

Grundlagen der Immunologie

1-2. Vorlesung

Timea Berki MD PhD

Institut für Immunologie und Biotechnologie

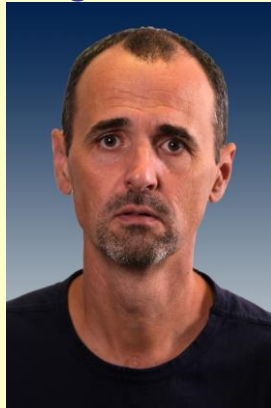
- **Einführung - Vorstellung des Fachs „Immunologie“**
- Die Entwicklung der Immunologie als Wissenschaftszweig – Geschichte
- Aufbau des Immunsystems
- Funktionen und Arten des Immunsystems
- Zellen des Immunsystems, CD Markers

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** während dem ganzen Semester für up-to-date Informationen über unserem Unterricht.

Institut für Immunologie und Biotechnologie

Adresse:

7624 Pécs Szigeti út 12
(ehemals Honvéd-Straße 5)

Tel.: 06-72-536-288;



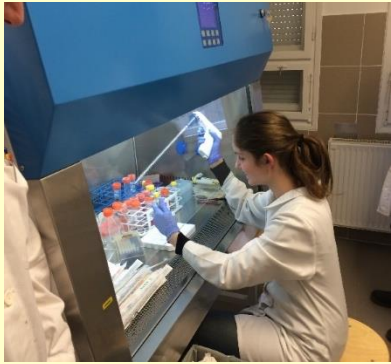
Der Umbau des Gebäudes wurde mit EU-Projektmitteln finanziert

Es war ursprünglich das Gebäude der Wirtschaftsdirektion



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

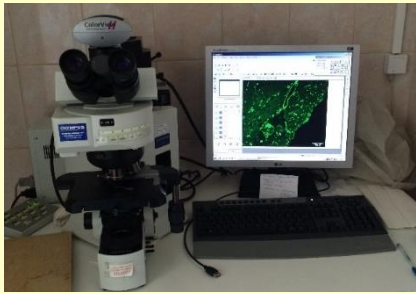
Forschungslaboratorien



SPF Abteilung für Tierversuche



Immundiagnostische Laboratorien



aus EU Bewerbungen



Seminarräume und Lehrlabore



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 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“ Website durchgeführt.
- Am Anfang des Semesters alle Studenten werden mit NEPTUN-Kod in „moodle.pte.hu“ System automatisch registriert.
- Nach Aktivierung können Sie in diese Plattform die Semester- und Prüfung Teste absolvieren.

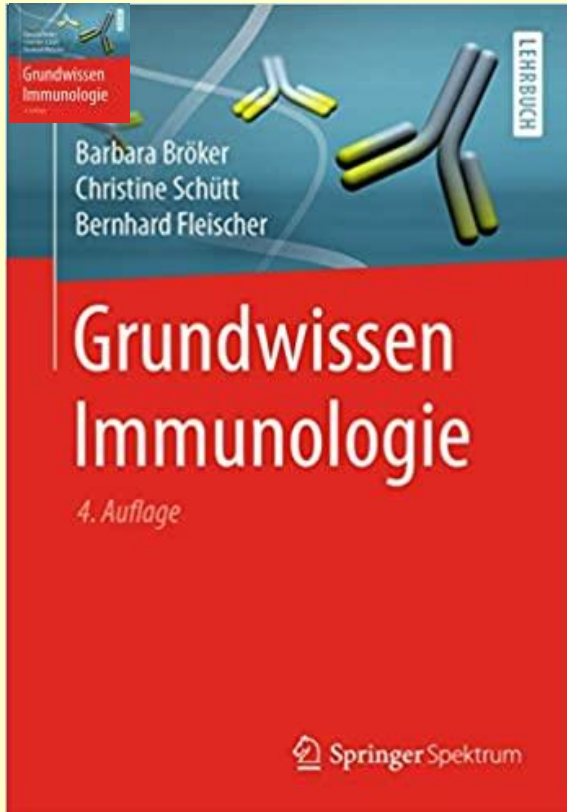
Einführung in das Fach 2.

- **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.

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.ptu.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>

Grundbegriffe

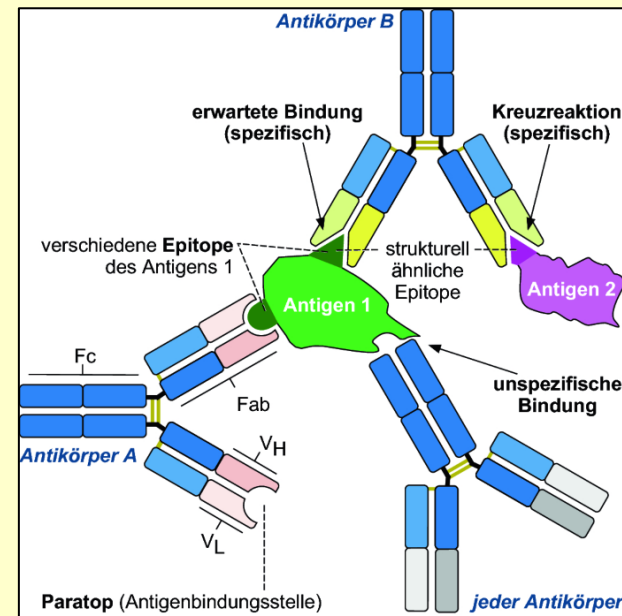
- **IMMUNIS,-e** (*Julius Caesar*) = “frei sein von etwas”. Wenn man im alten Rom von z.B. Steuern, Gesetzen oder Krankheiten befreit war, sagte man immunis.
- **IMMUNITÄT:** Unanfälligkeit gegenüber einer Krankheit;
Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten

natürlich oder durch Impfung erworbene Unempfindlichkeit für Krankheitserreger oder deren Gifte

eine einmal überstandene Krankheit verleiht oft langjährige Immunität gegen neue Ansteckung

ANTIGEN: - Substanz, die eine spezifische Immunität induzieren kann

Moleküle, die spezifisch an einen **Antikörper** (B-Zellen) oder an T- Zellen binden können



- Einführung - Vorstellung des Fachs „Immunologie“
- **Die Entwicklung der Immunologie als Wissenschaftszweig – Geschichte**
- Aufbau des Immunsystems
- Funktionen und Arten des Immunsystems
- Zellen des Immunsystems, CD Markers

IMMUNOLOGIE: junge Wissenschaft

Definition:

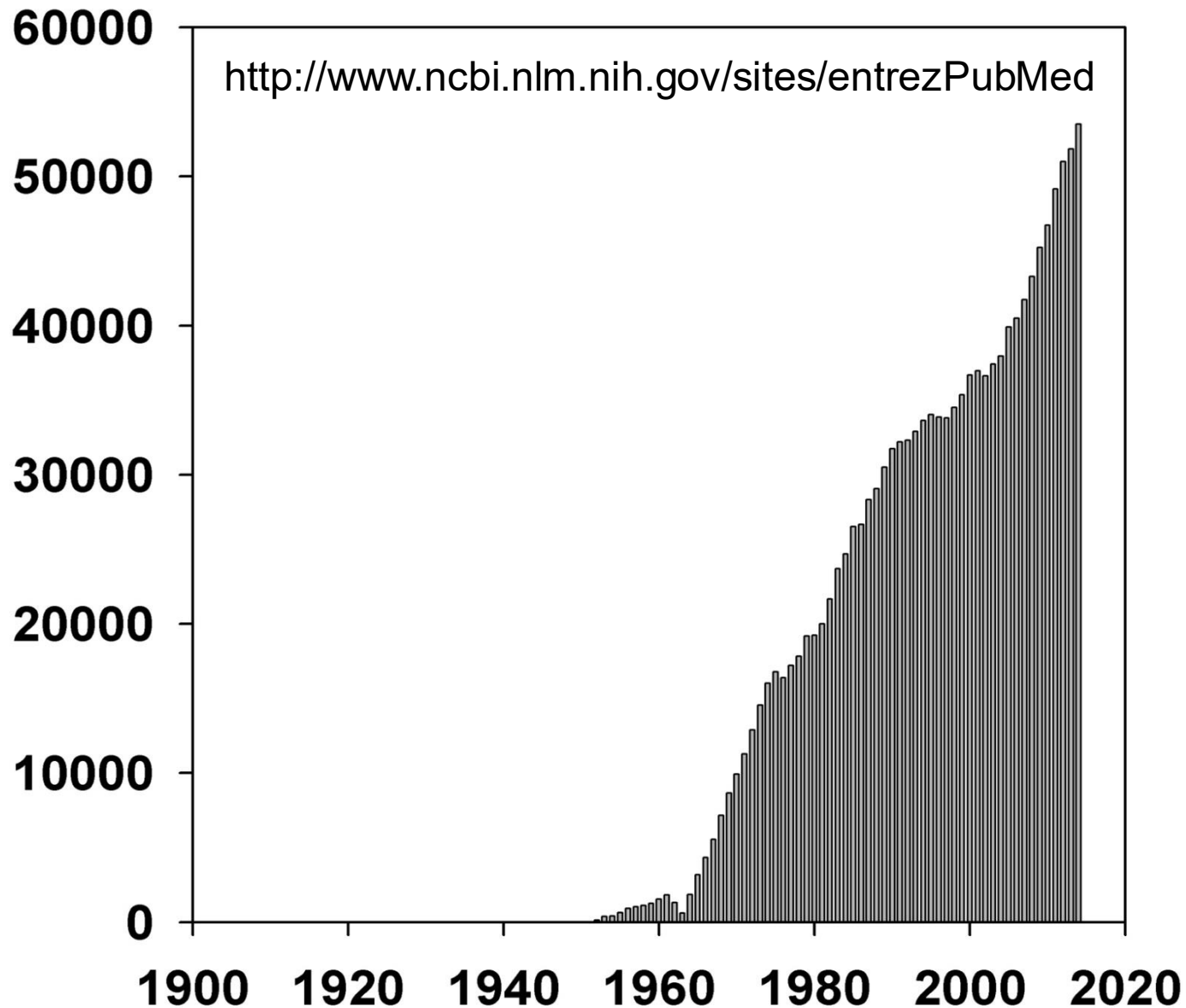
Die Immunologie ist die Wissenschaft von der Selbst- und Fremderkennung von Zellen und löslichen Substanzen in vitalen Organismen und den daraus folgenden Prinzipien der **Immunabwehr**.

Analysiert die Mechanismen, die für **Selbst- und Nichtselbst (fremd)erkennung** (1), die **Beseitigung der Eindringlinge** (2) und den Schutz des Körpers (3) verantwortlich sind.

Gleichzeitig dürfen körpereigene Strukturen nicht beeinträchtigt werden, was ein ausgeprägtes Unterscheidungsvermögen voraussetzt – Immunologische **Toleranz**

In der Immunologie kann man das **zelluläre und humorale** (bzw. molekulare) **Immunsystem** sowie das **angeborene (unspezifische)** und das **adaptive (spezifische)** Immunsystem unterscheiden.

