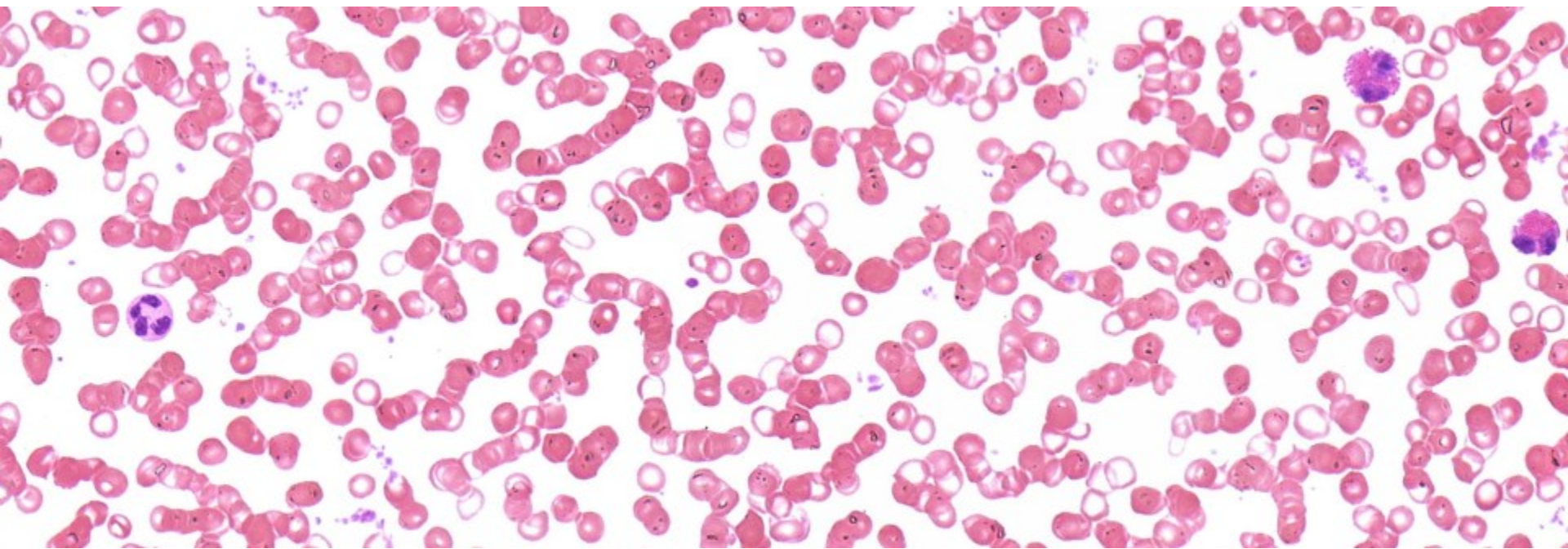


Blut. Blutzellen.  
Knochenmark.

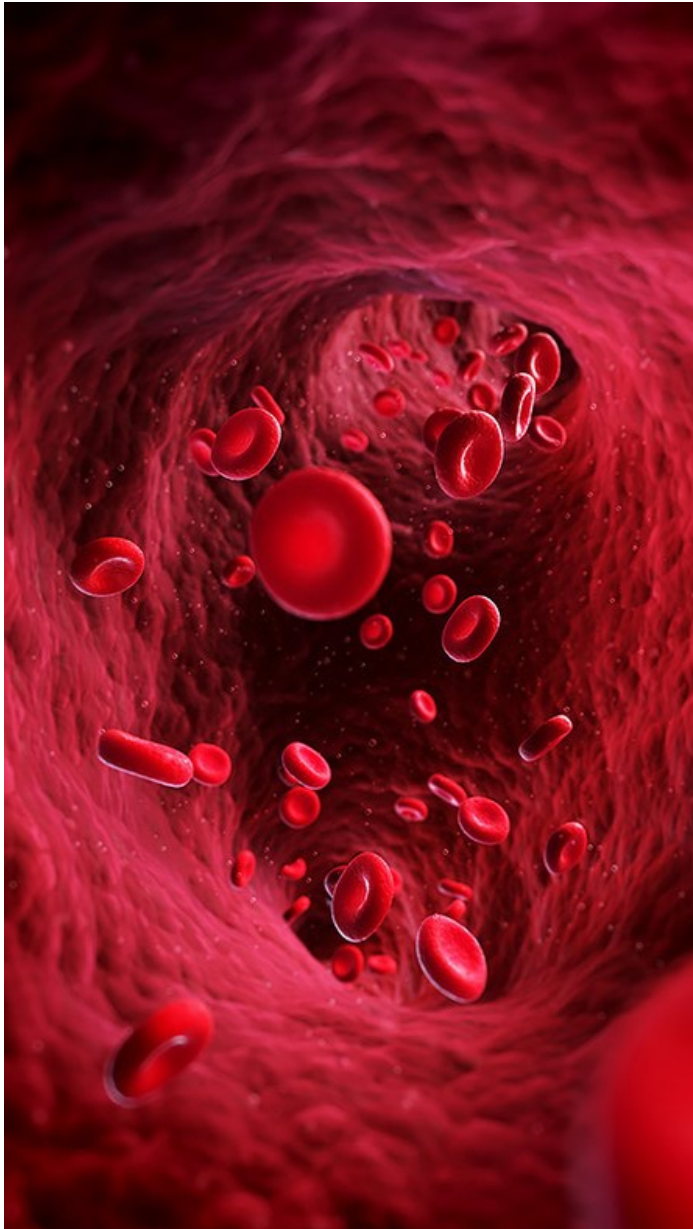
Bildung der Erythrozyten und Leukozyten.



Dr. Emese Pálfi

Semmelweis Universität

Anatomisches, Histologisches und Embryologisches Institut



## Transport

- Gase (Sauerstoff und Kohlendioxid) zwischen der Lunge und dem Rest des Körpers
- Nährstoffe aus dem Verdauungstrakt und den Lagerorten an den Rest des Körpers
- Abfallprodukte, die von Leber und Nieren entgiftet oder entfernt werden sollen
- Hormone zu Zielzellen
- Erhitzen sie die Haut, um die Körpertemperatur zu regulieren

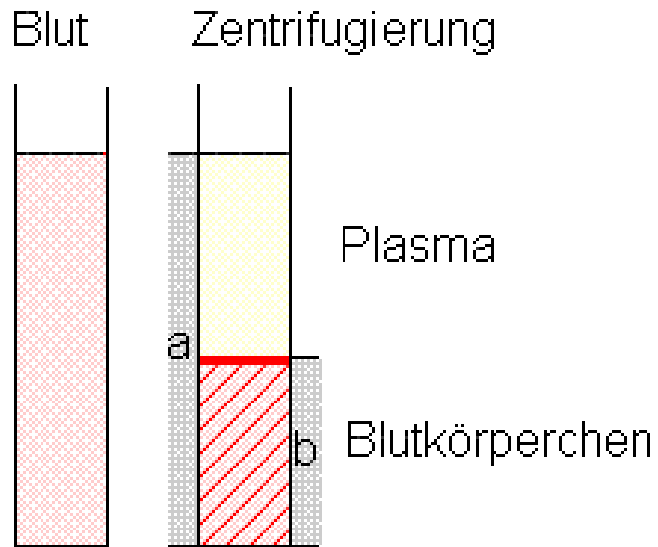
## Schutz

- weiße Blutkörperchen (Leukozyten) zerstören eindringende Mikroorganismen und Krebszellen
- Antikörper und andere Proteine zerstören pathogene Substanzen
- Thrombozytenfaktoren initiieren die Blutgerinnung und helfen, den Blutverlust zu minimieren

