

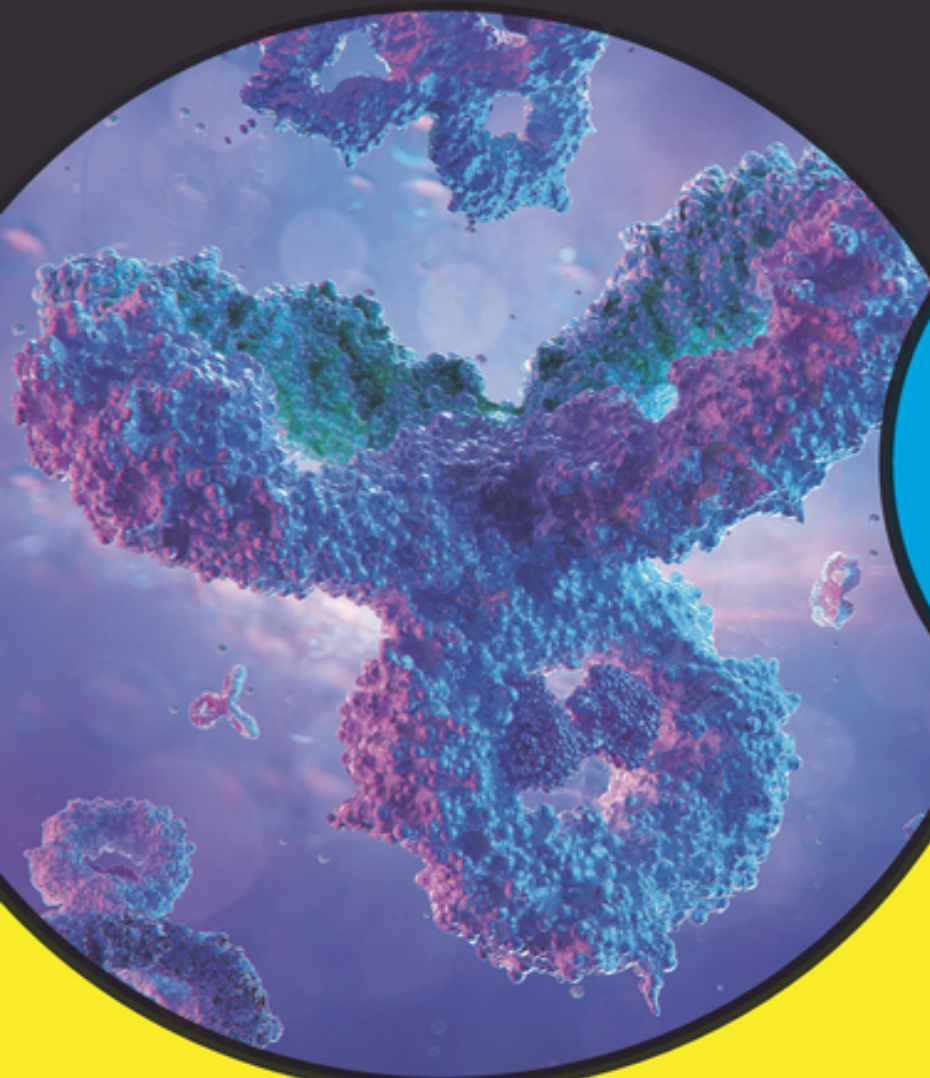
LERNEN EINFACH GEMACHT



2. Auflage

Immunologie

für
dummies[®]



