

# Grundlagen der Immunologie

**1. Einführung in die Immunologie**

**2. Aufbau des Immunsystems: Organe, Gewebe, Zellen**

# Institut für Immunologie und Biotechnologie

Fachverantwortliche: Bildungsbeauftragter:



Direktor:  
Dr. Timea Berki



Dr. Ferenc  
Boldizsár



Dr. Péter  
Engelmänn



Dr. Katalin  
Olasz



Dr. Zoltán  
Kellermayer

- **Pflichtfach: maximal 3 Abwesenheiten** sind erlaubt
- Wöchentliche Stundenzahl: 2 Vorlesungen, 2 Seminar/Praktika
- Kreditwert: 4
- Leistungskontrolle: Kolloquium
- Bitte folgen Sie unsere Website: [www.immbio.hu](http://www.immbio.hu) während dem ganzen Semester für up-to-date Informationen über unserem Unterricht.

# Institut für Immunologie und Biotechnologie

## Adresse:

7624 Pécs Szigeti út 12

Tel.: 06-72-536-288;



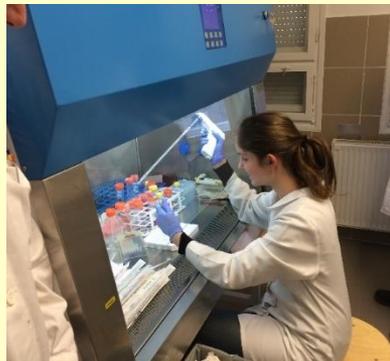
**Hungary-Croatia Cross-border Applied Biotech - Co-operation Programme**  
**2007-2013: 534 000 + 670 000 EUR**

**IPA HEALTH IMPULSE - HUHR/1001/2.1.3/0006, 2012-2014: 551 000 EUR**



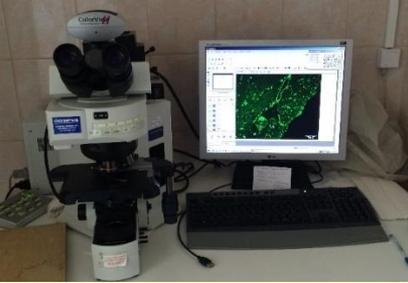
The project is co-financed by the European Union through the  
Hungary-Croatia IPA Cross-border Co-operation Programme

# SPF Abteilung für Tierversuche



# Forschungslabore

## Immundiagnostische Labore



## aus EU Bewerbungen



## Seminarräume und Bildungslabore



The project is co-financed by the European Union through the Hungary-Croatia IPA Cross-border Co-operation Programme

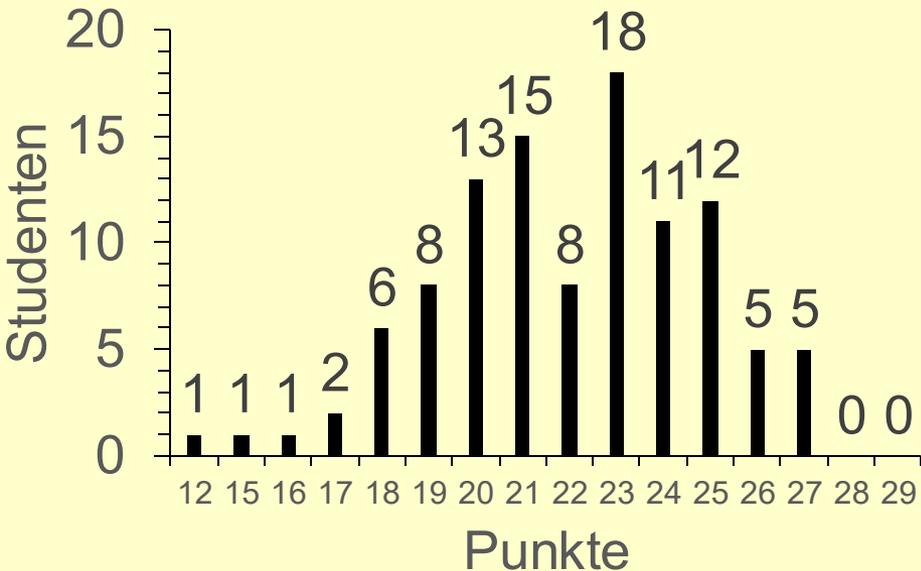
# Einführung in das Fach 1.

- Bitte folgen Sie unsere Website: [www.immbio.hu](http://www.immbio.hu) während dem ganzen Semester für up-to-date Informationen über unserem Unterricht.
- Die Leistungskontrolle während des Semesters werden online mit Hilfe von „[moodle.pte.hu](http://moodle.pte.hu)“ **Website** durchgeführt.
- Am Anfang des Semesters alle Studenten werden mit NEPTUNKod in „[moodle.pte.hu](http://moodle.pte.hu)“ System automatisch registriert.
- Nach Aktivierung können Sie in diese Plattform die Semester- und Prüfung Teste absolvieren.

# Einführung in das Fach 2.

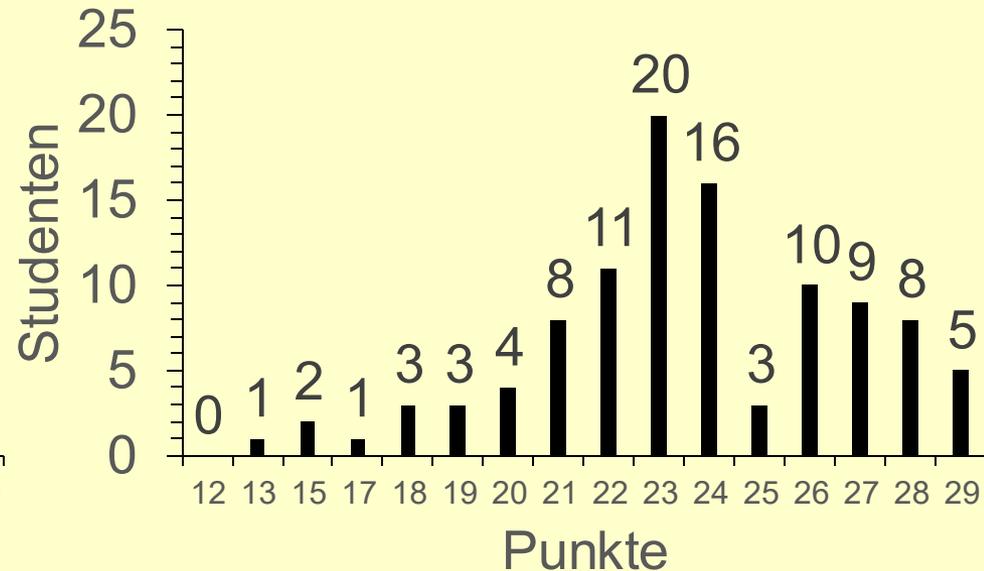
- **Semestertest:** Damit testen wir das Verständnis der Unterrichtsmaterialien während dem Semester auf die **8. und 13. Wochen.**
- Studenten bekommen 30 Testfragen auf „**moodle.pte.hu**“ über den aktuellen Themen in Computerräumen der Universität.
- Zur Anerkennung des Semesters ist Minimum **50%** davon notwendig auf beide Testen.
- Erzielt man auf beiden Testen mehr als **25 Punkte**, so werden am Ende des Semesters die Prüfung mit Note 5 Ergebnis anerkannt.
- Auf die 9. und. 14. Woche gibt es Nachholtestmöglichkeiten für Studenten, die haben auf die Teste die 50% Minimum nicht erreicht oder wenn jemand abwesend war.

## 1. Semestertest Ergebnisse (2023.10.17.)



Total: 106; Mittel: 22  
25≤: 22

## 2. Semestertest Ergebnisse (2023.12.01.)



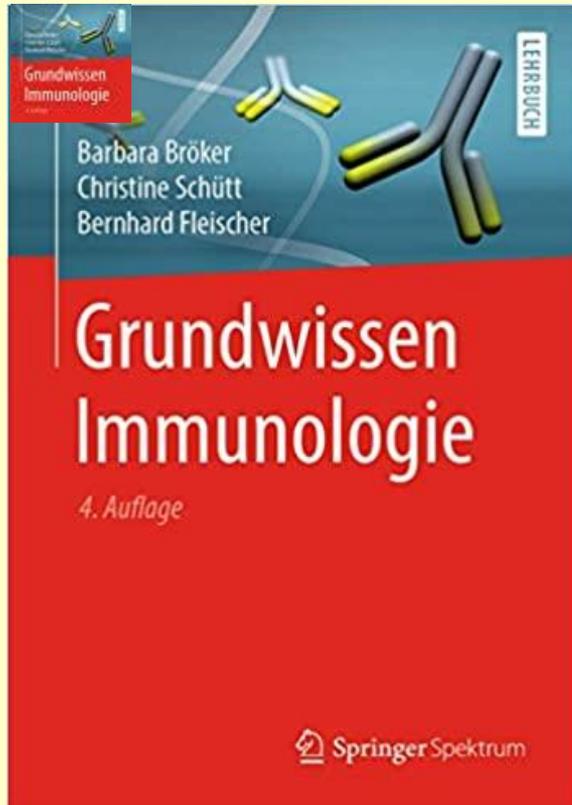
Total: 104; Mittel: 23  
25≤: 35

**18 Studenten (17%) hatten 25≤ in beide Testen=automatisch "5" ohne Prüfung**

# Einführung in das Fach 3.

- Die Abschlussprüfungsnoten werden in einer Testklausur ermittelt in der Prüfungszeit
- Die **Online-Testprüfung** findet im Computerraum der Universität statt auf „**moodle.pte.hu**“ Webseite
- 100 Punkte sind erreichbar. Die Punkte müssen über 60 sein um zu Bestehen.
- Alle Vorlesung- und Praktikum Folien werden auf unserer Seite zur Verfügung gestellt. (**www.immbio.hu**)
- **EINE ERINNERUNG FÜR SIE: Die auf unsere Website befindenden Vorlesung Folien sind zur vollständigen Aneignung des Lehrmaterials nicht geeignet, weil sie ohne die in den Vorlesungen vermittelten Erklärungen und Ergänzungen inkomplett sind. Zum vollständigen Verstehen des Lehrmaterials und zu der Preparation für die Semesterteste und Prüfung erwarten wir die active Teilnahme an den Vorlesungen, die zusätzliche Benutzung das Lehrbuch von Barbara Bröker et al.: Grundwissen Immunologie (5. Auflage, Springer), außerdem ist es auch erwartet, eigene Notizen zu machen.**

# Grundwissen Immunologie Taschenbuch – Barbara Bröker, Christine Schütt, Bernhard Fleischer



5. Auflage:

Taschenbuch

Erscheinungsdatum 08.10.2023

Springer Berlin

Deutsch

ISBN 978-3-662-66423-0

ISBN 978-3-662-58329-6

ISBN 978-3-662-58330-2 (eBook)

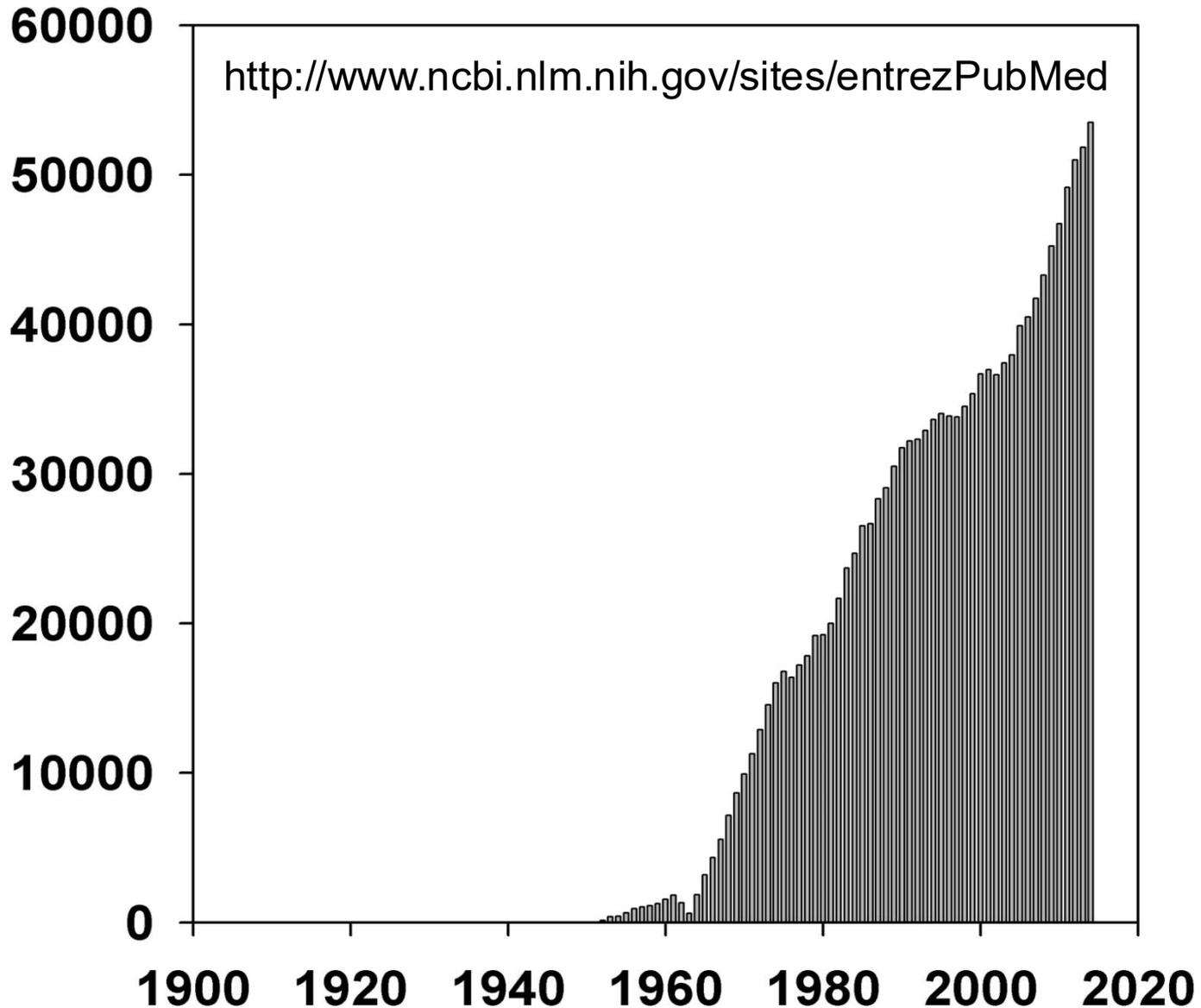
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-58330-2>



# IMMUNOLOGIE: junge Wissenschaft

- Analysiert die Mechanismen, die für **Selbst- und Nichtselbsterkennung** (1), die **Beseitigung der Eindringlinge** (2) und den Schutz des Körpers (3) verantwortlich sind.
- Querschnittsfach, d.h. sie spielt in allen klinischen Fachdisziplinen eine Rolle:
  - **Dermatologie**
  - **Neurologie**
  - **Mikrobiologie: -Impfprophylaxe**
  - **Hämatologie:- Stammzelltransplantation**
  - **Rheumatologie – Autoimmunität**
  - **Allergologie**

# Zahl der wissenschaftlichen Artikel in der Immunologie



# Fachgebiete der Immunologie

- **Infektionsimmunität**

Beschäftigt sich mit der Abwehr von Krankheitserregern (Pathogene)

Grundlegende **empirische Beobachtungen** an Überlebenden der großen Epidemien (Pest, Pocken, Cholera, usw.) in dem Mittelalter.

