

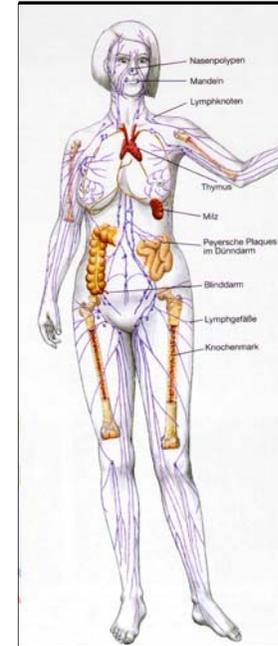
Einführung in die Immunologie

Zellen & Organe

Kirsten Gehlhar



Das Immunsystem



Das Immunsystem (lat.: immunis = frei, unberührt) ist kein einzelnes Organ. Es besteht aus spezialisierten Zellen im Blut und Gewebe, Organen und einem Gefäßsystem.

- Aufgabe: Schutz des Körpers vor schädigenden Einflüssen
- Grundvoraussetzung:
 - Unterscheidung zwischen „selbst“ und „fremd“
 - Unterscheidung zwischen „harmlos“ und „potentiell schädlich“

Nutzen

Schutz vor Infektionen

durch:

- Bakterien
- Viren
- Pilze
- Parasiten

Impfungen

Schaden

Fehler der Immunabwehr:

- Angeborene oder erworbene Immunschwäche
- Tumorerkrankungen
- Autoimmunerkrankungen
- Allergien

Transplantationen

Unspezifische Immunabwehr (Resistenz)

- genetisch fixiert (angeboren)
- nicht gegen bestimmte Erreger gerichtet, sondern gegen generelle Merkmale der Pathogene (PAMPs = pathogen associated molecular patterns)
- erschweren das Eindringen und die Vermehrung des Erregers und führen z.T. zu dessen Vernichtung
- reagiert unmittelbar, hält Erreger in Schach bis spezifische Mechanismen eingreifen
- Bsp.: humoral: Proteasen, Komplement, Interferone
zellulär: Makrophagen, Granulozyten

humoral = im Blut gelöst (lat. umor = Flüssigkeit)

Spezifische Abwehr (Immunität)

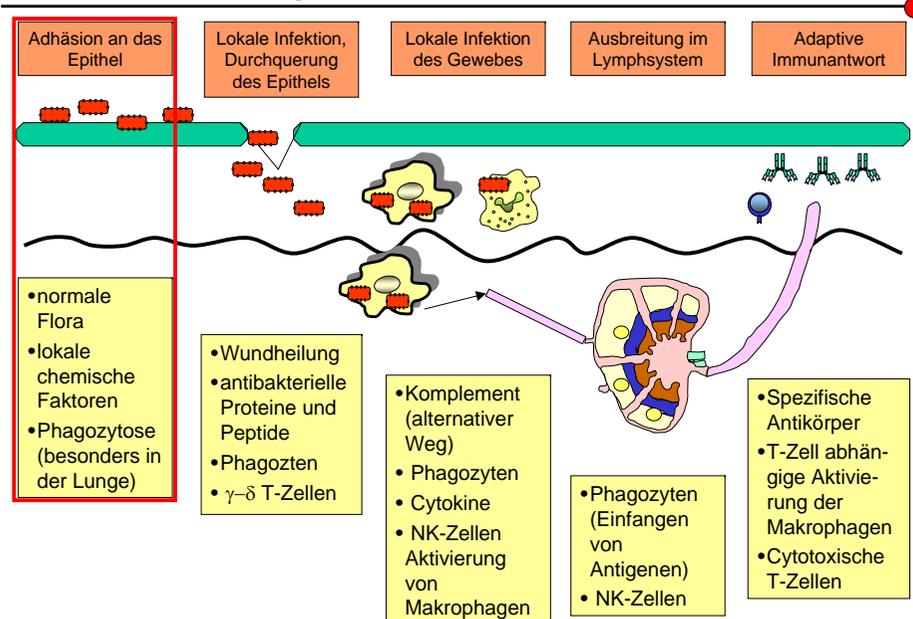
- Entwicklung ab der Stufe der Wirbeltiere
- hochspezifisch nur gegen den jeweiligen Erreger gerichtet, der die Immunreaktion auslöst (=Antigen) = erworben
- reagiert erst nach einigen Tagen (4-7)
- humoral: Antikörper (gegen Antigene im Blut)
- zellulär: Abwehr intrazellulärer Parasiten
Transplantatabstoßung
Zerstörung eigener und fremder Zellen durch zytotoxische T-Zellen

Wie groß ist der Anteil der einzelnen Bereiche (angeboren und erworben) an der Immunabwehr des Körpers?