Welche Organe,
Zellen und Moleküle für das
Immunsystem wichtig sind

Wie zelluläre und
humorale Immunantwort
zusammenarbeiten

Angeborene und erworbene
Immunität verstehen

Bärbel Häcker

Immunologie für Dummies

Schummelseite

ZELLEN DES ANGEBORENEN IMMUNSYSTEMS



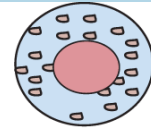
neutrophiler
Granulozyt



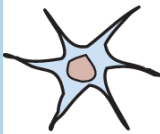
basophiler
Granulozyt



eosinophiler
Granulozyt



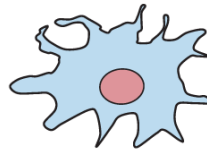
Mastzelle



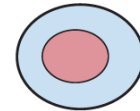
dendritische
Zelle



Monozyt

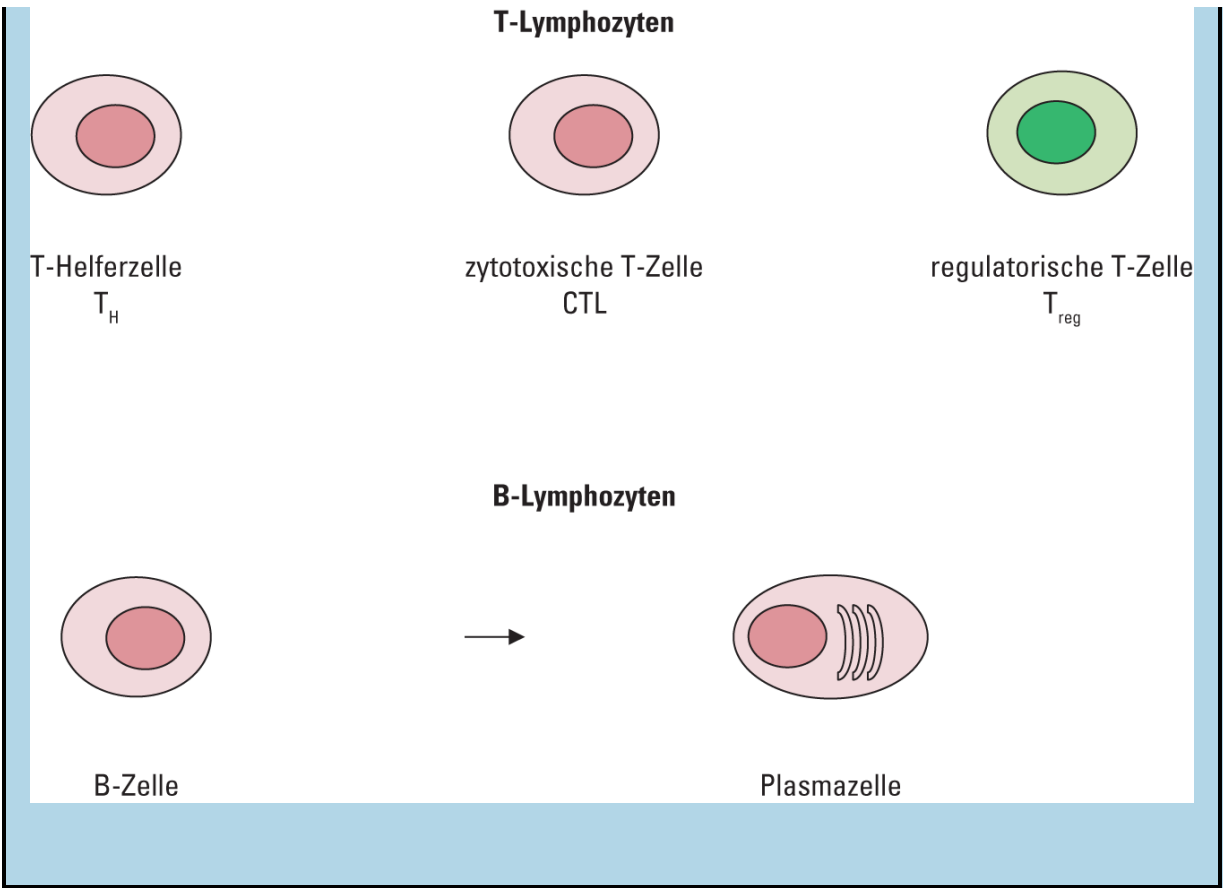


Makrophage

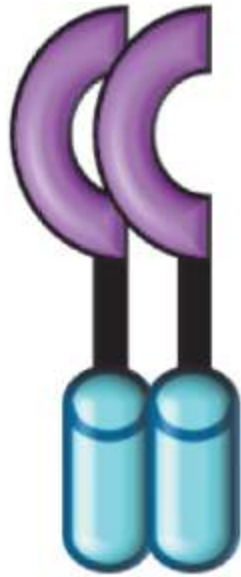


Natürliche
Killer(NK)-Zelle

ZELLEN DES ERWORBENEN (ADAPTIVEN) IMMUNSYSTEMS

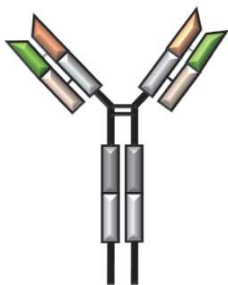


REZEPTOREN DES ANGEBORENEN IMMUNSYSTEMS



Toll-ähnlicher Rezeptor

REZEPTOREN UND MOLEKÜLE DES ERWORBENEN IMMUNSYSTEMS



B-Zell-Rezeptor (BCR),
Antikörpermolekül



T-Zell-Rezeptor
(TCR)



CD4-Molekül



CD8-Molekül

WEITERE FÜR DAS IMMUNSYSTEM WICHTIGE REZEPTOREN



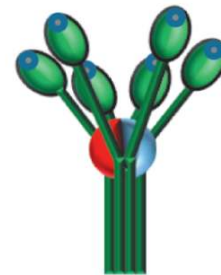
MHC-II-Molekül



MHC-I-Molekül



C3b-Rezeptor (CR1, CD 35)



Komplementkomplex C1



Bärbel Häcker

Immunologie für **dummies**[®]

2. Auflage

**Fachkorrektur von
Prof. Thomas Kufer**

WILEY-VCH
WILEY-VCH GmbH

Immunologie für Dummies

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

2. Auflage 2021

© 2021 Wiley-VCH GmbH, Weinheim

Wiley, the Wiley logo, Für Dummies, the Dummies Man logo, and related trademarks and trade dress are trademarks or registered trademarks of John Wiley & Sons, Inc. and/or its affiliates, in the United States and other countries. Used by permission.

Wiley, die Bezeichnung »Für Dummies«, das Dummies-Mann-Logo und darauf bezogene Gestaltungen sind Marken oder eingetragene Marken von John Wiley & Sons, Inc., USA, Deutschland und in anderen Ländern.

Das vorliegende Werk wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie eventuelle Druckfehler keine Haftung.

Coverfoto: © corona borealis – stock.adobe.com

Korrektur: Claudia Lötschert

Print ISBN: 978-3-527-71805-4

ePub ISBN: 978-3-527-82950-7

Widmung

Meiner Tochter
Sophia Farah

Danksagung

Mein Dank geht an Frau Vanessa Schöner des Dummies-Lektorats beim Wiley-Verlag, die die 2. Auflage des Buchs hervorragend betreut hat.

Ganz besonderen Dank schulde ich Herrn Prof. Dr. Thomas Kufer für seine konstruktiven Anregungen und Fachkorrekturen für die 2. Auflage des Buchs.

Für die externen Bilder danke ich ebenfalls allen Bildleihgebern.

Über die Autorin

Dr. Bärbel Häcker studierte Biologie in Stuttgart-Hohenheim, Konstanz und Heidelberg und wurde von der Universität Heidelberg promoviert. Sie arbeitete am Deutschen Krebsforschungszentrum Heidelberg, dem Städtischen Klinikum Karlsruhe und dem Landesmuseum für Technik und Arbeit in Mannheim sowie freiberuflich als Übersetzerin und Lektorin.