Entwicklung von **Impfstoffen**

**Neue Aspekte** und Herausforderungen erschienen Ende des XX. und Anfang der XXI Jahrhunderts:

- neue Virusinfektionen (HIV, Ebola, Grippe, COVID),
- mykotische Infektionen, bakterielle Infektionen (TB, Legionella),
- antibiotische Resistenz
- **Immunschwäche**

# Geschichte

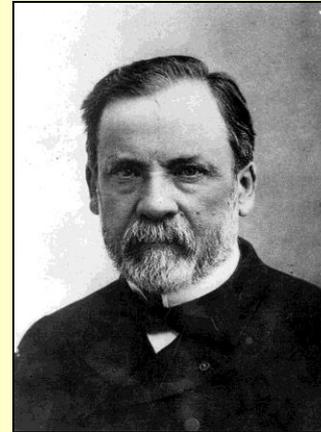
- Athen, 5. Jahrhundert v.Chr., Thukidites - **empirische Beobachtungen** – Pestüberlebende
- Alte chinesische Dokumente über die Pockenimmunität



**Edward Jenner**

(1749 – 1823)

Schutzimpfung gegen **Pocken**



**Louis Pasteur**

(1822-1895)

**Choleraimpfstoff**

Impfung gegen **Tollwut**

# Edward Jenner (1749 - 1823)

- Er war Arzt in Berkeley, Gloucestershire.
- Im Jahre **1796** führte er sein berühmtes Experiment an einem achtjährigen verwaisten Jungen durch. Jenner hat den Eiter, der von einem **Kuhpockenpustel** auf der Hand eines Milchmädchens genommen wurde, in einen Schnitt auf dem Arm des Jungen eingesetzt. Später infizierte er diesen Jungen mit dem Eiter von einem Pockenpatienten, und der Junge hat die tödliche Krankheit nicht bekommen.
- Dadurch zeigte er, dass der mit Kuhpocken geimpfte Knabe gegen Pocken immun war.
- Er reichte seine These dem Royal Society 1797 ein, aber es wurde nicht akzeptiert, weil seine Ideen zu revolutionär waren und mehr Beweise benötigten. Jenner wiederholte seine Experimente an anderen Kindern einschließlich an seinem eigenen Sohn. Im Jahre 1798 wurden die Ergebnisse schließlich veröffentlicht.
- Damals entstand das Wort „**Vaccination**“ (Impfung) vom lateinischen „vacca“ (Kuh).



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

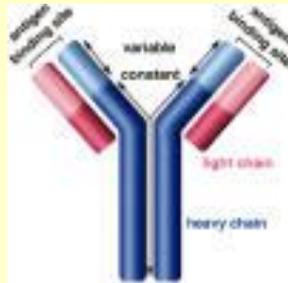


**Behring 1899-1917**

**Kitasato 1892-1931**

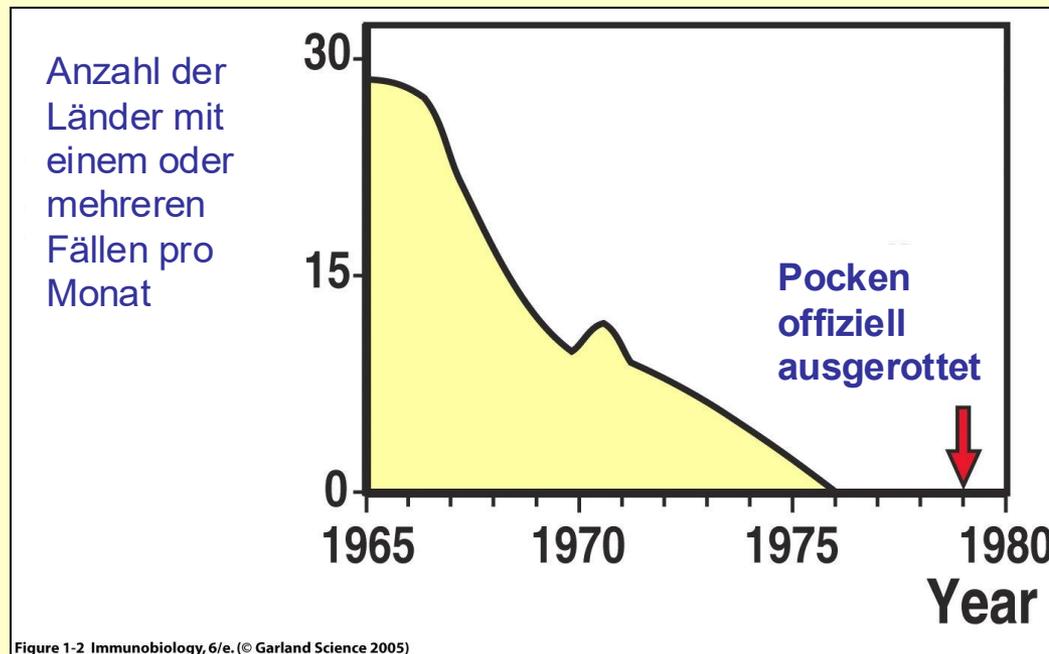


**1901 Nobelpreis**



**Antitoxine,  
Serotherapie  
Antikörper**

- Nach Impfung mit einem Antigen (Immunisierung) finden sich im Serum Antikörper → **Antiserum** → passive Immunisierung
- Solche Antikörpergabe bietet nur vorübergehender Schutz

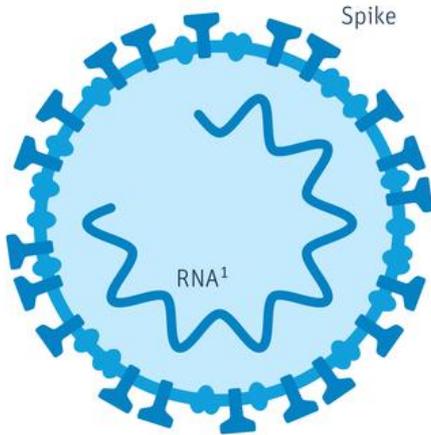


Obwohl Jenner mit seinem gewagten Experiment Erfolg hatte, vergingen fast zwei Jahrhunderte, bis die Schutzimpfung gegen Pocken überall auf der Welt eingeführt war.

1979 gab die Weltgesundheitsorganisation (WHO) schließlich bekannt, die Pocken seien ausgerottet, was zweifellos den größten Triumph der modernen Medizin darstellt.

# Die gängigsten Impfstofftypen gegen COVID-19

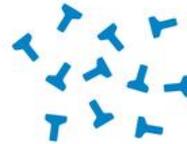
## Das Virus SARS-CoV-2



¹ mit 11 Genen (ca. 29.900 Nukleotide)

## Virusbestandteile im Impfstoff

Totimpfstoff  
mit Virusprotein



Vektorviren-  
Impfstoff

² ein SARS-CoV-2-Gen eingefügt

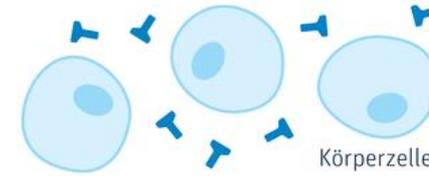


mRNA-Impfstoff

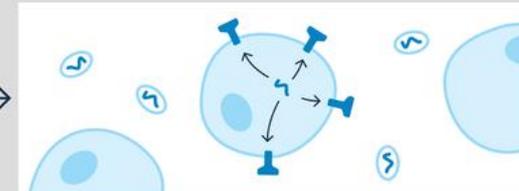
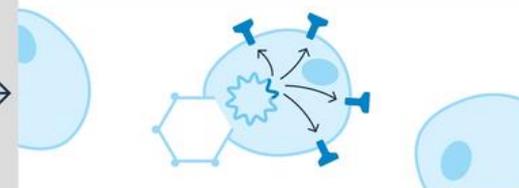
³ mRNA für das Spike-Protein,  
von Lipiden umhüllt



## Nach der Impfung im Körper



Körperzelle



Immun-  
Antwort

Quelle: vfa

# Die neue Impfstoffe: SARS-CoV2 mRNA

## 2023 Nobel Prize

Katalin Kariko and Drew Weissman were awarded the 2023 Nobel Prize in Physiology or Medicine for their discoveries that gave the world a vaccine to fight the COVID-19 pandemic



Katalin Kariko



Drew Weissman



# Fachgebiete der Immunologie

- **Tumorimmunität**

Die Forschung der Tumoren seit mehr als ein Jahrhundert hat die allgemeine Tumorthherapie nicht lösen, ABER

die Entdeckung **des Haupthistokompatibilitätssystems** (HLA oder MHC) initiierte die Entwicklung der modernen Immunologie

## **Neue gezielte Immuntherapien der Tumoren**

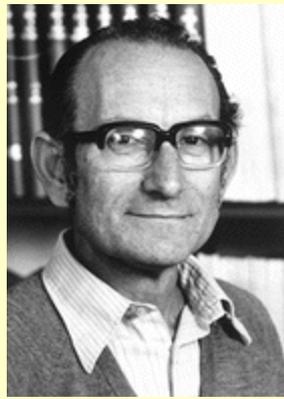
die Entdeckung **von Immunregulation, immunsuppression** → **regulatorische T- und B-Zellen**

→ **Checkpoint-Inhibitoren**

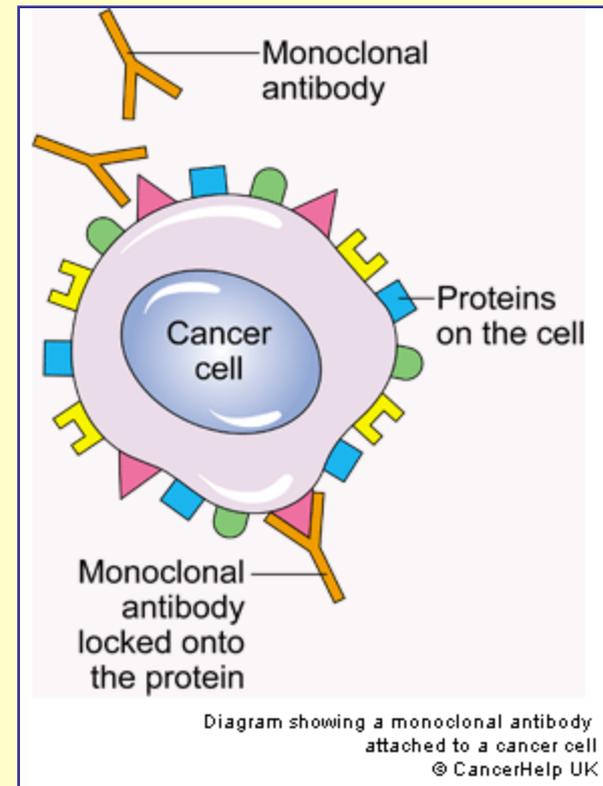
Nobelpreis 1984

**G. Köhler (1946-1995)**

**C. Milstein (1927- )**



## Monoklonale Antikörper



# Fachgebiete der Immunologie

- **Transplantation Immunität**

Die ersten Tierexperimente mit Tumortransplantation erklärten den genetischen Hintergrund der Transplantationsablehnung und die Wechselbeziehung zwischen den **Blutgruppen** und der **Gewebetoleranz** (Gorer, 1927).

Ein neues immunologisches Konzept entwickelte sich in der Biologie und der Medizin: das Immunsystem ist für die **Differenzierung zwischen körpereigenen- und fremden Strukturen** verantwortlich.

Das Abwehrsystem muss auch körpereigene funktionslose oder tote Zellen beseitigen, entstehende Tumorzellen unschädlich machen.

**Heute:** Toleranzinduktion nach Organtransplantationen

→ **Immunsuppression**

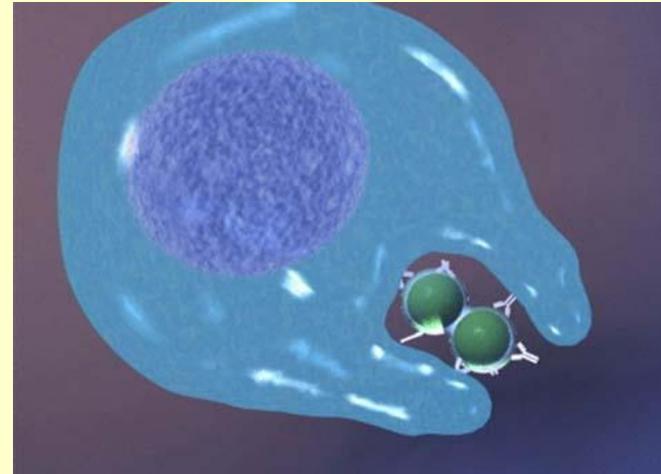
# Aktuelle Forschungsthemen der Immunologie

- **Zelluläre und molekulare Immunität**
  - T und B-Zell Untergruppen, Funktionen
  - TcR, BcR, MHC, Zytokine, Immunglobuline
  - Autoimmunität  $\leftrightarrow$  Toleranz Induktion
  
- **Immunologische Biotechnologie**
  - Notwendig bei der individuellen Diagnose und der Behandlung  $\rightarrow$  monoklonale Antikörper Therapie
  - Neue labordiagnostische Methoden und Verfahren

# 1908 Nobelpreis

Mechnikow

1845-1916



Phagozytose



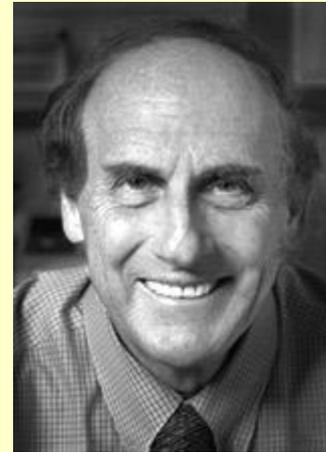
# Nobelpreis 2011



Bruce A. Beutler



Jules A. Hoffmann



Ralph M. Steinman

Für **Toll-like Rezeptoren** und

**Dendritische-Zellen**

The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2011 was divided, one half jointly to Bruce A. Beutler and Jules A. Hoffmann *"for their discoveries concerning the activation of innate immunity"* and the other half to Ralph M. Steinman *"for his discovery of the dendritic cell and its role in adaptive immunity"*.

