

Einführung in die Biophysik

Vorlesung 5 – Biophysik Teil

Einführung in die Zelle

Profs. Julia Herzen, Andreas Bausch, Ulrich Gerland
School of Natural Sciences
julia.herzen@tum.de, abausch@tum.de, gerland@tum.de

Inhalt – Biophysik Teil

Zelltypen

Zellbestandteile und ihre Funktionen

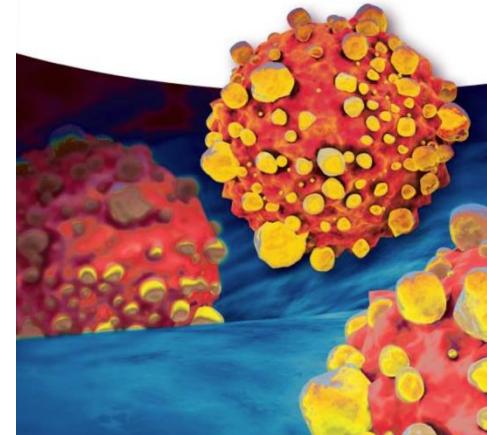
Zellmembranen

Zellzyklus

Bruce Alberts, Alexander Johnson,
Julian Lewis, David Morgan, Martin Raff,
Keith Roberts und Peter Walter

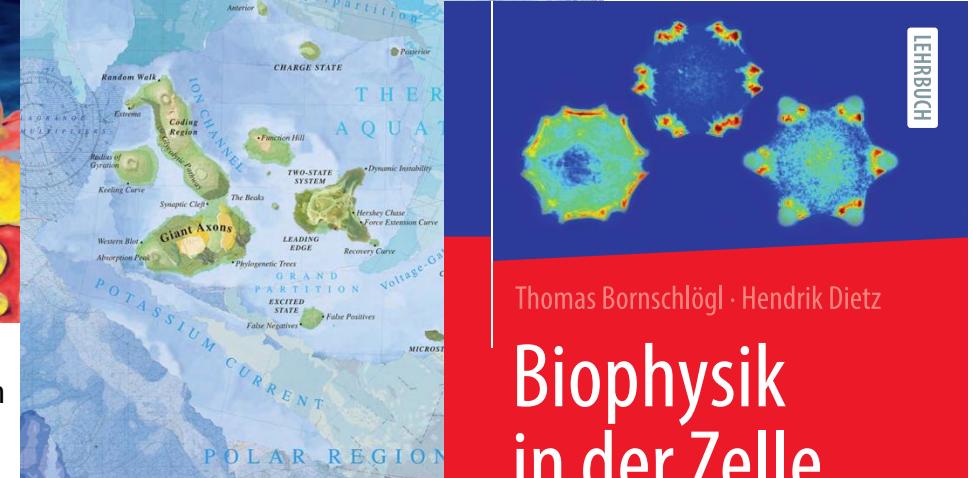
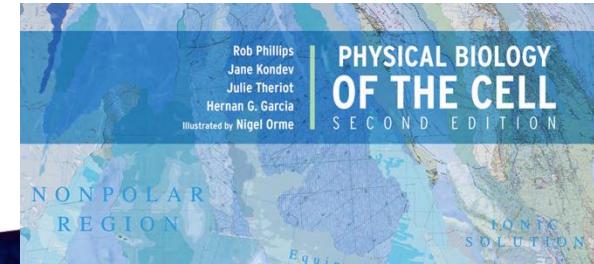
Molekularbiologie der Zelle

Übersetzung herausgegeben von Ulrich Schäfer
6. Auflage



Online lesen unter:
[https://ebookcentral.proquest.com/
lib/Munchentech/detail.action?doCID=4856334](https://ebookcentral.proquest.com/lib/Munchentech/detail.action?doCID=4856334)

Kapitel 1



Kapitelweise auf Moodle

Kapitel 1-3
(selektiv)

Thomas Bornschlögl · Hendrik Dietz

Biophysik in der Zelle

Für angehende Naturwissenschaftler

Springer Spektrum

Zum Download unter:
[https://link.springer.com/book/10.
1007/978-3-662-61609-3](https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-61609-3)

Kapitel 2

Thema Grundlagen der Zellbiologie

Fragen, die Sie am Ende dieser Vorlesung beantworten können sollten:

- Wie viele Zelltypen gibt es und was unterscheidet diese?
- Was sind die Bestandteile der Zellen und ihre Funktionen in der Zelle?
- Wozu gibt es in der Zelle Membranen und sind diese aufgebaut?
- Wie sieht ein Zellzyklus aus?

ausführlichere Behandlung in folgenden Vorlesungen im Bachelor:

- Biophysik (Prof. Rief/Prof. Zacharias, Bachelor 6. Semester)