Angeborene Immunabwehr: 90%

Erworbene Immunabwehr: 10%

Immunologische Prozesse bei einer Infektion



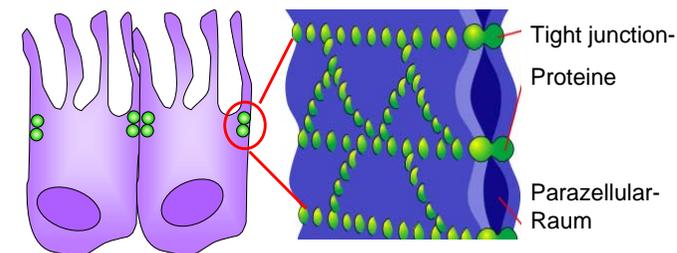
Unspezifische Abwehr - Erste Verteidigungslinie I

Pathogene werden am Eindringen in den Körper gehindert:

- **Mechanische Barriere** (Haut, Schleimhaut)

mechanisch →

Tight junctions (Zonula occludens)



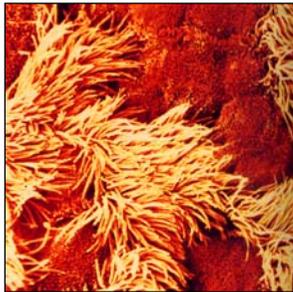
Unspezifische Abwehr - Erste Verteidigungslinie I

Pathogene werden am Eindringen in den Körper gehindert:

• **Mechanische Barriere** (Haut, Schleimhaut)

mechanisch →

Tight junctions
Luft- und Flüssigkeitsströme entlang der Epithelien
Schleimbewegung durch Cilien



Atemwegsepithel:
Rot = Schleim-produzierende Zellen
Gelb = Flimmerepithelzellen

Unspezifische Abwehr - Erste Verteidigungslinie II

chemisch →

Fettsäuren (Haut)
Niedriger pH-Wert (Magen)
Enzyme (Lysozym, Pepsin)
Antibakterielle Peptide:
Defensine (Dünndarm, Haut, Lunge) Surfactant Proteine (Lunge)

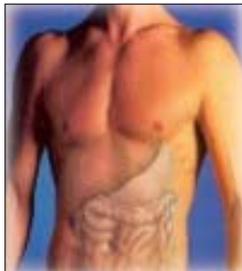
• **Chemische Barriere** (pH-Wert, Enzyme)

- Blut, Lymphe 7,4
- Speichel 6,4
- Magensaft 1,9 – 2,6
- Harn 4,5 – 8,2
- Schweiß 4,0 – 6,8

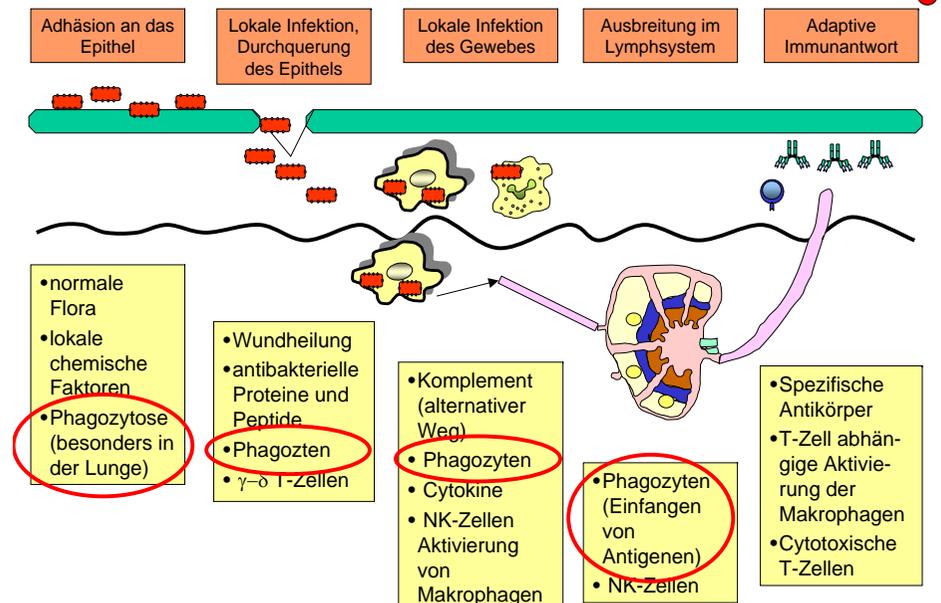
Unspezifische Abwehr - Erste Verteidigungslinie III