## Verordnung

- pH-Wert durch Wechselwirkung mit Säuren und Basen
- Wasserhaushalt durch Transfer von Wasser zu und von Geweben

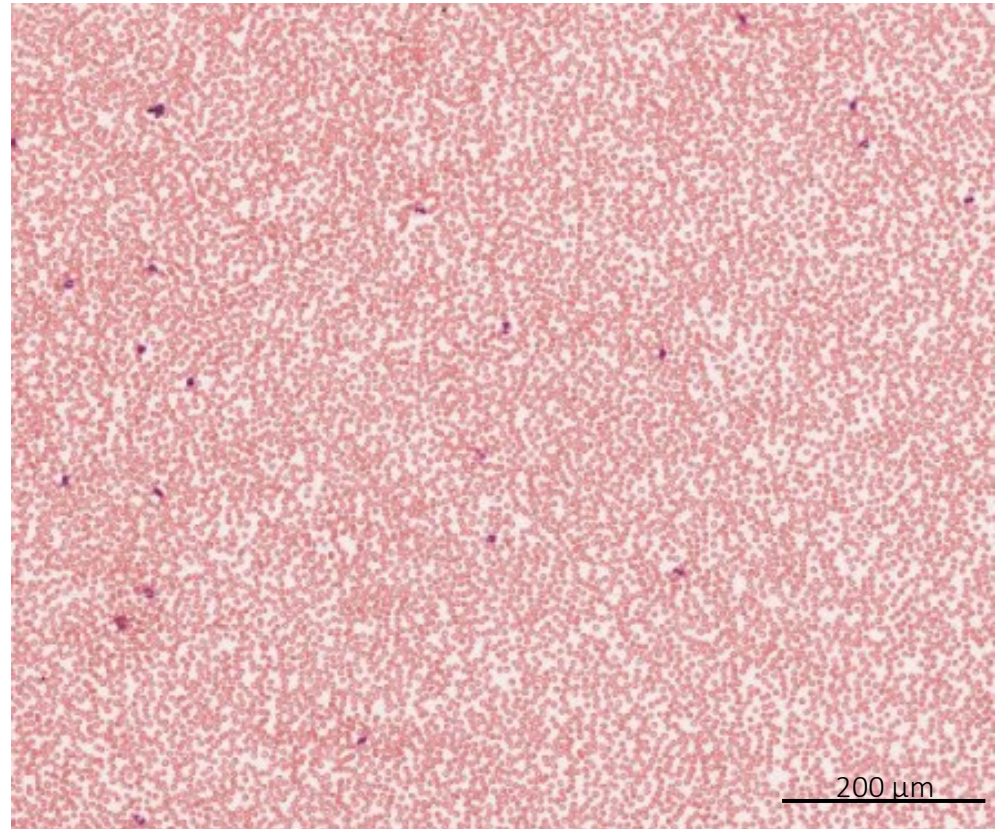
# Blutzusammensetzung



$$\text{Hämatokrit} = \frac{b}{a}$$

Frauen ~ 36-48 %

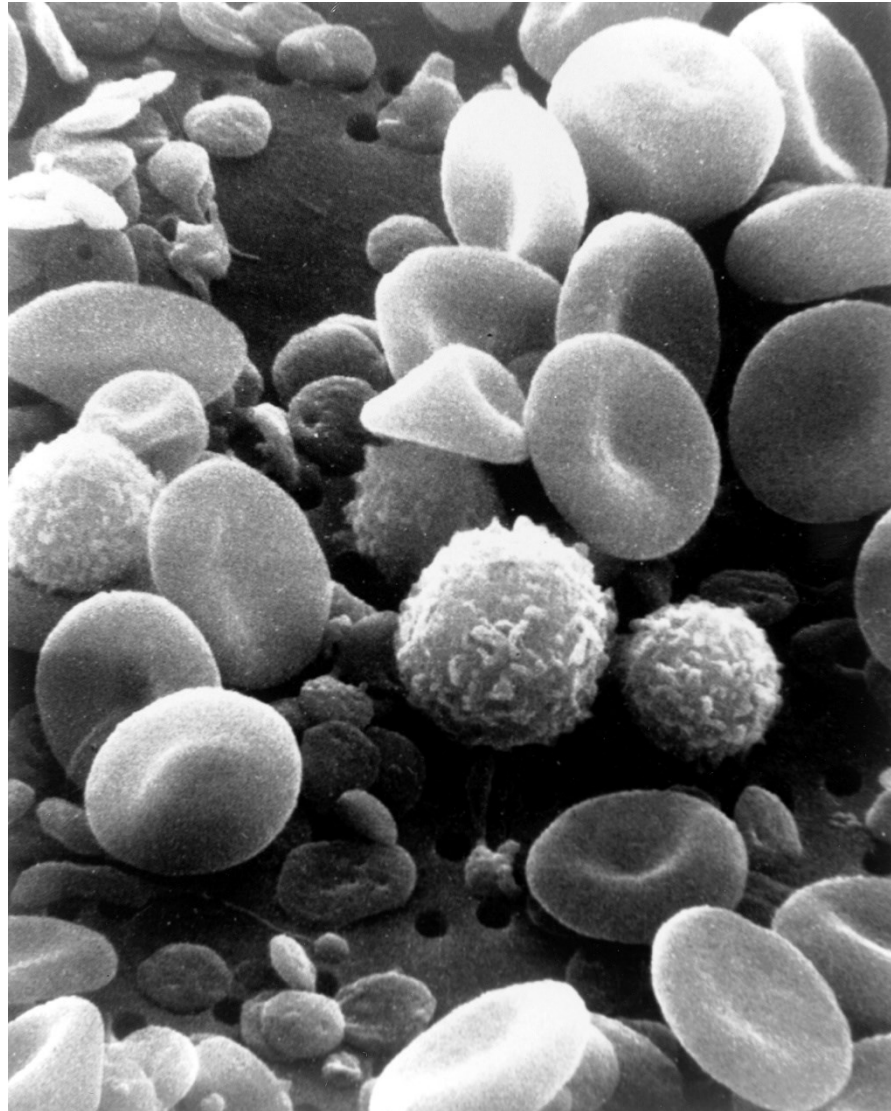
Männern ~ 42-52%



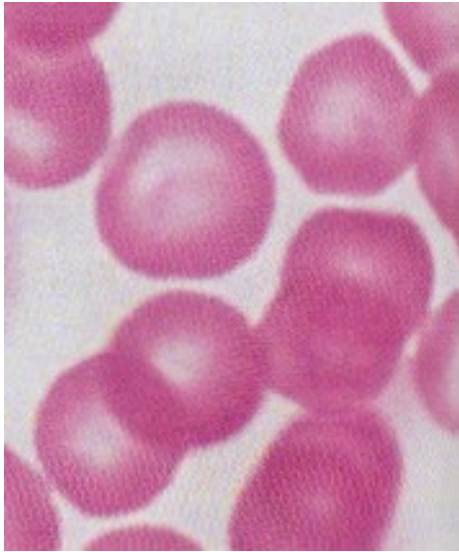
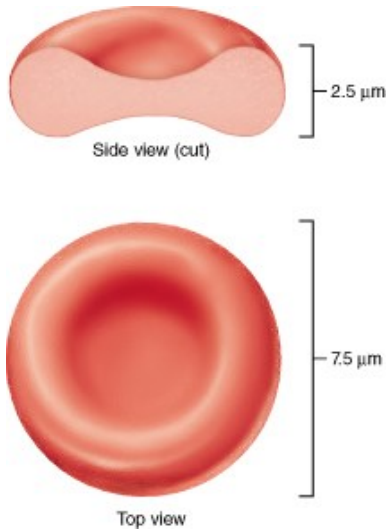
Eozin + Metilenblau + Metanol + Wasser + Giemsa Färbung