Erbinformation in der Zelle bestimmt die Spezies

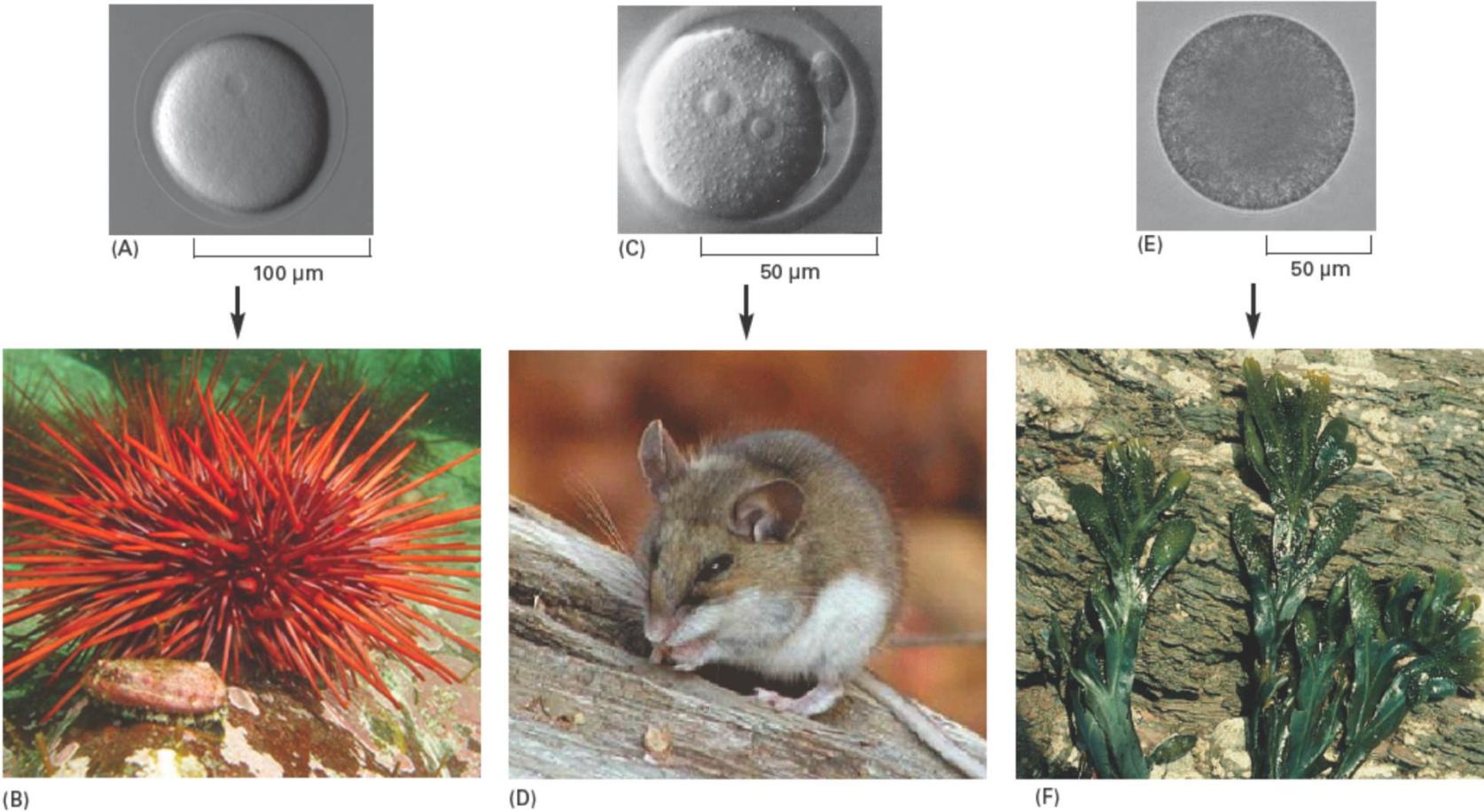
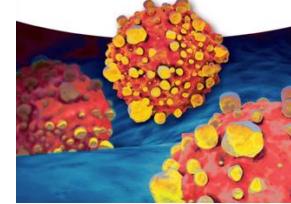


Abb. 1 1 Die Erbinformation in einer befruchteten Eizelle bestimmt die Natur des gesamten vielzelligen Organismus. Obwohl ihre Ausgangszellen wie gezeigt oberflächlich ähnlich aussehen, entsteht aus einem Seeigel Ei ein Seeigel (A und B) und aus einem Maus Ei entsteht eine Maus (C und D), während aus einem Ei des Seetangs *Fucus* ein *Fucus* Seetang hervorgeht (E und F). (A, mit freundlicher Genehmigung von David McClay; B, mit Erlaubnis von M. Gibbs, Oxford Scientific Films; C, mit freundlicher Genehmigung von Patricia Calarco, aus G. Martin, *Science* 209:768–776, 1980. Mit Erlaubnis der AAAS; D, mit freundlicher Genehmigung von O. Newman, Oxford Scientific Films; E und F, mit freundlicher Genehmigung von Colin Brownlee.)

Entdeckung der DNA – Nobelpreis 1962

Francis Crick Facts



Photo from the Nobel Foundation archive.

Francis Harry Compton Crick
The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1962

Born: 8 June 1916, Northampton, United Kingdom

Died: 28 July 2004, San Diego, CA, USA

Affiliation at the time of the award: MRC Laboratory of Molecular Biology, Cambridge, United Kingdom

Prize motivation: "for their discoveries concerning the molecular structure of nucleic acids and its significance for information transfer in living material"

Prize share: 1/3

James Watson Facts



Photo from the Nobel Foundation archive.

James Dewey Watson
The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1962

Born: 6 April 1928, Chicago, IL, USA

Affiliation at the time of the award: Harvard University, Cambridge, MA, USA

Prize motivation: "for their discoveries concerning the molecular structure of nucleic acids and its significance for information transfer in living material"

Prize share: 1/3

Maurice Wilkins Facts



Photo from the Nobel Foundation archive.

Maurice Hugh Frederick Wilkins
The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1962

Born: 15 December 1916, Pongaroa, New Zealand

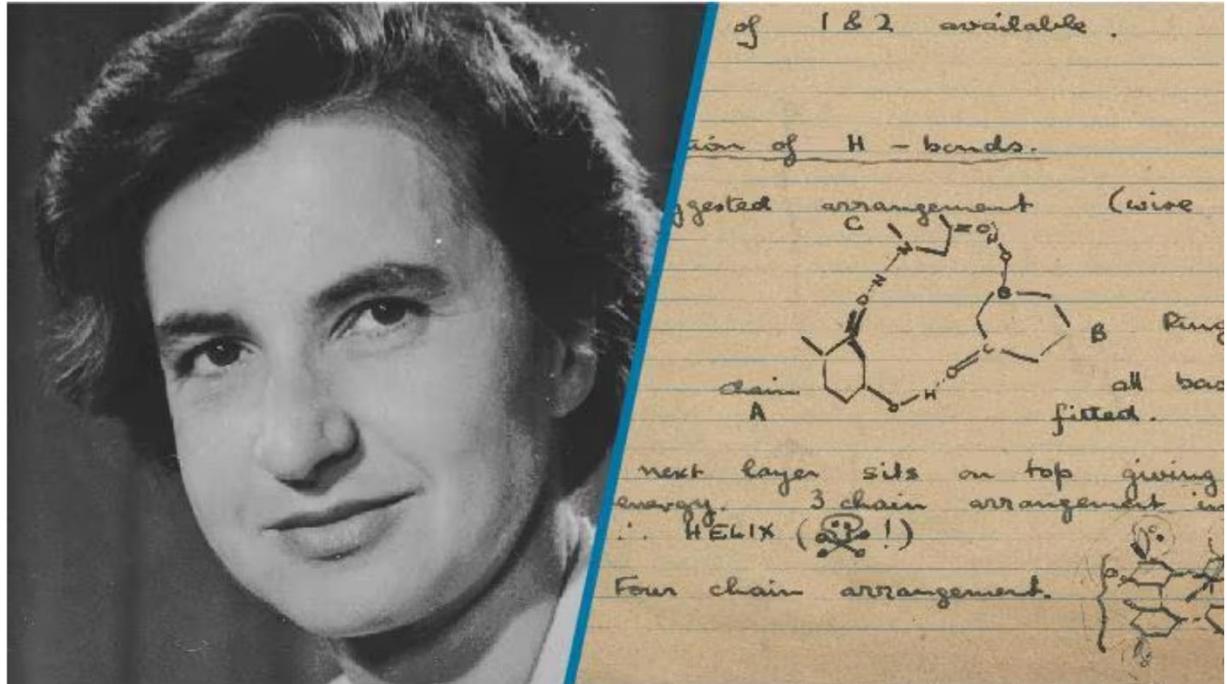
Died: 5 October 2004, London, United Kingdom

Affiliation at the time of the award: London University, London, United Kingdom

Prize motivation: "for their discoveries concerning the molecular structure of nucleic acids and its significance for information transfer in living material"

Prize share: 1/3

Entdeckung der DNA – Nicht beim Nobelpreis 1962 berücksichtigt



Rosalind Franklins Entdeckung der DNA-Struktur beeinflusste nachhaltig unser Verständnis dessen, wer wir sind.