Inhaltsverzeichnis

[Cover](#)

[Titelblatt](#)

[Impressum](#)

[Widmung](#)

[Danksagung](#)

[Über die Autorin](#)

[Einführung](#)

[Über dieses Buch](#)

[In diesem Buch verwendete Symbole](#)

[Was Sie nicht lesen müssen](#)

[Törichte Annahmen über den Leser](#)

[Wie dieses Buch aufgebaut ist](#)

[Wie es weitergeht](#)

[Teil I: Die Komponenten des Immunsystems](#)

[Kapitel 1 Was Immunologie überhaupt ist](#)

[Was geht uns Immunologie an?](#)

[Die erste Welt bestand aus Antikörpern, die zweite aus Zellinteraktionen ...](#)

[Das Immunsystem ist zweigeteilt](#)

[Kapitel 2 Die Mitspieler: welche Zellen für das Immunsystem wichtig sind](#)

[Phagozyten - Fressen aus Leidenschaft](#)

[Präsentation ist alles: die Feuermelder - dendritische Zellen](#)

[Zum Töten geboren - natürliche Killerzellen](#)

[Lymphzellen - B und T sind Profis](#)

[Zelloberflächenmerkmale](#)

Kapitel 3 Lymphorgane und das Lymphsystem: damit alles in richtigen Bahnen läuft

Lymph und Lymphgefäße

Primäre Lymphorgane: Ort der Hämatopoese und der Schulung von Lymphzellen

Sekundäre Lymphorgane: Orte des Antigenkontakts

Immer auf der Wanderschaft - Lymphzellrezirkulation

Anmerkungen

Kapitel 4 Das zweiästige Immunsystem: Auf zwei Beinen steht es sich besser

Das angeborene Immunsystem: mehr als eine Festungsmauer

Erworbene Immunität und immuno- logisches Gedächtnis - keine Allround-Waffen, sondern maßgeschneiderte Schützen und Geschosse

Anmerkung

Kapitel 5 Antigene: Auslöser für Immunreaktionen

Antigene: Socken für die Spürhunde

Haptene und Carrier: Antikörper durch Teamwork

Thymusabhängige und thymusunabhängige Antigene

Wirkung von Adjuvanzen

Die Natur ist voller Antigene

Teil II: Zelluläre Immunantwort

Kapitel 6 Der Haupthistokompatibilitätskomplex: Erkenne dich selbst!

Histokompatibilitätsgene bei Mensch und Maus

Kongene Mäuse im Labor - ein Genort macht den Unterschied aus

MHC-Klasse-I-Moleküle: der Personalausweis jeder Zelle

MHC-Klasse-II-Moleküle: spezielles Serviertablett antigenpräsentierender Zellen

[MHC-Klasse-II-Moleküle](#)

[MHC-Klasse-III-Moleküle](#)

[MHC-Klasse-I-ähnliche Moleküle](#)

[MHC-Polymorphismus](#)

[Nebenhistokompatibilitätsantigene – keine Nebensache](#)

Kapitel 7 T-Zell-Rezeptoren & Co.

[Der lange Weg zum T-Zell-Rezeptor](#)

[Aufbau des Rezeptors: \$\alpha\beta\$ oder \$\gamma\delta\$](#)

[\$\gamma\delta\$ -T-Zell-Rezeptoren: die Rätselhaften](#)

[Kombinatorik oder wie die Vielfalt der Rezeptoren entsteht](#)

[Co-Rezeptoren](#)

[Wie das Signal vom Rezeptor ins Zellinnere gelangt](#)

Kapitel 8 Die Rolle der Makrophagen und dendritischen Zellen im Immunsystem

[An die Waffen, Männer! – Wenn Makrophagen ernst machen](#)

[Fressen, aufbereiten, darbieten: die Antigenprozessierer](#)

[Makrophagen und Antikörperbildung](#)

[Makrophagen und die Entstehung von T-Helferzellen](#)

[Gefahr erkannt, Gefahr gebannt](#)

Kapitel 9 Mechanismen der T-Zell-Kooperation

[T-Zell-B-Zell-Kooperation](#)

[T-Zell-T-Zell-Kooperation](#)

[T-Zell-Makrophagen-Kooperation](#)

Kapitel 10 Zytotoxizität: der Todeskuss

[Feind erkannt, Feind geküsst, Feind gebannt: die Arbeit der Killerzellen](#)

[Speichergranula – die Patronenhülsen der Killerzellen](#)

[Perforin – das Schießpulver wurde nicht vom Menschen erfunden](#)

[Selbstschutz vor der todbringenden Waffe Perforin](#)

[Andere Killerproteine in der Natur](#)

Teil III: Humorale Immunantwort

Kapitel 11 Antikörper - erkennen, binden, markieren

Die Welt der Theorien

Die Matrize beginnt zu bröckeln

Eine Zelle, ein Antikörper

Die Klonale Selektionstheorie

Gefreiter 72135, vortreten und vermehren!

Antikörper - maßgeschneiderte Waffen

Anmerkungen

Kapitel 12 Die Struktur der Immunglobuline

Gammaglobuline - die Chemiker kommen zum Zug

Vier Ketten für ein Molekül

Isos, allos, idios - Variationen in Hülle und Fülle

Kapitel 13 Antigen-Antikörper-Reaktionen

Epitop und Paratop: wie Schlüssel und Schloss

Wo zarte Kräfte viel erreichen - die Bindung zwischen Antigen und Antikörper

Passform und Affinität - je besser, desto stärker

Spezifität und Kreuzreaktion

Präzipitationen und die Gitterhypothese

Kapitel 14 Biologische Funktionen der Immunglobuline

Antikörperklassen - fünf im Bunde

Kapitel 15 Der Antikörpervielfalt auf der Spur

Keimbahn versus somatische Variation

Die Dreyer-Bennett-Hypothese

Genumlagerung - Probieren bis zum Erfolg!

