milch und Milchprodukten, Fleisch, Hühnerei)
- **Folsäure** (u. a. in grünem Gemüse, Weizenkeimen, Rinderleber).

Erythrozyten müssen sich in den Kapillaren verformen, weil sie größer (7,5 Mikrometer) als die Kapillardurchmesser (4 Mikrometer) sind. Die Fähigkeit, trotz ihrer Größe durch kleinste Gefäße zu gleiten, geht mit zunehmendem Alter verloren. Erythrozyten, die etwa **120 Tage** alt sind, bleiben in den kleinen Gefäßabschnitten der **Leber**, der **Milz** und im **roten Knochenmark** hängen und werden von Phagozyten (*Fresszellen*) abgebaut. Der Abbau eines Erythrozyten erfolgt in mehreren Schritten:

- Trennung von **Hämoglobin** und **Stroma** (*Bindegewebsgerüst*)
- Aufteilung von Hämoglobin in **Häm** und **Globin** (*Eiweißrest*)
- **Freisetzung von Eisen** aus dem Häm-Molekül
- Abbau des eisenfreien Häm-Molekülrestes über mehrere Zwischenschritte zu **Bilirubin**. Bilirubin zirkuliert im Blutkreislauf und färbt das Plasma leicht gelb. In der **Leber** wird Bilirubin zum Bestandteil der **Galle** und gelangt über die Gallenwege in den Dünndarm. Darmbakterien im Dickdarm spalten Bilirubin letztlich so auf, dass Stercobilin entsteht. Dieser Farbstoff färbt den **Stuhl braun**. Über die Nieren wird Bilirubin als Urobilinogen ausgeschieden. Der **Urin** wird dadurch **gelb**.

Farbliche Gestaltung



Lebensmittel:	<i>rosa</i>	Niere:	<i>orange</i>
Rotes Knochenmark:	<i>hellrot</i>	Knochen, Spongiosa:	<i>grau</i>
Leber:	<i>hellgrün</i>	Gallenblase und -gänge:	<i>dunkelgrün</i>
Kreislauf:	<i>hellblau</i>	Herz:	<i>dunkelblau</i>
Dickdarm:	<i>braun</i>	Dünndarm:	<i>gelb</i>
Erythropoese:	<i>dunkelrot</i>		