“The Papers of Rosalind Franklin”, Churchill Archives Centre, Cambridge. (FRKN 6/1; FRKN 1/4/2)



Photo #51, Kristallographie-Bild aufgenommen von Rosalind Franklin und ihrem Doktoranden Raymond Gosling im May 1952.

DNA und ihre Bausteine

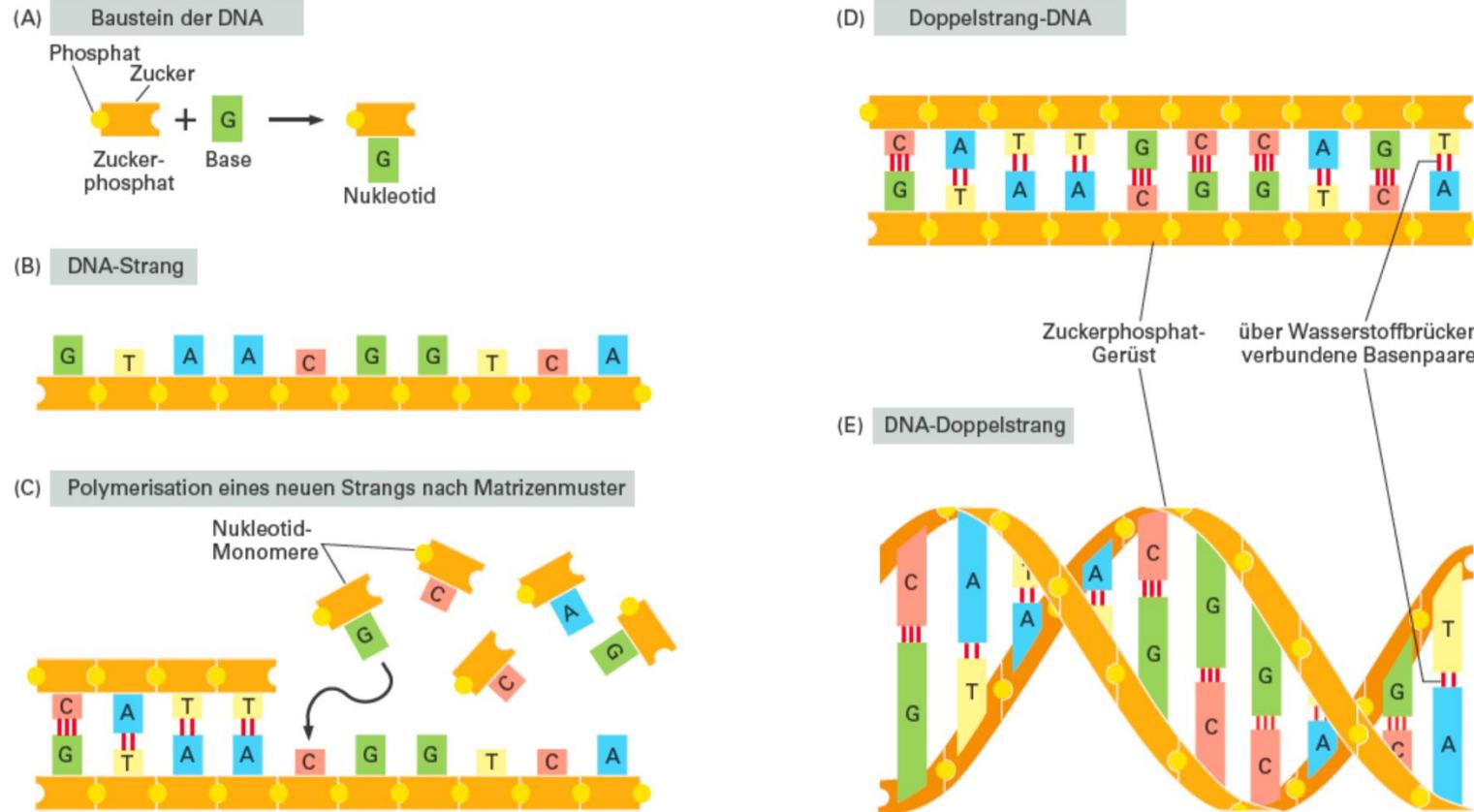
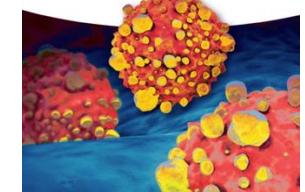
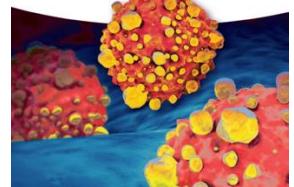