Korrekte Antikörperfaltung - von der Anstandsdame überwacht

Anmerkungen

Kapitel 16 Die Antikörperantwort

Am Anfang steht Immunglobulin M

Die Sekundärantwort: Beim zweiten Mal klappt es schon besser

Je länger, desto besser – die Affinitätsreifung

Von M auf G, E oder A – der Antikörperklassenwechsel

Kapitel 17 Antikörpertechnologie - wenn Immunologen basteln

Die magische Gewehrkegel

Rekombinante Antikörper auf Bestellung

Bispezifische Antikörper: die Brücke zwischen Tumorzelle und T-Zelle

Teil IV: Mediatoren und andere wichtige Proteine im Immunsystem

Kapitel 18 Komplement - auf klassischen und alternativen Wegen

Komplement: eine nützliche Ergänzung

Komplementaktivierung: Drei Wege führen zum Ziel

Ficoline: komplementaktivierende Lektine der angeborenen Immunität

Den Tiger im Zaum halten – der Schutz vor Komplement

Kapitel 19 Ohne Botenstoffe geht es nicht: Zytokine

Interferone – wer mischt sich hier ein?

Mx-Proteine: antivirale Torhüter, die Ungebetene abhalten

MIF: der Makrophagen-Migrationshemmer

Interleukine – Botenstoffe zwischen Leukozyten

Tumor-Nekrose-Faktor: eine Proteinfamilie

Koloniestimulierende Faktoren

Die Zytokinrezeptor-Familien

Teil V: Regulation, Toleranz und Krankheiten

Kapitel 20 Regulation: die Bremse des Immunsystems

Natürliche T_{regs}

Adaptive T_{regs}

Wenn die scharfen Hunde nicht von der Kette dürfen

Kapitel 21 Immunologische Toleranz und Transplantation

Toleranz erwerben

Toleranzmechanismen: wie autoreaktive Zellen ausgeschaltet werden

Transplantationen – Spendergewebe muss weitgehend kompatibel sein

Der Fötus – ein natürliches Allotransplantat

Anmerkung

Kapitel 22 Immunsystem und Krankheiten – wenn die Abwehr Kapriolen schlägt

Immundefekte

MHC-Haplotyp und Erkrankungen

Allergien: Immunreaktionen auf Abwegen

Autoimmunerkrankungen: wenn der Schuss nach hinten losgeht

Aufgepasst – Immunüberwachung von Tumoren

Kapitel 23 Ausgetrickst: Krankheitserreger unterwandern das Immunsystem

Find' mich doch! Mikroorganismen verstecken sich in Zellen

Fang mich doch, da bin ich doch! Listerien narren das Immunsystem

Bakterien mit Tarnkappe

Bakterien mit gefälschter Identität

Trojanische Pferde: Viren tarnen sich als harmlose Zelltrümmer

Immer einen Schritt voraus: Antigenvariation

Wenn Bakterien Waffen unschädlich machen

Wenn Jäger zu Gejagten werden: Mikroben attackieren Fresszellen

Teil VI: Der Top-Ten-Teil

Kapitel 24 Zehn Meilensteine der Immunologie

Virenabwehr mit Interferon

Ein Antikörper - eine Zelle

Kreuzreaktionen von Antikörpern belegen die Klonale Selektionstheorie

Quantitative Präzipitationsreaktionen

Entdeckung der V-Region von Antikörpern

T-Zell-B-Zell-Kooperation bei der Antikörperbildung

Das T_H1 -/ T_H2 -Paradigma

Die Struktur der MHC-Moleküle und der röntgenkristallografische Nachweis der Bindungsgrube von HLA-A2

Sequenzierung MHC-gebundener Peptide

Toll-ähnliche Rezeptoren - die Wiedergeburt der angeborenen Immunität

Anmerkung

Kapitel 25 Zehn plus sechs Nobelpreise für Immunologen

Emil von Behring - Besieger des Würgeengels

Robert Koch - Begründer der Infektionslehre

Paul Ehrlich - Vater der Seitenkettentheorie - und Ilja Iljitsch Metchnikow - Entdecker der Phagozyten

Charles Richet - Erforscher der Anaphylaxie

Jules Bordet - Entdecker von Alexin (Komplement)

Karl Landsteiner - Entdecker der Blutgruppen

Peter Brian Medawar und Frank Macfarlane Burnet - Väter der Theorie der erworbenen Immuntoleranz

Gerald Edelman und Rodney Porter - Aufklärer der Antikörperstruktur

Rosalyn Yalow - Erfinderin des Radioimmunassays

George Snell, Jean Dausset und Baruj Benacerraf - Entdecker der Histokompatibilitätsgene

[Niels Kai Jerne, George Köhler und Cesar Milstein – Theoretiker und praktische Anwender eines Paradigmas](#)

[Susumu Tonegawa – Entdecker des Ursprungs der Antikörperdiversität](#)

[Joseph E. Murray und E. Donnall Thomas – zwei Transplantationschirurgen](#)

[Rolf Zinkernagel und Peter Doherty – Entdecker der MHC-Restriktion zellvermittelter Immunreaktionen](#)

[Summa summarum](#)

[Anmerkung](#)

Anhang A Das immunologische Kochbuch: wichtige Methoden im Überblick

[Immunisierung: Footpad oder ins Bäuchlein](#)

[Gewinnung von Antiseren](#)

[Lymphozyten aus Milz oder Lymphknoten gewinnen und trennen](#)

[Lymphozyten aus dem peripheren Blut gewinnen](#)

[Gewinnung adhärenter dendritischer Zellen](#)