# Aufbau des Immunsystems

# Die Bestandteile des Immunsystems

- Organe
  - Zellen
  - Moleküle
- **Funktionen**

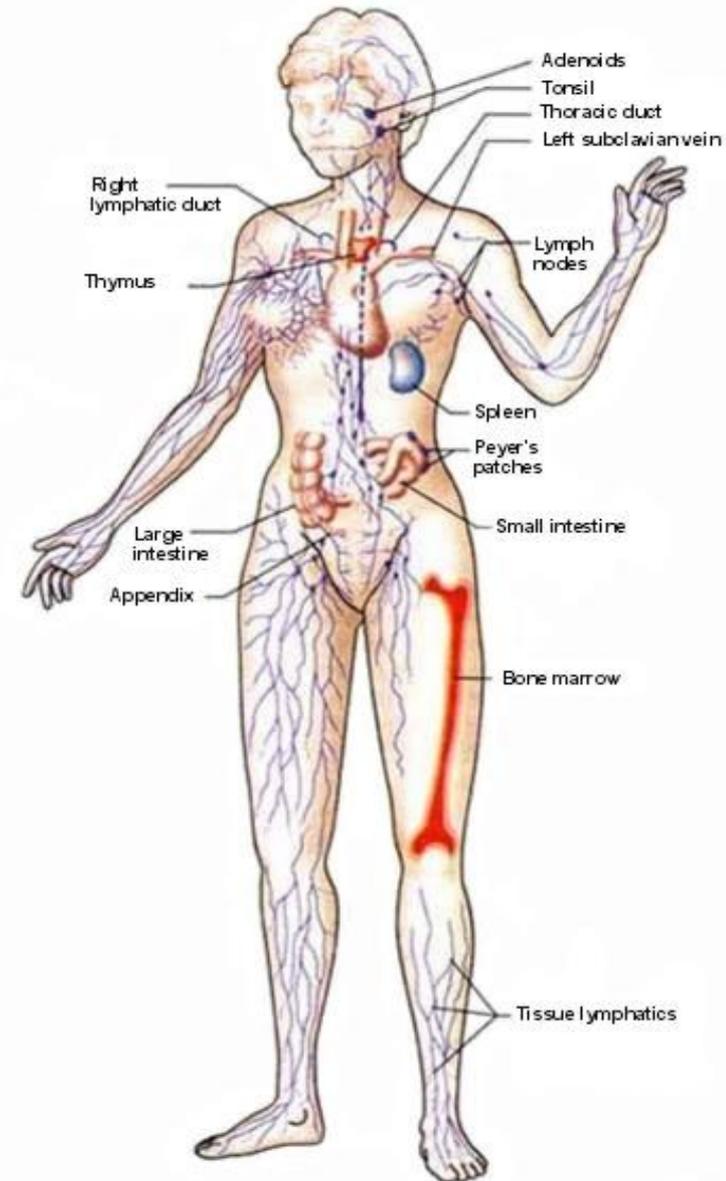
strukturelles und funktionales Netzwerk

# Merkmale des Immunsystems

- **Komplexes** System, aus verschiedenen Arten von unbeweglichen und beweglichen Zellen und Molekülen, verteilt über den gesamten Körper (2-3kg)
- **Dynamisch**: - Zellteilung und Zelltod, Veränderungen durch Differenzierung, Umbau der Organe durch Ein- und Auswanderung von Zellen
- Wird durch den Eintritt fremder Substanzen (**Antigene**) in den Wirtsorganismus stimuliert (**Aktivierung**)
- Seine Funktion besteht in der **Beseitigung** dieser Substanzen

# Was gehört zum Immunsystem?

- Mit einer Masse von **2-3 kg** gehört das Immunsystem zu den großen Organen
- Die Immunzellen und Gewebe sind im gesamten Organismus verteilt
- Komplex wie das Nervensystem



# Funktion

- Zentrale Funktion ist die **Erkennung der eigenen und fremden Moleküle:**
  - den Körper vor infektiösen (Viren, Bakterien und Parasiten) und neoplastischen (Tumoren) Gefahren zu schützen
  - die fremden Moleküle beseitigen
  - TOLERANZ gegen eigene Strukturen

# Arten von Immunsystemen

Im Laufe der Evolution haben sich **drei Arten** von Immunsystemen zur Bekämpfung der infektiösen Agenzien herausgebildet:

- **Angeborene (nichtspezifische) Immunität**: uraltes Abwehrsystem während der Evolution, nicht antigenspezifisch, (schon bei wirbellose Tiere - Invertebraten).
- **Erworbene oder adaptive (spezifische) Immunität**: Neudifferenziertes Abwehrsystem, antigenspezifisch, immunologisches Gedächtnis, typisch für Wirbeltiere (Vertebraten) inklusive des Menschen.
- **Natürliche Immunität**: Übergang zwischen den angeborenen und adaptiven Systemen

In höheren Organismen (wie z.B. der Mensch) wirken die oben genannten Systeme in einer engen **Zusammenarbeit** und **Ergänzung** zusammen.

# Die Zellen des Immunsystems



## Angeborenes:

- Granulozyten (Neutrophile, Eosinophile, Basophile)
- Mastzellen
- Monozyten, Makrophagen
- Dendritische Zellen
- Follikuläre dendritische Zellen (FDC)
- NK-Zellen

## Natürliches:

- NKT Zellen,  $\gamma\delta$ T-Zellen
- B1-Zellen

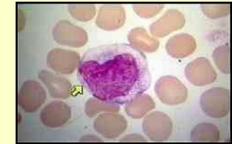
## Adaptives (Spezielles):

- B2-Lymphozyten  
→ Plasma- Zellen
- T-Lymphozyten:  
helfer T-Zellen - Th,  
zytotoxische T-Zellen - Tc  
Regulatorische T-Zellen - Treg

# Funktionelle Aufteilung der Zellen des Immunsystems

## 1. Antigenpräsentierende Zellen: = APC

„professionell“ – dendritische Zellen (DC), Makrophagen, B-Zellen  
“transitorisch“ – aktivierte Endothelzellen

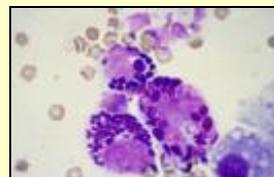
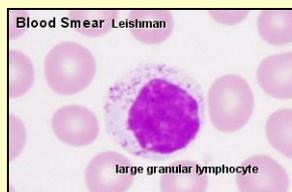
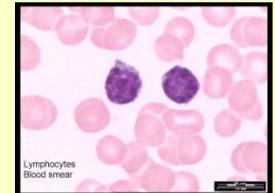


## 2. Antigen-erkennende Zellen: T- und B-Lymphozyten mit antigenspezifischen Rezeptoren

## 3. Effektorzellen:

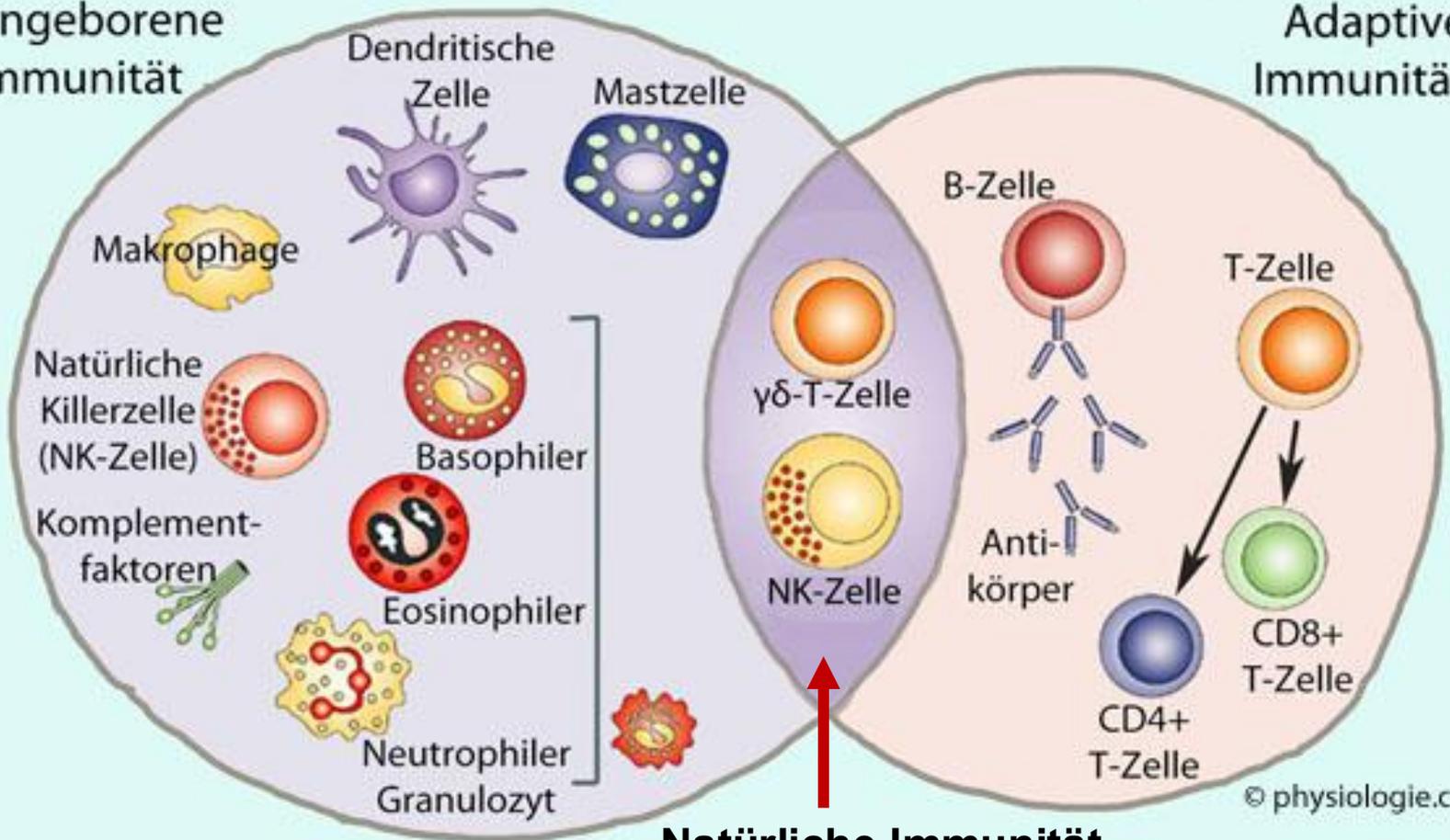
Spezifische: T-zytotoxische- und Helfer T-Zellen, Plasmazellen

Angeborene: NK-Zellen (LGL), Granulozyten, Mastzellen, Monozyten /Makrophagen

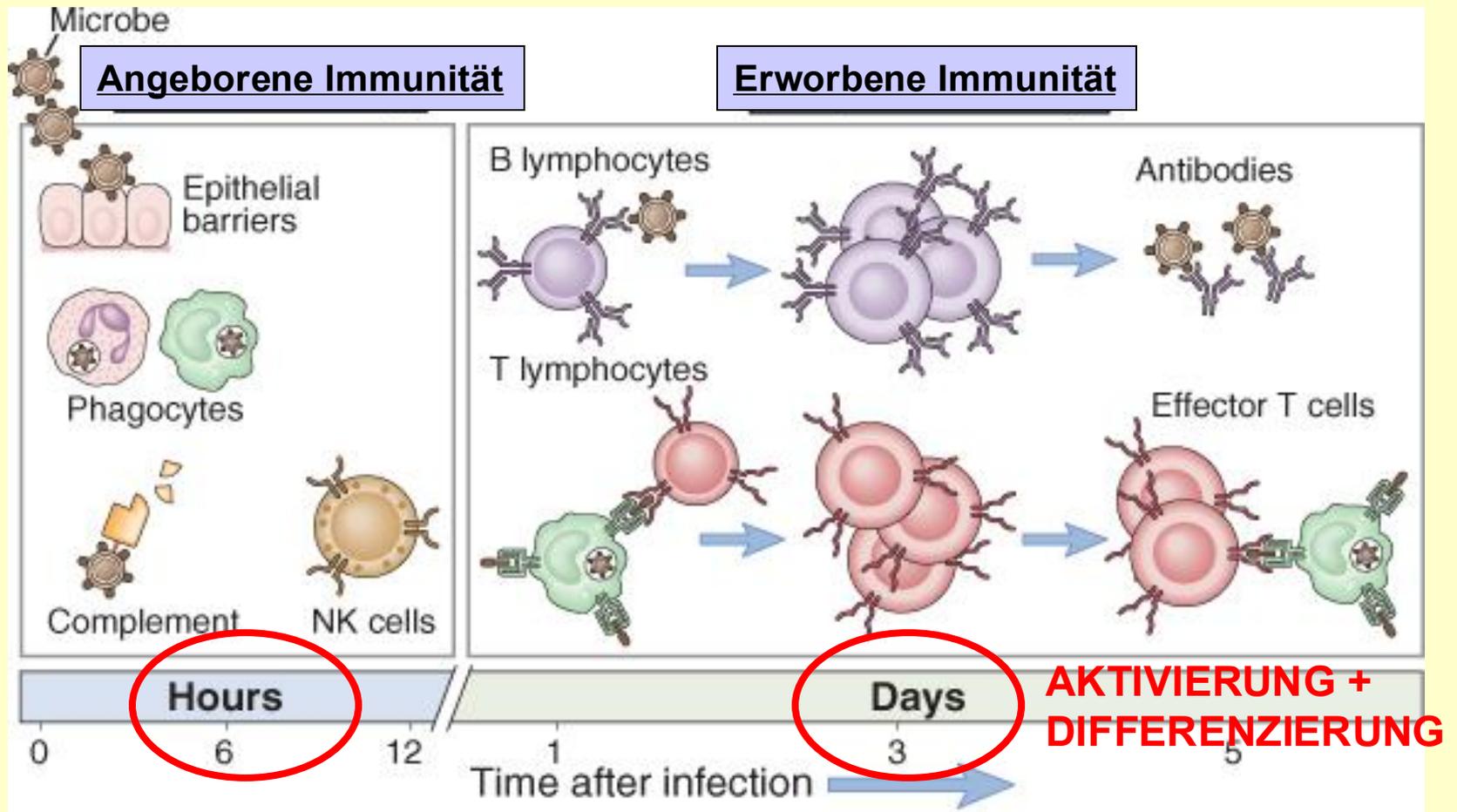


Rasche Reaktion:  
Angeborene  
Immunität

Langsame Reaktion:  
Adaptive  
Immunität



# Kinetik der angeborenen und erworbenen Immunität



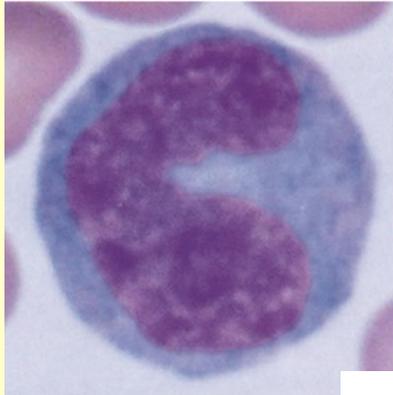
© Elsevier 2005. Abbas & Lichtman: Cellular and Molecular Immunology 5e www.studentconsult.com

**Sofortige Reaktion**

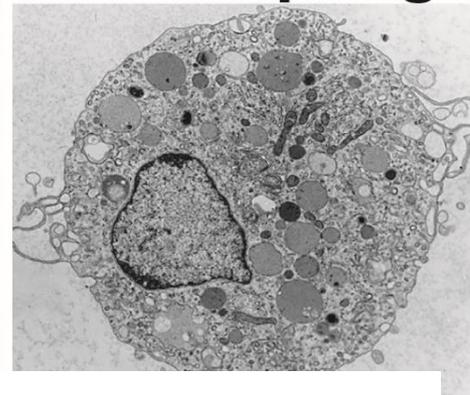
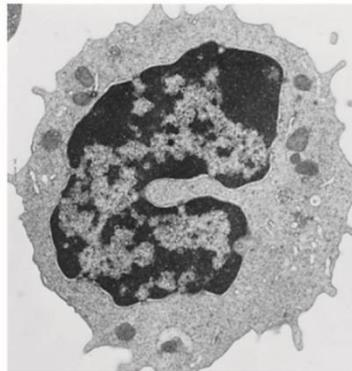
**verzögerte Reaktion**