mikrobiologisch →

Normale Mikroflora
(Konkurrenz um Nährstoffe, antibakterielle Substanzen)



Immunologische Prozesse bei einer Infektion



Zelluläre Abwehr

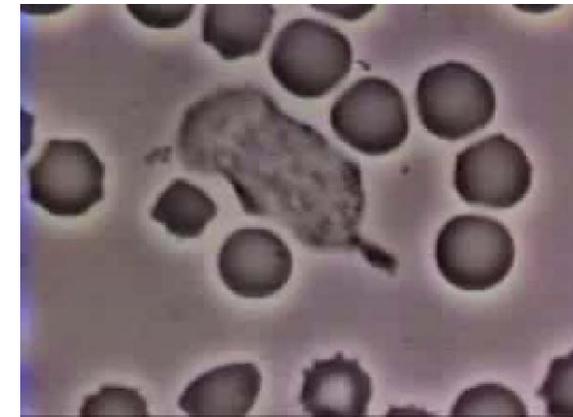
1) Phagozytische Zellen:

- Neutrophile Granulozyten (60-70%) → Bakterien
- Monozyten (→ Makrophagen) (5%)
- (Eosinophile Granulozyten) (1,5%) → Parasiten



Phagozytose von Bakterien durch einen Makrophagen, REM koloriert

2) NK-Zellen (natürliche Killerzellen)



Phagozytose I

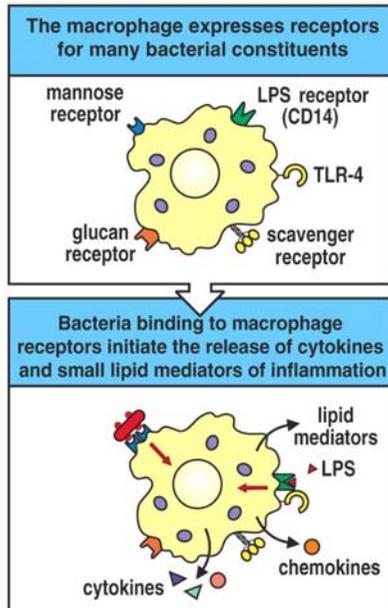
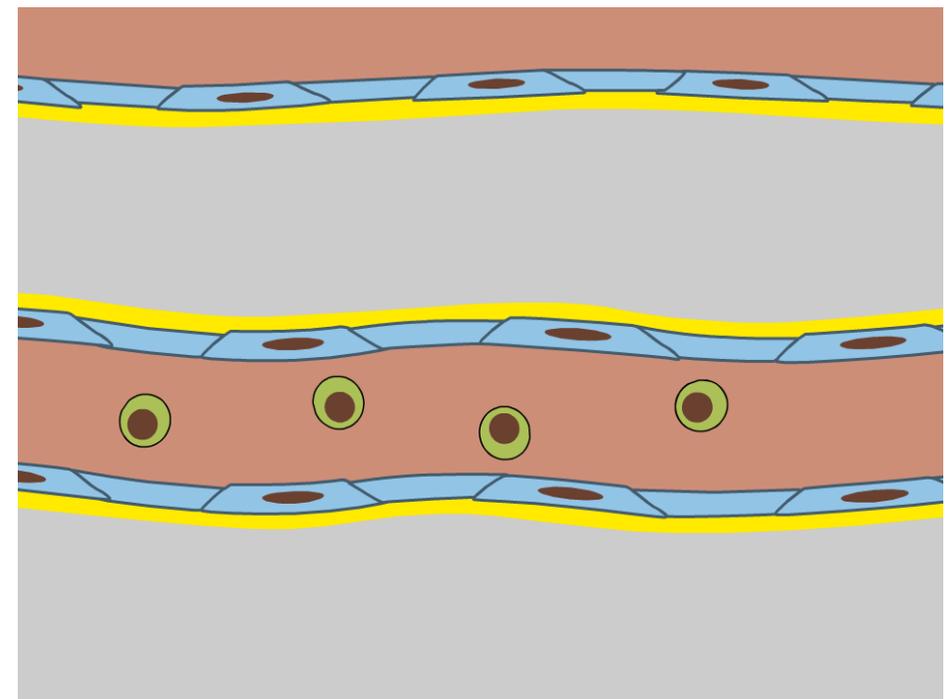