Zahl der wissenschaftlichen Artikel in der Immunologie



Fachgebiete der Immunologie

Querschnittsfach, d.h. sie spielt in allen **klinischen Fachdisziplinen** eine Rolle:

- **Mikrobiologie:** -Impfprophylaxe
- **Hämatologie:**- Stammzell Transplantation
- **Dermatologie** – Autoimmun Krankheiten, Allergien
- **Neurologie** - Autoimmun Erkrankungen des zentralen und peripheren Nervensystems
- **Rheumatologie** – Systemische Autoimmun Krankheiten
- **Gastroenterologie:** IBD, Crohn, Colitis
- **Endokrinologie:** Hashimoto's Thyroiditis
- **Allergologie:** Asthma
- **Immunchemie:** befasst sich mit den chemischen Grundlagen der Immunreaktionen und dem Aufbau beteiligter Strukturen wie Antikörpern und Antigenen. Zum Einsatz kommen dabei immunologische Arbeitstechniken wie etwa die Immunhistochemie die Durchflusszytometrie oder Enzym-Immunoassays (ELISA) .

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 - Primäre und sekundäre Immundefekte**

Fachgebiete der Immunologie

- **Tumorimmunologie**

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, toleranz** → **regulatorische T- und B-Zellen**

→ **Checkpoint-Inhibitoren**

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**

Geschichte

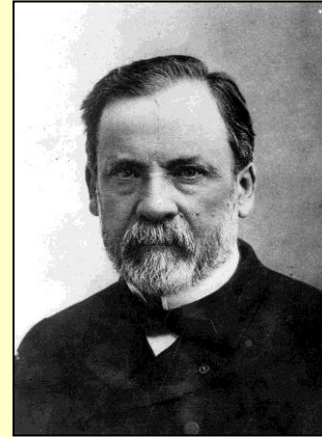
- Athen, 5. Jahrhundert v.Chr., Thukidites - **empirische Beobachtungen** – Pestüberlebende
- Alte chinesische Dokumente über die Pockenimmunität



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).



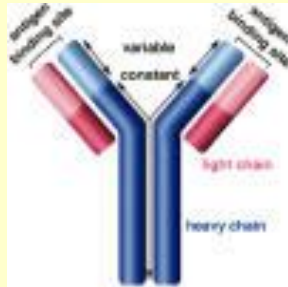
Figure 1-1 Immunobiology, 6/e, (© Garland Science 2005)



1901 Nobelpreis

Behring 1899-1917

Kitasato 1892-1931

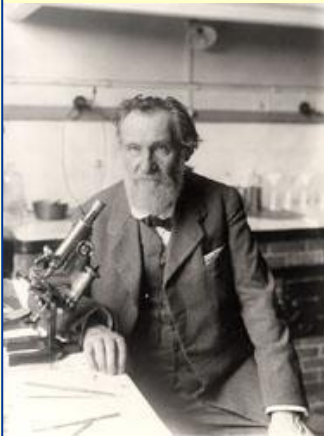


**Antitoxine,
Serotherapie
Antikörper**

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

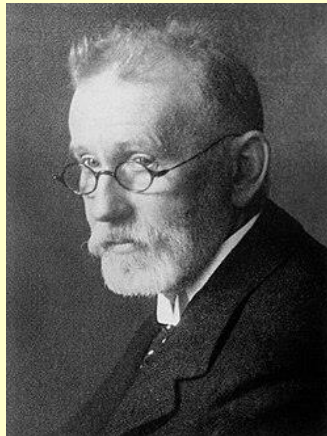
1908 Nobelpreis

Elie Metchnikoff
und Paul Ehrlich



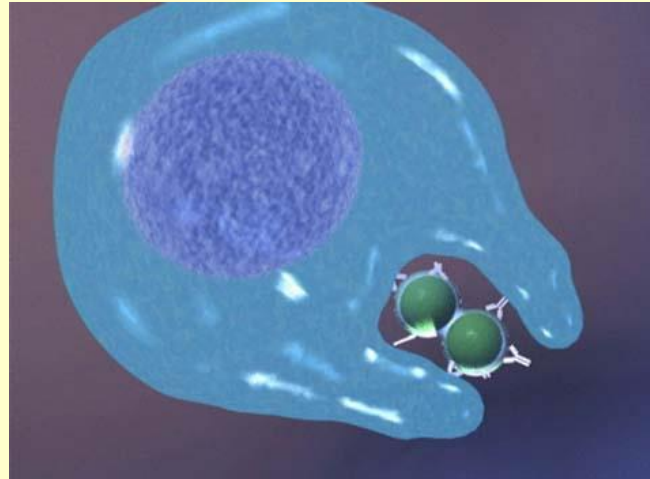
Metchnikoff

1845-1916



Ehrlich

1854-1915



Phagozytose



Phagozytose, die zelluläre Theorie der Impfung

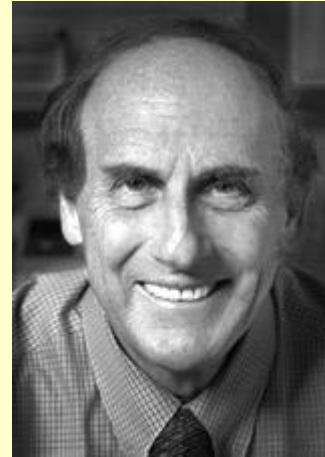
Nobelpreis 2011



Bruce A. Beutler



Jules A. Hoffmann



Ralph M. Steinman

Für **Toll-like Rezeptoren** und

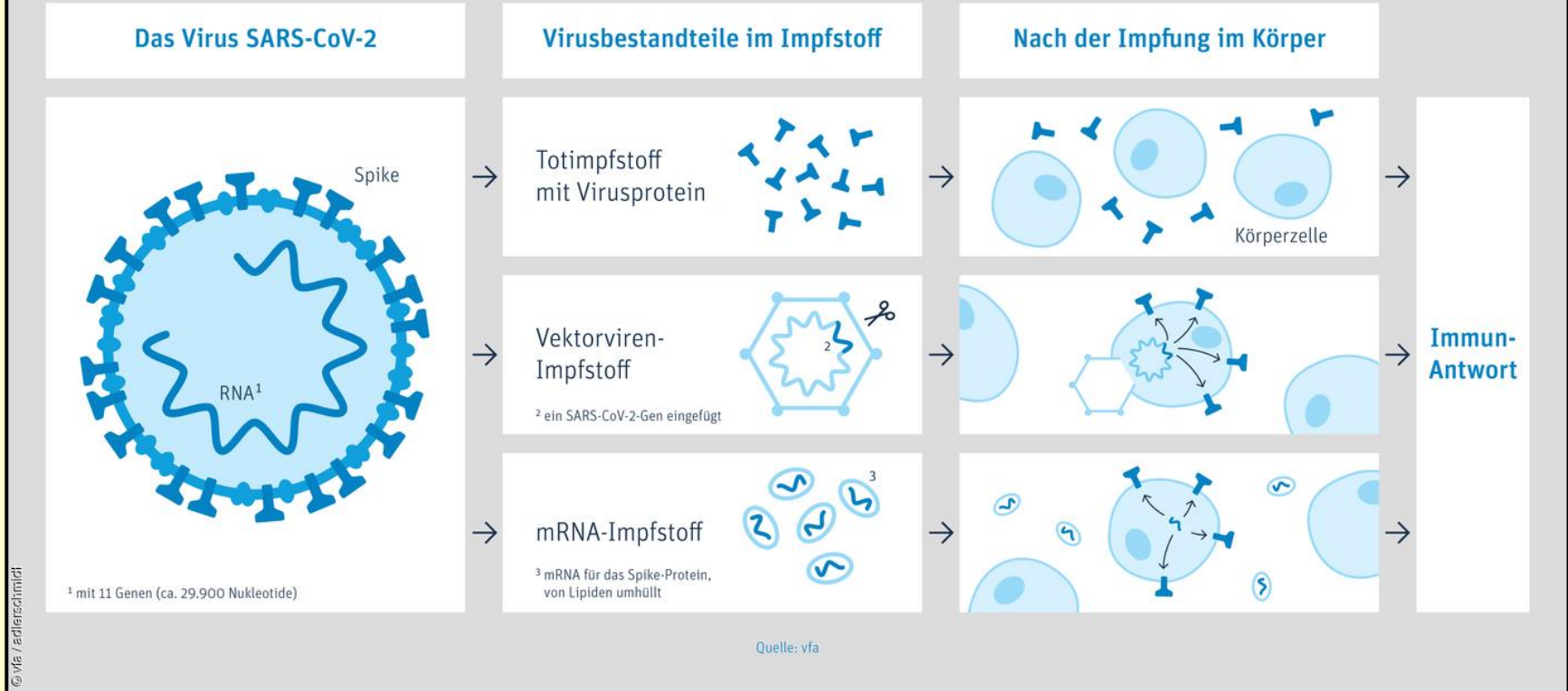
Dendritische-Zellen

Der Nobelpreis für Physiologie oder Medizin 2011 wurde aufgeteilt: Die eine Hälfte ging gemeinsam an Bruce A. Beutler und Jules A. Hoffmann „für ihre Entdeckungen zur Aktivierung der angeborenen Immunität“, die andere Hälfte an Ralph M. Steinman „für seine Entdeckung der dendritischen Zelle und deren Rolle in der adaptiven Immunität“.

2023 Nobelpreis

Katalin Karikó (Ungarin) und Drew Weissmann

Die gängigsten Impfstofftypen gegen COVID-19



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



October 2, 2023 Source: Penn Medicine

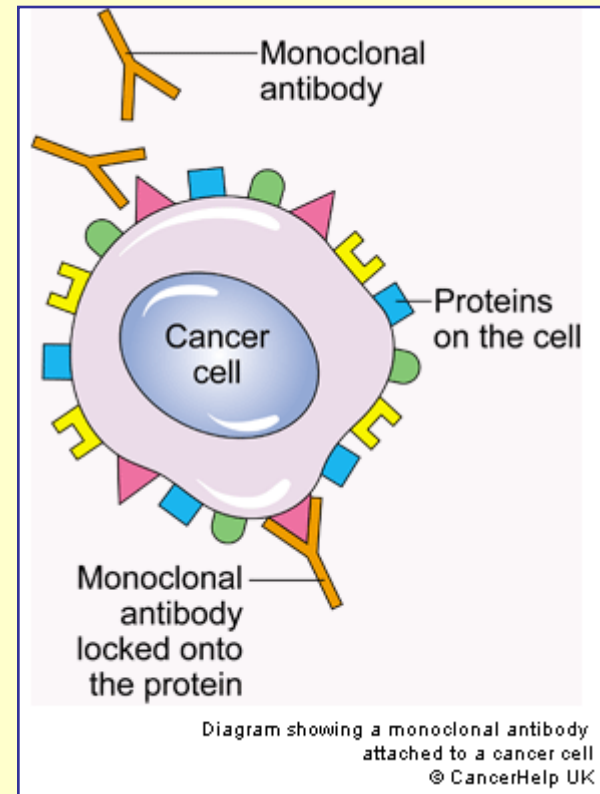
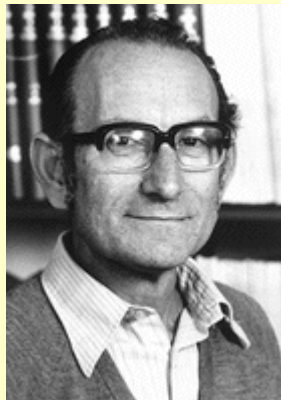