# Antigenpräsentierende Zellen: = APC

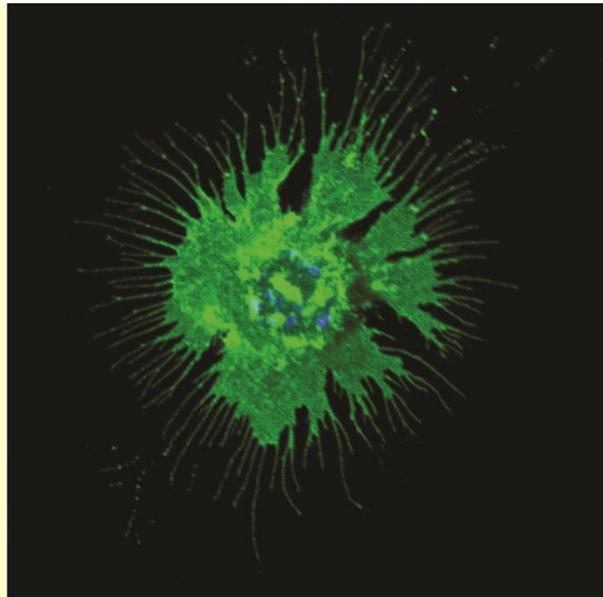
**Blood Monocytes**



**Activated tissue macrophage**



**dendritische Zelle (DC)**



# Angeborene Immunität

# Erworbene Immunität

## Molekulare Komponenten

Komplementfaktoren und ihre Rezeptoren

Hitze-Schockproteine

Fc-Rezeptoren, TLR

entzündliche Zytokine, Histamine

## Zelluläre Komponenten

Granulozyten

Monozyten / Makrophagen,

dendritische Zellen (DC),

NK-Zellen

## Funktionseigenschaften

nicht antigenspezifisch

kein immunologisches Gedächtnis

schnelle Reaktion

ist aktiv unabhängig vom Erreger

lineare Verstärkung der Reaktion

## Molekulare Komponenten

Antikörper (Immunglobuline)

MHC (HLA)

T-Zell-und B-Zell-Rezeptoren

lymphatische Zytokine

## Zelluläre Komponenten

Lymphozyten:

B-Zellen. Plasmazellen

Th, Tc, Treg Zellen

## Funktionseigenschaften

antigenspezifisch

immunologisches Gedächtnis

aktiviert nach einer Latenzperiode

exponentiale Verstärkung der Reaktion

## Aktivierung der angeborenen Immunität

**ERKENNUNG**

(Molekuläre Muster)



**SIGNAL**



**ANTWORT**

## Aktivierung der erworbenen Immunität

**ERKENNUNG**

(Antigen)



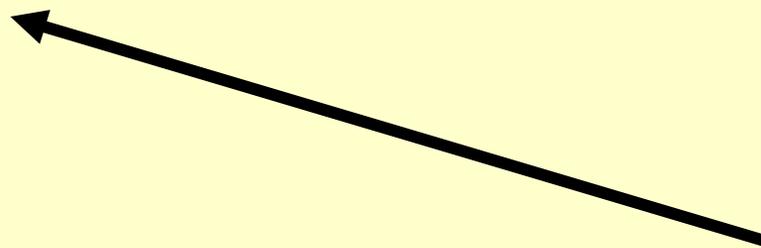
**SIGNAL**



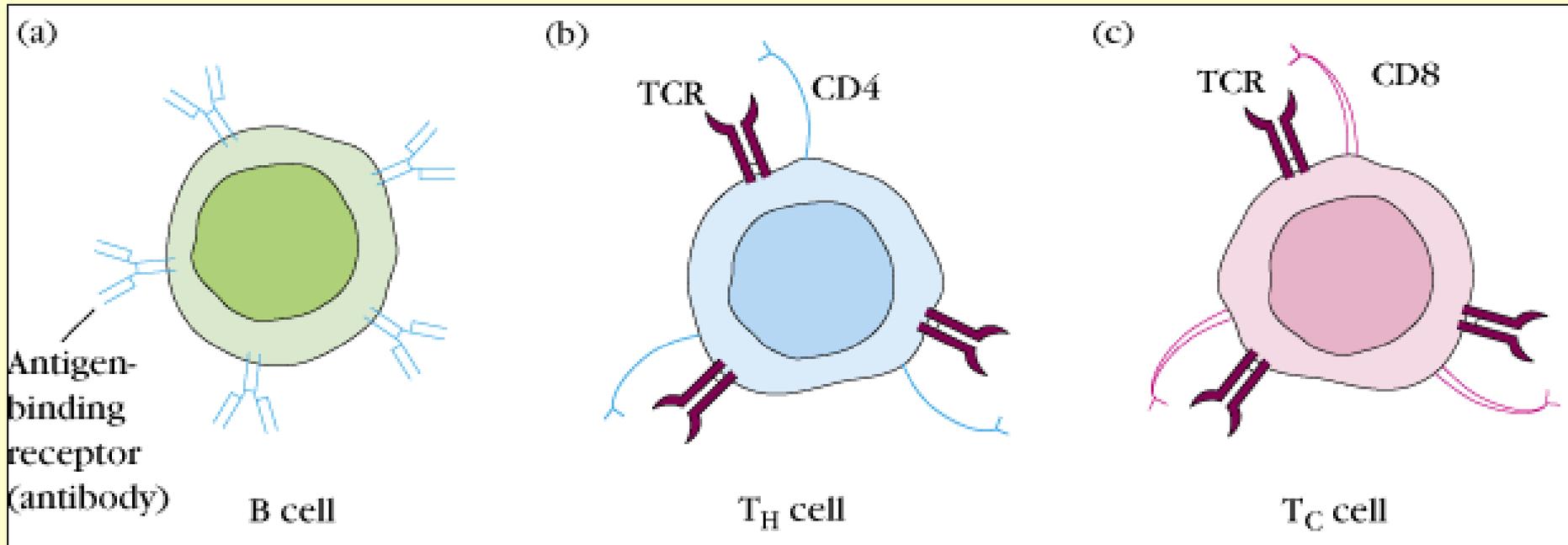
**AKTIVIERUNG +  
DIFFERENZIERUNG**



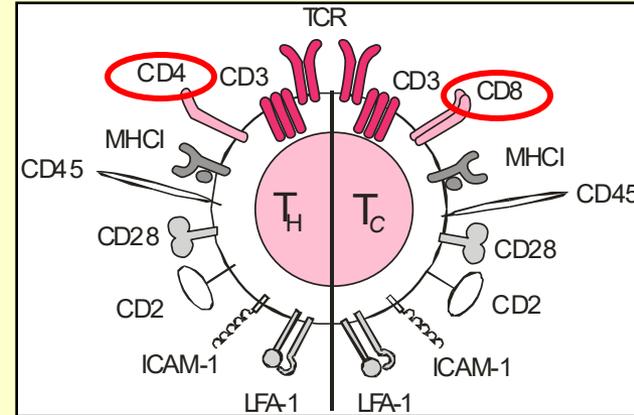
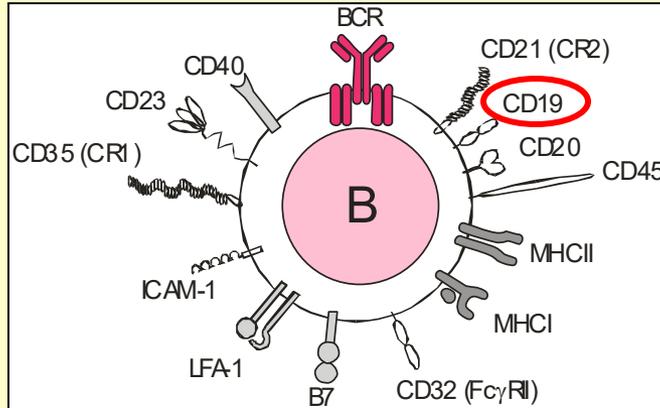
**ANTWORT  
(EFFEKTORFUNKTIONEN  
+ GEDÄCHTNIS)**



# Die Zellen des adaptives Immunsystems: Lymphozyten



# CD Markers der Lymphozyten: „Differenzierungscluster“

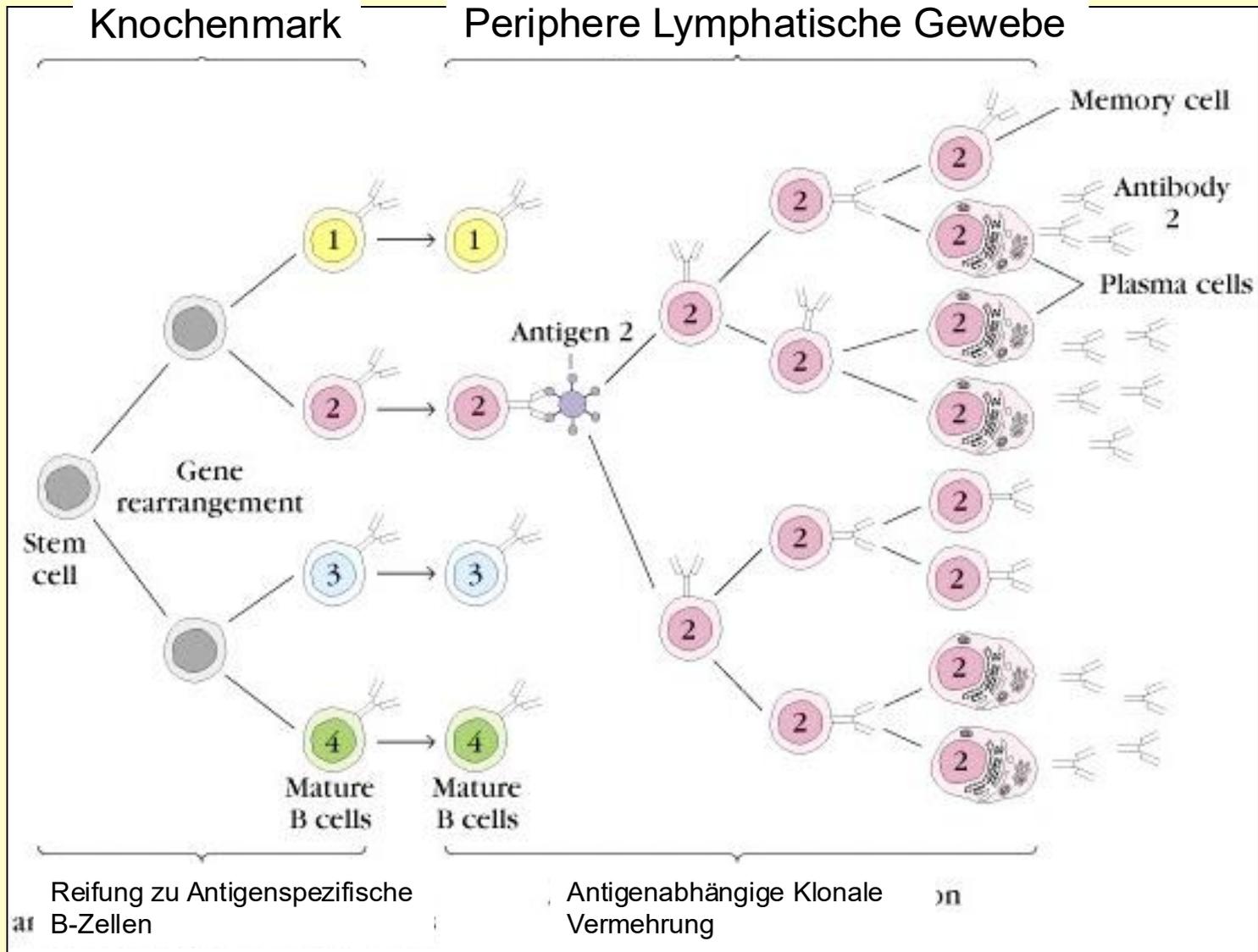


Zellgruppen können auf Grund des selben Zelloberflächenmoleküls „CD“-s differenziert werden.

Diese Moleküle werden mit den Buchstaben „CD“ und einer Zahl beschrieben, zum Beispiel CD1 oder CD2.

Die Anzahl der CD-Antigene ist heute mehr als 370. Die Liste der wichtigsten CD-Antigene findet sich in Handbüchern.

# Lymphozytendifferenzierung



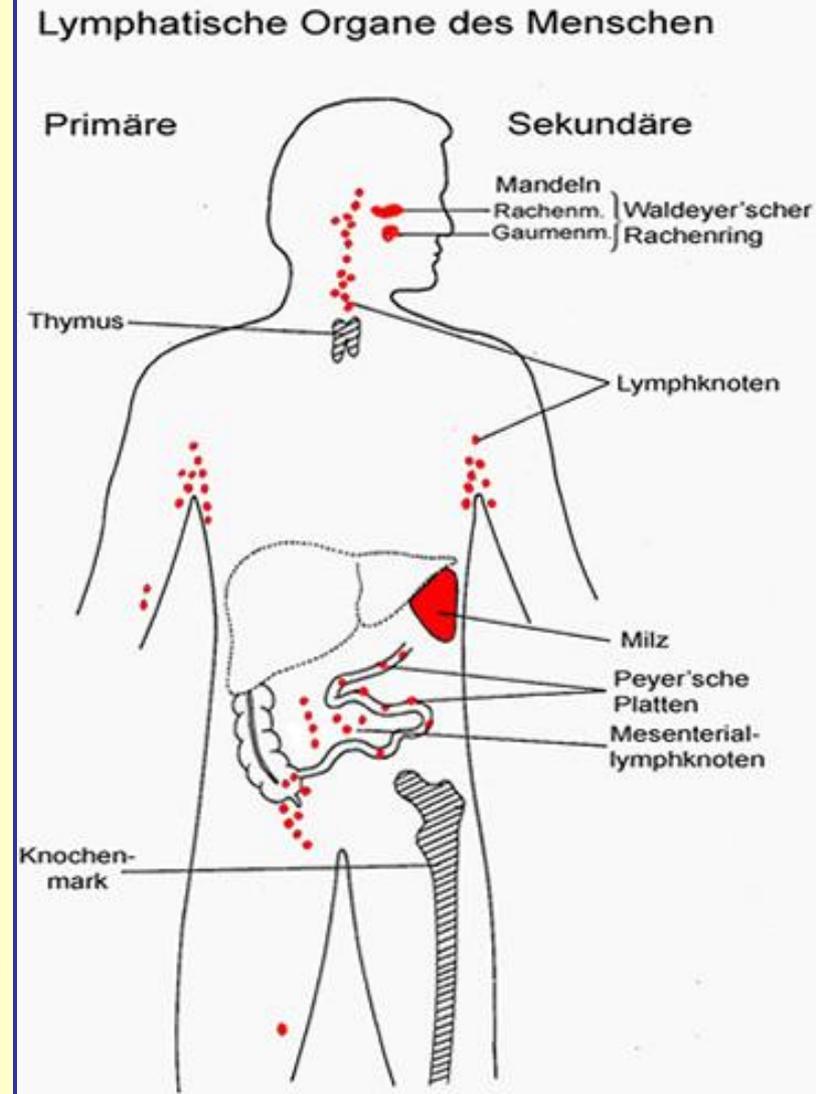
# Organe des Immunsystems

## Primäre (zentrale)

## Sekundäre (periphere)

- Knochenmark
- Thymus
- (Embryonale Leber)