Abb. 1.2 DNA und ihre Bausteine. (A) DNA wird aus einfachen Untereinheiten aufgebaut, den Nukleotiden, von denen jedes aus einem Zuckerphosphat Molekül mit einer stickstoffhaltigen Substitutionsgruppe einer Base besteht. Es gibt vier Sorten von Basen (Adenin, Guanin, Cytosin und Thymin). Sie entsprechen vier unterschiedlichen Nukleotiden, die als A, G, C und T markiert sind. (B) Ein einzelner DNA Strang besteht aus Nukleotiden, die durch Zuckerphosphat Bindungen verknüpft sind. Jede einzelne Zuckerphosphat Einheit ist asymmetrisch, sodass das Gerüst des Strangs eine ausgesprochen gerichtete Polarität aufweist. Diese Ausrichtung lenkt die molekularen Vorgänge, durch die die Information der DNA in Zellen übersetzt und kopiert wird: Die Information wird immer in einer festgelegten Ordnung „gelesen“, genau wie ein geschriebener deutscher Text von links nach rechts gelesen werden muss. (C) Durch matrizingesteuerte Polymerisation kontrolliert die Abfolge („Sequenz“) der Nukleotide eines bestehenden DNA Strangs die Sequenz, in der die Nukleotide in einem neuen DNA Strang verbunden werden: T in einem Strang paart mit A im anderen, und G in einem Strang paart mit C im anderen. Der neue Strang hat dadurch eine Nukleotidsequenz, die zu der des alten Strangs komplementär (spiegelbildlich abgedruckt) ist, und er besitzt ein Gerüst mit umgekehrter Ausrichtung – entsprechend wird GTAA... im alten Strang zu ...TTAC im neuen Strang. (D) Ein normales DNA Moleköl besteht aus zwei solchen komplementären Strängen. Die Nukleotide in jedem Strang sind durch starke (kovalente) chemische Bindungen verknüpft. Zwischen gegenüberliegenden Strängen werden die Nukleotide schwächer zusammengehalten, durch sogenannte Wasserstoffbrücken. (E) Die beiden Stränge drallen sich umeinander und bilden eine Doppelhelix eine robuste Konstruktion, die jede beliebige Sequenz von Nukleotiden unterbringen kann, ohne ihre grundsätzliche Struktur zu ändern (s. Film 4.1).

DNA und ihre Bausteine



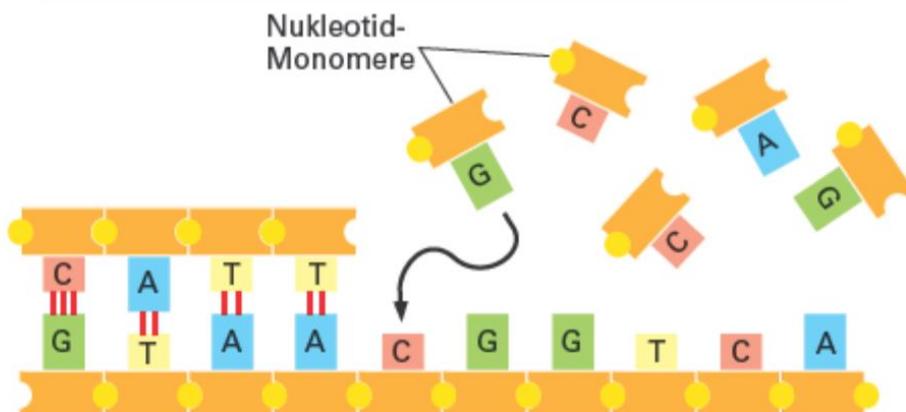
(A) Baustein der DNA



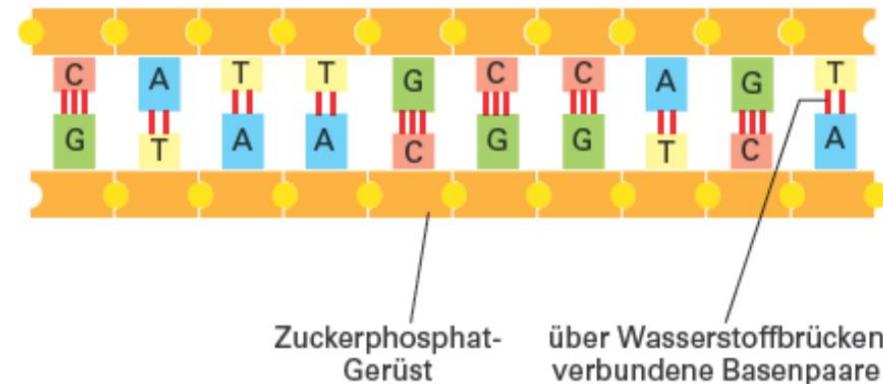
(B) DNA-Strang



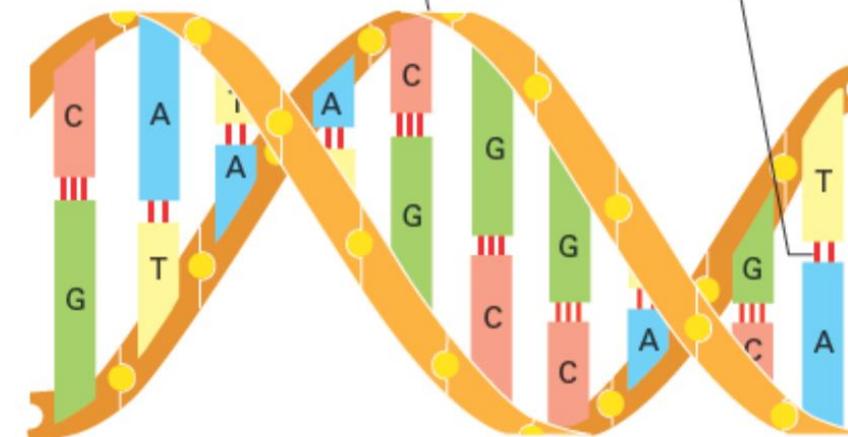
(C) Polymerisation eines neuen Strangs nach Matrizenmuster