[Gewinnung von Peritonealmakrophagen](#)

[Gewinnung von Knochenmarkmakrophagen](#)

[Trennen und Sortieren von Zellen](#)

[Immunfluoreszenz](#)

[Präzipitationsreaktion in Gelen: Immundiffusion](#)

[Tests auf Basis roter Blutkörperchen](#)

[Radioimmunassay](#)

[ELISA: *enzyme-linked immunosorbent assay*](#)

[xMAP und MagPix- viele Analyten auf einen Streich](#)

[Gemischte Lymphozytenkultur](#)

[Zytotoxizitätstest mit ⁵¹Chrom](#)

[HLA-Typisierung](#)

[Herstellung monoklonaler Antikörper](#)

Anhang B Glossar

Stichwortverzeichnis

End User License Agreement

Tabellenverzeichnis

Kapitel 1

[Tabelle 1.1 Arten der Immunität](#)

Kapitel 2

[Tabelle 2.1 Gegenüberstellung der konventionellen und folliculären dendritischen...](#)

[Tabelle 2.2 Übersicht über die verschiedenen T-Effektorzellen](#)

[Tabelle 2.3 Wesentliche Funktionen der T- und B-Zellen](#)

[Tabelle 2.4 Einige wichtige CD-Moleküle und ihre Funktion](#)

Kapitel 4

[Tabelle 4.1 Die drei Verteidigungslinien des Körpers](#)

[Tabelle 4.2 Toll-ähnliche Rezeptoren auf der Zellmembran und ihre Funktion](#)

[Tabelle 4.3 Toll-ähnliche Rezeptoren auf den Zellkompartimenten \(membranumschlos...](#)

[Tabelle 4.4 Rezeptoren des angeborenen Immunsystems und ihre Liganden](#)

[Tabelle 4.5 Gegenüberstellung des angeborenen und des erworbenen Immunsystems](#)

Kapitel 5

[Tabelle 5.1 Vergleich der Zellwandzusammensetzung gramnegativer und grampositive...](#)

Kapitel 6

[Tabelle 6.1 MHC-Moleküle bei Maus und Mensch im Vergleich](#)

[Tabelle 6.2 H-2-Haplotypen von im Labor gängigen Mausstämmen](#)

[Tabelle 6.3 Vergleich der MHC-Klasse-I- und MHC-Klasse-II-Moleküle](#)

Kapitel 7

[Tabelle 7.1 \$\alpha\beta\$ -T-Zell-Rezeptoren](#)

Kapitel 8

[Tabelle 8.1 Wege, auf denen dendritische Zellen Proteinantigene aufnehmen, verar...](#)

[Tabelle 8.2 Wichtige Funktionen von Makrophagen](#)

Kapitel 14

[Tabelle 14.1 Vergleich der fünf Immunglobulinklassen](#)

Kapitel 15

[Tabelle 15.1 Die Anzahl funktionsfähiger Gensegmente für die variablen Regionen ...](#)

Kapitel 16

[Tabelle 16.1 Vergleich von Primär- und Sekundärantwort](#)

Kapitel 17

[Tabelle 17.1 Monoklonale Antikörper in der Therapie](#)

Kapitel 18

[Tabelle 18.1 Gegenüberstellung der drei Wege des Komplementsystems](#)

Kapitel 19

[Tabelle 19.1 Gegenüberstellung der Interferone](#)

[Tabelle 19.2 Gegenüberstellung der Tumor-Nekrose-Faktoren](#)

Kapitel 22

[Tabelle 22.1 HLA-Merkmale und das damit verbundene Erkrankungsrisiko bei Europäe...](#)

[Tabelle 22.2 Mastzellmediatoren des Menschen](#)

[Tabelle 22.3 Einteilung der immunologischen Überempfindlichkeitsreaktionen nach ...](#)

[Tabelle 22.4 Organspezifische und organunspezifische Autoimmunerkrankungen](#)

Illustrationsverzeichnis

Kapitel 1

[Abbildung 1.1 Die Zellen des angeborenen und des erworbenen Immuns...](#)

[Abbildung 1.2 Vereinfachtes Schema einer erworbenen Immunantwort \(Antikörperbild...](#)

Kapitel 2

[Abbildung 2.1 Aus blutbildenden Stammzellen entstehen diverse Zell...](#)

[Abbildung 2.2 Polymorphkerniger neutrophiler Granulozyt mit dreigliedrigem Zellk...](#)

[Abbildung 2.3 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Makrophagen](#)

[Abbildung 2.4 Pseudopodien neutrophiler Granulozyten umschließen einen Mikroorga...](#)

[Abbildung 2.5 Wenn die Granula des neutrophilen Granulozyten mit der Phagosomenm...](#)

[Abbildung 2.6 NK-Zelle bindet mit Rezeptoren das »Hinterende« \(Fc-Teil\) von Anti...](#)

[Abbildung 2.7 Historisches Experiment zur Trennung von Signal 1 \(Antigen\) und Si...](#)

[Abbildung 2.8 Mastzelle mit histaminhaltigen Granula \(Körnchen\)](#)

[Abbildung 2.9 CD1 als Präsentierteller für Lipide und Glykolipide](#)

Kapitel 3

[Abbildung 3.1 Die Verteilung der Lymphgewebe im menschlichen Körper](#)

[Abbildung 3.2 Zellorganisation des Thymus](#)

[Abbildung 3.3 Die Entwicklungswege von T-Zellen im Thymus](#)

[Abbildung 3.4 Die Struktur eines Lymphknotens](#)

[Abbildung 3.5 Aufbau der Milz](#)

[Abbildung 3.6 Lymphzellverkehr](#)

Kapitel 4

[Abbildung 4.1 Die an der Chemotaxis und Diapedese eines neutrophilen Granulozyte...](#)