**May-Grünvald-Giemsa = Pappenheim**

# BLUTZELLEN



# Erythrozyten



**Menge:** 4-5 Millionen /  $\text{mm}^3$   
RBC: 4-5 T / l (T = tera)

**Form:** Bikonkave Scheibe

**Grösse:**  $d = 7,5 \mu\text{m}$

**LM Erscheinungsbild:** Periphere: intensive Azidophilie, zentraler Teil leichter gefärbt

**EM Erscheinungsbild:** Kein Zellkern! Cholesterin in der Membran: wenn es reduziert wird, verliert die Membran ihre Elastizität.

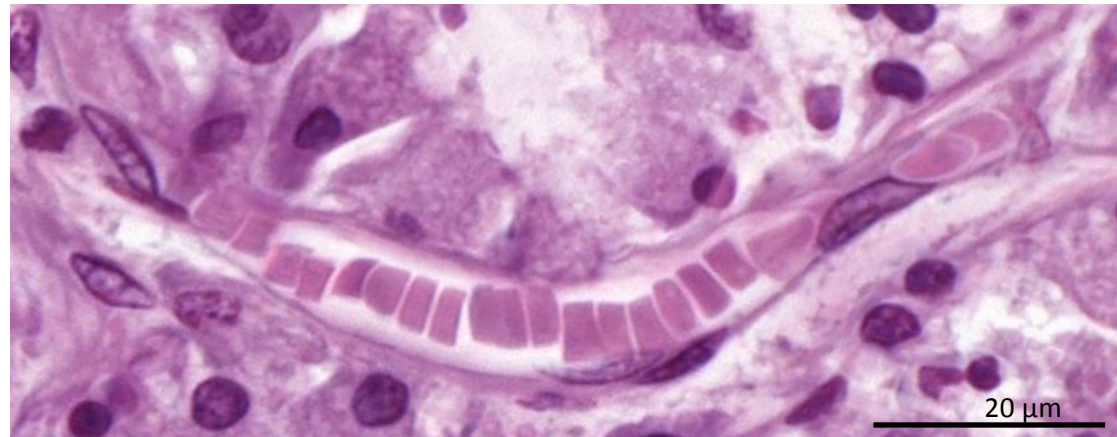
**Bewegung:** keine aktive Bewegung; mit dem Blutstrom treiben

**Funktion:** Transport von Sauerstoff und Kohlendioxid

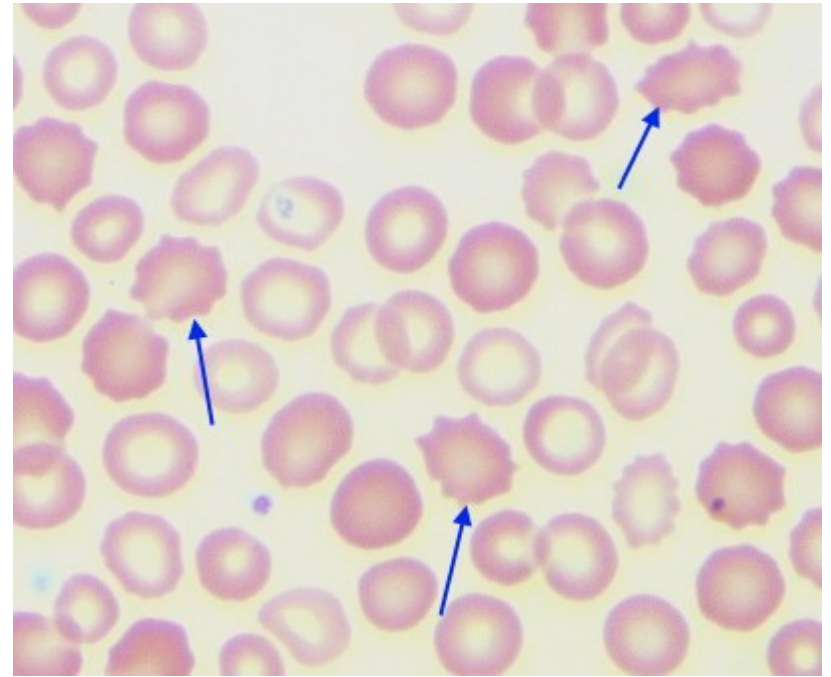
**Lebensdauer:** 120 Tage

**Ort der Bildung:** rotes Knochenmark

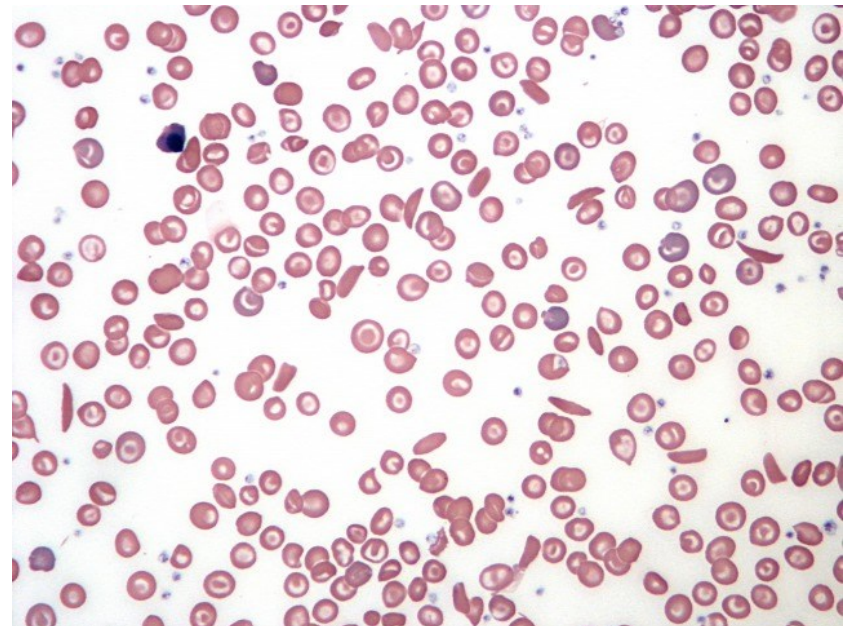
**Ort des Todes:** rotes Knochenmark, Milz



isotonische Ionenkonzentration  $\Rightarrow$  'Sphaerozyt'  
(sphärische Form)  
größer als isotonische Konz.  $\Rightarrow$  'Echinozyt'  
(Stacheln)