(D) Doppelstrang-DNA



(E) DNA-Doppelstrang



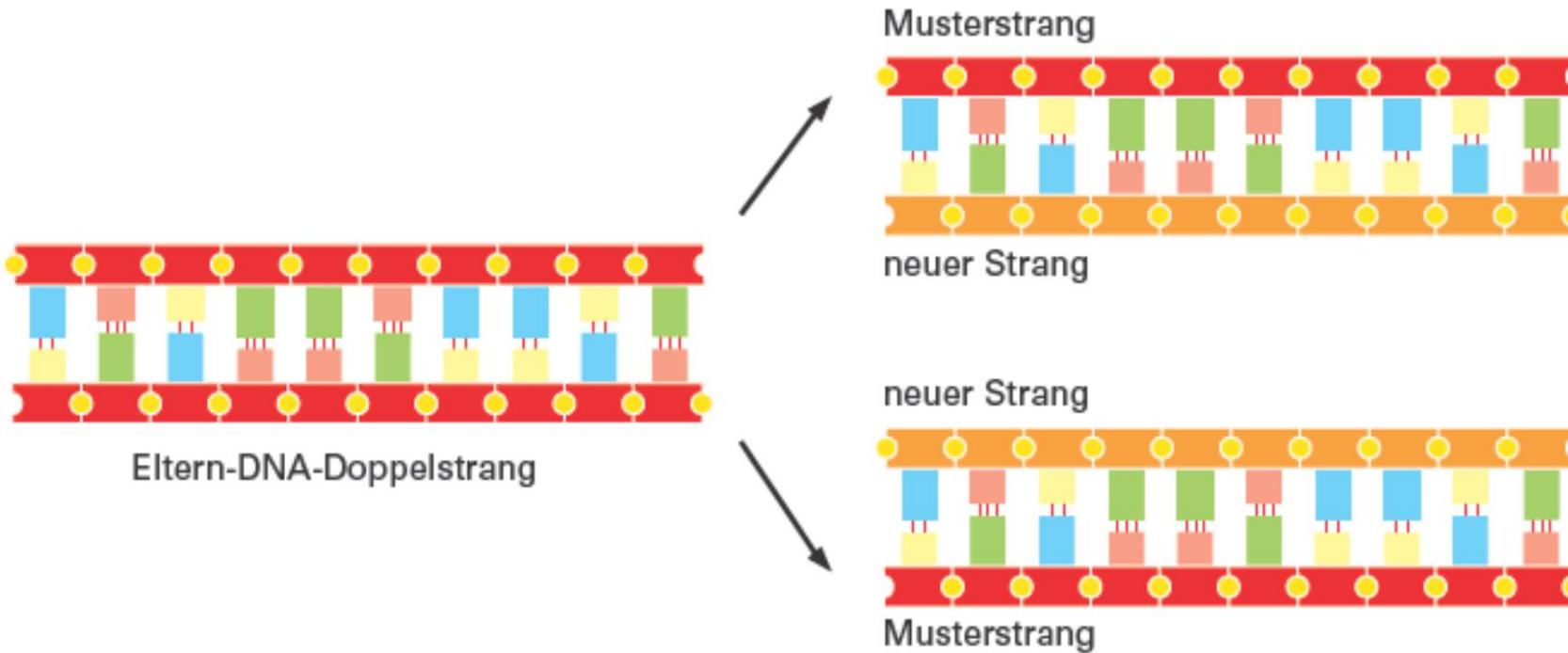
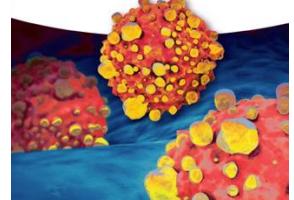
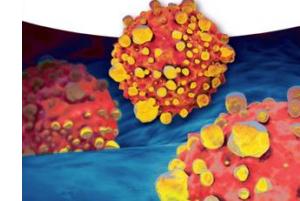


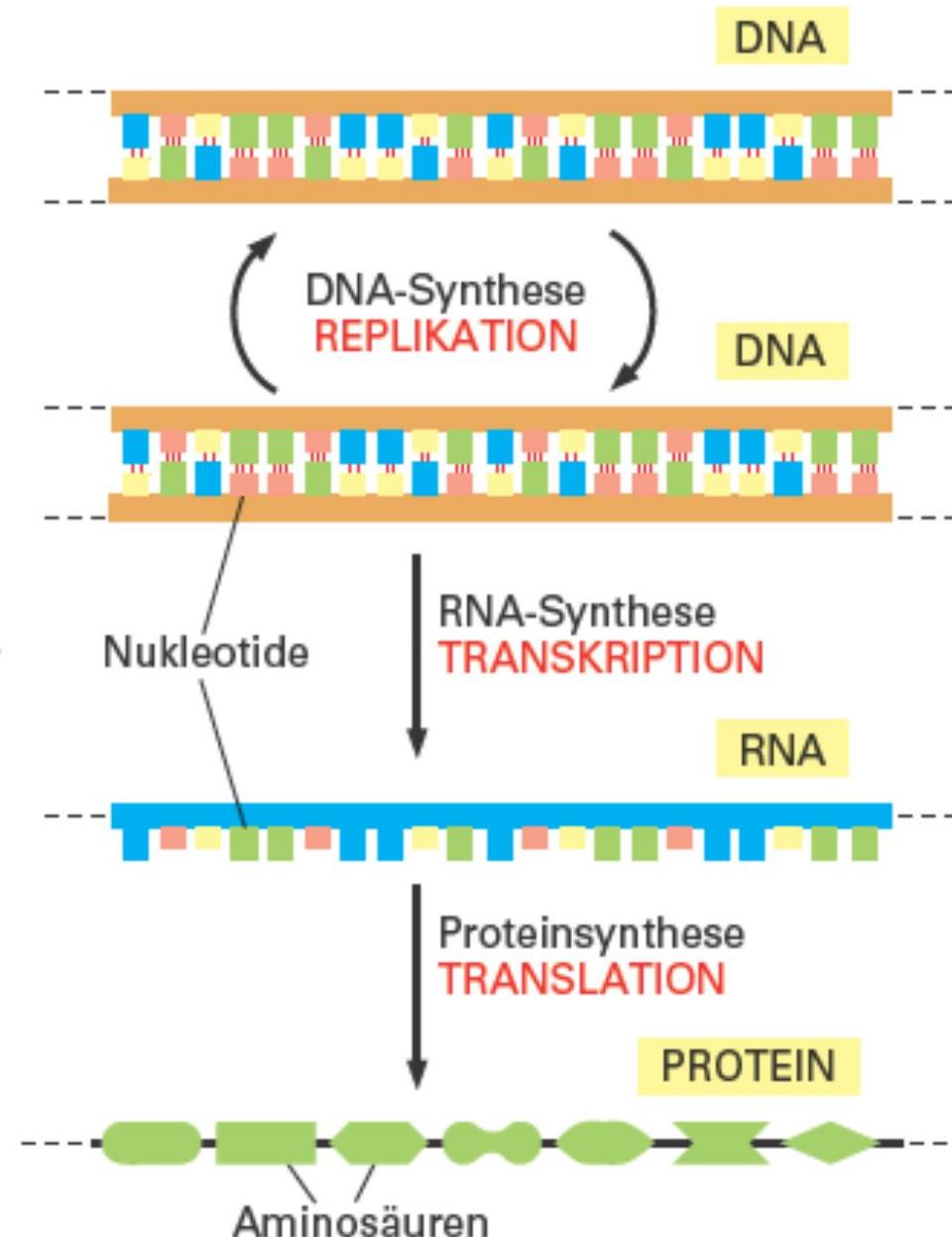
Abb. 1 3 Die Verdoppelung der genetischen Information durch DNA Replikation. Bei diesem Vorgang werden die beiden Stränge einer DNA Doppelhelix auseinandergezogen, und jeder Strang dient als Vorlage für die Synthese eines neuen komplementären Strangs.



Warum ein Dogma?

Warum nicht die umgekehrte
Richtung?