- Lymphknoten
- Milz
- **MALT** (mucosaassoziierte lymphatische Gewebe)
- **SALT** (hautassoziierte lymphatische Gewebe)



# Kahoot!!!

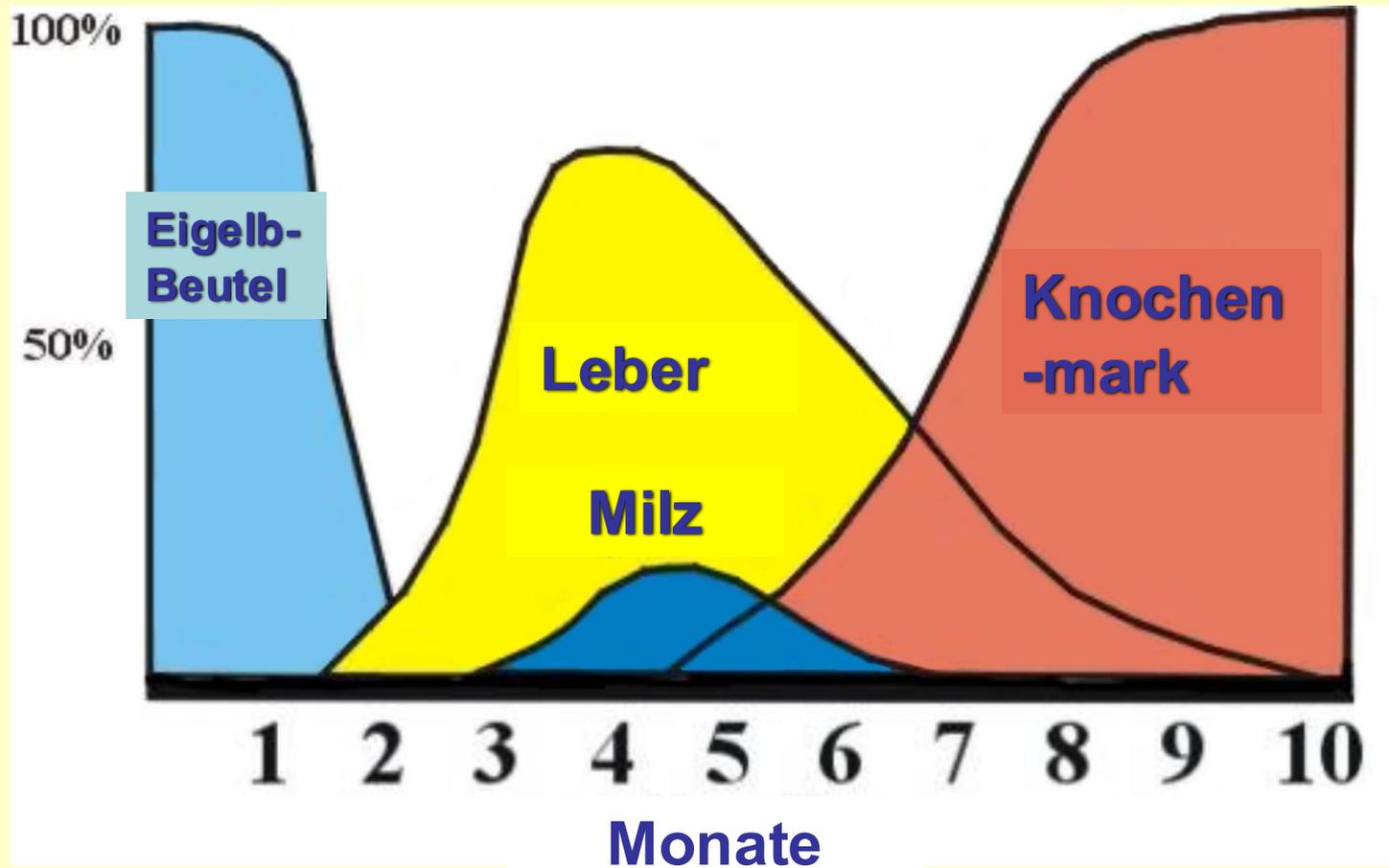
<https://create.kahoot.it/share/vorlesung-1-2-witzig-grundlagen-der-immunologie/a4f48615-86d6-48e5-912b-02352620410f>

# Primäre lymphatische Organe

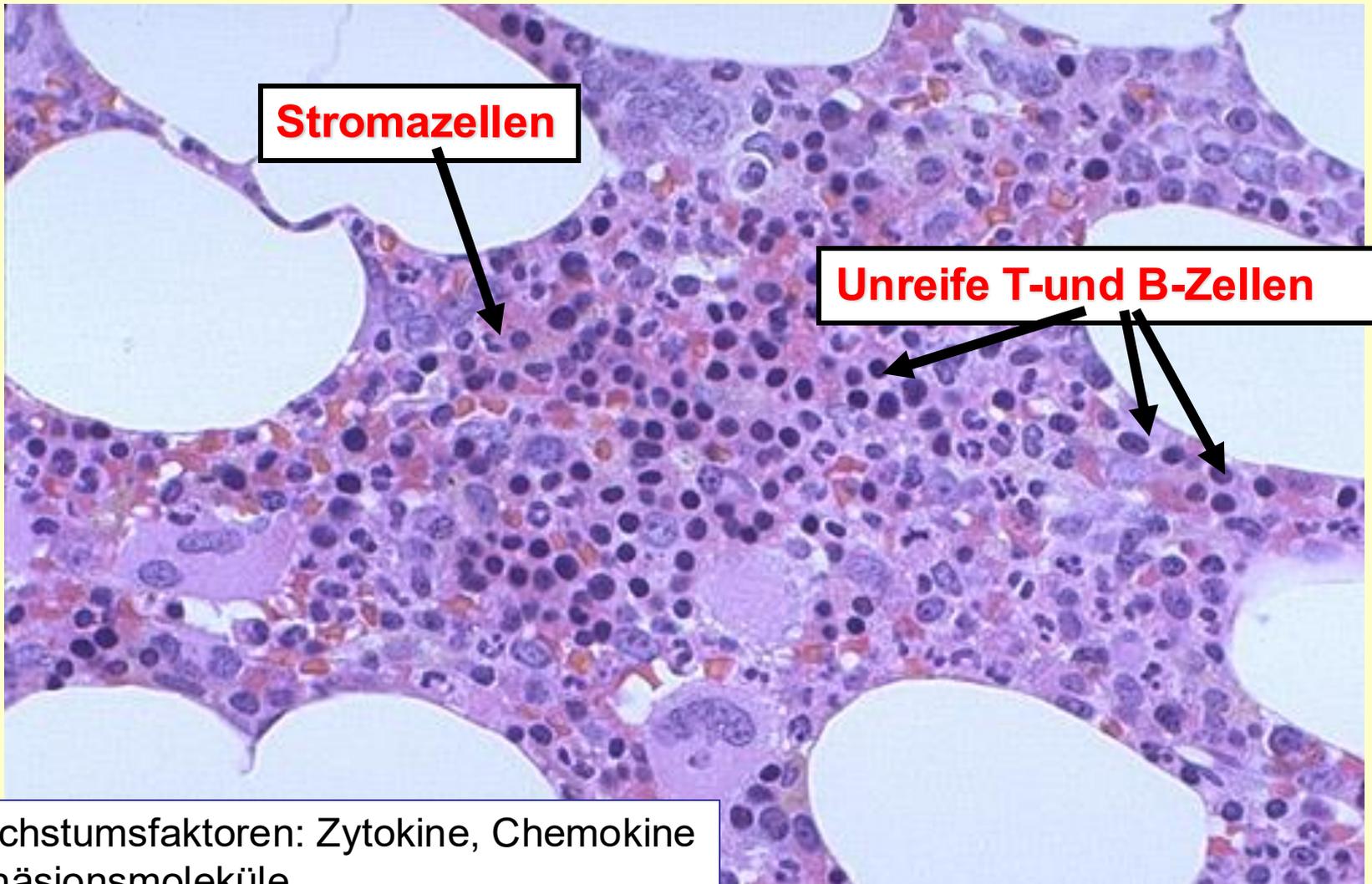
Knochenmark

Thymus

# Hämatopoese im embryonalen Leben



# Knochenmark (HE)



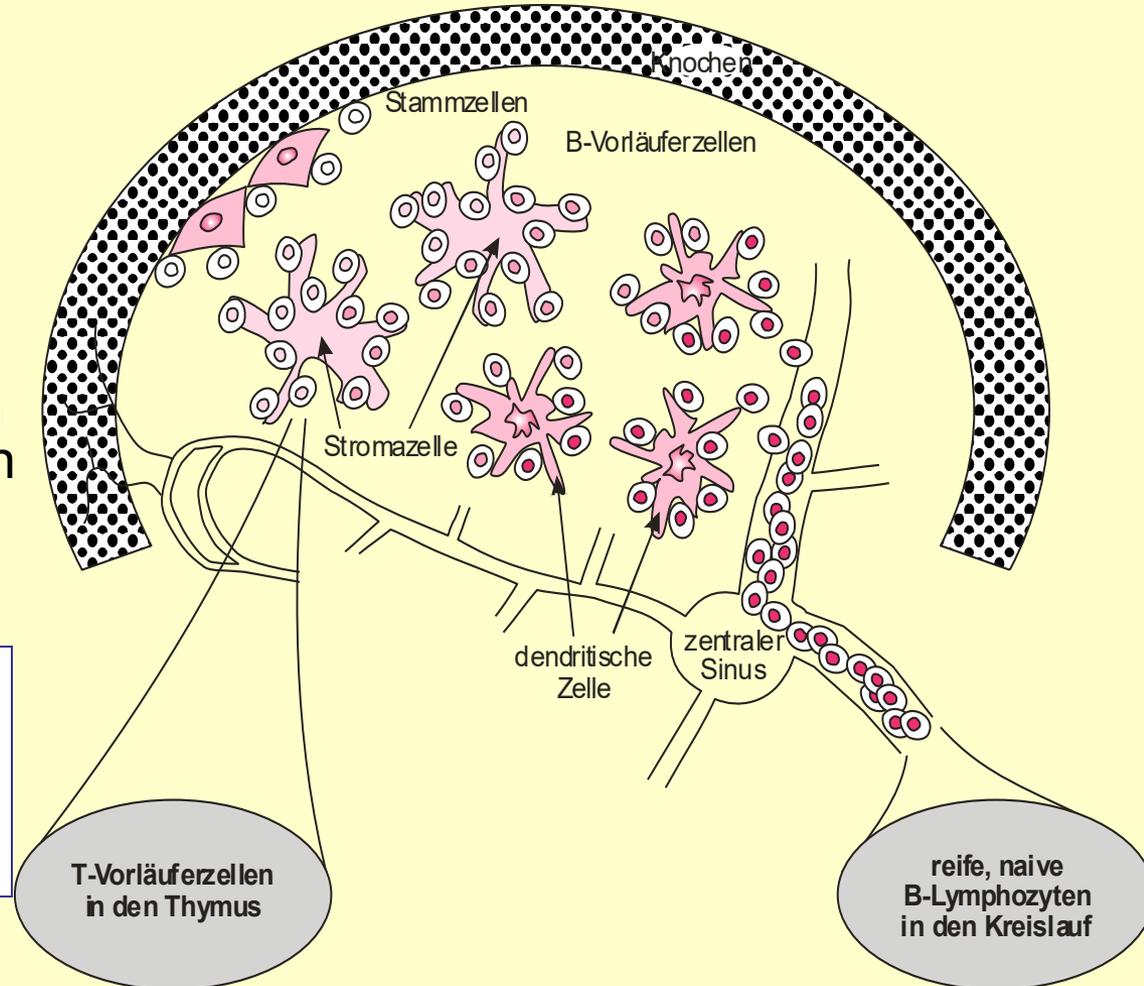
Wachstumsfaktoren: Zytokine, Chemokine  
Adhäsionsmoleküle

# Die Entwicklung der Lymphozyten im Knochenmark

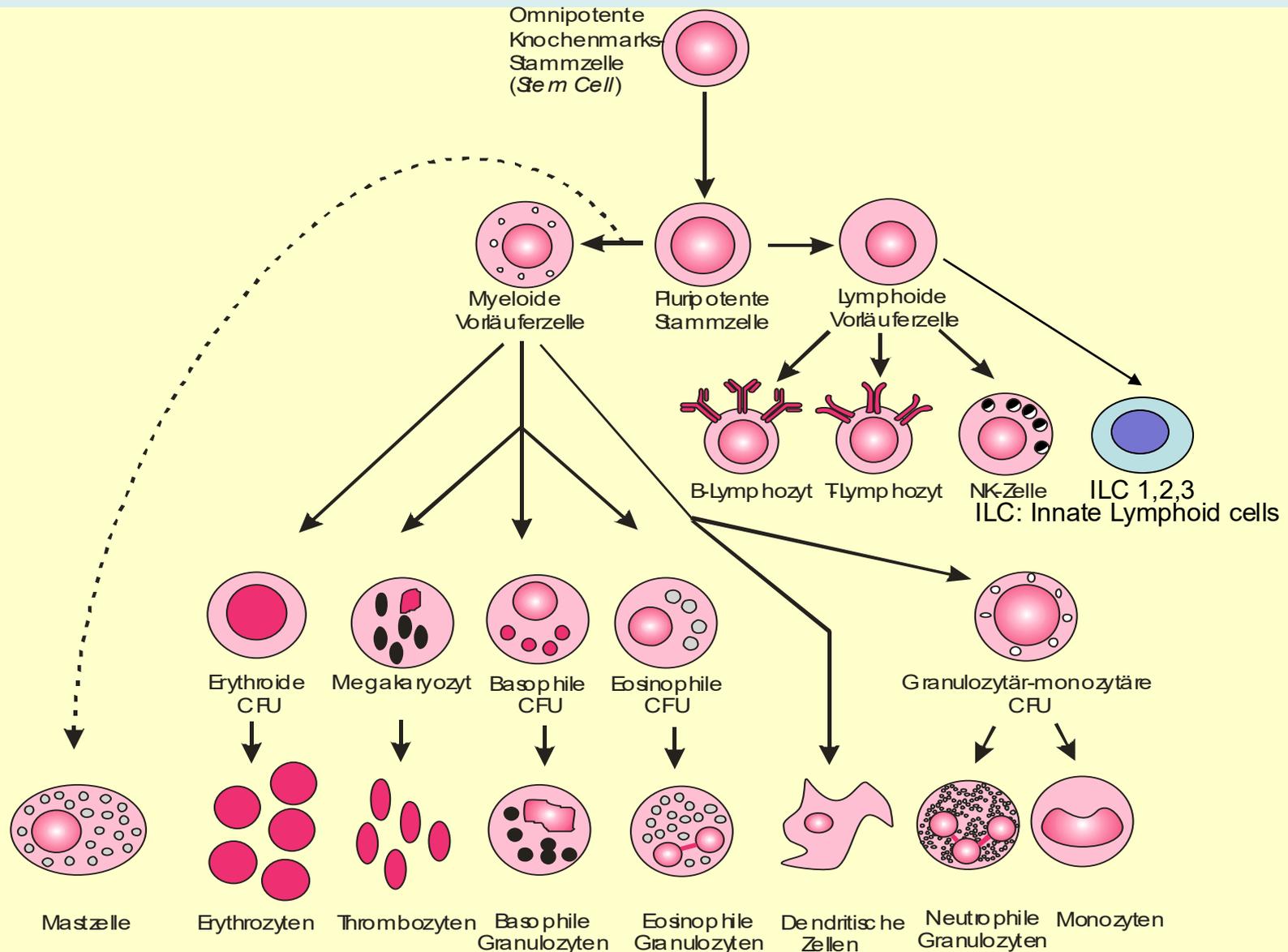
Reife, naive B-Zellen, und T-Vorläuferzellen stammen aus dem Knochenmark