Übungsaufgabe

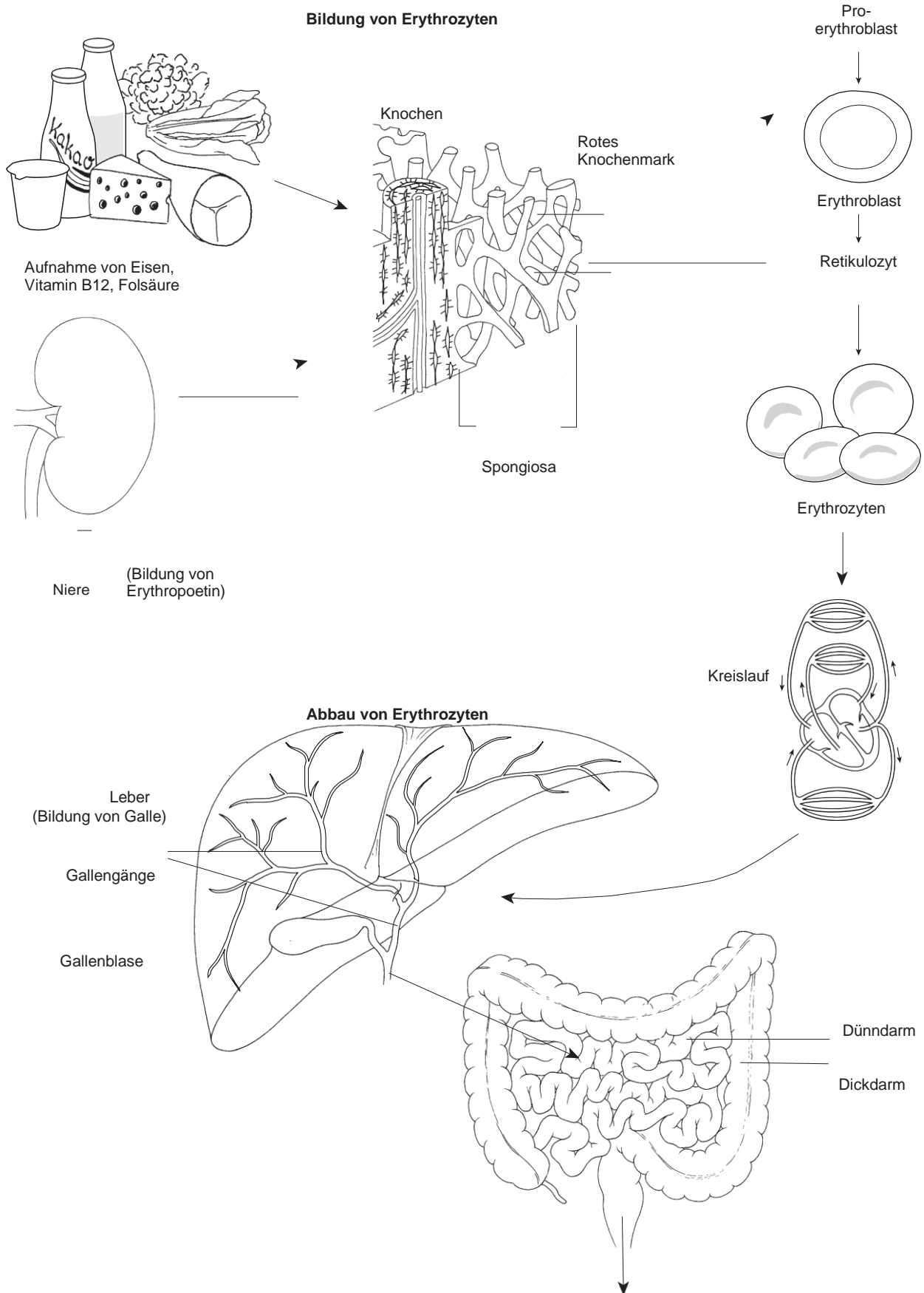


Ordnen Sie die angegebenen Begriffe der Erythrozytenbildung (mit dunkelrotem Farbstift) bzw. dem Erythrozytenabbau (mit dunkelgrünem Farbstift) zu.

1. Bildung der Erythrozyten:

2. Abbau der Erythrozyten:

Milz – Folsäure – EPO – Galle – Bilirubin – Eisen – Vitamin B₁₂



9.4 Lymphatisches System



Lymphe besteht grundsätzlich aus Wasser, Lymphozyten und Stoffwechselprodukten. Der Lymphabfluss aus dem Zwischenzellgewebe in das venöse System erfolgt über:

- **Lymphkapillaren**
- **Lymphbahnen**
- **Lymphstämme.**

Die großen Lymphstämme münden in den rechten bzw. linken Venenwinkel zwischen der V. jugularis interna (*innere Drosselvene*) und der V. subclavia (*Schlüsselbeinvene*).

Der bekannteste Lymphstamm ist der **Milchbrustgang** (*Ductus thoracicus*). Er entsteht aus der **Lymphzisterne** (*Cisterna chyli* – Sammelbecken für Lymphe aus den unteren Körperabschnitten) und mündet in den linken Venenwinkel.

Zum **lymphatischen System** gehören:

- **Lymphatisches Gewebe** (z. B. Peyer-Plaques im Dünndarm, Wurmfortsatz)
- **Lymphgefäße** mit **Lymphknoten** (*Nodi lymphatici*)
- **Milz** (*Splen, Lien*)
- **Mandeln** (*Tonsillen*)
- **Thymus** (*Bries*).

Lymphknoten (z. B. Leisten-, Achsel-, Hals-, Darmlymphknoten) ermöglichen die Kontaktaufnahme der Lymphozyten mit Antigenen, die sich in der Lymphe befinden können.

In der **Milz** (*Splen, Lien*) werden Blutzellen sowohl gespeichert als auch abgebaut. Die **Mandeln** liegen an den Eintrittspforten für die Atemluft und die Nahrungsaufnahme. Der **Thymus** ist das Zentrum für die Prägung der T-Lymphozyten, z. B. zu zytotoxischen Zellen, T-Helfer- oder T-Suppressorzellen. T-Helferzellen vermitteln eine Immunantwort, T-Suppressorzellen hemmen sie.