Figure 2-5 part 1 of 2 Immunobiology, 6/e. (© Garland Science 2005)

Makrophagen (langlebig)

Neutrophile (kurzlebig)

Die Bindung von Pathogen-Bestandteilen an Rezeptoren auf den Phagozyten löst die Freisetzung von Botenstoffen (Cytokinen) aus, die weitere Mitspieler des Immunsystems aktivieren und anlocken



Phagozytose II

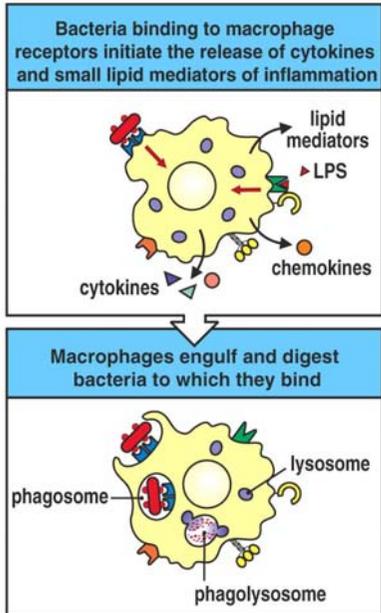


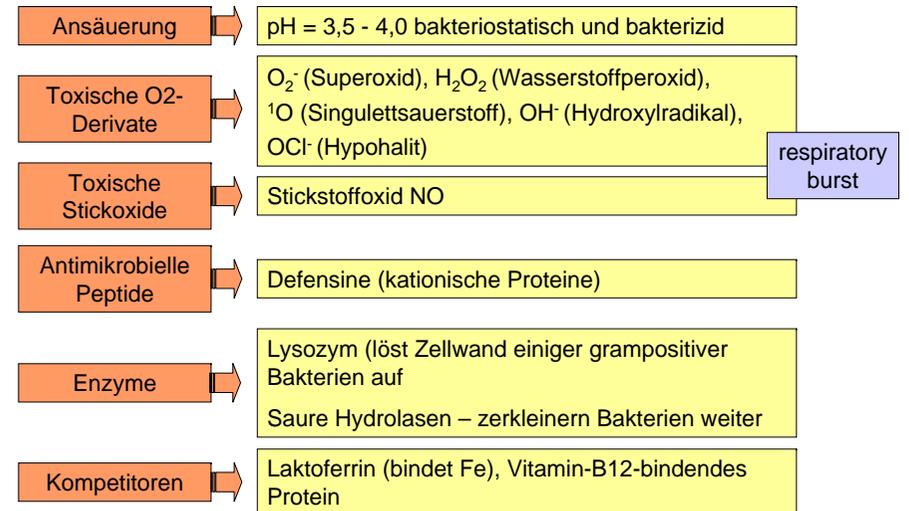
Figure 2-5 part 2 of 2 Immunobiology, 6/e. (© Garland Science 2005)

Phagozyten vernichten Pathogene durch Phagozytose:

Partikel werden in **Phagosomen** eingeschlossen, die mit **Lysosomen** zum **Phagolysosom** verschmelzen.