Die T-Vorläuferzellen wandern sich dann im Thymus um ihren Reifung dort zu beenden

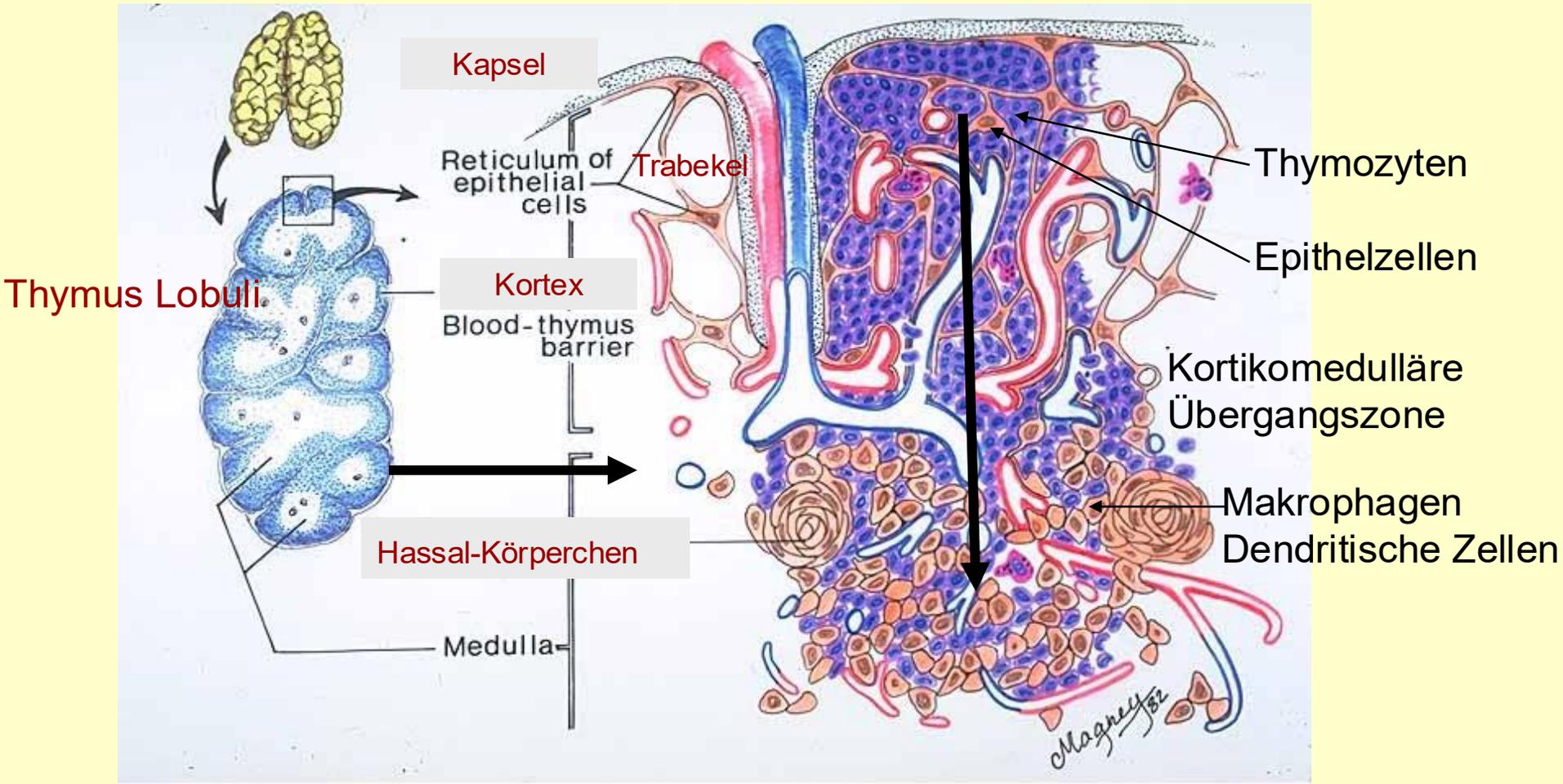
**Stromazelle:**  
Wachstumsfaktoren: Zytokine,  
Chemokine  
Adhäsionsmoleküle



# Stammbaum der Zellen des Immunsystems



# Struktureller Aufbau des Thymus



# Periphere (sekundäre) lymphatische Organe

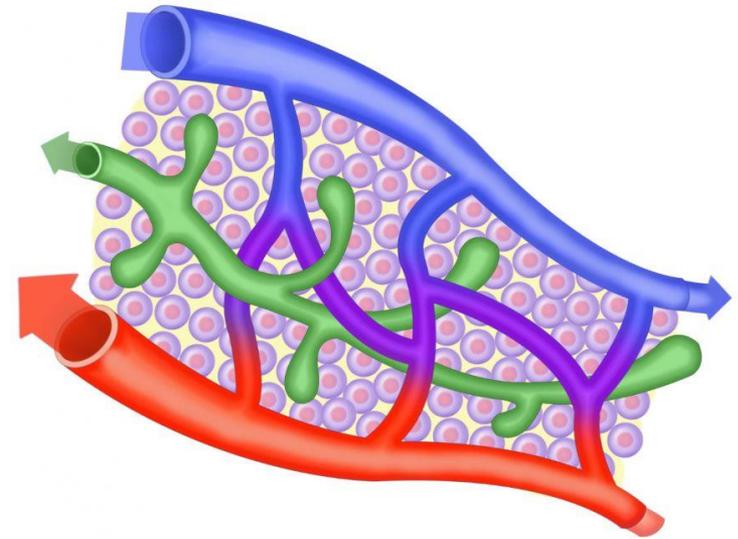
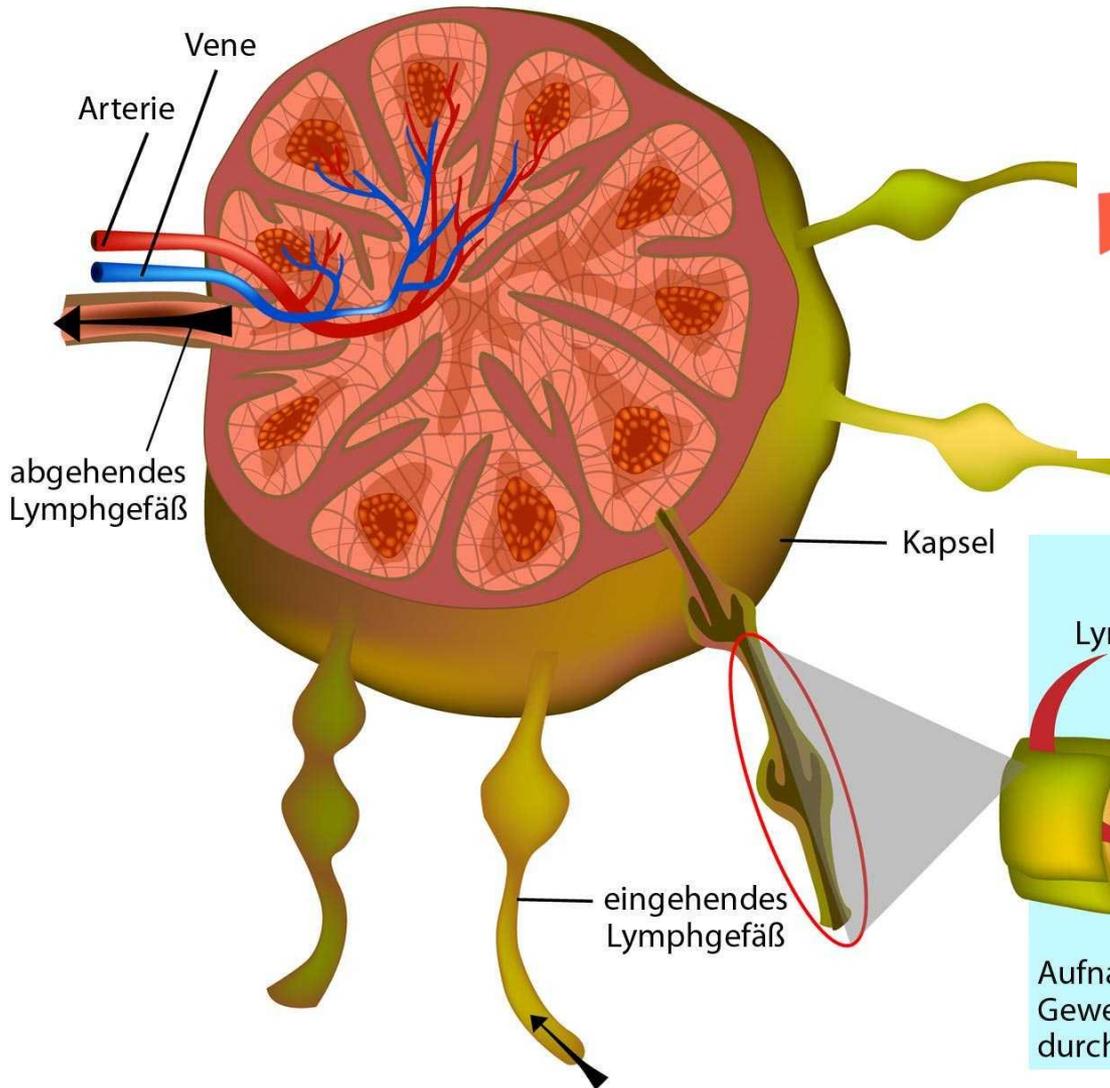
Lymphknoten

Milz

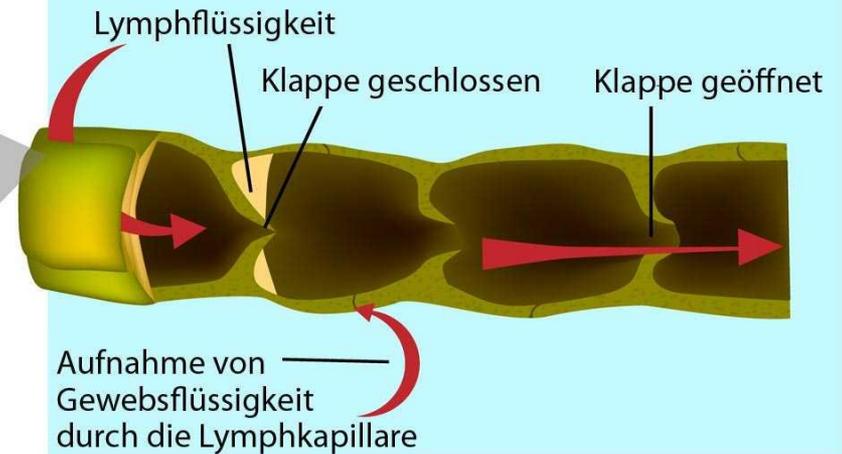
MALT, SALT

# DAS LYMPHSYSTEM

## Lymphknoten



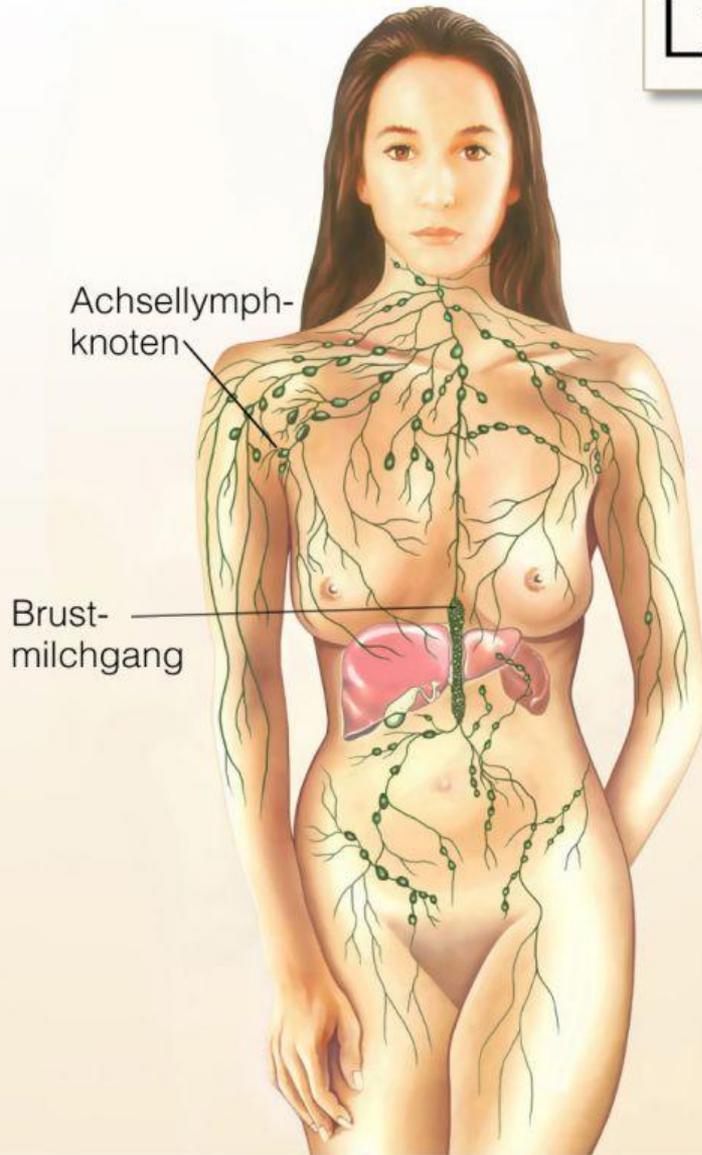
## Lymphgefäß



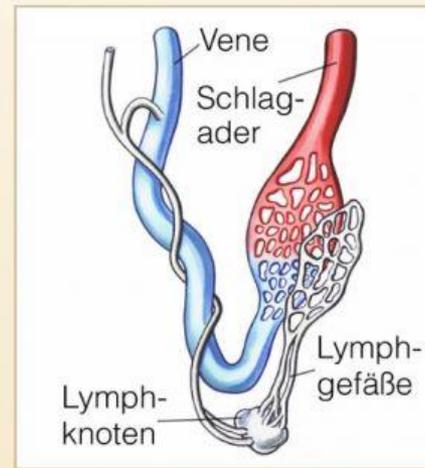
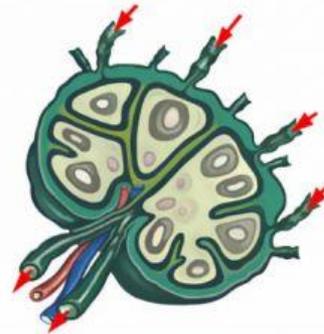
# Das Lymphsystem

- Das **Lymphsystem** ist ein wichtiger Bestandteil des Immunsystems.
- Das fein verästelte Netzwerk verläuft wie ein Kanalsystem parallel zu den Blutgefäßen.
- Es transportiert überschüssige Stoffe ab und filtert zugleich Krankheitserreger und Fremdpartikel aus.
- Deswegen schwellen bei manchen Erkrankungen auch die Lymphknoten an.
- Tatsächlich ist Lymphe eine wässrige, gelblich gefärbte Substanz. Sie durchfließt in meterlangen, feinsten Kanälchen den ganzen Körper.
- **Lymphe** entsteht aus nährstoffreichem Blutplasma. Beim Übergang aus den arteriellen in die venösen Blutgefäße verbleiben etwa 10 Prozent des Blutplasmas in den Zellzwischenräumen. Das sind immerhin etwa zwei Liter pro Tag. Diese Überreste bezeichnet man als **Gewebsflüssigkeit**.