- erhöhte Konzentration : ERYTHROCYTOSIS
- Abnahme der Gesamtmenge an roten Blutkörperchen oder Hämoglobin im Blut: ANAEMIA
- rote Blutkörperchen sind ungleich groß: ANIZOCYTOSIS
- Sichelzellenanämie: DREPANOCYTOSE



# Neutrophile Granulozyten = Mikrophagen



**Menge:** 60-70% aller weißen Blutkörperchen (Leukozyten)

**Form:** rundförmig

**Grösse:** d=10-15  $\mu\text{m}$

**LM Erscheinungsbild:** Segmentierter Kern (normalerweise 3 Lappen); neutrophiles Zytoplasma

**EM Erscheinungsbild:** nicht strukturiertes Zytoplasma mit relativ großen Glykogenpartikeln; Azurophile Granula=Lysosomen, Spezifische Granula (AP, Lysozym, Kollagenase, Histaminase)

**Bewegung:** aktiv; sich am schnellsten bewegendes weißes Blutzelltyp (40  $\mu\text{m}$  / min); Amöbenbewegung (Pseudopodium)

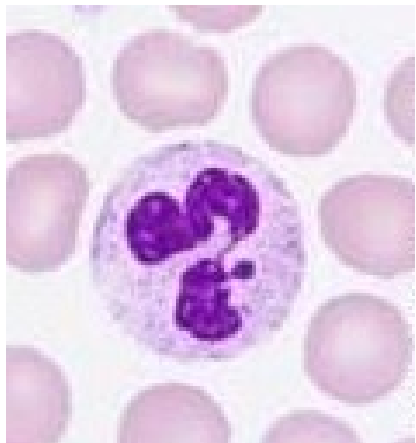
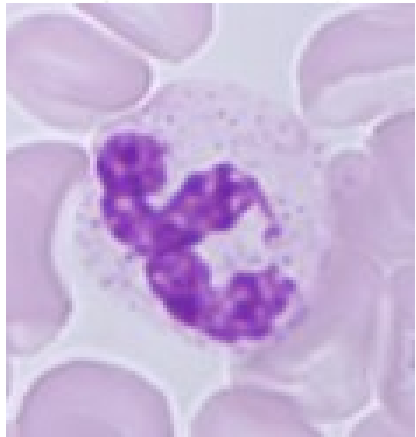
**Funktion:** Beseitigung von Fremdkörpern ("Microphag"), Einschluss kleiner Partikel, Bakterien und anschließende Auflösung durch Granulate

**Lebensdauer:** ca. 1 Tag!

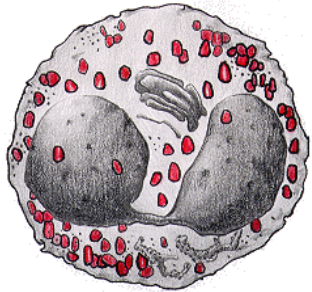
**Ort der Bildung:** Rotes Knochenmark

**Ort des Todes:** wo es funktionierte

- erhöhte Konzentration : NEUTROPHILIE (Bakterien oder Leukämie)
- abnorm niedrige Konzentration : NEUTROPAENIA (Fehlfunktion des roten Knochenmarks)
- Hypersegmentierung – zB. bei Alkoholiker



# Eozinophile Granulozyten



**Menge:** 2-4% aller Leukozyten

**Form:** rundförmig

d=10-15  $\mu\text{m}$

**LM Erscheinungsbild:** "Brillenartiger" Kern: 2 Kernsegmente, Zytoplasma ist eosinophil gefärbt

**EM Erscheinungsbild:** nicht strukturiertes Zytoplasma, Granula (Peroxidase, Histaminase)

**Bewegung:** chemotaktischer Reiz: allergische Reaktionen - Histaminfreisetzung; Metaboliten von Parasiten

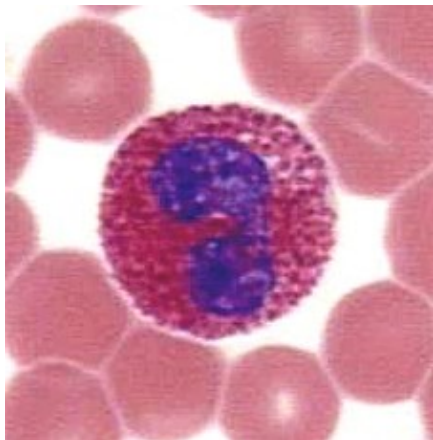
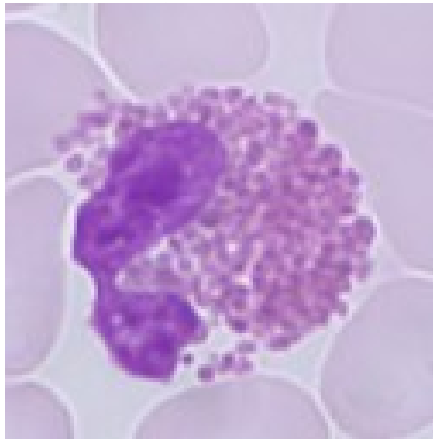
**Funktion:** Endozytose, Dämpfung allergischer Reaktionen, antiparasitär

**Lebensdauer:** 2-3 tage

**Ort der Bildung:** rotes Knochenmark

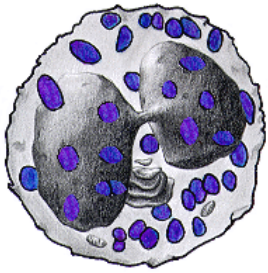
**Ort des Todes:** wo es funktionierte

- erhöhte Konzentration : EOSINOPHILIA (allergische Prozesse oder parasitäre Infektion)
- niedrige Konzentration: EOSINOPAENIA (Fehlfunktion des roten Knochenmarks)





# Bazophile Granulocyten



**Menge:** <1% - wir werden es nicht sichtbar im Abstrich

**Form:** rundförmig

d~10 µm

**LM Erscheinungsbild:** hufeisenartige, nicht segmentierte Kern, mit großen basophilen Partikeln gefülltes Zytoplasma (Toluidinblau-Metachromasie)

**EM Erscheinungsbild:** keine Lysosomen, Granula (Heparansulfat, hydrolytische Enzyme, Histaminase)

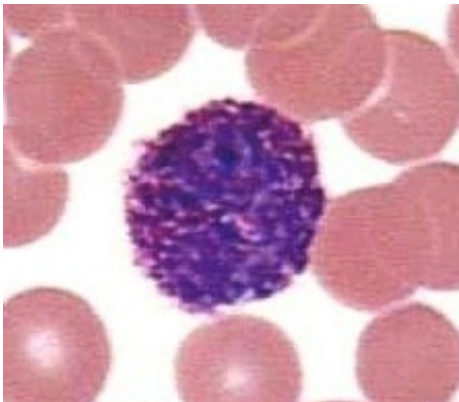
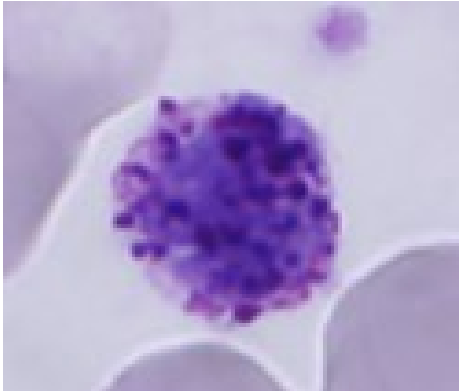
**Bewegung:** aktiv