Nobelpreis 1984

Monoklonale Antikörper

G. Köhler (1946-1995)

C. Milstein (1927-)



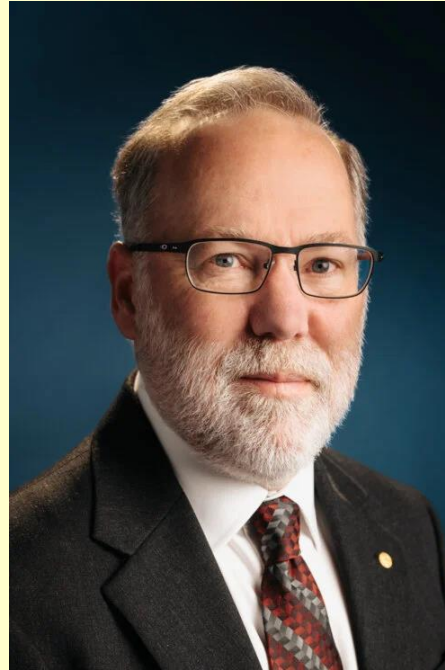
Herstellung von diagnostische und therapeutische Antikörper: 4. Seminar

Nobelpreis in Physiology und Medizin 2025

„für ihre Entdeckungen auf dem Gebiet der peripheren immunologischen Toleranz“



Mary E. Brunkow
Born: 1961,
Portland, OR, USA
Institute for
Systems Biology,
Seattle, WA, USA



**Frederick J.
Ramsdell**
Born: 4 December
1960, Elmhurst, IL,
USA



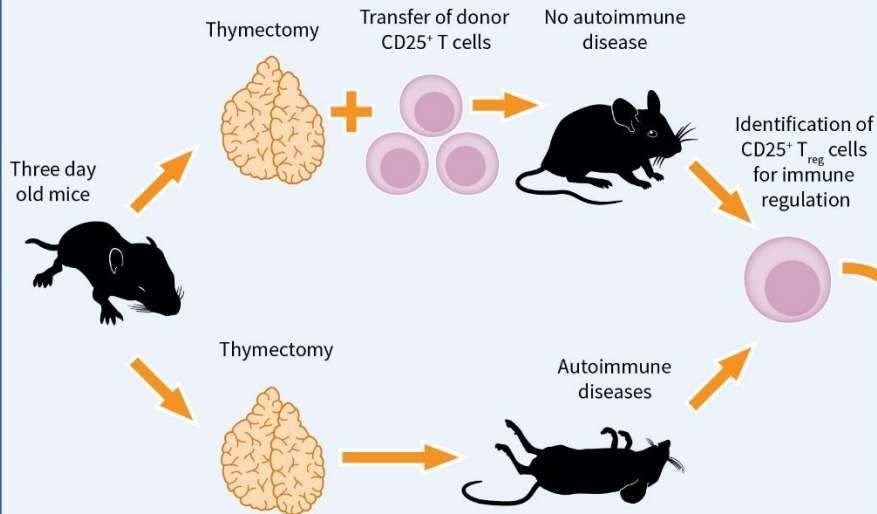
Shimon Sakaguchi
Born: 19 January
1951, Nagahama,
Shiga, Japan
The University of
Osaka,

Nobel Prize in Physiology or Medicine 2025:

FoxP3⁺ regulatory T cells play a pivotal role in the induction of peripheral immune tolerance.

Shimon Sakaguchi:

CD25⁺ T cells can prevent experimental autoimmune diseases



Mary E. Brunkow and Frederick J. Ramsdell:

Identification of FOXP3 gene

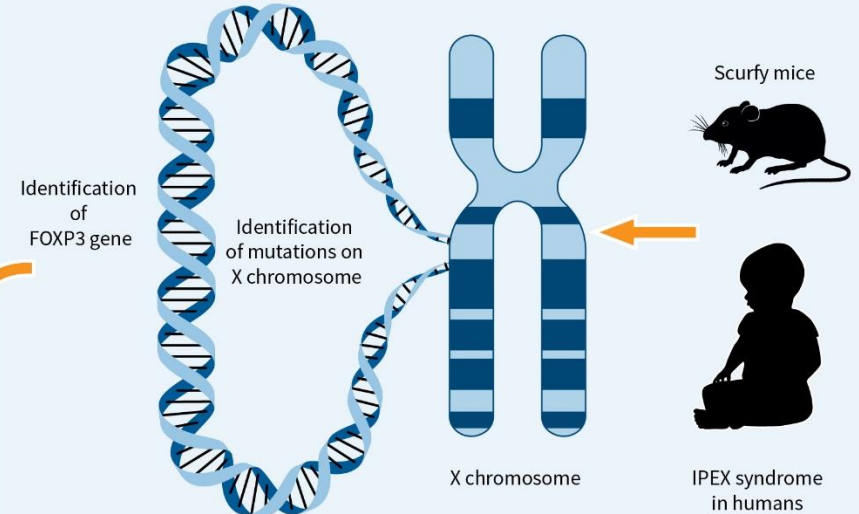
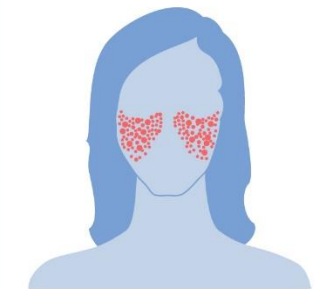
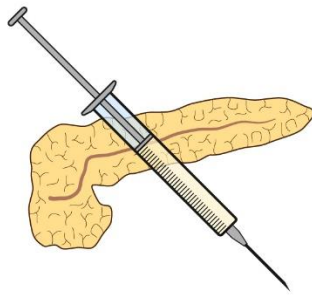


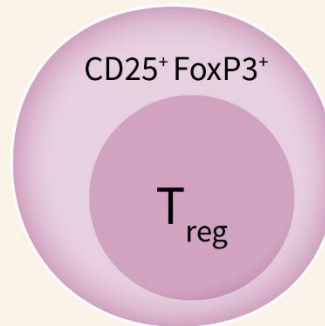
illustration: hegasy.de



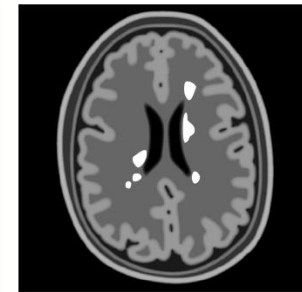
Systemic Lupus Erythematosus



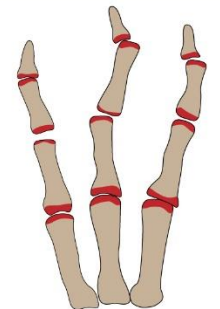
Type I Diabetes



Regulatory T cell



Multiple Sclerosis



Rheumatoid Arthritis

Begründung für die Auszeichnung: „für ihre Entdeckungen auf dem Gebiet der peripheren immunologischen Toleranz“

- Die Regulierung des Immunsystems ist für den Schutz der körpereigenen Strukturen notwendig.
- 1995 entdeckte Shimon Sakaguchi eine Gruppe von Immunzellen, die sogenannten **regulatorischen T-Zellen**, die den Körper vor Autoimmunerkrankungen schützen.
- Im Jahr 2001 stellten Fred Ramsdell und Mary Brunkow fest, dass Mutationen eines Gens (**Foxp3**) Autoimmunerkrankungen verursachen.
- Zwei Jahre später wies Sakaguchi nach, dass dieses Gen die Entwicklung der von ihm identifizierten Zellen reguliert.
- Diese Entdeckungen können zur **Entwicklung von Therapien** zur Heilung von Krebs und Autoimmunerkrankungen sowie zur Steigerung des Erfolgs von Transplantationen beitragen.

Die wichtigsten Nobelpreise in der Immunologie

- **2025 – Immuntoleranz:** Mary Brunkow, Fred Ramsdell und Shimon Sakaguchi für die Entdeckung der regulatorischen T-Zellen und des Gens *FOXP3*, die als Sicherheitsmechanismus Autoimmunerkrankungen verhindern.
- **2023 – mRNA-Impfstoffe:** Katalin Karikó und Drew Weissman für Modifikationen der Nukleosidbasen, die die Entwicklung wirksamer mRNA-Impfstoffe gegen COVID-19 ermöglichten
- **2018 – Krebstherapie:** James P. Allison und Tasuku Honjo für die Entdeckung von Krebstherapien durch Hemmung der Immunregulation (Checkpoint-Inhibitoren).
- **2011 – Angeborenes Immunsystem:** Bruce Beutler, Jules Hoffmann und Ralph Steinman für ihre Entdeckungen zur Aktivierung der angeborenen Immunität und der Entdeckung der dendritischen Zelle.
- **1996 – MHC-Restriktion:** Rolf Zinkernagel und Peter Doherty für die Entdeckung, wie das Immunsystem virusinfizierte Zellen erkennt (Zusammenspiel von T-Zellen und MHC-Proteinen)
- **1987 – Antikörpervielfalt:** Susumu Tonegawa für die Entdeckung der genetischen Prinzipien für die Generierung der Antikörpervielfalt.
- .

- **1984 – Monoklonale Antikörper:** Niels Jerne, Georges Köhler und César Milstein für Theorien zur Entwicklung und Kontrolle des Immunsystems sowie für die Entdeckung des Prinzips zur Herstellung monoklonaler Antikörper
- **1980 – Der MHC-Komplex:** Baruj Benacerraf, Jean Dausset und George Snell für die Entdeckung genetisch determinierter Strukturen auf Zelloberflächen, die immunologische Reaktionen steuern
- **1972 – Chemische Struktur von Antikörpern:** Gerald M. Edelman und Rodney R. Porter für ihre Entdeckungen zur chemischen Struktur von Antikörpern.
- **1960 – Immuntoleranz:** Frank Macfarlane Burnet und Peter Medawar für die Entdeckung der erworbenen Immuntoleranz.
- **1919 – Komplementsystem:** Jules Bordet für seine Entdeckungen auf dem Gebiet der Immunität, insbesondere des Komplementsystems im Blutserum.
- **1908 – Phagozytose und Seitenkettentheorie:** Ilya Metschnikow und Paul Ehrlich in Anerkennung ihrer Arbeiten über die Immunität (Metschnikow erforschte die Fresszellen, Ehrlich die Antikörperbildung).
- **1901 – Serumtherapie:** Emil von Behring für seine Arbeiten über Serumtherapie und deren Anwendung gegen Diphtherie, womit er den allerersten Nobelpreis für Medizin erhielt.