[Abbildung 4.2 Versuch zum Nachweis chemotaktischer Faktoren](#)

[Abbildung 4.3 Phagozytose und Bildung des Phagolysosoms. Das entstehende Phagoly...](#)

[Abbildung 4.4 Prozesse, die sich bei einer Entzündung nach Verletzung abspielen.](#)

[Abbildung 4.5 NK-Zellen töten Zellen, denen MHC-Klasse-I-Moleküle fehlen.](#)

[Abbildung 4.6 Eine Baueinheit des Peptidoglykans](#)

[Abbildung 4.7 Ausschnitt aus dem Peptidoglykan-Netz von Staphylococcus aureus](#)

[Abbildung 4.8 Aufbau eines Toll-ähnlichen Rezeptors](#)

[Abbildung 4.9 Angriffspunkte von Lysozym an der Zellwand von *Staphylococcus aure...*](#)

[Abbildung 4.10 Opsonisierung eines mit C3b gespickten Bakteriums](#)

[Abbildung 4.11 Verschiedene Epitope auf einem Antigen](#)

[Abbildung 4.12 Die Immunantworten im Überblick](#)

[Abbildung 4.13 Gegenüberstellung des B-Zell- und des T-Zell-Rezeptors](#)

[Abbildung 4.14 Die Beziehungen zwischen der angeborenen und der erworbenen Immun...](#)

Kapitel 5

[Abbildung 5.1 Beziehung zwischen Antigen und Epitop](#)

[Abbildung 5.2 Antikörper-Antworten gegen Carrier, Hapten und Carrier-Hapten-Konj...](#)

[Abbildung 5.3 Wie TI-Antigene B-Zellen aktivieren könnten: TI-Antigene sind poly...](#)

[Abbildung 5.4 Vergleich des Zellwandaufbaus grampositiver und gramnegativer Bakt...](#)

[Abbildung 5.5 Schematische Struktur des Lipopolysaccharids \(LPS\), eines starken ...](#)

Kapitel 6

[Abbildung 6.1 Kodominante Expression von MHC-Genen](#)

[Abbildung 6.2 MHC des Menschen](#)

[Abbildung 6.3 MHC der Maus](#)

[Abbildung 6.4 MHC-Klasse-I-Protein](#)

[Abbildung 6.5 Historische Hypothesen zur Antigenerkennung auf virusinfizierten Z...](#)

[Abbildung 6.6 Prozessierung eines endogenen Antigens auf dem MHC-K...](#)

[Abbildung 6.7 MHC-Klasse-II-Protein](#)

Kapitel 7

[Abbildung 7.1 Klassischer Versuch von Marrack und Kappler zur Klärung des gültig...](#)

[Abbildung 7.2 Die Struktur des T-Zell-Rezeptors](#)

[Abbildung 7.3 Der Genort für die \$\alpha\$ - und für die \$\beta\$ -Kette des T-Zell-Rezeptors](#)

[Abbildung 7.4 Der Genort für die \$\gamma\$ -Kette des T-Zell-Rezeptors](#)

[Abbildung 7.5 Die Co-Rezeptoren CD4 und CD8](#)

[Abbildung 7.6 Der T-Zell-Rezeptor besteht aus einem Heterodimer zur Antigenerkennung...](#)

Kapitel 8

[Abbildung 8.1 Mit Antikörpern bewaffnete Makrophagen fressen \(phagozytieren\) Erreger...](#)

[Abbildung 8.2 Makrophagen bearbeiten das aufgenommene Antigen vor der Präsentation...](#)

[Abbildung 8.5 Reife dendritische Zelle präsentiert einer CD4-T-Zelle das bearbeitete Antigen...](#)

[Abbildung 8.3 Stößt eine unreife dendritische Zelle auf ein Bakterium im Gewebe,...](#)

[Abbildung 8.4 Historischer Nachweis, der zeigte, dass adhärenz Zellen für die dendritische Zelle wichtig sind...](#)

[Abbildung 8.6 Antikörperbildung gegen ein lösliches und ein makrophagenassoziiertes Antigen...](#)

Kapitel 9

[Abbildung 9.1 B-Zelle als Antigenbearbeiter und -präsentierer](#)

[Abbildung 9.2 Die wichtigsten Wechselwirkungen bei der T-B-Kooperation](#)

[Abbildung 9.3 Eine \$T_H1\$ -Zelle aktiviert einen Makrophagen.](#)

Kapitel 10

[Abbildung 10.1 Die Tötungsphasen der Arbeit einer zytotoxischen T-Zelle](#)

[Abbildung 10.2 Vergleich einer Perforinpore und einer Komplementpore von oben betrachtet...](#)

[Abbildung 10.3 Am Todeskuss beteiligte Rezeptoren und Moleküle](#)

Kapitel 11

[Abbildung 11.1 Ehrlichs Illustration der Seitenkettentheorie in seiner Veröffentlichung...](#)

[Abbildung 11.2 Die klonale Selektion](#)

[Abbildung 11.3 Ein mit Antikörpern überzogener Partikel wird gefressen \(phagozytiert\)...](#)

Kapitel 12

[Abbildung 12.1 Ein Immunglobulinmolekül besteht aus zwei L-Ketten und zwei H-Ket...](#)

[Abbildung 12.2 Spaltung eines Antikörpers mit Papain oder Pepsin](#)

[Abbildung 12.3 Die Grundstruktur eines Immunglobulin-G-Moleküls](#)

[Abbildung 12.4 Antikörper: Isotyp, Idiotyp, Allotyp](#)

[Abbildung 12.5 Zwei Anti-Idiotyp-Antikörper](#)

[Abbildung 12.6 Erzeugung von Anti-Idiotyp-Antikörpern](#)