Phagozytose III

Makrophagen und Neutrophile erzeugen bei der Phagozytose toxische Produkte:



Unspezifische Abwehr - Zweite Verteidigungslinie

Zelluläre Abwehr

1) Phagozytische Zellen:

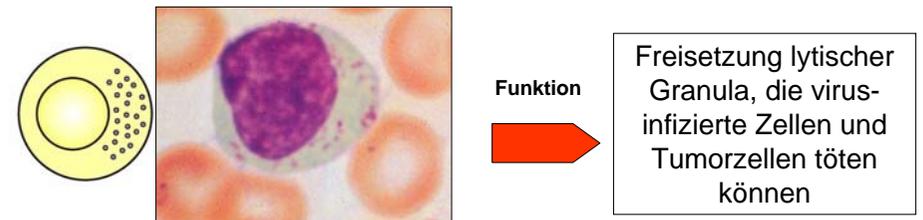
- Neutrophile Granulozyten (60-70%) → Bakterien
- Monozyten (→ Makrophagen) (5%)
- (Eosinophile Granulozyten) (1,5%) → Parasiten



Phagocytose von Bakterien durch einen Makrophagen, REM koloriert

2) NK-Zellen (natürliche Killerzellen)

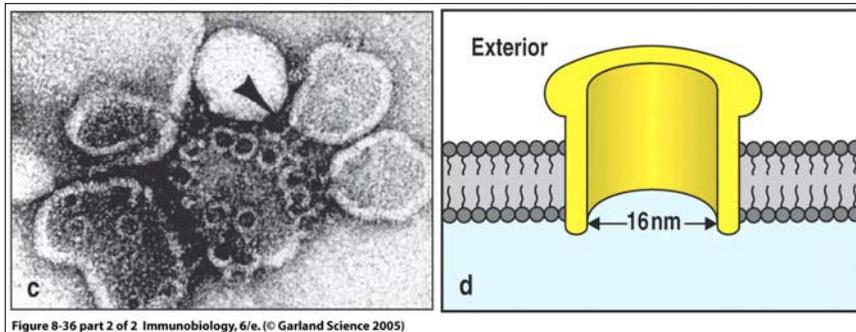
NK-Zellen: natürliche Killerzellen



- ca. 10% aller Lymphocyten im Blut sind NK-Zellen
- NK-Zellen töten Zellen, die keine, fremde, nur wenige oder veränderte MHC I-Moleküle tragen (inhibitorische Signale durch intaktes MHC I)
- Aktivierende Signale gehen z.B. von Kohlenhydrat-Strukturen auf Zellen aus („Killer-Rezeptoren“ u.a. C-Typ-Lektin)
- NK-Zellen werden durch Makrophagen-Zytokine (IL-12, TNF- α) oder Interferone (α und β) γ aktiviert

Cytolytische Mechanismen von NK-Zellen I

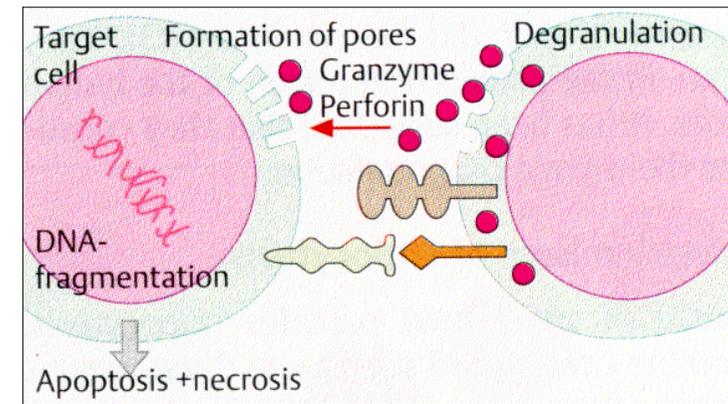
1. Sekretorische Lyse (Apoptose und Nekrose durch Granzyme und Perforin)



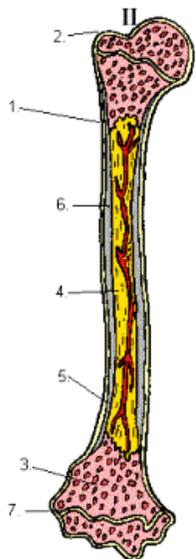
Perforin: bildet polymerisiert eine Pore in der Zielmembran
 Granzyme: Serinproteasen, die Apoptose auslösen