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

- Einführung - Vorstellung des Fachs „Immunologie“
- Die Entwicklung der Immunologie als Wissenschaftszweig – Geschichte
- **Aufbau des Immunsystems**
- Funktionen und Arten des Immunsystems
- Zellen des Immunsystems, CD Markers

Die Bestandteile des Immunsystems

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

strukturelles und funktionales **Netzwerk**

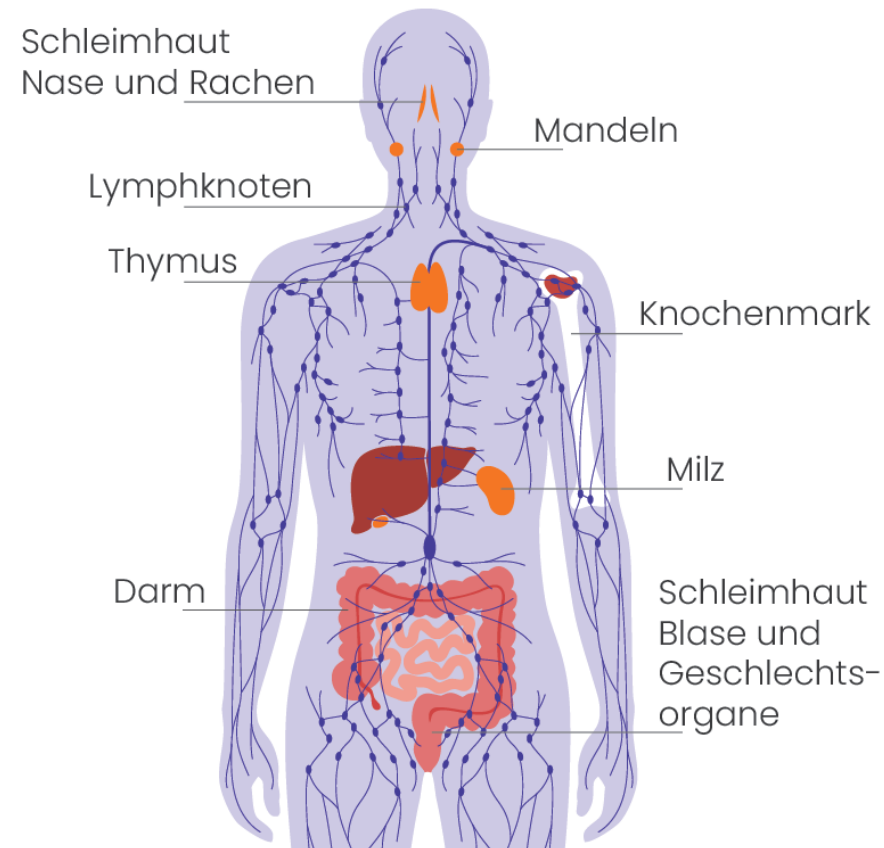
Merkmale des Immunsystems

- **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

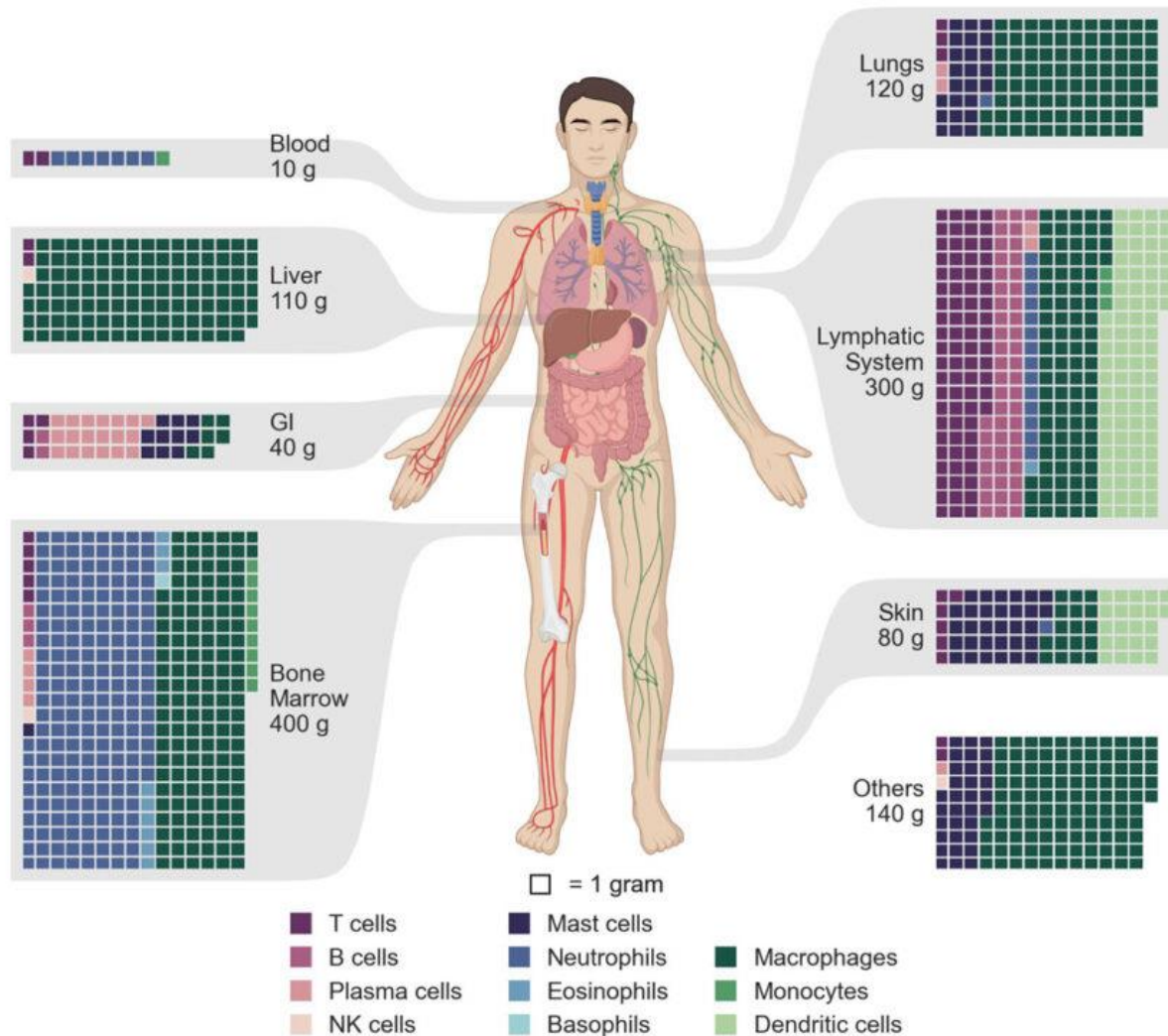
Organe und Strukturen des Immunsystems



Schätzungen der Masse aller menschlichen Immunzellen nach Zelltyp und Gewebe, gruppiert nach Primärsystemen.

© Ron Sender, erstellt mit BioRender.com

(95% CI 0.8-1.9 kg)



- Einführung - Vorstellung des Fachs „Immunologie“
- Die Entwicklung der Immunologie als Wissenschaftszweig – Geschichte
- Aufbau des Immunsystems
- **Funktionen und Arten des Immunsystems**
- Zellen des Immunsystems, CD Markers

Funktion

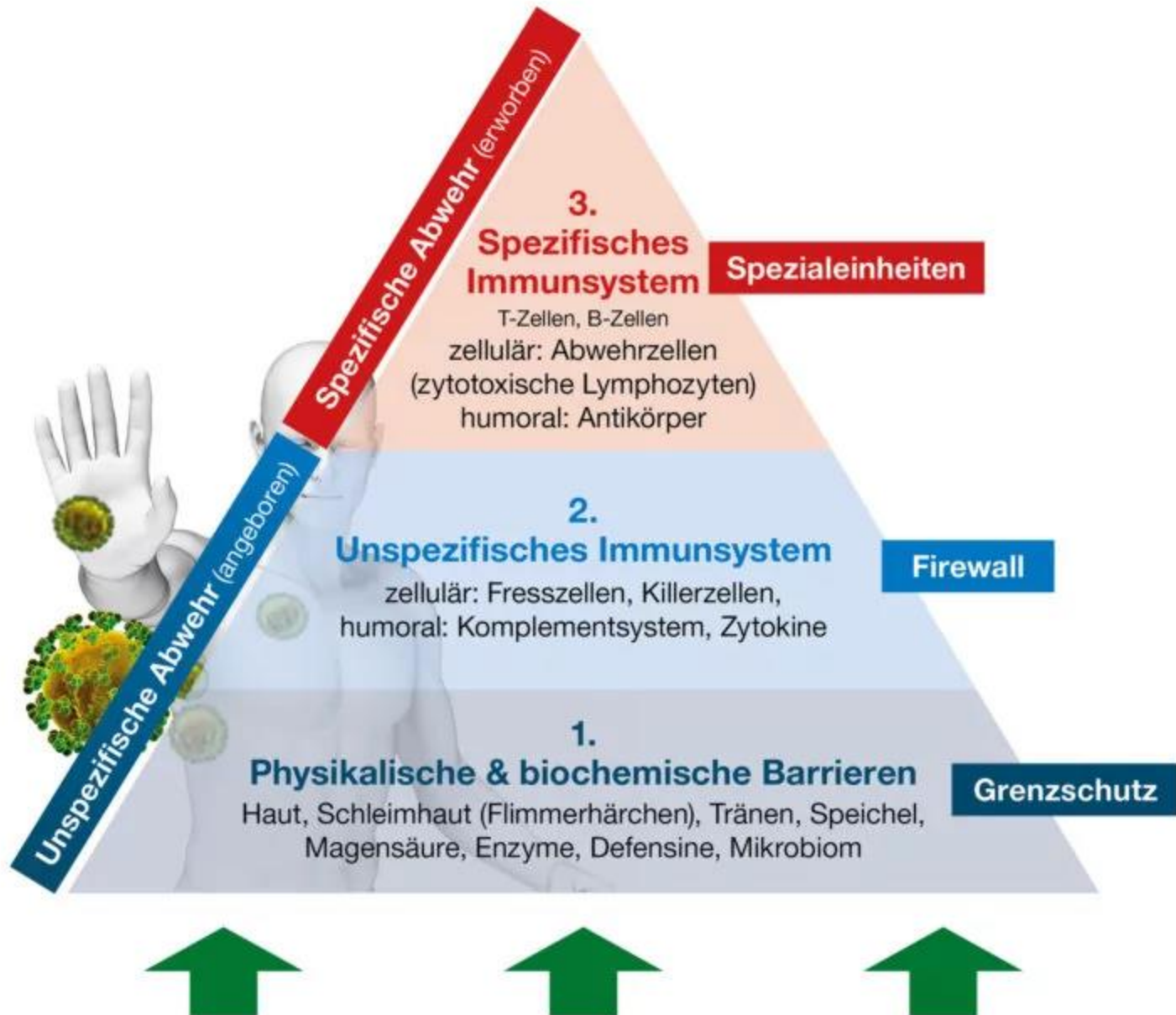
- Zentrale Funktion ist die **Erkennung der eigenen und fremden Moleküle**:
 - den Körper vor infektiösen (Viren, Bakterien und Parasiten) und neoplastischen (Tumoren) Gefahren zu schützen
 - die fremden Moleküle beseitigen
 - TOLERANZ gegen eigene Strukturen

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.