**Funktion:** allergischen und entzündlichen Reaktion

**Lebensdauer:** 5-6 Tage

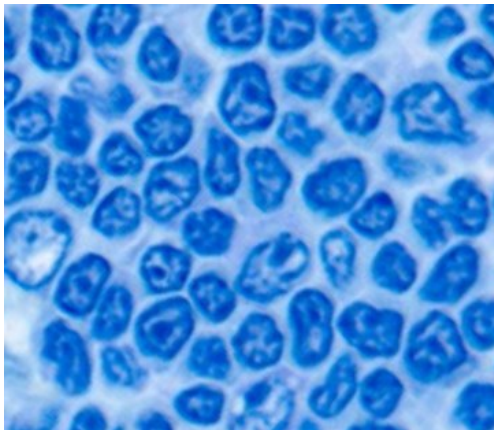
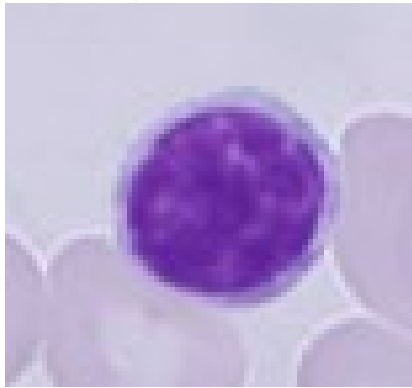
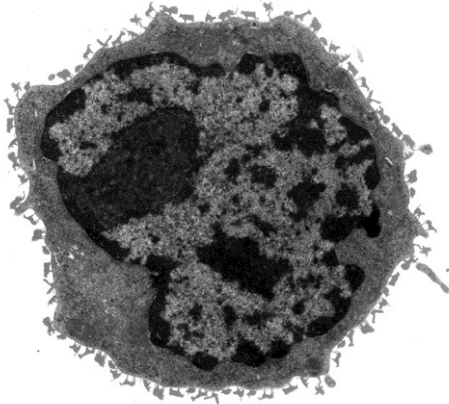
**Ort der Bildung:** Rotes Knochenmark

**Ort des Todes:** wo es funktionierte



- erhöhte Konzentration : BASOPHILIA (ein frühes Symptom für allergische Reaktionen)

# Lymphozyten



**Menge:** 20-30%

**Form:** rundförmig

**Grösse:**

Klein: 7-8  $\mu\text{m}$

Mittelgross: 10-12  $\mu\text{m}$

Gross: 15-20  $\mu\text{m}$

**LM Erscheinungsbild:** Zellkerne rund, reich an Heterochromatin, hochaktiv (Lymphoblast) - reich an Eucromatin, Zytoplasma niedrig

**EM Erscheinungsbild:** viele freie Ribosomen, wenig Zytoplasma

**Bewegung:** schnelle, aktive Bewegung, es verlässt den Kreislauf unter dem Einfluss aller Fremdkörper

**Funktion:** Entwicklung der Immunantwort

**Lebensdauer:** unterschiedliche  
wenige Tage - Jahre (Gedächtniszellen)

**Ort der Bildung:**

T-Lymphozyten rotes Knochenmark  $\rightarrow$  Thymus

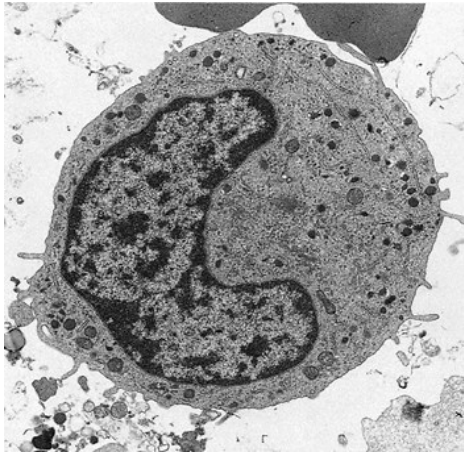
B-Lymphozyten rotes Knochenmark  $\rightarrow$  lymphatische Organe

**Ort des Todes:** lymphatische Organen

- erhöhte Konzentration: LYMPHOCYTOSE (Ansammlung von Fremdproteinen)
- niedrige Konzentration: LYMPHOPENIE (lymphatische Zerstörung)

# Monozyten

sind Vorläuferzellen des mononukleären Phagozytensystems (MPS)  
das Blutgefäß verlassen → transformiert sich in einen Gewebemakrophagen



**Menge:** 2-8%

**Form:** rundförmig

**Grösse:** die größte weiße Blutkörperchen  
d=15-25  $\mu\text{m}$

**LM Erscheinungsbild:** Zellkern bohnenförmig und exzentrisch,  
Zytoplasma "grau" - diskrete azurophile Granule

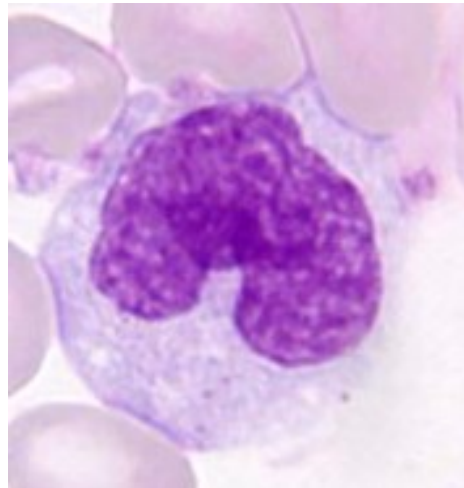
**EM Erscheinungsbild:** viele Lysosomen, Mikrotubulus-System

**Bewegung:** aktiv

**Lebensdauer:** unterschiedlich  
2-3 Monate

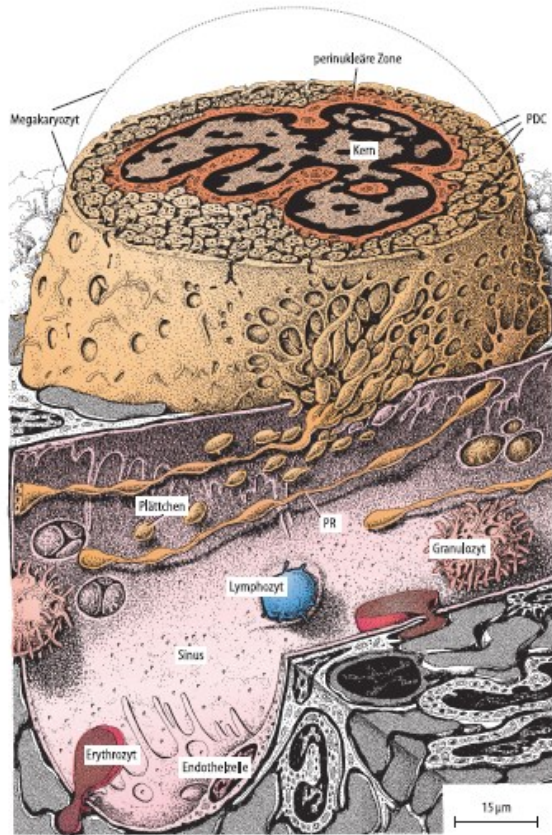
**Ort der Bildung:** rotes Knochenmark

**Ort des Todes:** wo es funktionierte



- erhöhte Konzentration: MONOCYTOSE (persistierende bakterielle Infektion, Mononukleose)
- niedrige Konzentration: MONOCYTOPENIA (eine Krankheit des roten Knochenmarks)