# Lymphsystem

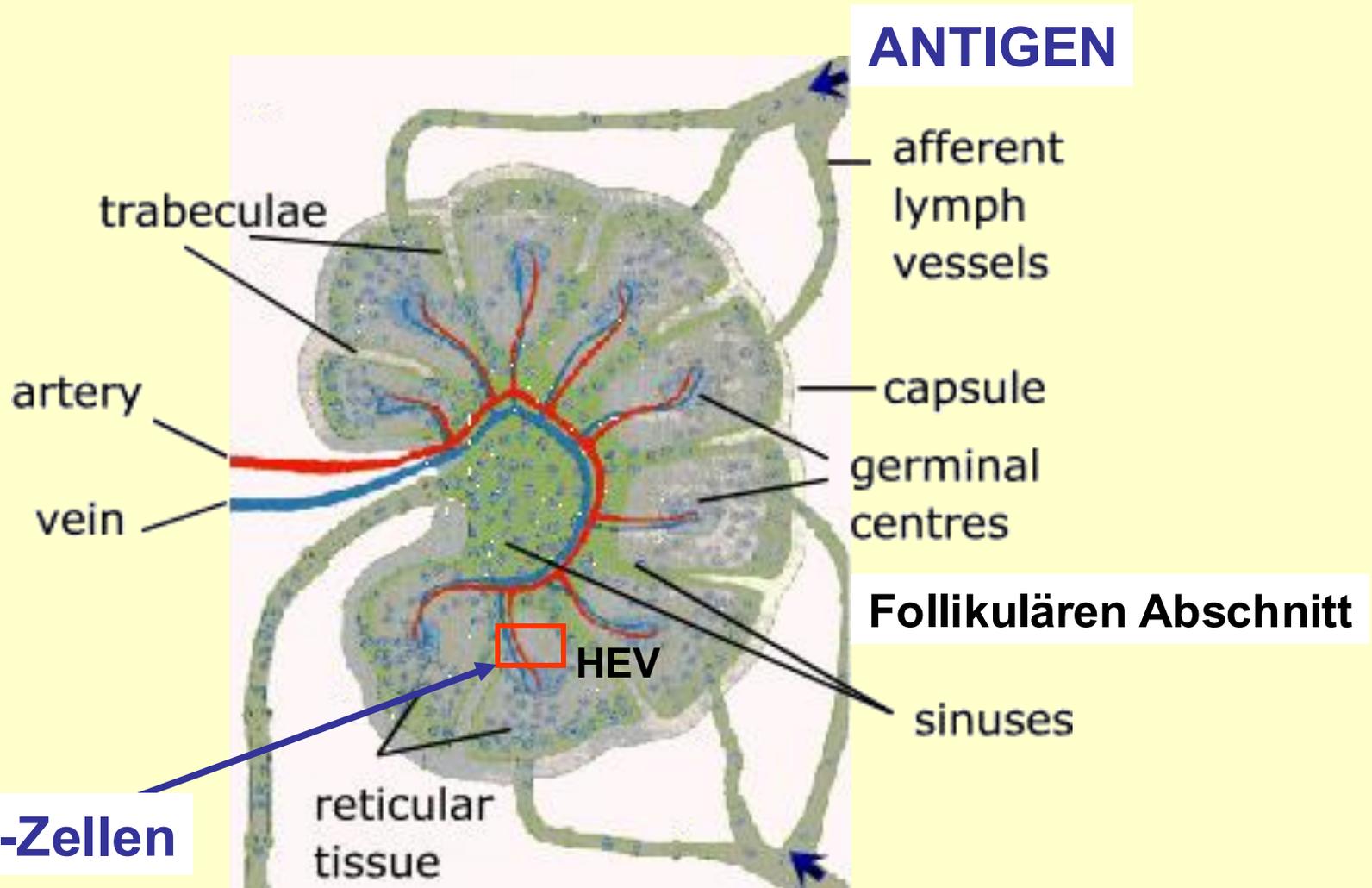


## Lymphknoten



*Bei Brustkrebs schwellen die Lymphknoten in den Achselhöhlen an (sogenannte Wächterlymphknoten) © Henrie | AdobeStock*

# Antigen gelangt Lymphknoten mit Lymphe



**ANTIGEN**

afferent lymph vessels

trabeculae

artery

vein

capsule

germinal centres

**Folikulären Abschnitt**

HEV

sinuses

**T und B-Zellen**

reticular tissue

**Parafolikulären Abschnitt**

# Der Lymphknoten

## Der Kortex:

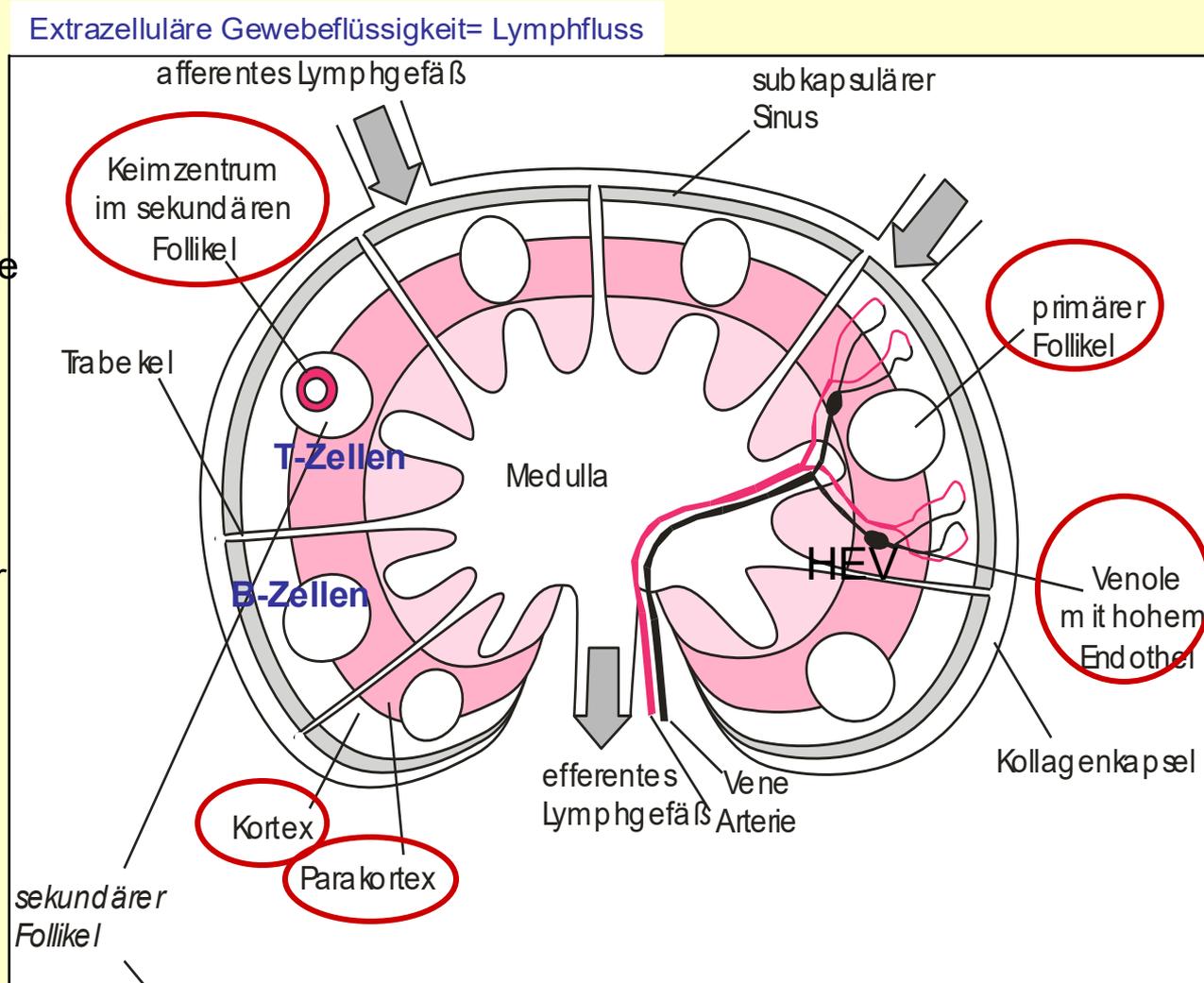
In den **primären Follikeln** sind hauptsächlich B-Zellen und Makrophagen lokalisiert. In den **sekundären Follikeln** findet die Proliferation der **aktivierten B-Zellen** statt.

## Der Parakortex:

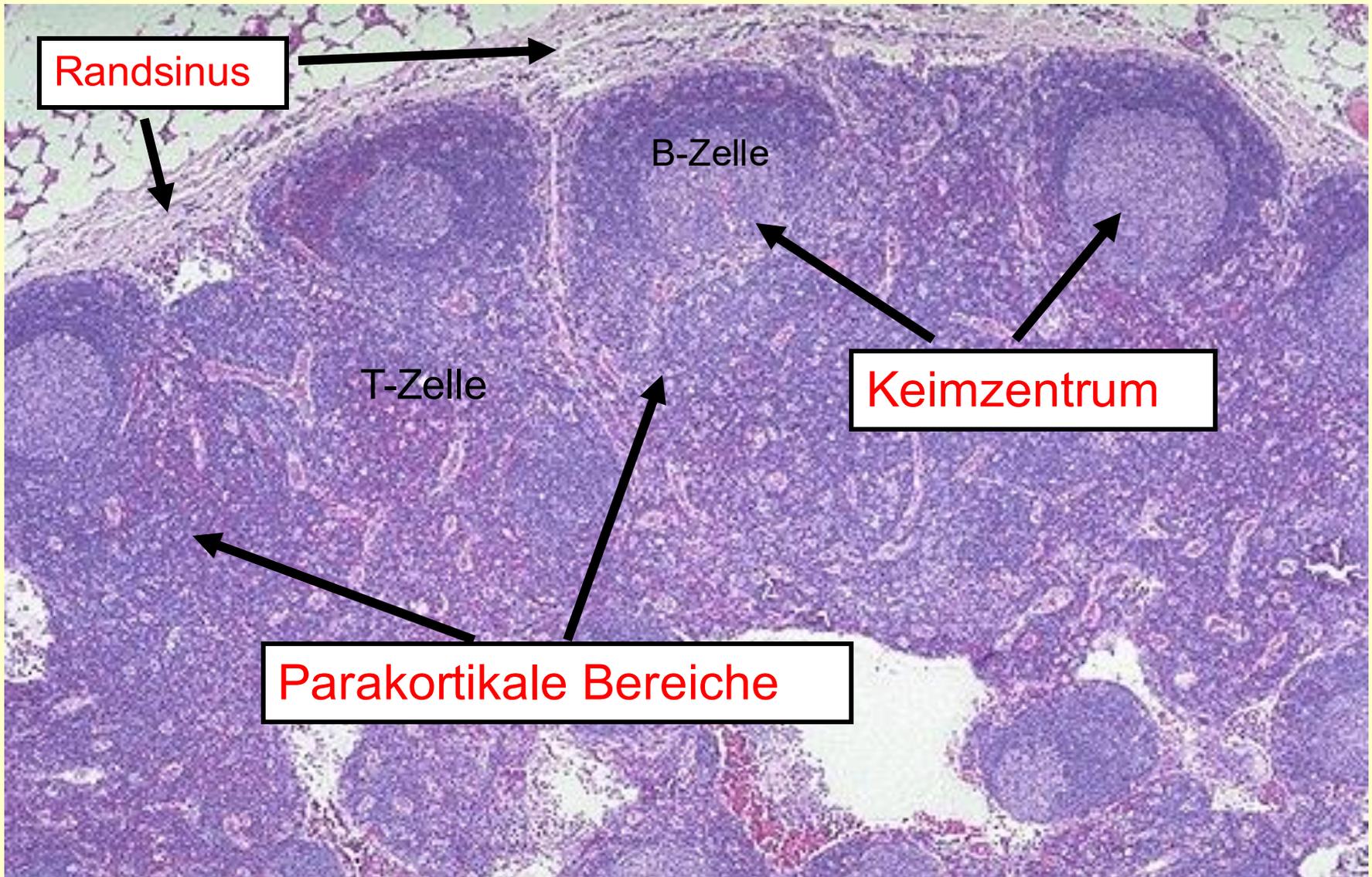
**T-Zellen** befinden sich in dieser Region.

## Die Medulla:

Überwiegend sind in dieser Region **Makrophagen** und Antikörper-produzierende **Plasmazellen** vorhanden.