Cytolytische Mechanismen von NK-Zellen II

1. Sekretorische Lyse (Apoptose und Nekrose durch Granzyme und Perforin)

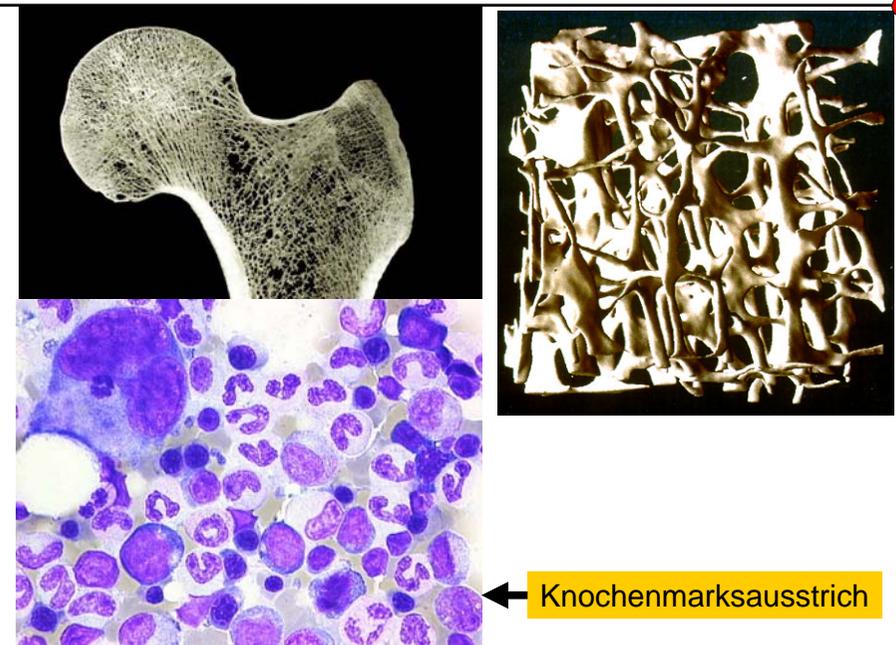


Schematischer Knochenaufbau



1. Knochenhaut (Periost)
2. Knorpelüberzug (hyaliner Knorpel), schützt den Knochen vor Druck und Reibung
3. Knochenbälkchenstruktur (Spongiosa), mit rotem blutbildendem Knochenmark
4. Markhöhle mit gelbem verfetteten Knochenmark
5. Innere Knochenhaut (Endost)
6. kompakte Knochenmasse (Compacta)
7. verknöcherte Wachstumslinie (Epiphysenfuge)

Blutbildung im Knochenmark (Spongiosa)



Entwicklung der Blutzellen I

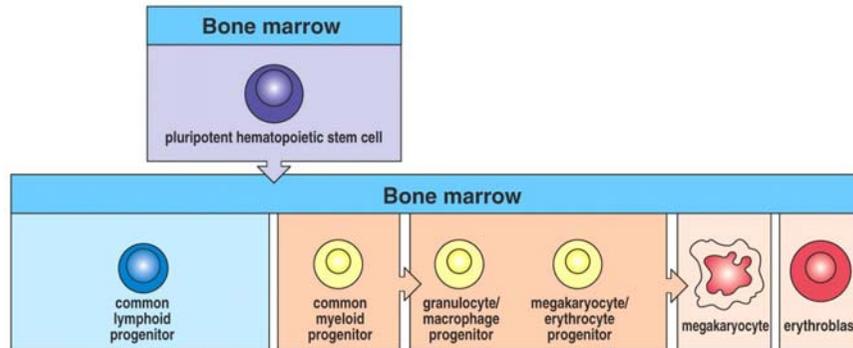


Figure 1-3 part 1 of 4 Immunobiology, 6/e. (© Garland Science 2005)

Alle Zellen des Blutes stammen von einer gemeinsamen Vorläuferzelle ab (hämatopoetische Stammzelle), die sich zu einer lymphoiden Vorläuferzelle bzw. myeloiden Vorläuferzelle entwickeln kann.