# Thrombozyten



Zellfragmente >> Abschnürung der Megakaryozyten

**Menge:** 200.000 - 500.000/mm<sup>3</sup>

**Form:** Ei oder länglich

**Größe:** kleinste Blutkörperchen  
d=2-5 µm

**LM Erscheinungsbild:** im Abstrich ist nur ein Teil der Zelle sichtbar

Granulomer: zentraler Teil

Hyalomer: peripherer Teil - glasartig, nicht färbend

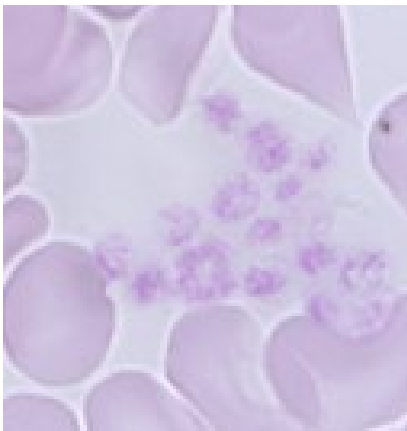
**EM Erscheinungsbild:** Granule (Serotonin, Thrombolastin, α-lysosoma, PDGF)

**Bewegung:** nicht beweglich; treibt im Kreislauf

**Lebensdauer:** 5-10 Tage

**Ort der Bildung:** rotes Knochenmark

**Ort des Todes:** Milz

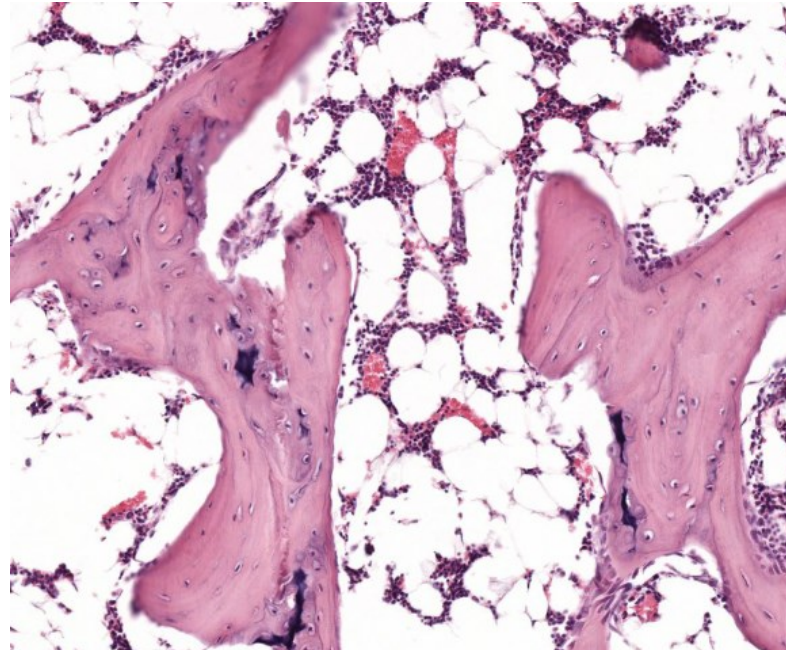
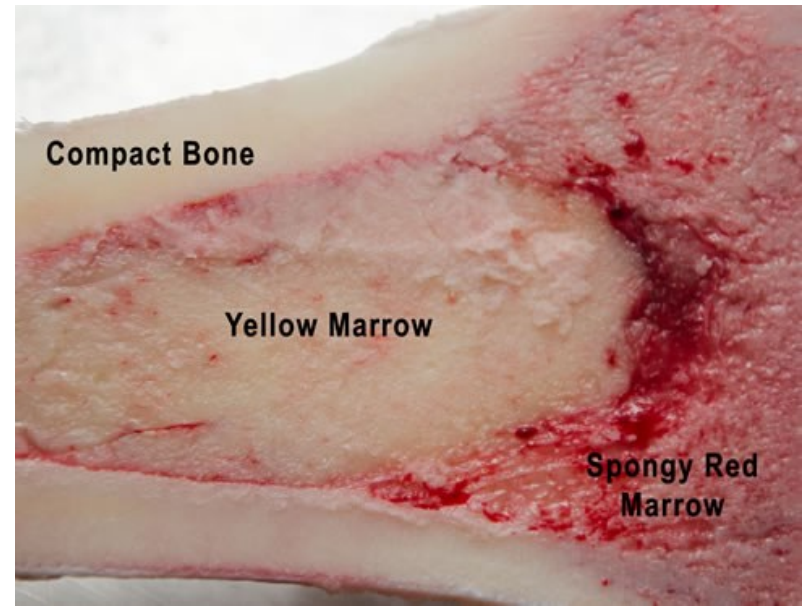


- erhöhte Konzentration : THROMBOCYTOSE (abnormale Proliferation des roten Knochenmarks)
- niedrige Konzentration : THROMBOCYTOPENIA (kann eine Nebenwirkung einiger Medikamente sein)

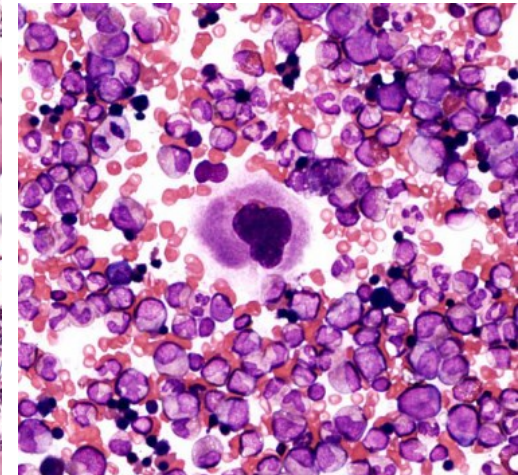
# Knochenmark

ca. 5% des Körpergewichts

- in den Rippen
- in der Wirbelsäule
- im Brustbein
- in den Schultern
- im Schädelknochen
- in der Hüfte



150 µm



75 µm

- retikuläre Bgw → Kollagen Typ III.
- Gefäße (perforierte Endothel)
- hämatopoetische Stammzellen (HSC)