Farbliche Gestaltung



Halslymphknoten:	<i>orange</i>	Achsellymphknoten:	<i>rosa</i>
Leistenlymphknoten:	<i>hellrot</i>	Darmlymphknoten:	<i>gelb</i>
Milchbrustgang:	<i>dunkelrot</i>	Lymphzisterne:	<i>lila</i>
Alle anderen Lymphgefäße:	<i>dunkelblau</i>	Alle Venen:	<i>hellblau</i>
Alle Mandeln:	<i>dunkelgrün</i>	Thymus:	<i>hellgrün</i>
Milz:	<i>braun</i>	Dünn- und Dickdarm:	<i>grau</i>

Übungsaufgabe



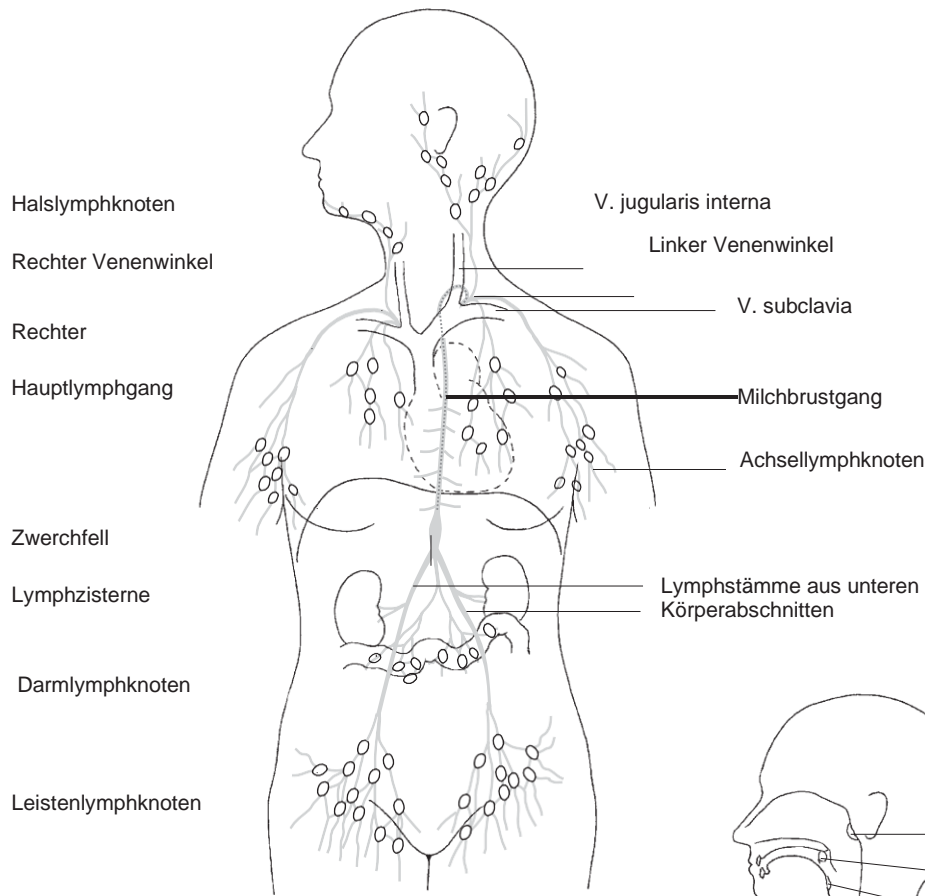
Ergänzen Sie die Sätze 1–3.