Abb. 1 4 Von der DNA zum Protein. Die genetische Information wird abgelesen und in einem Zweistufen Vorgang genutzt. Zuerst werden bei der Transkription (Umschrift) Abschnitte der DNA Sequenz verwendet, um die Synthese von RNA Molekülen zu lenken. Dann werden bei der Translation (Übersetzung) die RNA Moleküle dazu benutzt, um die Synthese eines Proteinmoleküls zu steuern.



Zentrales Dogma – Formulierung von Francis Crick in 1956/58

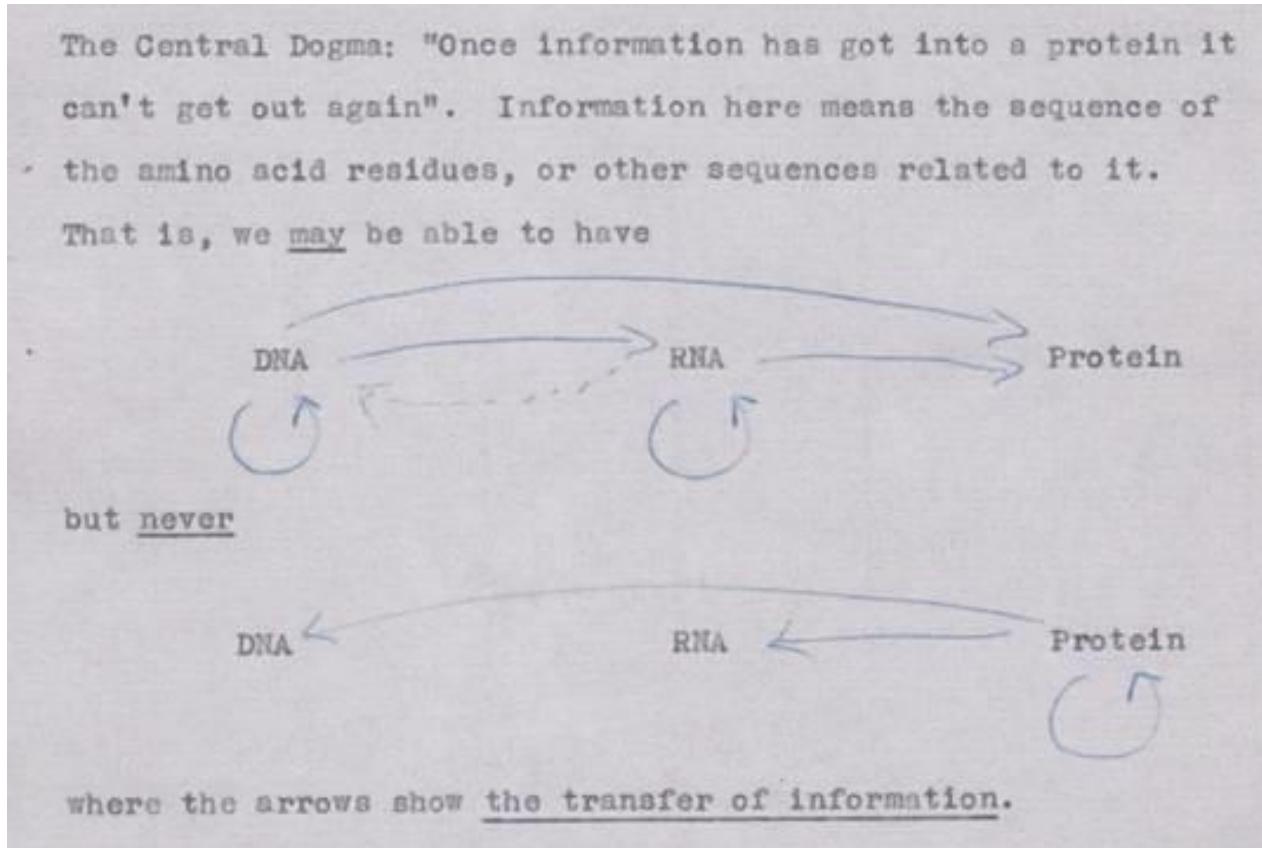
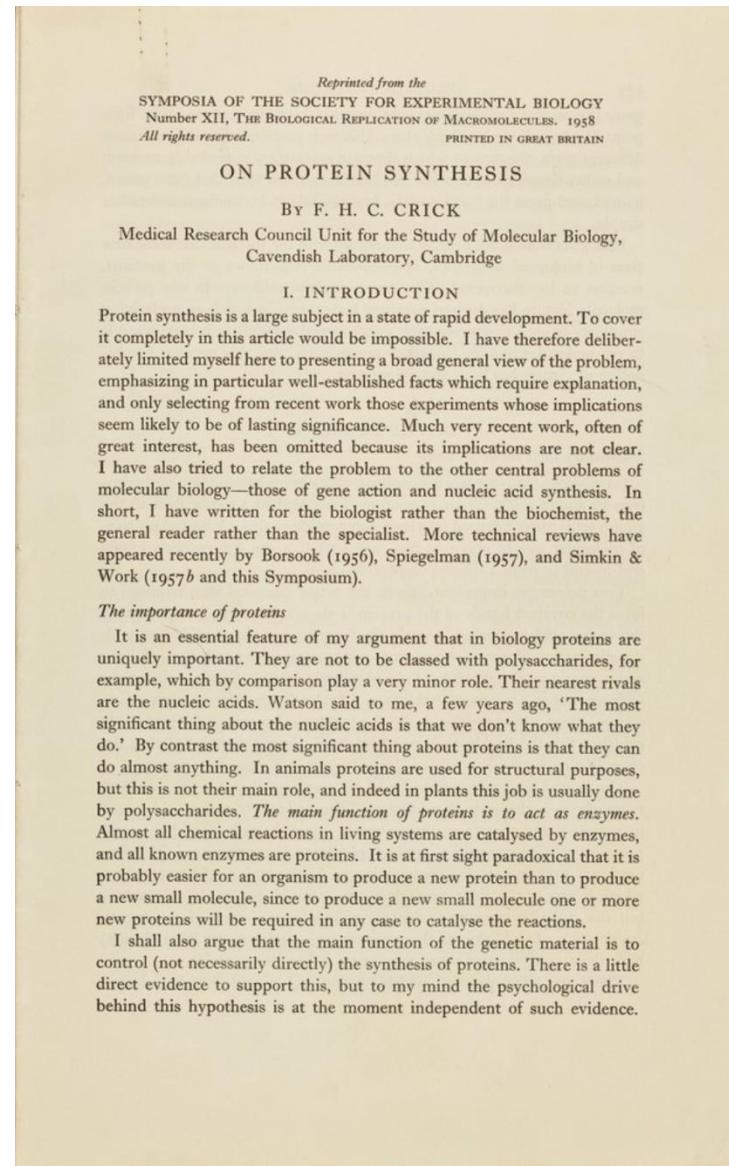
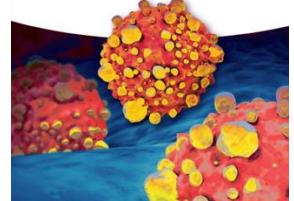


Fig 1. Crick's first outline of the central dogma, from an unpublished note made in 1956.