# Blutbildung (Hämatopoese)

## I. Mesenchymale Blutbildung

Blutinseln im Dottersack

## II. Hepatolienale Phase

von Mitte 2. Monat →

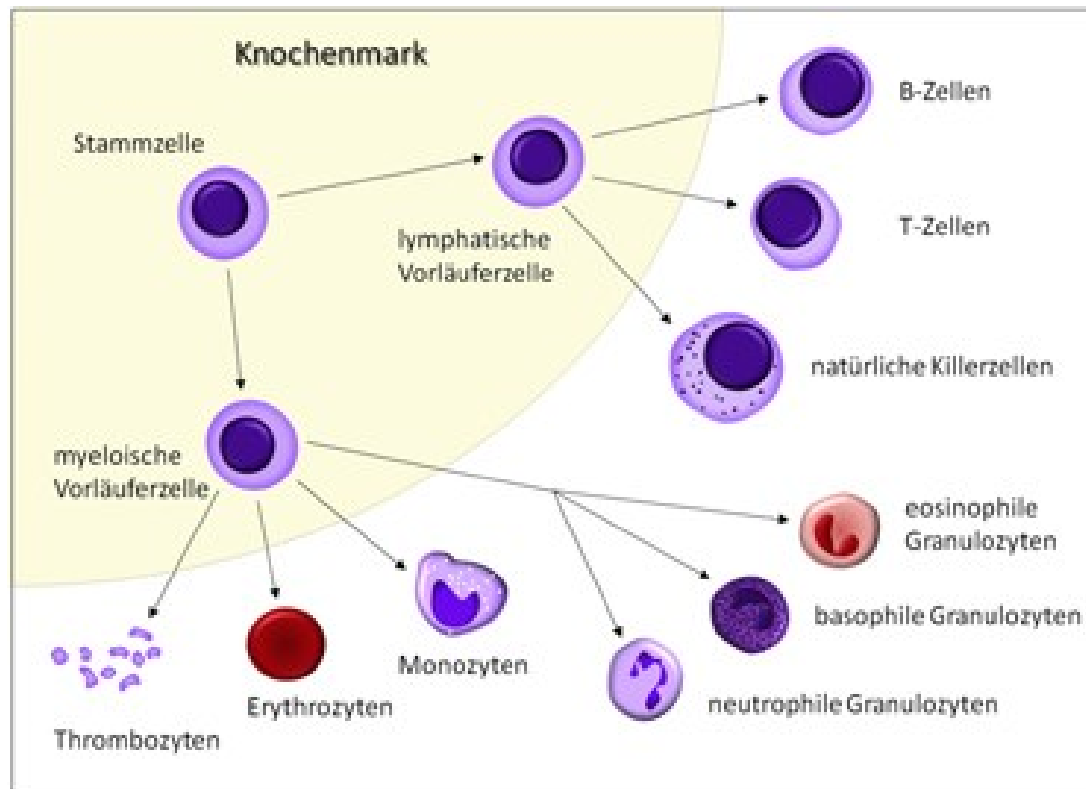
Leber und Milz

## III. Myeloide Phase

Knochenmark

Haemozytoblast= hemopoetic stem cell= HSC

- 0,02-0,05% von Knochenmarkzellen
- pluripotent, unsterblich
- Extraembryonale Ursprung (Wand vom Dottersack)

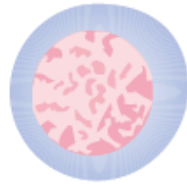


# Erythropoese



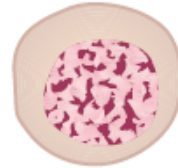
## Proerythroblast

- Große Zelle (d=20-25µm)
- euchromatiser Zellkern
- basophil Zytopl.
- viele Ribosomen



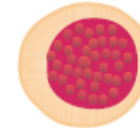
## Basophiler Erythroblast

- d=16-18 µm
- Heteromatin reich Zellkern
- Basophil Zytopl. → Ribosomen



## Polychromatischer Erythroblast

- 10-15 µm
- Bildung von Hämoglobin
- graues Zytopl.