Angeborene 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

Ist von Geburt an vorhanden

Funktionseigenschaften

nicht antigenspezifisch

kein immunologisches Gedächtnis

schnelle Reaktion

ist aktiv unabhängig vom Erreger

lineare Verstärkung der Reaktion

Erworbene Immunität

Molekulare Komponenten

Antikörper (Immunglobuline)

MHC (HLA)

T-Zell-und B-Zell-Rezeptoren

lymphatische Zytokine

Zelluläre Komponenten

Lymphozyten:

B-Zellen. Plasmazellen

Th, Tc, Treg Zellen

Entwickelt sich erst durch den Kontakt mit Erregern,

Funktionseigenschaften

antigenspezifisch

immunologisches Gedächtnis

aktiviert nach einer Latenzperiode

exponentiale Verstärkung der Reaktion

- Einführung - Vorstellung des Fachs „Immunologie“
- Die Entwicklung der Immunologie als Wissenschaftszweig – Geschichte
- Aufbau des Immunsystems
- Funktionen und Arten des Immunsystems
- **Zellen des Immunsystems, CD Markers**

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):

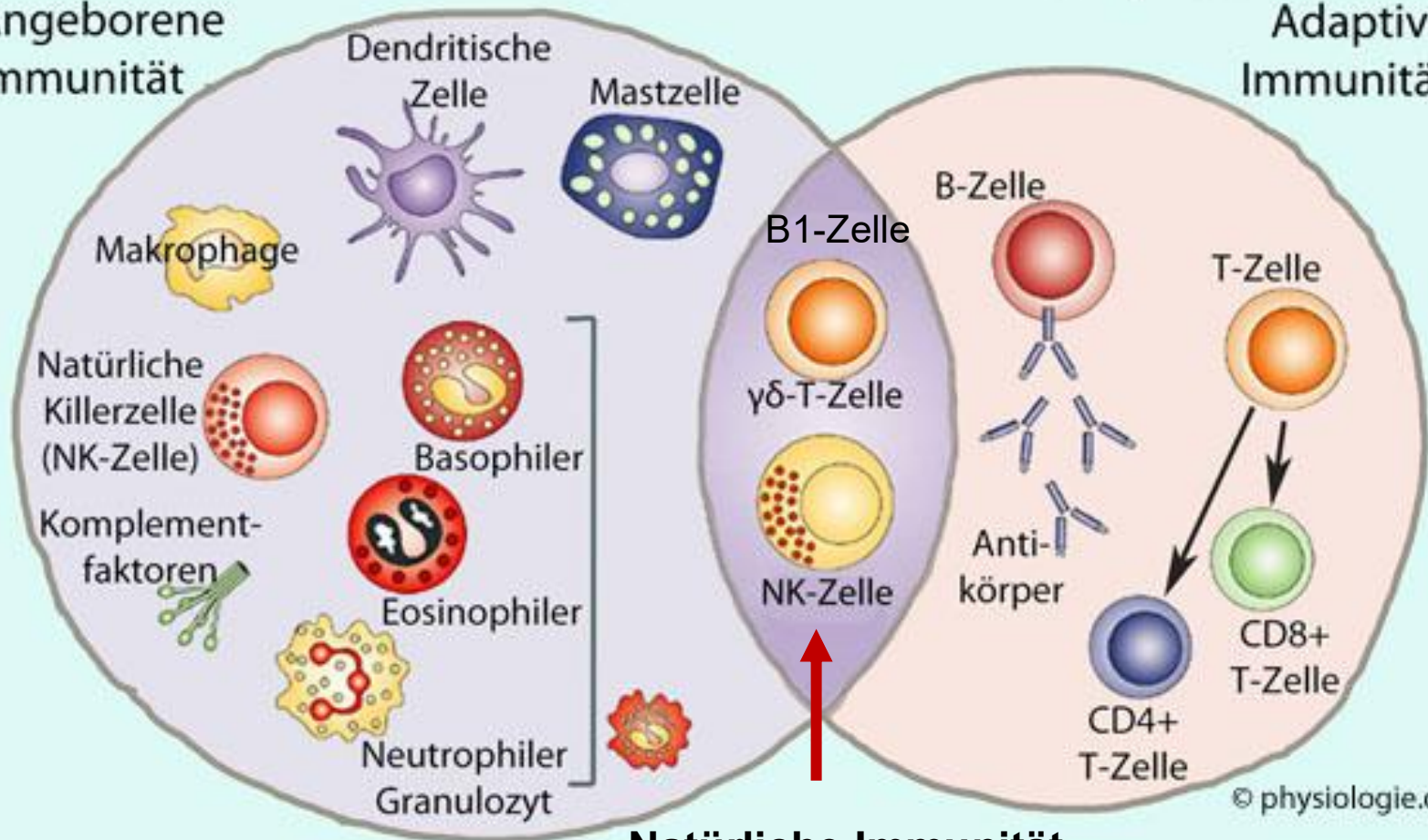
- B2-Lymphozyten
→ Plasma- Zellen
- T-Lymphozyten:

helfer T-Zellen - Th,
zytotoxische T-Zellen - Tc
Regulatorische T-Zellen - Treg

Die Zellen des Immunsystems

Rasche Reaktion:
Angeborene
Immunität

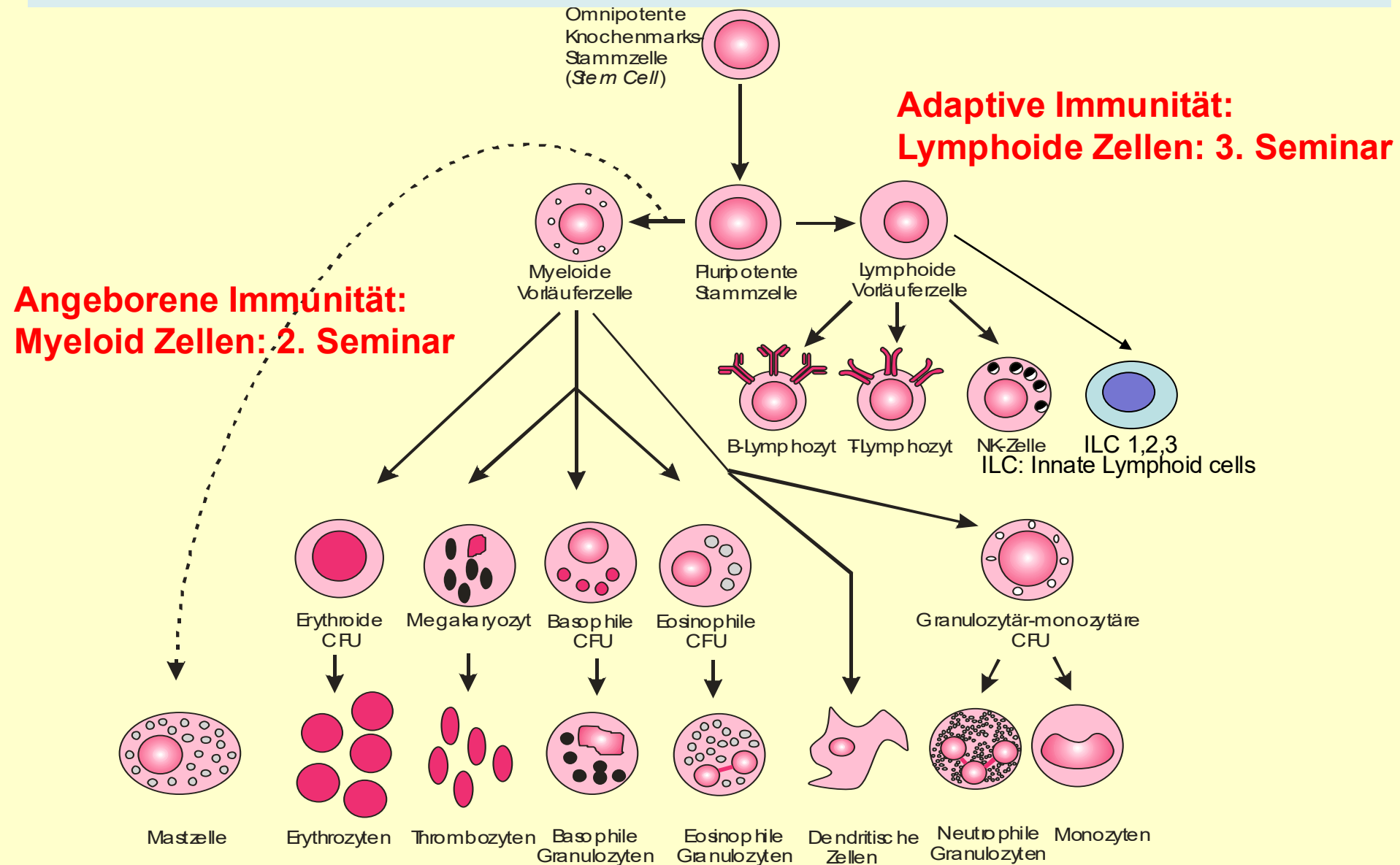
Langsame Reaktion:
Adaptive
Immunität



© physiologie.cc

Natürliche Immunität

Stammbaum der Zellen des Immunsystems



Sequenz der Phasen spezifischer Immunantwort

Afferente Phase

Information über Eindringen von Erregern gelangt in sekundäre lymphatische Organe und wird dort den Lymphozyten mitgeteilt



Induktionsphase

Lymphozyten werden bei Erkennung antigener Struktur aktiviert, teilen sich und werden zu Effektorzellen



Efferente Phase

Effektorzellen wandern in den Blutkreislauf aus und steuern infizierte Orte an, wo sie sich an der Elimination der Pathogene beteiligen