Kapitel 13

[Abbildung 13.1 Epitop und Paratop](#)

[Abbildung 13.2 Antikörperaffinität: gute und schlechte Passform zwischen Antigen...](#)

[Abbildung 13.3 Antigenquervernetzung durch Antikörper](#)

[Abbildung 13.4 Präzipitationskurve](#)

Kapitel 14

[Abbildung 14.1 Grundstruktur von IgG](#)

[Abbildung 14.2 Das Pentamer Immunglobulin M](#)

[Abbildung 14.3 IgA-Dimer](#)

[Abbildung 14.4 Transzytose von dimerem IgA durch Deckgewebe \(Epit...](#)

[Abbildung 14.5 Domänenvergleich der leichten und schweren Ketten](#)

Kapitel 15

[Abbildung 15.1 Zwei historische Modelle zur Erklärung der Antikörpervielfalt](#)

[Abbildung 15.2 Somatische Rekombination der Kappa-L-Kette eines Antikörpermolekü...](#)

[Abbildung 15.3 Somatische Rekombination einer H-Kette eines Immunglobulins am Be...](#)

[Abbildung 15.4 Die Rekombinationsvorgänge der leichten und schweren Kette im B-L...](#)

Kapitel 16

[Abbildung 16.1 Eine B-Zelle benötigt zwei Signale zur ihrer Stimulierung, sonst ...](#)

[Abbildung 16.2 Die vier Phasen der Antikörperantwort](#)

[Abbildung 16.3 Die Primär- und Sekundärantwort](#)

[Abbildung 16.4 Das Verhältnis von IgM zu IgG bei der Sekundärantwort](#)

[Abbildung 16.5 Antikörperbildung und Immunglobulinklassenwechsel ...](#)

[Abbildung 16.6 Wechsel der Antikörperklasse am Beispiel von IgG₁ \(S steht für Sw...](#)

Kapitel 17

[Abbildung 17.1 Die magische Gewehrkegel: Ehrlichs Traum ging in Erfüllung.](#)

[Abbildung 17.2 Anti-Tumor-Therapie: Der tumorspezifische Antikörper ist mit eine...](#)

[Abbildung 17.3 Ein tumorspezifischer Antikörper bindet mit seiner variablen Regi...](#)

[Abbildung 17.4 Bispezifische Antikörper bilden eine Brücke zwischen zytotoxische...](#)

Kapitel 18

[Abbildung 18.1 Komplement führt zur Opsonisierung oder Zellyse](#)

[Abbildung 18.2 Komplement beseitigt Immunkomplexe](#)

[Abbildung 18.3 Komplement verstärkt die B-Zell-Antwort](#)

[Abbildung 18.4 Die drei Wege des Komplementsystems und ihre Funktion](#)

[Abbildung 18.6 Übersicht über den klassischen Weg der Komplementaktivierung](#)

[Abbildung 18.7 Der Membranangriffskomplex bildet mit polymerisierten C9-Moleküle...](#)

[Abbildung 18.8 Übersicht über den alternativen Weg der Komplementaktivierung](#)

[Abbildung 18.9 Das mannosebindende Lektin \(MBL\)](#)

[Abbildung 18.10 Der Lektinweg der Komplementaktivierung](#)

[Abbildung 18.5 Struktur von C1](#)

Kapitel 19

[Abbildung 19.1 Interferonwirkung](#)

[Abbildung 19.2 Abgabe von IL-2 und Wechselwirkung mit dem hochaffinen IL-2-Rezep...](#)

[Abbildung 19.3 Struktureigenschaften der Zytokin-Klasse-I-Rezeptorfamilie](#)

[Abbildung 19.4 Niedrig- und hochaffine IL-2-Rezeptoren](#)

Kapitel 20

[Abbildung 20.1 Die Entstehung der natürlichen und adaptiven regulatorischen T-Ze...](#)

[Abbildung 20.2 T-Zell-Suppression über die regulatorische CD4-CD25-T-Zelle](#)

[Abbildung 20.3 Jernes Netzwerk-Hypothese](#)

Kapitel 21

[Abbildung 21.1 Ehrlichs Horror-autotoxicus-Experiment](#)

[Abbildung 21.2 Historisches Experiment zum Nachweis der neonatal erworbenen Tole...](#)

[Abbildung 21.3 Wechselwirkung der unreifen B-Zelle mit Selbst-Antigenen](#)

[Abbildung 21.4 Positive und negative Selektion der T-Zellen im Thymus](#)

[Abbildung 21.5 Verschiedene Transplantationsarten](#)

[Abbildung 21.6 Die Graft-versus-Host-Reaktion](#)

Kapitel 22

[Abbildung 22.1 Phagozytendefekte \(LAD = Leukozytenadhäsionsschwäche\)](#)

[Abbildung 22.2 Die Rolle der dendritischen Zellen bei der HIV-Infektion](#)

[Abbildung 22.3 Typischer Verlauf einer unbehandelten HIV-Infektion](#)

[Abbildung 22.4 Durch IgE vermittelte Mastzelldegranulation](#)

[Abbildung 22.5 Schema der Überempfindlichkeitsreaktion vom Soforttyp \(Typ I\)](#)

[Abbildung 22.6 Allergieneigung wird vererbt \(nach Dr. Esther Schärer\)](#)

[Abbildung 22.7 Neutrophiler Granulozyt bei der Überempfindlichkeitsreaktion vom ...](#)

[Abbildung 22.8 Die drei aufeinanderfolgenden Phasen bei der Auslösung der Überem...](#)

[Abbildung 22.9 Autoimmunität gegen den TSH-Rezeptor](#)

[Abbildung 22.10 Gehemmte Acetylcholinrezeptorfunktion bei Myasthenia gravis](#)