## Azidophiler Erythroblast

- 8-10 µm
- Zellkern am Rand



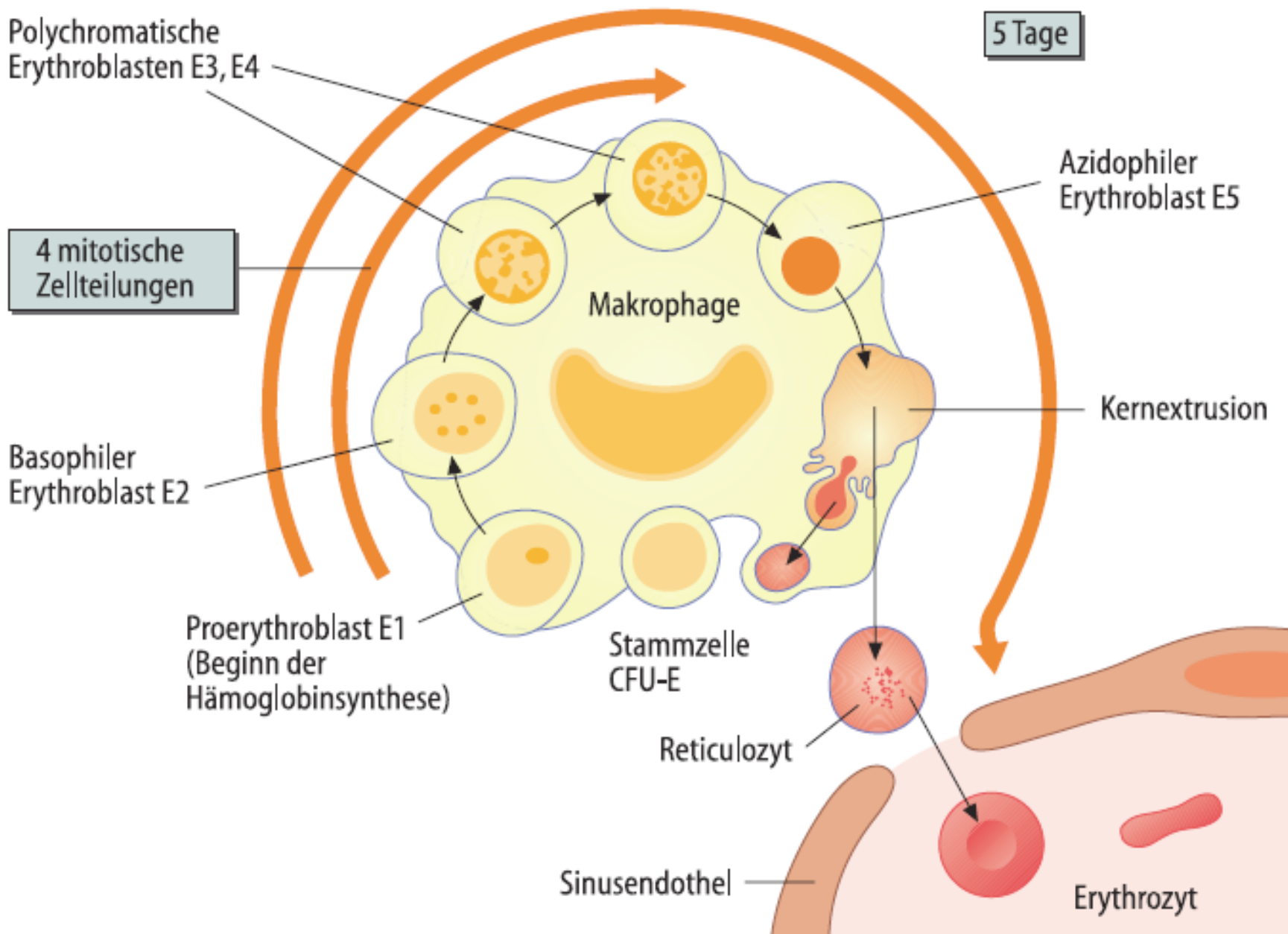
## Retikulozyt

Ausschleusung des Zellkerns



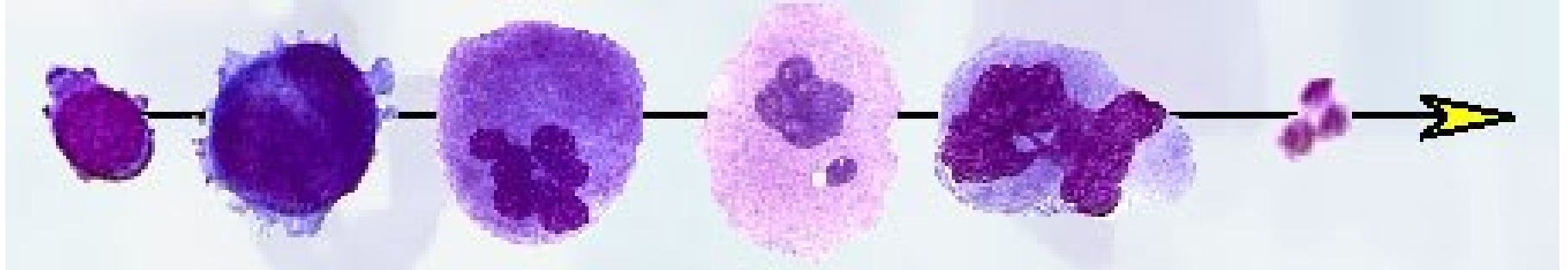
## Erythrozyt

ins Gefäßsystem  
übertretenden  
kernlosen Zelle





# Thrombopoese



**Megakaryoblast**  
eukromatischer Zellkern  
freie Ribosomen

**Promegakaryozyt (2 Kerne)**

**Basophiler Megakaryozyt (4 Zellkerne)**

**Acidophiler Megakaryozyt**

**Megathrombozyt (64 Zellkerne)**

**Thrombozyt**

# Lymphopoese

**Primäre lymphatische Organen:** die Organe in deren Gewebe T- und B-Lymphozyten reifen

- Knochenmark
- Thymus

**Sekundäre lymphatische Organen:** die Zellen wandern hier und kolonisieren sie und erhalten Kontakt zu den Antigenen

- Lymphknoten
- Peyer'sche Plaques (Lymphfollikel in den Schleimhäuten)
- Mandeln (Tonsillen)
- Appendix vermiformis (Wurmfortsatz des Blinddarms)
- Milz

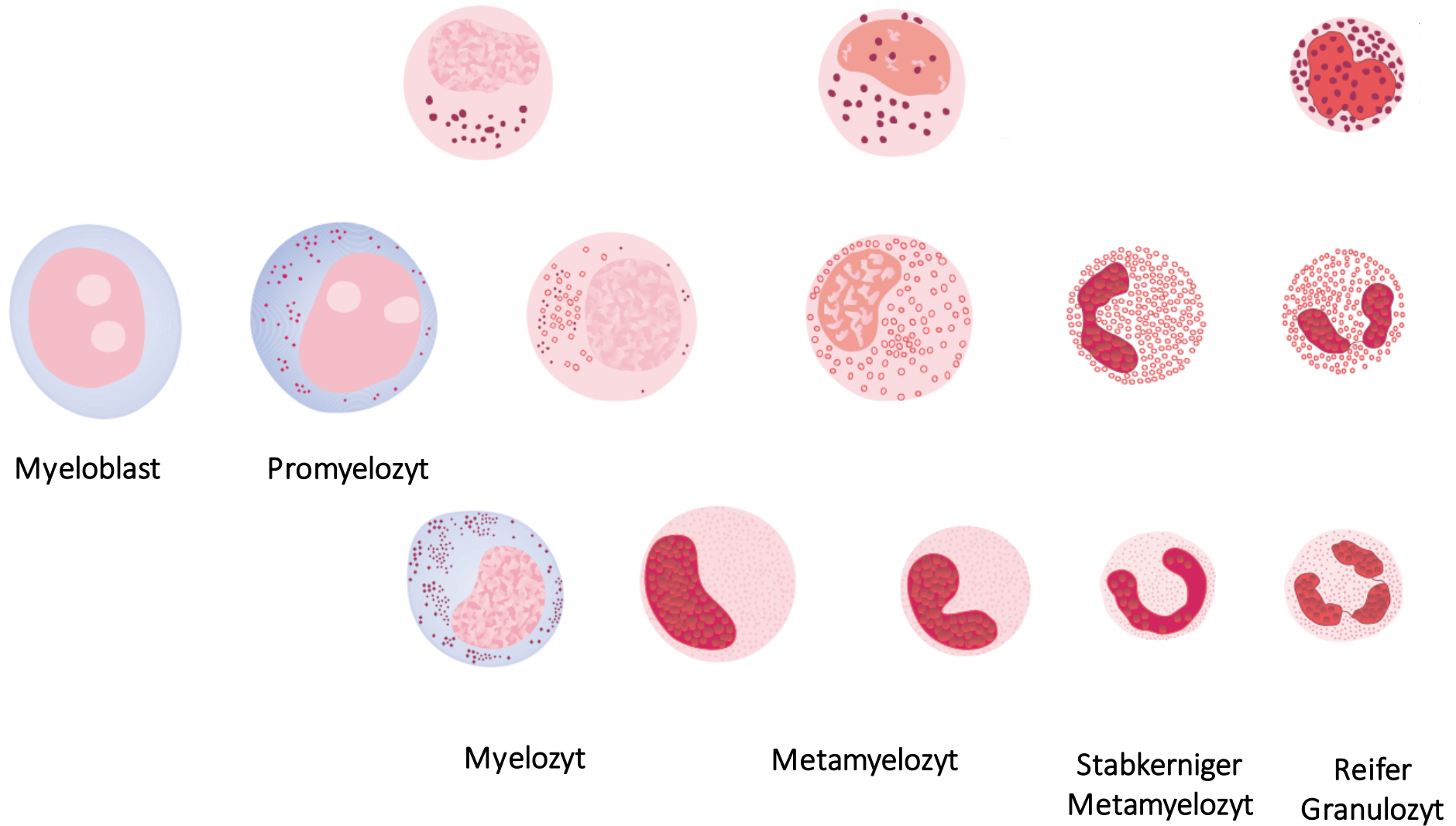
**Lymphoide Stammzellen:**

Pro-NK-Zellen → NK Zellen (Knochenmark)

Pro-T-Zellen → T-Lymphozyten (Thymus)

Pro-B-Zellen → B-Lymphozyten (Lymphknoten, Milz)

# Granulopoese/Myelopoese



Quellen:

Dr. Ágota Ádám: Vér, vérképzés

Dr. Zita Puskár: Blood. Corpuscular elements. Red bone marrow, erithropoiesis.  
Formation of leucocytes.

[www.histologyguide.com](http://www.histologyguide.com)

Alberts: Molecular biology of the cell, Garland Publishing Inc., 3. edition

Junqueira: Histologie, Springer, 6. Auflage

Röhlich: Szövettan, Semmelweis Kiadó, 2006

Sobotta, Welsch: Lehrbuch Histologie, Elsevier, 2. Auflage

Réthy-Szentágothai: Functional anatomy, Medicina