© physiologie.cc

Erkennung

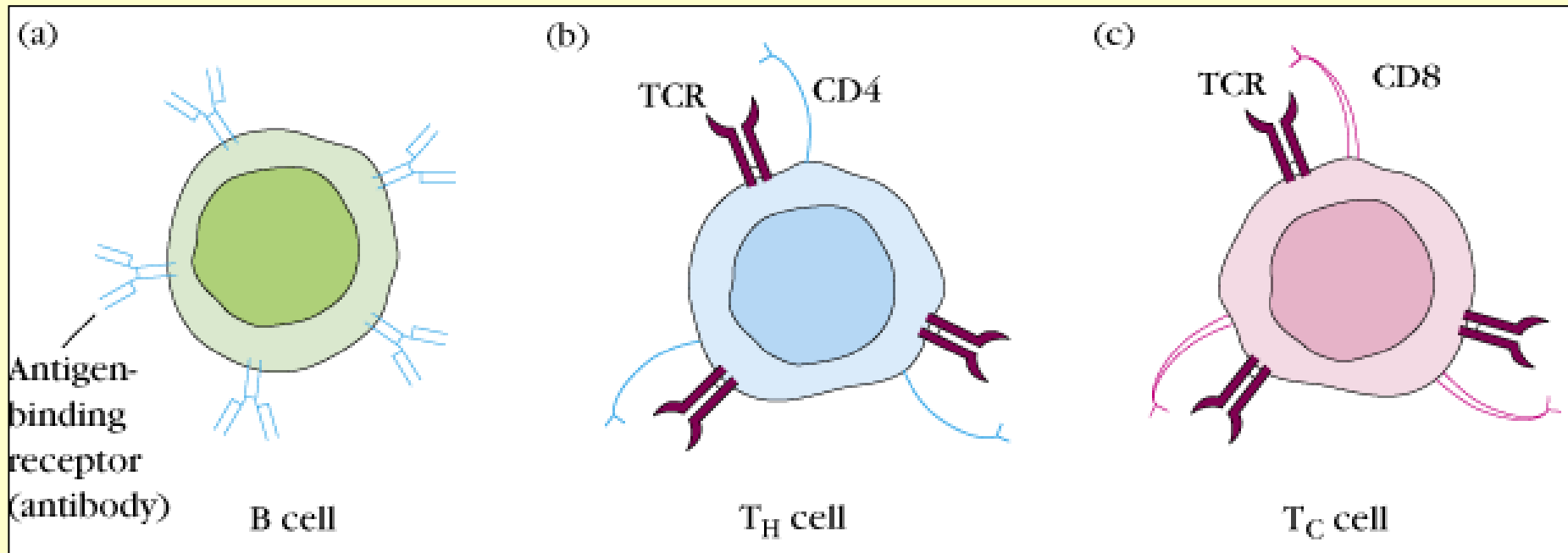
**Aktivierung
Klonale Vermehrung**

Elimination

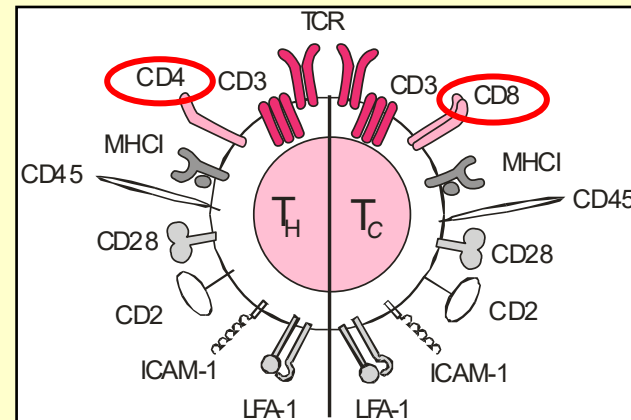
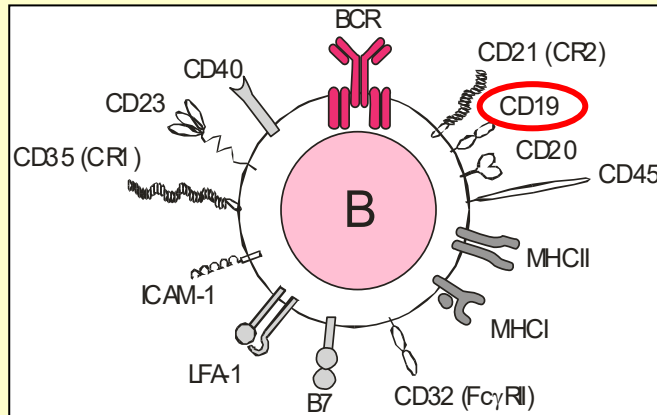
Das adaptive System hat folgende besonderen Eigenschaften

- **Ausgeprägte Spezifität:** Es kann auch geringste molekulare Unterschiede (von Antigenen) erkennen und unterscheiden
- **Hohe Anpassungsfähigkeit:** Es reagiert auf eine praktisch unbegrenzte Zahl verschiedener Moleküle
- **Immunologisches Gedächtnis:** "Gedächtniszellen" ermöglichen bei wiederholtem Kontakt mit einem Antigen eine raschere und verstärkte Immunantwort
- Außerdem hat jeder Mensch seine persönliche "Vorerfahrung" mit **Antigenen** und hat dementsprechend ein individuelles Muster an Immunität.
- Es gibt **zwei Arten** adaptiver Immunität: **Humorale und zelluläre**. Diese werden von verschiedenen Lymphozytenarten gesteuert (B-Lymphozyten: humoral, T-Lymphozyten: zellulär)

Die Zellen des adaptives Immunsystems: **Lymphozyten**



CD Markers der Lymphozyten: „Differenzierungscluster“



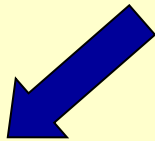
Zellgruppen können auf Grund des selben Zelloberflächenmoleküls „CD“-s differenziert werden.

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.

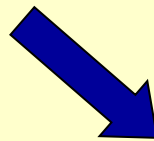
Organe des Immunsystems

Werden wir im ersten Seminar besprechen



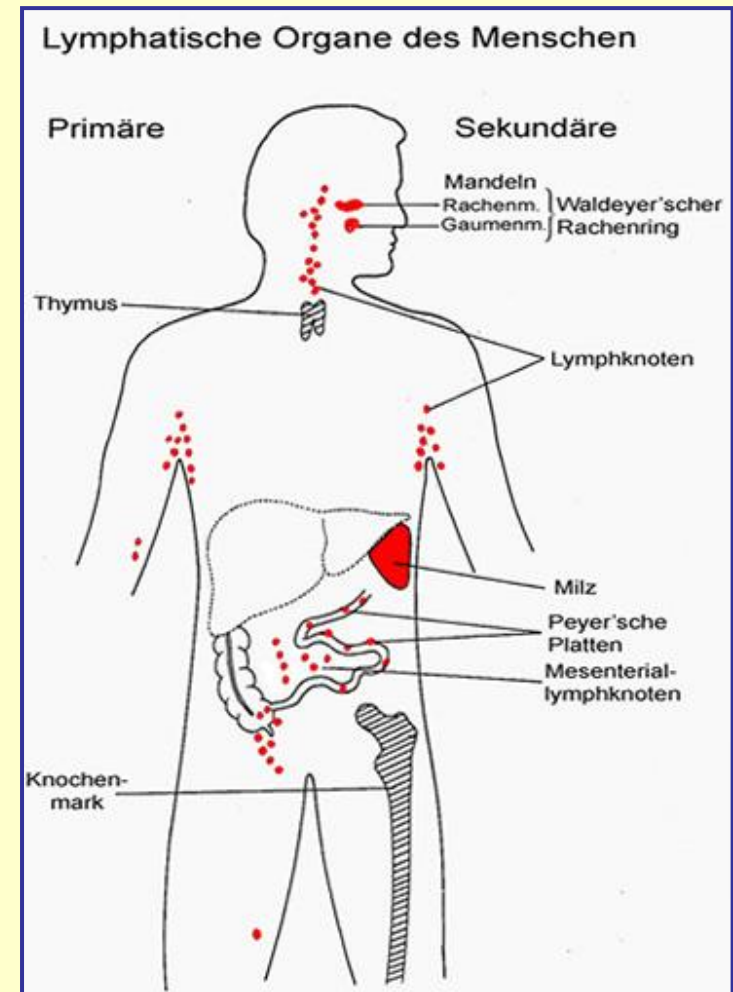
Primäre (zentrale)

- Knochenmark
- Thymus
- (Embryonale Leber)



Sekundäre (periphere)