[Abbildung 22.11 Lichtmikroskopische Aufnahme der Langerhans'schen Inseln. \(A\) Ba...](#)

Kapitel 23

[Abbildung 23.1 Listeria monocytogenes befällt Makrophagen](#)

[Abbildung 23.2 Trypanosom neben rotem Blutkörperchen](#)

[Abbildung 23.3 Charakteristische durch Trypanosomen-Klone verursachte Fieberschü...](#)

[Abbildung 23.4 VSG-Gene von Trypanosomen](#)

Kapitel 24

[Abbildung 24.1 Präzipitationskurve nach Heidelberger](#)

[Abbildung 24.2 Experimenteller Nachweis, dass die Carrier-sensibilisierten Zelle...](#)

[Abbildung 24.3 Zytokine der T_H1- und T_H2-Zellen](#)

Anhang A

[Abbildung A.1 FACS-Analyse](#)

[Abbildung A.2 Schema der Isolierung von Zelluntergruppen mithilfe immunmagnetisc...](#)

[Abbildung A.3 Prinzip der direkten \(A\) und indirekten \(B\) Immunfluoreszenz](#)

[Abbildung A.4 Doppelte Immundiffusion \(Ag = Antigen, Ak = Antikörper\)](#)

[Abbildung A.5 Einfache radiale Diffusion](#)

[Abbildung A.6 Immunelektrophorese nach Grabar und Williams](#)

[Abbildung A.7 \(A\) Direkte und \(B\) indirekte Hämagglutination](#)

[Abbildung A.8 Nachweis antikörperbildender Zellen mit dem direkten Plaque-Test](#)

[Abbildung A.9 Schematischer Ablauf eines ELISA-Tests](#)

[Abbildung A.10 Detektionsprinzip der xMAP-Bead-Technologie](#)

[Abbildung A.11 ⁵¹Chrom-Freisetzungstest](#)

[Abbildung A.12 Dichtegradientenzentrifugation zur Gewinnung lebender Lymphozyten](#)

[Abbildung A.13 Schema zur HLA-Typisierung am Beispiel von HLA-B27](#)

Abbildung A.14 Schema der Herstellung von Hybridomen zur Gewinnung monoklonaler ...

Einführung

Willkommen im Reich der Immunologie! Ich freue mich, dass Sie sich entschlossen haben, sich mit diesem spannenden Gebiet der Biologie näher zu befassen. Immunologie ist eine Querschnittsdisziplin. Sie hat viele Schnittpunkte mit der Zellbiologie, der Genetik, der Biochemie, der Biophysik und nicht zuletzt mit der Medizin – zieht doch Letztere direkten Nutzen aus den Erkenntnissen der immunologischen Forschung.

Die Begriffe »Immunsystem« und »Antikörper« sind in fast aller Munde. Wenn Sie an Immunologie denken, fällt Ihnen vielleicht eine Impfung ein, der Sie sich als Kind unterziehen mussten. Und vielleicht haben Sie sich damals gefragt, ob das wohl Zauberei ist, dass ein kleiner Pieks oder ein Würfelchen süßer Zucker bei einer Schluckimpfung Sie vor schrecklichen Krankheiten schützen können soll. Zauberei war es nicht, es ging alles mit rechten Dingen zu! Und was sich dabei in Ihrem Körper abgespielt hat, können Sie sich nach der Lektüre von *Immunologie für Dummies* noch besser vorstellen. Vielleicht gehören Sie auch zu den vielen geplagten Mitmenschen, die an einer Allergie leiden, und fragen sich, wie es denn sein kann, dass zum Beispiel fast unsichtbare, winzige Blütenpollen Sie so quälen können. Auch hierauf kann Ihnen dieses Buch eine Antwort geben.

In der Immunologie geht es aber um weit mehr als nur um Impfungen und Allergien! Immunologie ist eine faszinierende Wissenschaft voller Spannung, deren Akteure auf fantastische Weise zusammenarbeiten, um im Körper eine grandiose Kriegsführung gegen ungebetene Gäste zu ermöglichen. Unser Immunsystem ist von elementarer Bedeutung für unser Überleben. Und

gute Kenntnisse der Immunologie sind für jeden Neugierigen von Interesse, aber ganz besonders für Studenten der Biologie, Pharmazie und angehende Mediziner. Ich hoffe, mit diesem Buch dazu beitragen zu können, dass künftig Mediziner ihren Patienten nicht mehr sagen werden, sie hätten noch nie etwas von T_H1- und T_H2-Zellen gehört und wüssten ebenso wenig, was NK-Zellen sind.

Über dieses Buch

Immunologie für Dummies möchte Ihnen einen Überblick über die wichtigsten Komponenten des Immunsystems und ihre Wechselwirkungen geben. Das Buch ist jedoch kein allumfassendes Lehrbuch der Immunologie, sondern soll die wichtigsten Aspekte zusammenfassen und Dinge verständlich erklären. Sie werden über theoretische Erkenntnisse informiert, die Immunologen im 20. und 21. Jahrhundert gewonnen haben, aber auch in einige wichtige Methoden eingeführt, die zum Handwerkszeug eines Immunologen gehören und für die tägliche Arbeit gebraucht werden.

Wie jedes Fachgebiet, so hat auch die Immunologie ihre ganz eigenen Fachbegriffe, auf die man nicht völlig verzichten kann. Ich habe aber versucht, das Buch so zu schreiben, dass Sie es möglichst gut verstehen und gerne lesen werden. Die auftauchenden Fachbegriffe werden direkt dort erklärt, wo sie im Text auftauchen. Mit der Zeit werden Sie diese Begriffe verinnerlichen und sicher auch selbst gerne benutzen.

- ✓ Wichtige Fachbegriffe sind beim ersten Auftauchen im Text *kursiv* geschrieben.