<https://wellcomecollection.org/works/z3d5fnyg>

Transkription = Übersetzung



TRANSKRIPTION

RNA-MOLEKÜLE ALS VERSCHLEISS-BARE INFORMATIONSTRÄGER

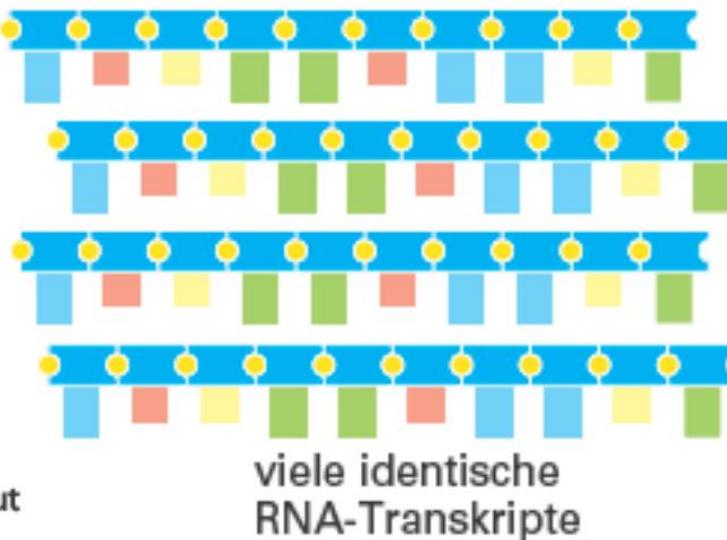
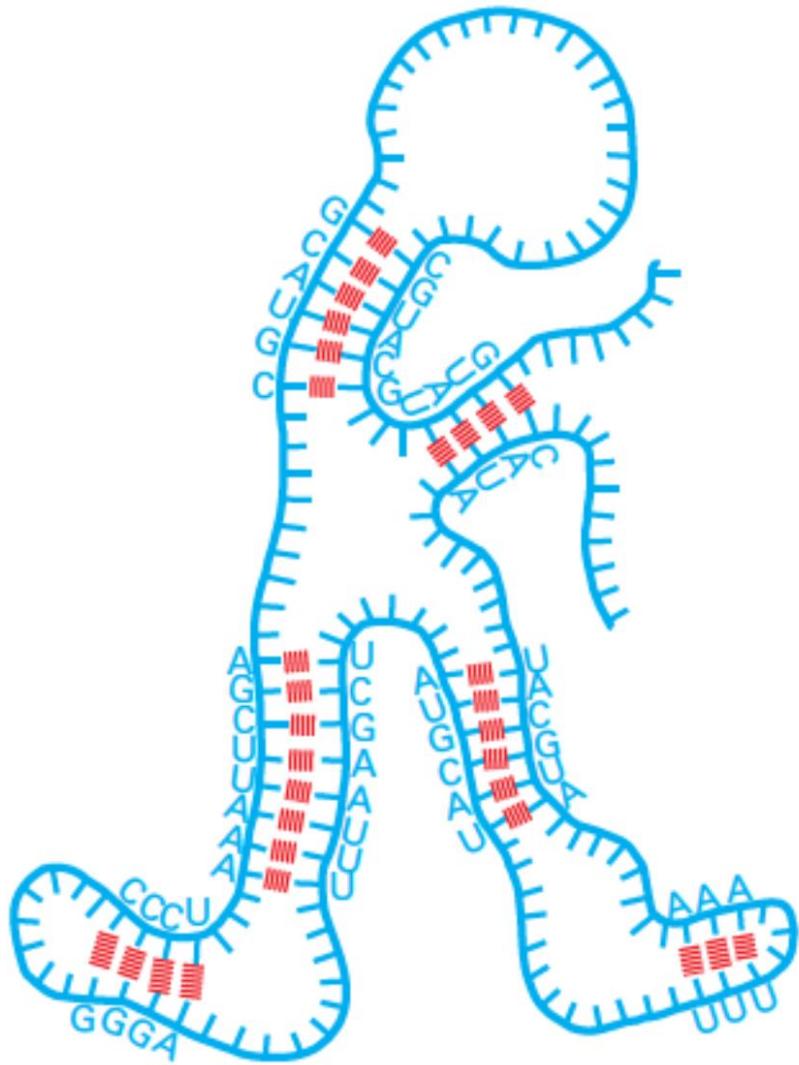
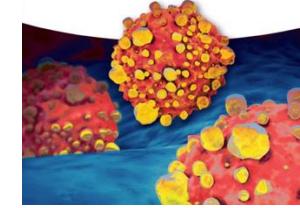
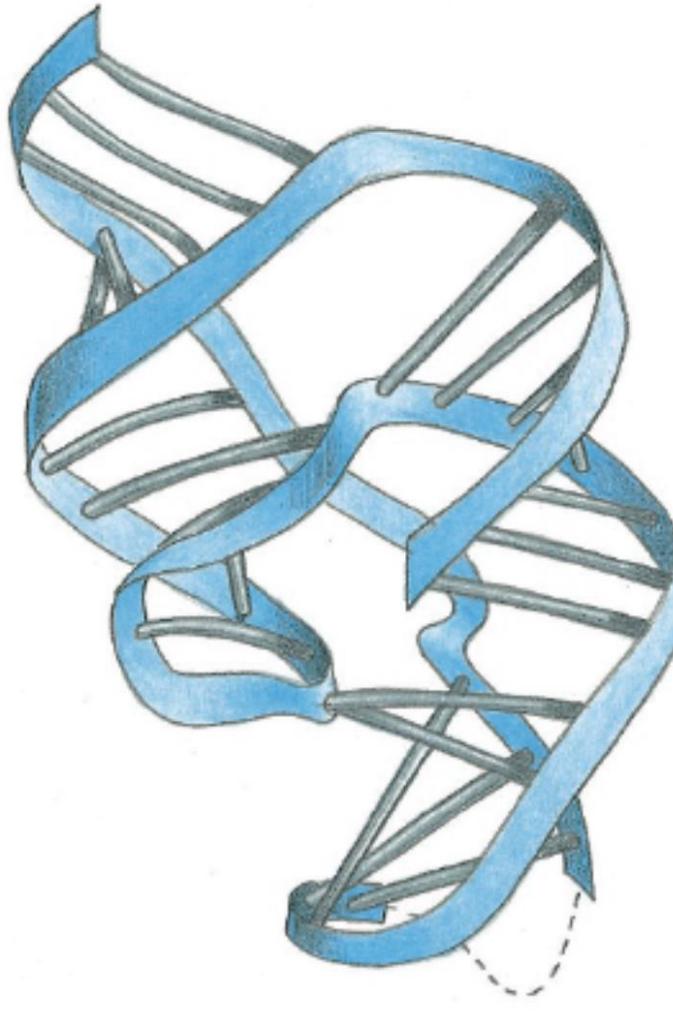