- 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>

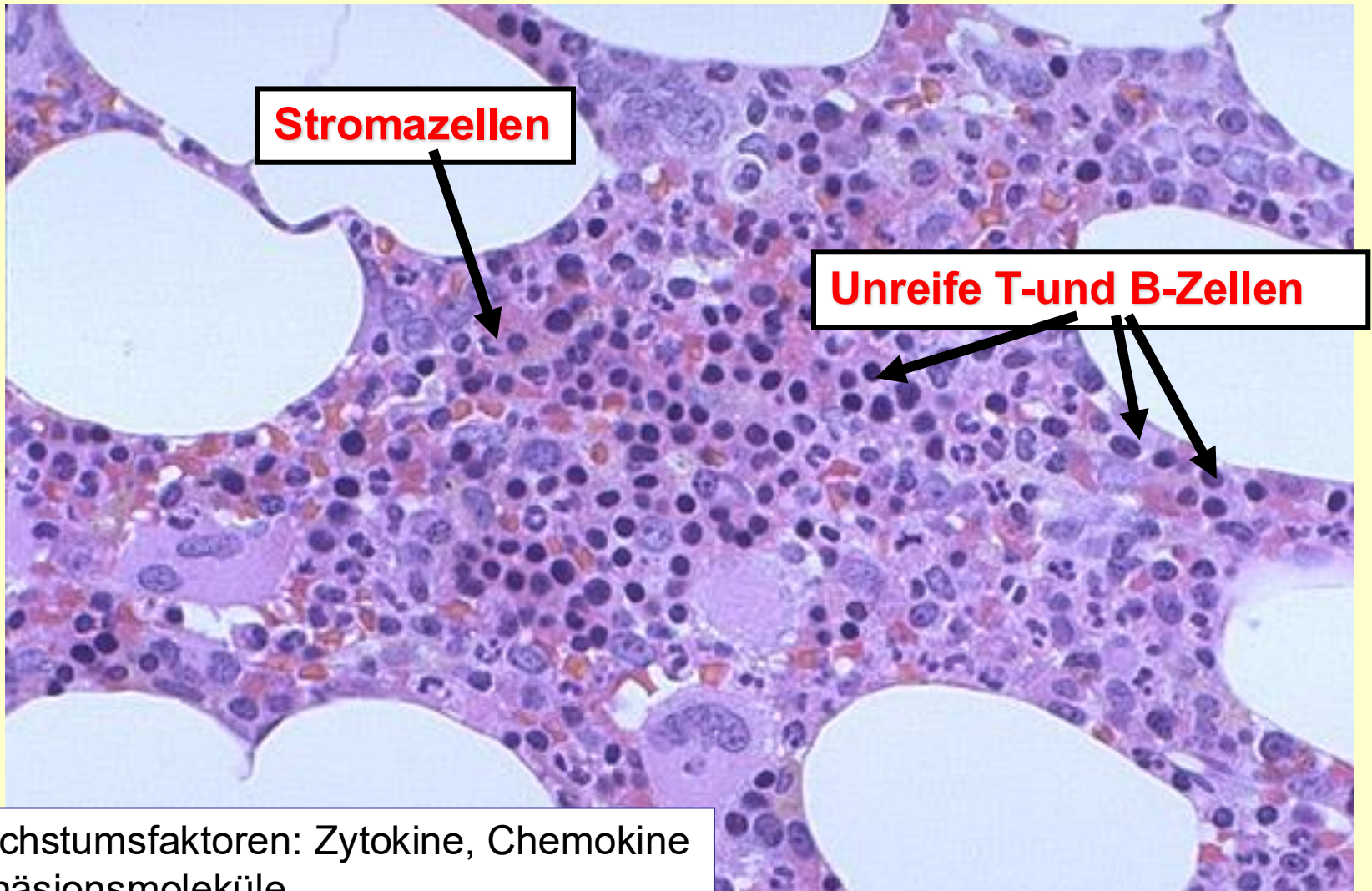
Primäre lymphatische Organe

1. Seminar

Knochenmark

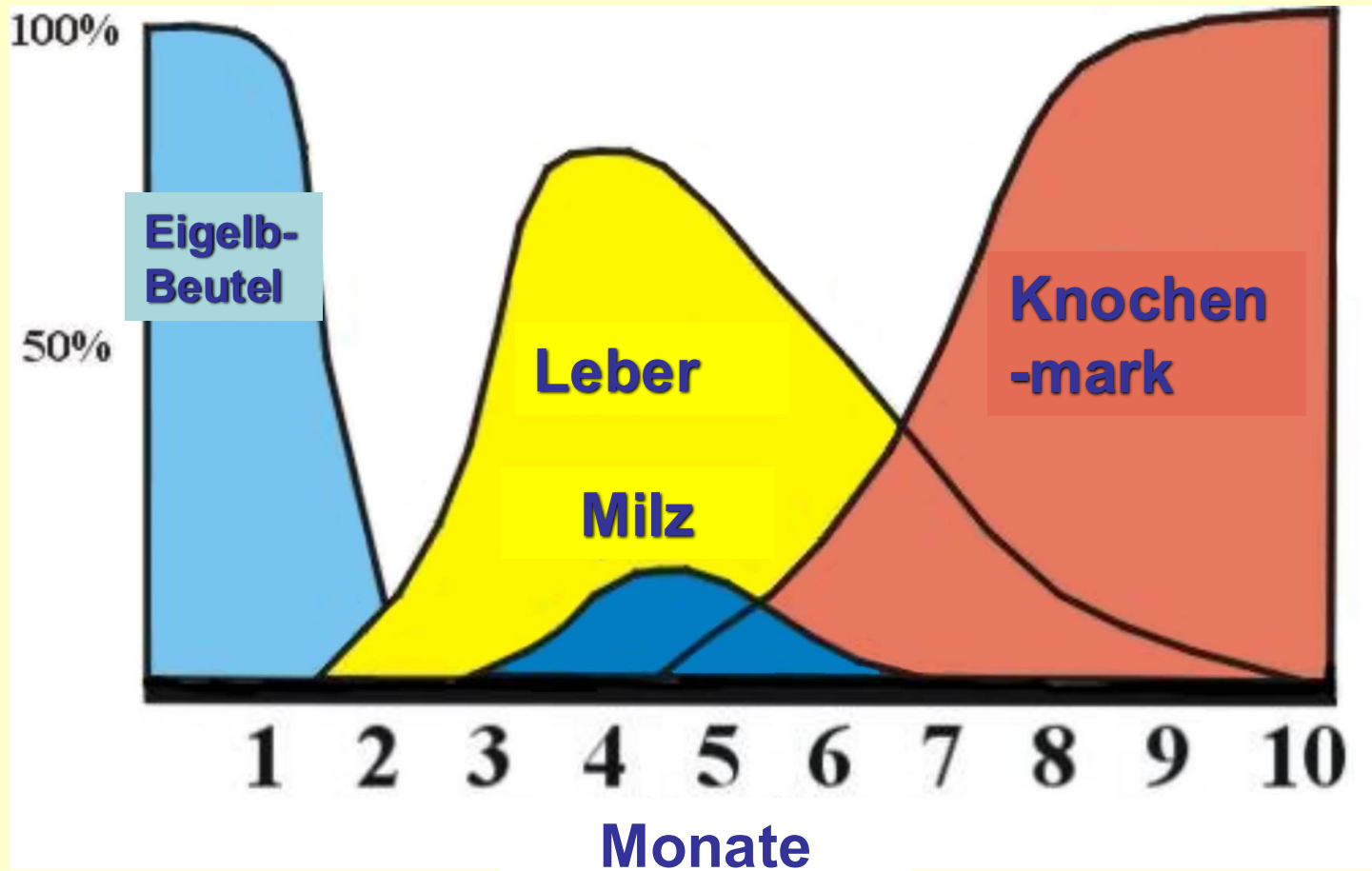
Thymus

Knochenmark (HE)



Wachstumsfaktoren: Zytokine, Chemokine
Adhäsionsmoleküle

Hämatopoese im embryonalen Leben

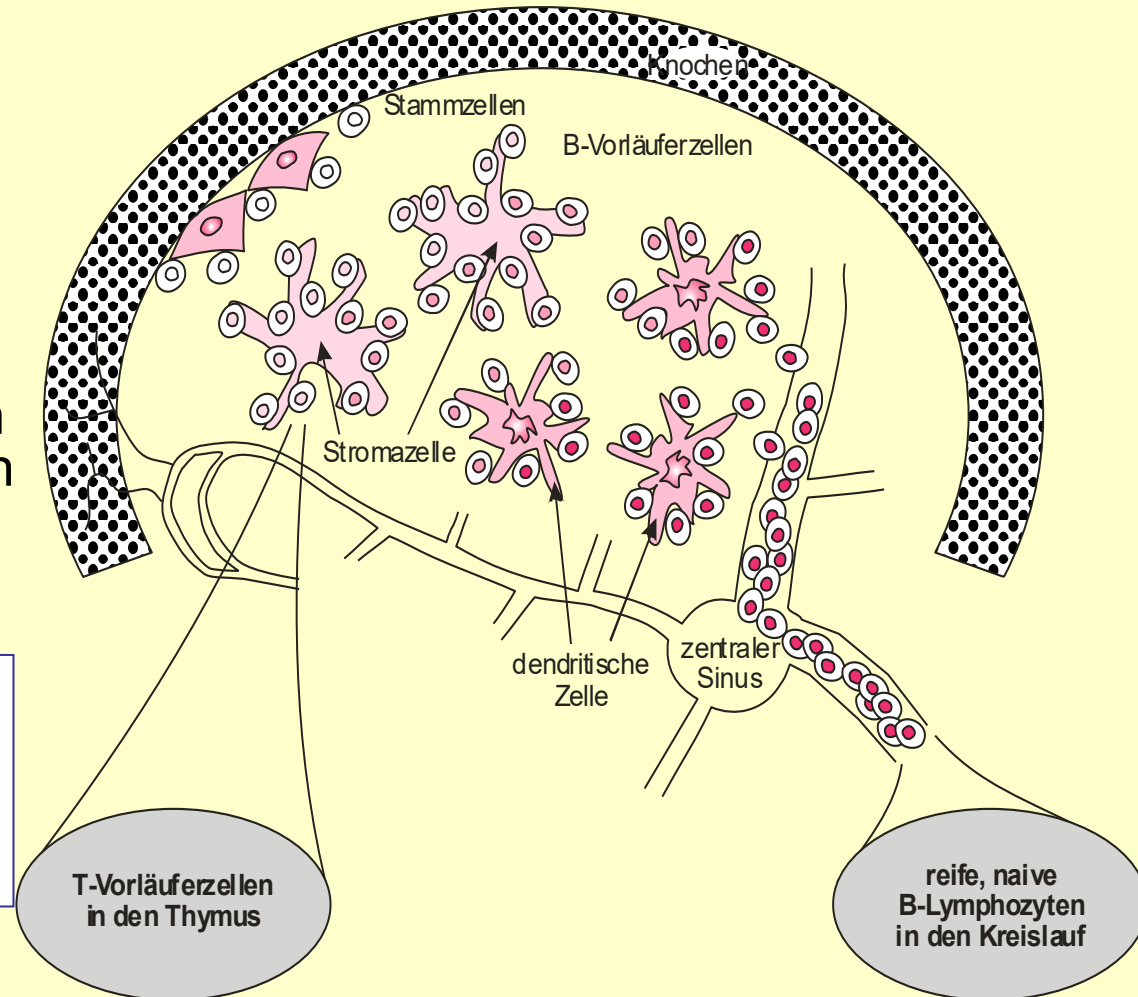


Die Entwicklung der Lymphozyten im Knochenmark

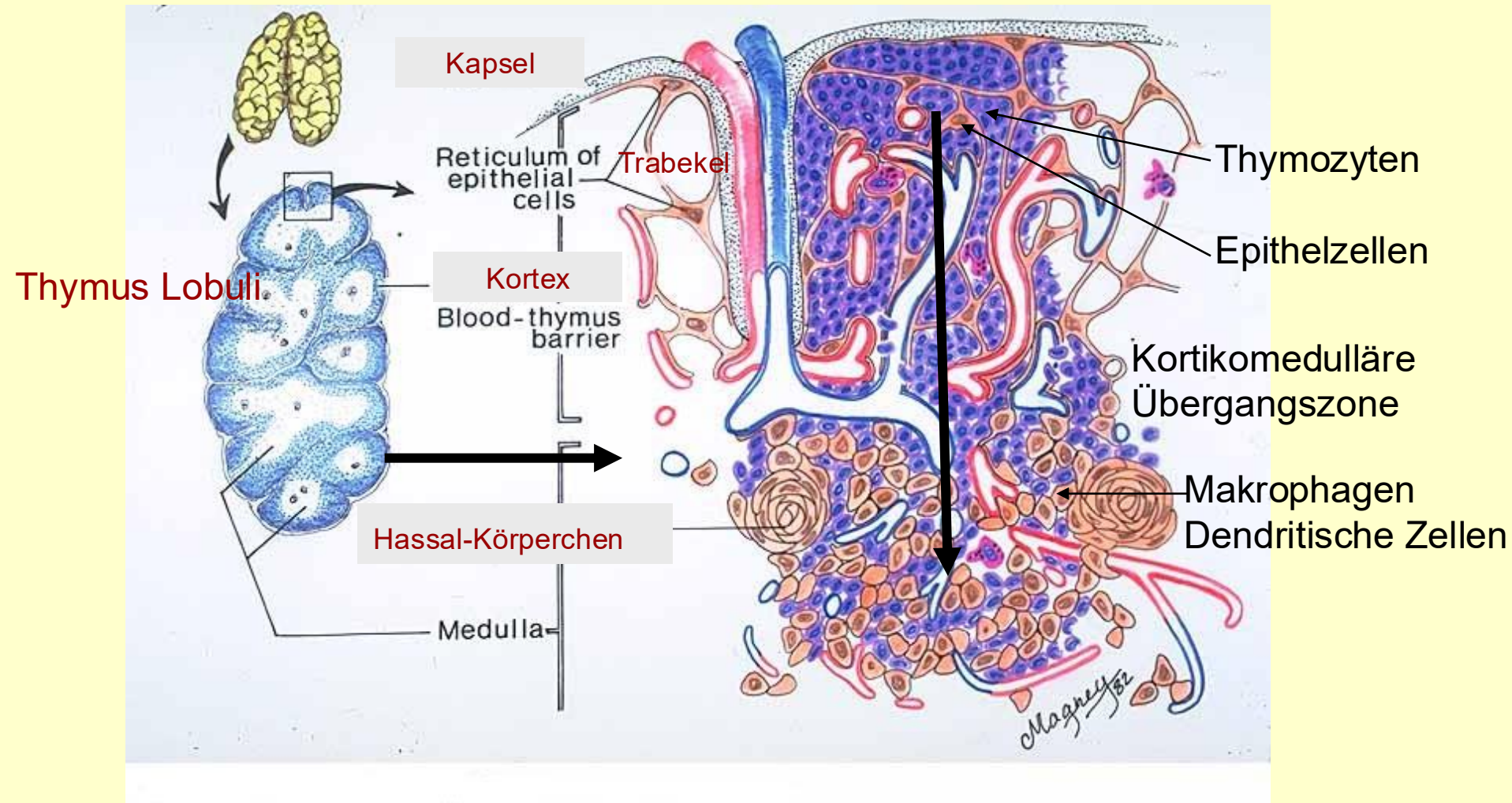
Reife, naive B-Zellen, und T-Vorläuferzellen stammen aus dem Knochenmark