Entwicklung der Blutzellen II

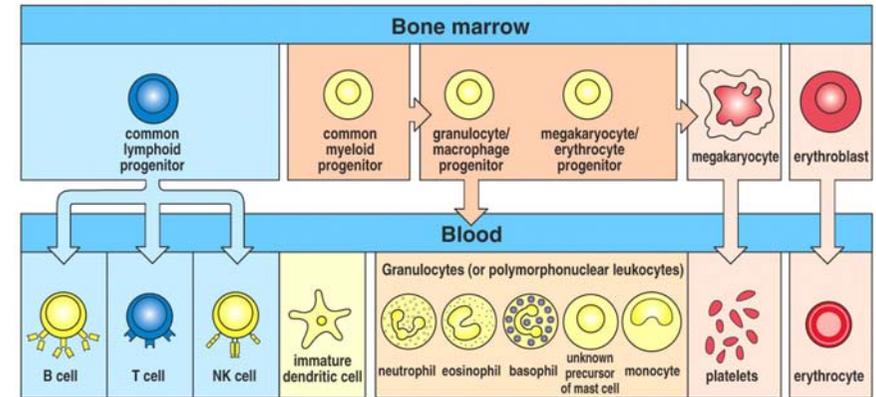


Figure 1-3 part 2 of 4 Immunobiology, 6/e. (© Garland Science 2005)

Die Vorläuferzellen differenzieren sich zu einzelnen, spezialisierten Zellen aus.

Entwicklung der Blutzellen III

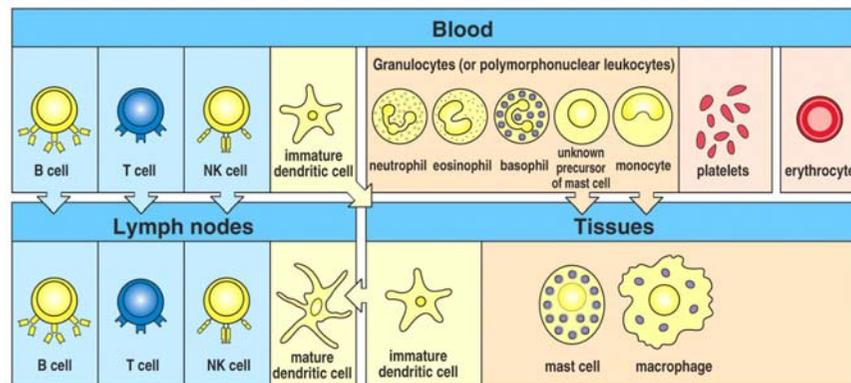


Figure 1-3 part 3 of 4 Immunobiology, 6/e. (© Garland Science 2005)

Zellen, die aus dem Blut ins Gewebe einwandern durchlaufen weitere Reifungs- und Differenzierungsprozesse.

Entwicklung der Blutzellen IV

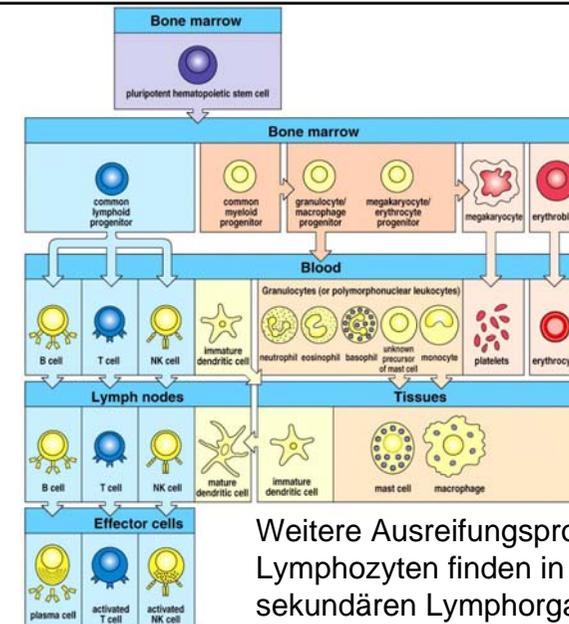


Figure 1-3 Immunobiology, 6/e. (© Garland Science 2005)

Weitere Ausreifungsprozesse der Lymphozyten finden in den sekundären Lymphorganen statt.