# Lymphknoten (HE)



# Die Milz

## Anatomie:

Sie ist von einer Organkapsel umgeben und hat keine lymphatische Zirkulation

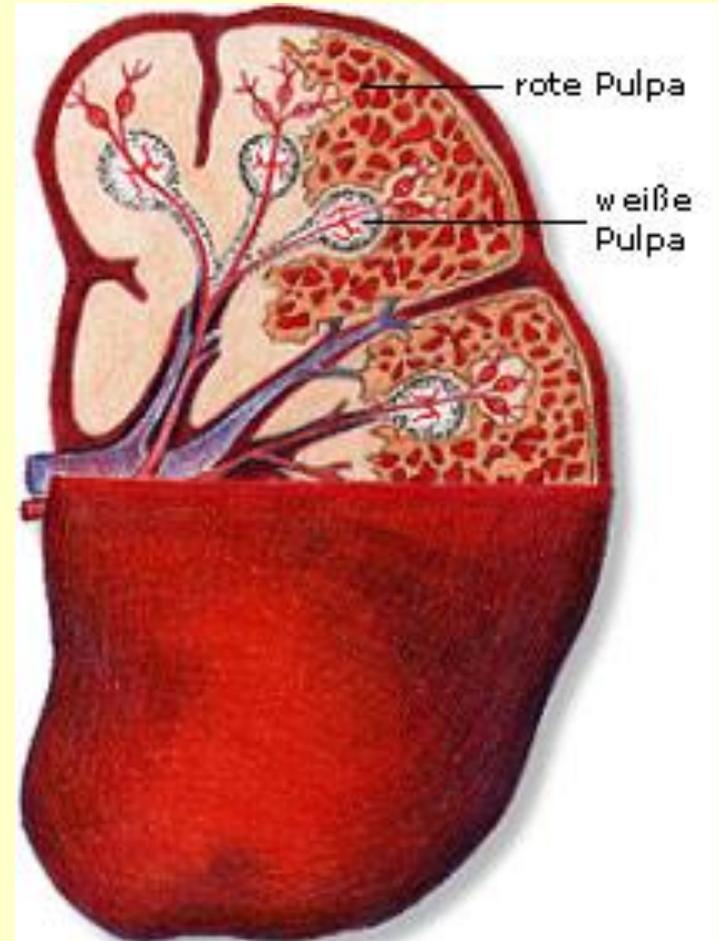
**Weißer Pulpa** (lymphatische Zellen)

**Rote Pulpa** (Blutzellen, Makrophagen, Plasmazellen)

## Funktionen:

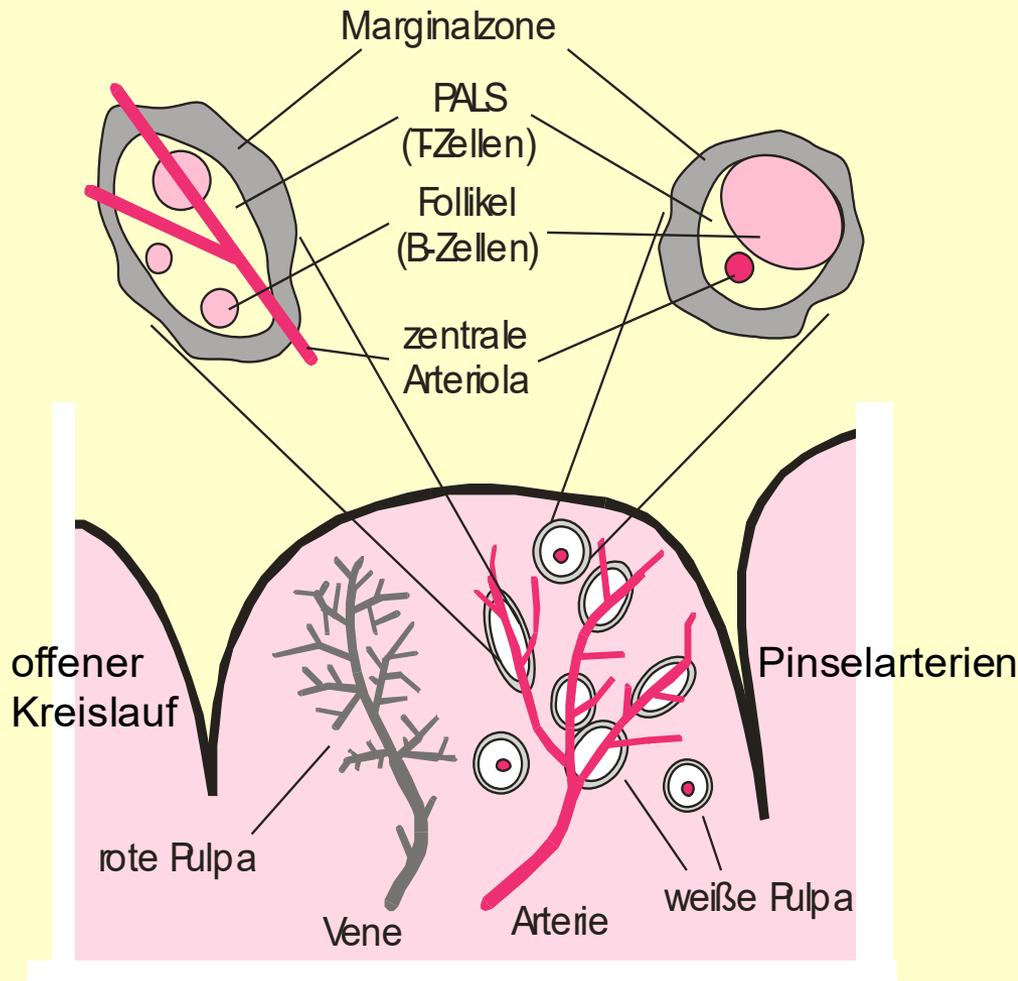
Abbau der überalterten oder durch Membran- und Enzymdefekte geschädigte Blutzellen

Blutbildung im embryonalen Alter  
Prägung der Lymphozyten und Leukozyten  
( für die spezifische und unspezifische Abwehr)



Die Milz:  
Blutmauserung und Antigenpräsentation

# Struktur der weißen Pulpa in der Milz



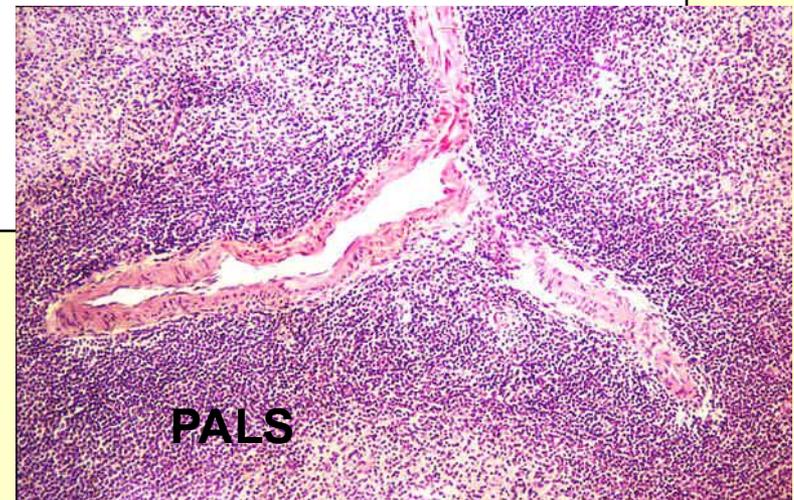
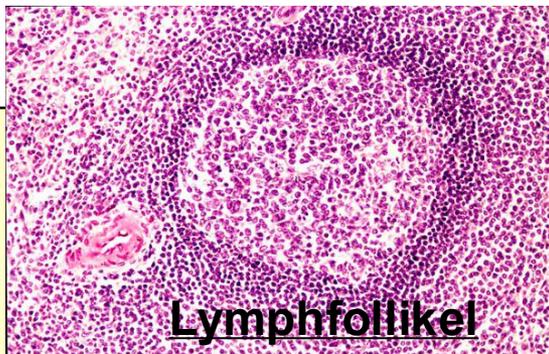
**-PALS:** -periarterioläre Lymphozytenscheiden

- Die zentralen Arteriolen sind von PALS-Regionen umgeben (T-Zellen)

- Die lymphatischen Follikeln (B-Zellen) befinden sich neben der PALS-Region

# Die weiße Pulpa

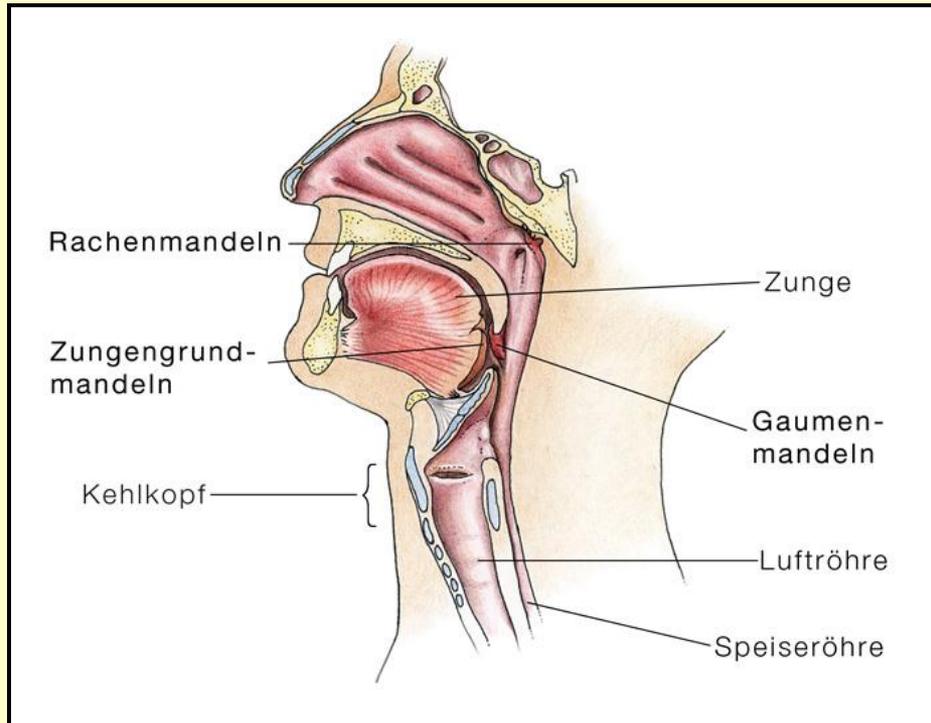
- besteht aus Immunzellen, welche Arteriolen umkleiden; man unterscheidet
- periarterielle lymphatische Scheiden (PALS), die vor allem aus T-Lymphozyten bestehen und die Zentralarterien (siehe unten) umgeben, und
- Lymphfollikel (Malphigi-Körperchen, Milzfollikel), die vorwiegend aus B-Lymphozyten bestehen und sich dort befinden, wo sich die jeweiligen Zentralarterien in Pinselarteriolen aufspalten (siehe unten);



# MALT: Mucosaassoziierte lymphatische Gewebe (tissue)

- **o-MALT**: organisierter Form → Immunantwort
- **d-MALT**: diffus Effektor Gewebe
  
- GALT-Mukosa des Darmtraktes (gastrointestinaler Trakt)  
Blinddarm, **Peyer-Plaques** in Dünndarm
  
- BALT-Mukosa in den Bronchien (respiratorischer Trakt)
  
- UALT- urogenitaler Trakt
  
- **Tonsillen**: Waldeyerscher Rachenring: Nasopharyngeal-assoziierte lymphatische Gewebe (NALT)

# Waldeyerscher Rachenring



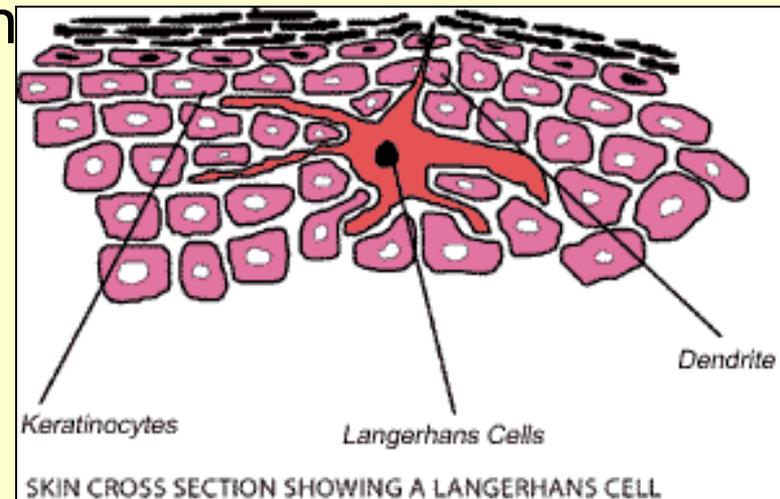
**Nasopharyngeal-assoziierte lymphatische Gewebe (NALT)**

- **Die Tonsillen oder der lymphatische Ring**
- Der lymphatische Ring besteht aus Rachen-, Zungen- und Gaumenmandeln.
- Er zerstört diejenigen Erreger, die sich aus der Atemluft und über die Schleimhäute im Körper ausbreiten wollen.
- In den Tonsillen finden sich häufiger **B-Lymphozyten** im Follikeln

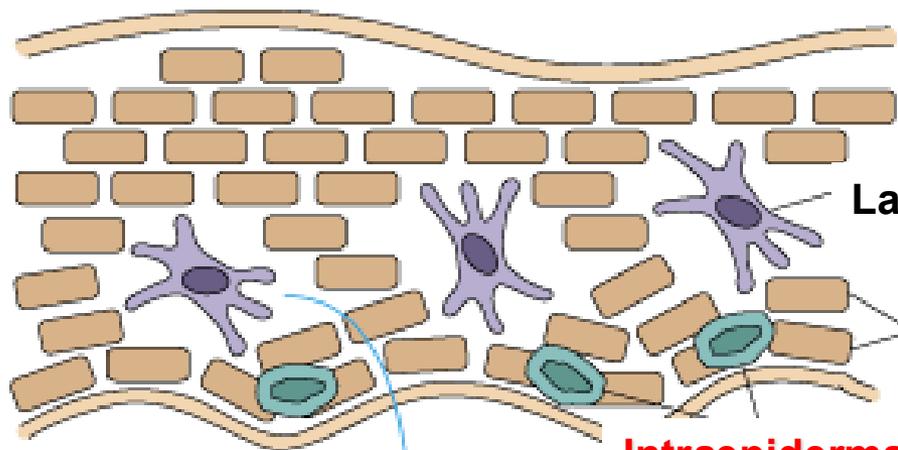
# Hautassoziiertes Immunsystem (SIS oder SALT)

Spezielle strukturelle Elemente:

- Keratinocyten (Zytokinproduktion)
- Antigenpräsentierende Zelle : Langerhans-Zellen (dendritische Zellen), Makrophagen
- Effektorzellen:  $\gamma/\delta$  T-Zellen,  $\alpha/\beta$  T-Zellen, B-Zellen, NK-Zellen, Granulozyten, Mastzellen



Epidermis

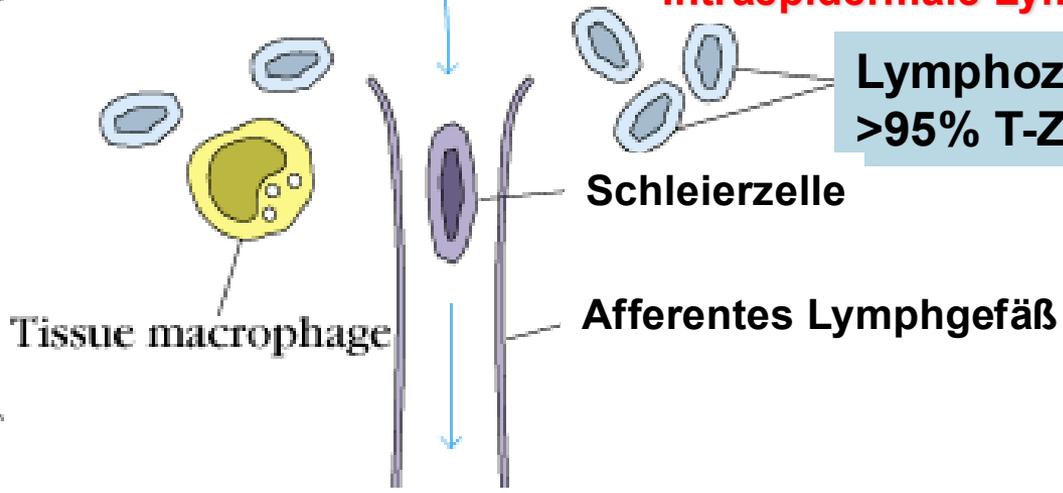


Langerhans-Zelle

Keratinozyten

Intraepidermale Lymphozyten

Dermis



Lymphozyten  
>95% T-Zelle

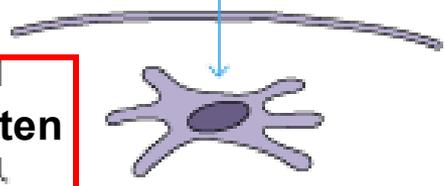
Schleierzelle

Afferentes Lymphgefäß

Tissue macrophage

Zum Lymphknoten

Tributären Lymphknoten



Interdigitating dendritic cell