1. Die Rachenmandel (*Tonsilla pharyngea*) liegt

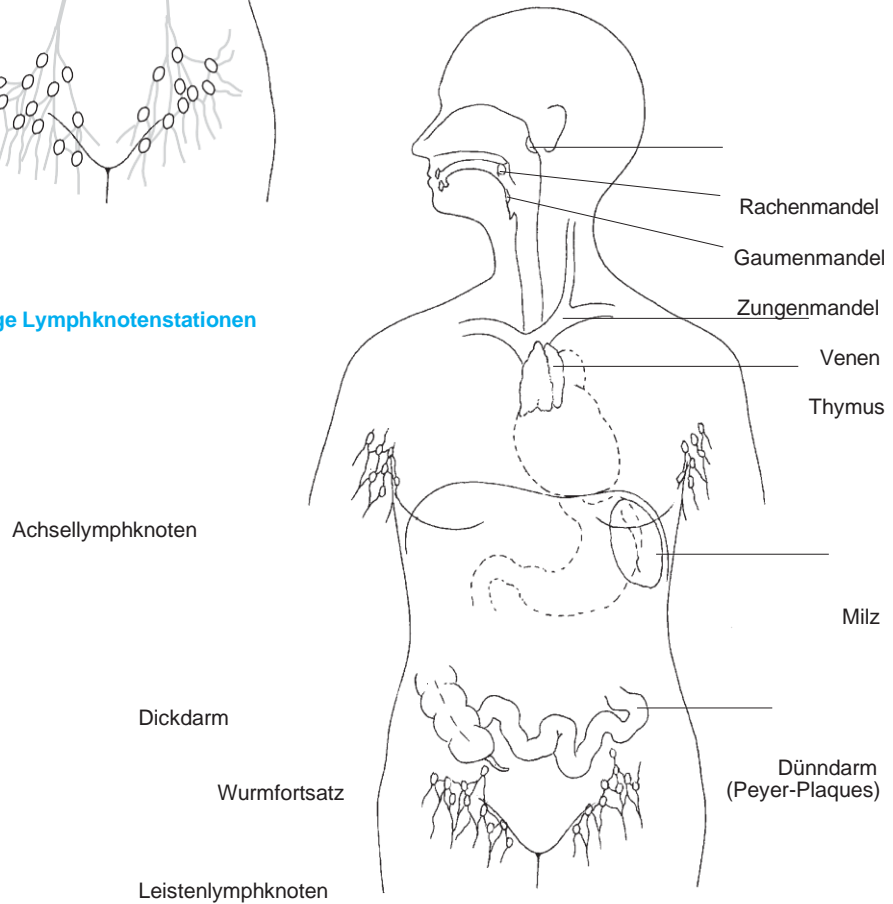
2. Die Gaumenmandel (*Tonsilla palatina*) ist

3. Die Zungenmandel (*Tonsilla lingualis*) befindet sich

am Übergang zwischen Mundhöhle und Rachen – hinter der Nasenhöhle – knapp oberhalb des Kehlkopfs



Große Lymphgefäße und wichtige Lymphknotenstationen



9.5 Lösungen der Übungsaufgaben

9.1 Übersicht

Als Antworten sind möglich: 1. Erythrozyten: myeloische Stammzelle, Proerythroblast, Erythroblast, Retikulozyt (dunkelrot). 2. Lymphozyten: lymphatische Stammzelle, Prolymphozyt (dunkelgrün). 3. Granulozyten: myeloische Stammzelle, Myeloblast, Promyelozyt (hellgrün). 4. Thrombozyten: myeloische Stammzelle, Megakaryoblast, Megakaryozyt (dunkelblau).

9.2 Blutzellen

Der Morbus Hodgkin ist ein Lymphom, das von den **B-Lymphozyten** ausgeht. Symptome sind z. B. **Lymphknotenschwellung, meist im Halsbereich, Nachtschweiß, Juckreiz**. Betroffen sind häufig **junge** Menschen.

9.3 Lebenszyklus der Erythrozyten

1. Bildung der Erythrozyten: Folsäure, EPO, Eisen, Vitamin B₁₂ (dunkelrot). 2. Abbau der Erythrozyten: Milz, Galle, Bilirubin (dunkelgrün).

9.4 Lymphatisches System

1. Die Rachenmandel (*Tonsilla pharyngea*) liegt **hinter der Nasenhöhle**. 2. Die Gaumenmandel (*Tonsilla palatina*) ist **am Übergang zwischen Mundhöhle und Rachen**. 3. Die Zungenmandel (*Tonsilla lingualis*) befindet sich **knapp oberhalb des Kehlkopfs**.