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

Stromazelle:
Wachstumsfaktoren: Zytokine,
Chemokine
Adhäsionsmoleküle



Struktureller Aufbau des Thymus



Periphere (sekundäre) lymphatische Organe

1. Seminar

Lymphknoten

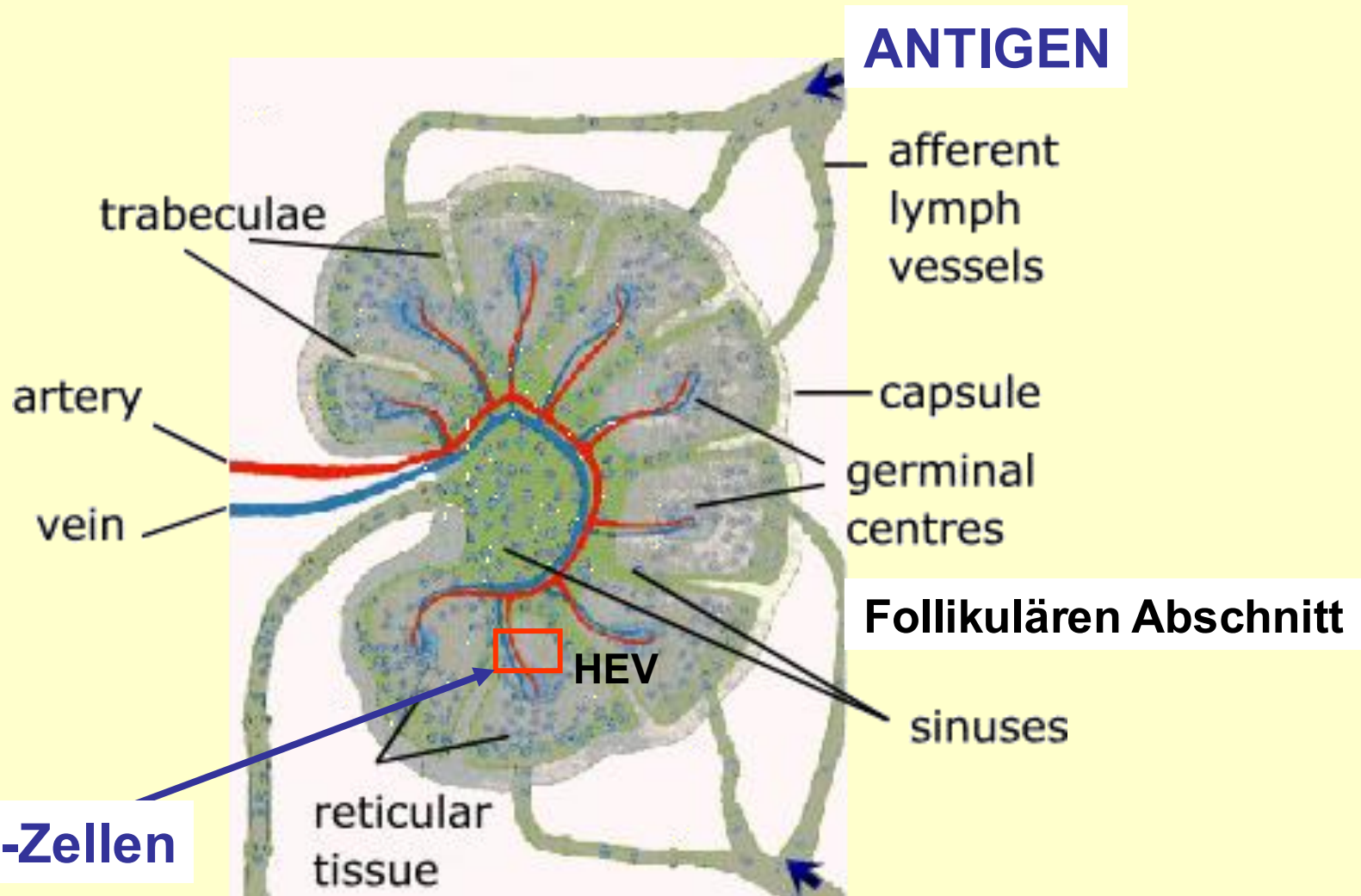
Milz

MALT, SALT

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**.

Antigen gelangt Lymphknoten mit Lymphe



T und B-Zellen

Parafollikulären Abschnitt

Die Milz

Anatomie:

Sie ist von einer Organkapsel
umgeben
und hat keine lymphatische
Zirkulation

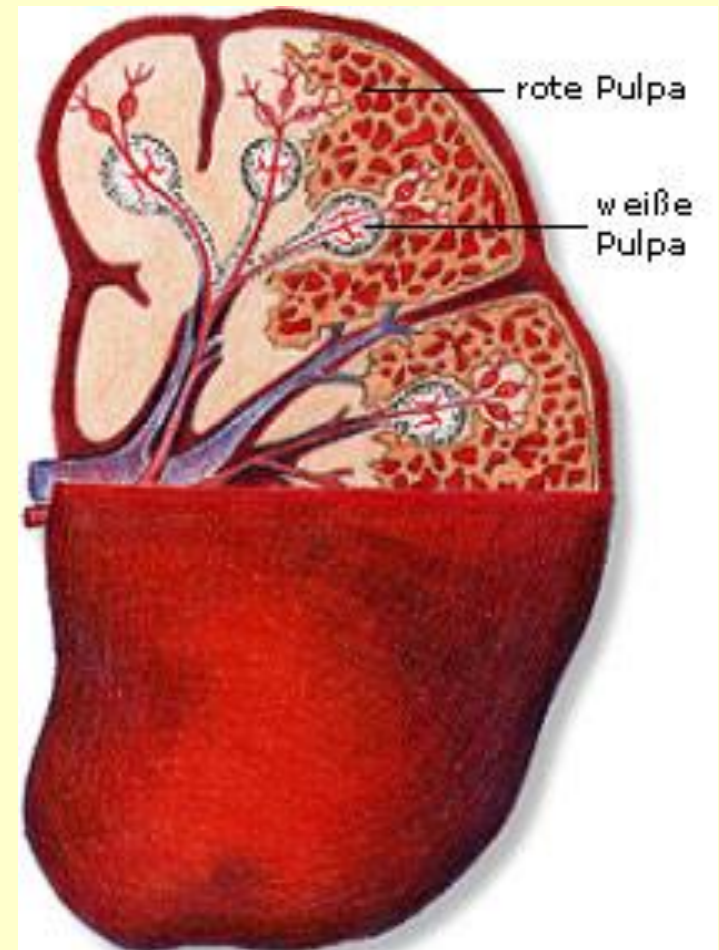
Weißer Pulpa (lymphatische Zellen)

Roter Pulpa (Blutzellen,
Makrophagen, Plasmazellen)

Funktionen:

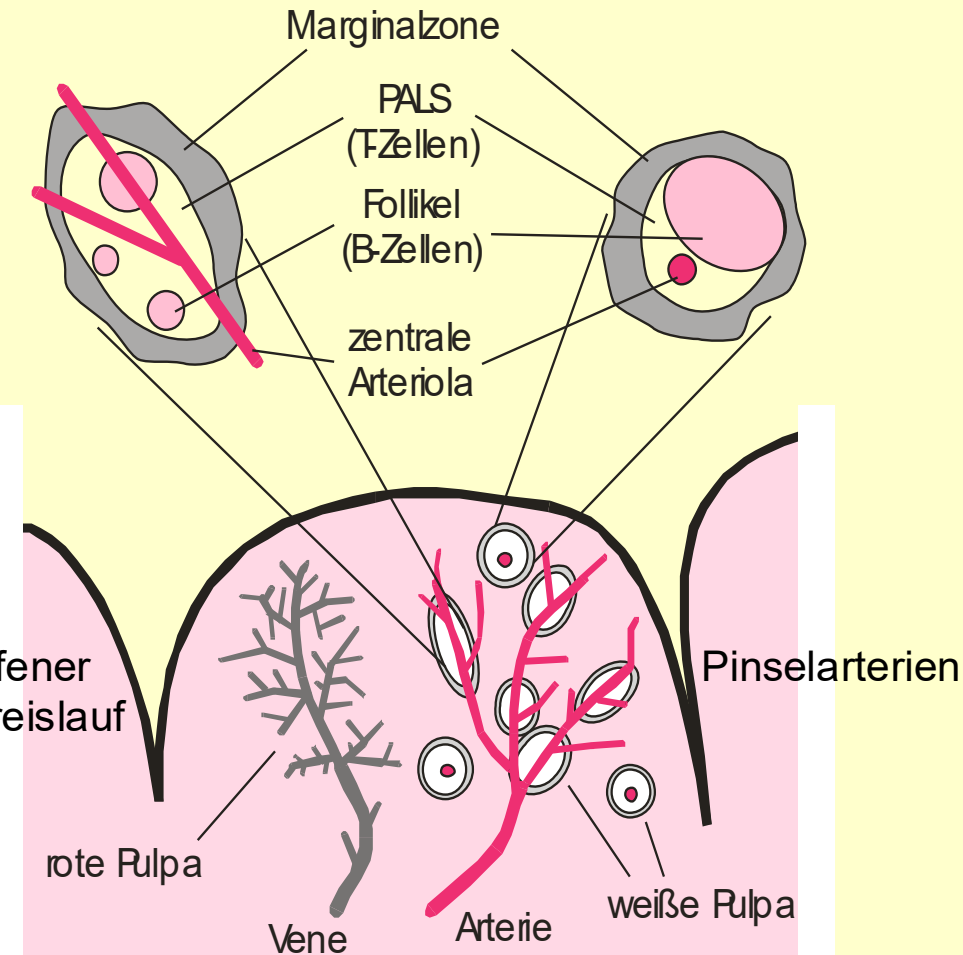
Abbau der überalterten oder durch
Membran- und Enzymdefekte geschädigte
Blutzellen

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

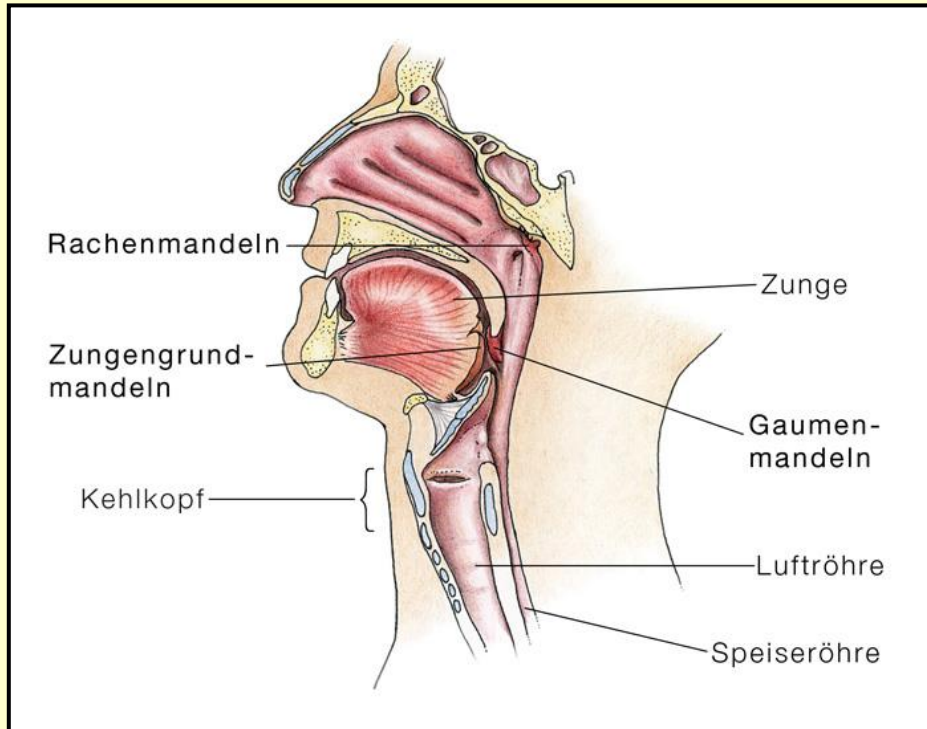
- Die zentralen Arteriolen sind von PALS-Regionen umgeben (T-Zellen)

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

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: γ/δ T-Zellen, α/β T-Zellen, B-Zellen, NK-Zellen, Granulozyten, Mastzellen