Abb. 1 5 Wie genetische Information zur Nutzung innerhalb der Zelle verbreitet wird. Jede Zelle enthält einen festen Satz von DNA Molekülen sie sind ihr Archiv an genetischer Information. Ein gegebener Abschnitt dieser DNA dient als Anleitung für die Synthese von vielen identischen RNA Transkripten, die Arbeitsabschriften der im Depot archivierten Information darstellen. Durch das selektive Abschreiben unterschiedlicher Teile einer langen DNA Sequenz der Zelle können viele verschiedene Sätze von RNA Molekülen erhalten werden, sodass verschiedene Zellarten ihren Informationsspeicher unterschiedlich nutzen können.

Struktur des RNA-Moleküls



(A)



(B)

Abb. 1 6 Die Konformation eines RNA Moleküls. (A) Durch Nukleotidpaarungen zwischen verschiedenen Abschnitten derselben RNA Polymerkette kann das Molekül verschiedene Formen annehmen. (B) Die dreidimensionale (Raum) Struktur eines RNA Moleküls des Hepatitis Deltavirus; diese RNA kann eine RNA Strang Spaltung katalysieren. Das *blaue* Band stellt das Zuckerphosphat Rückgrat dar; die Balken symbolisieren die Basenpaare (s. Film 6.1). (B, nach A. R. Ferré D'Amaré, K. Zhou, J. A. Doudna, *Nature* 395:567–574, 1998. Mit Erlaubnis von Macmillan Publishers Ltd.)

Proteine als Katalysatoren

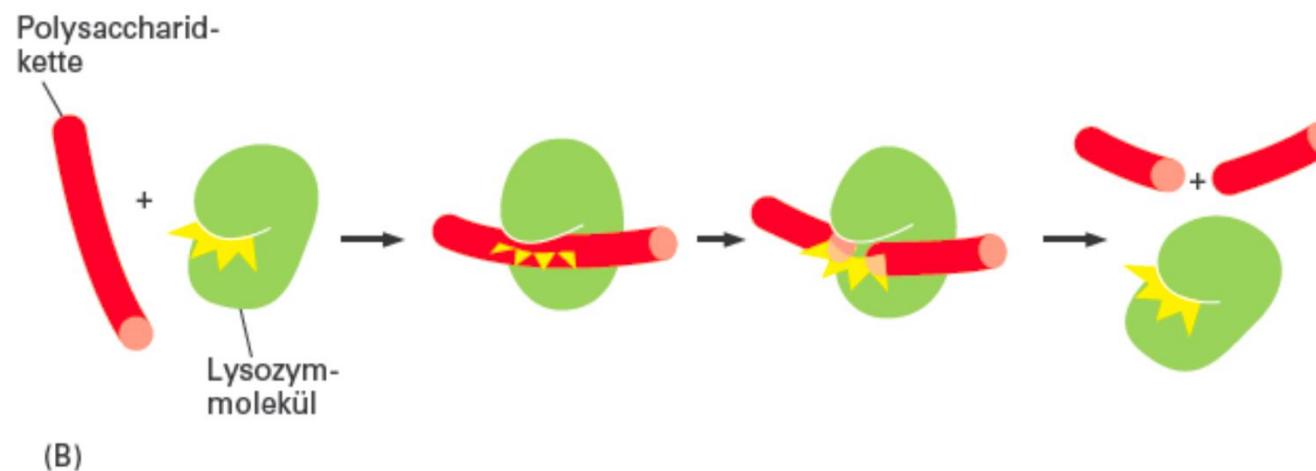
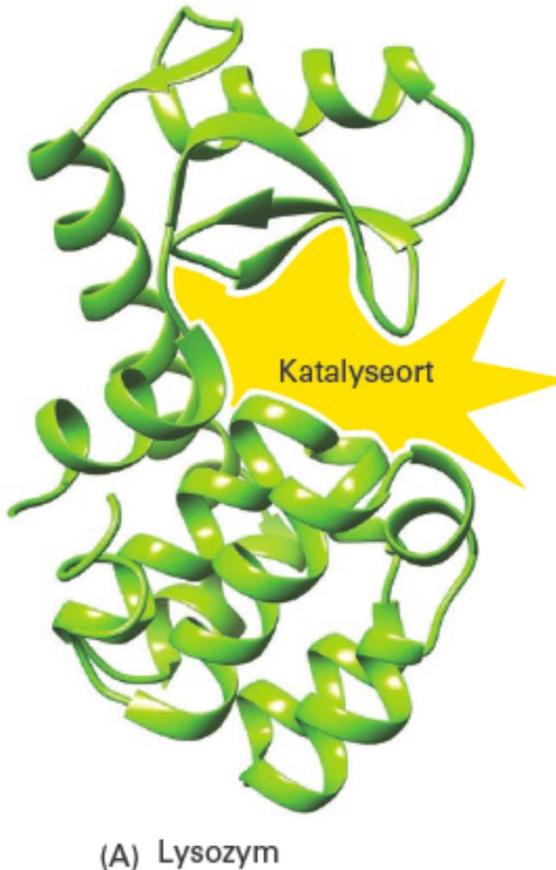
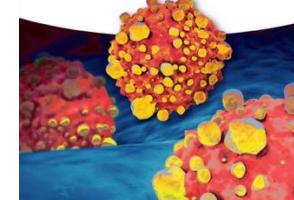
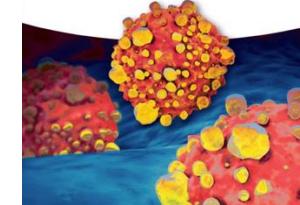


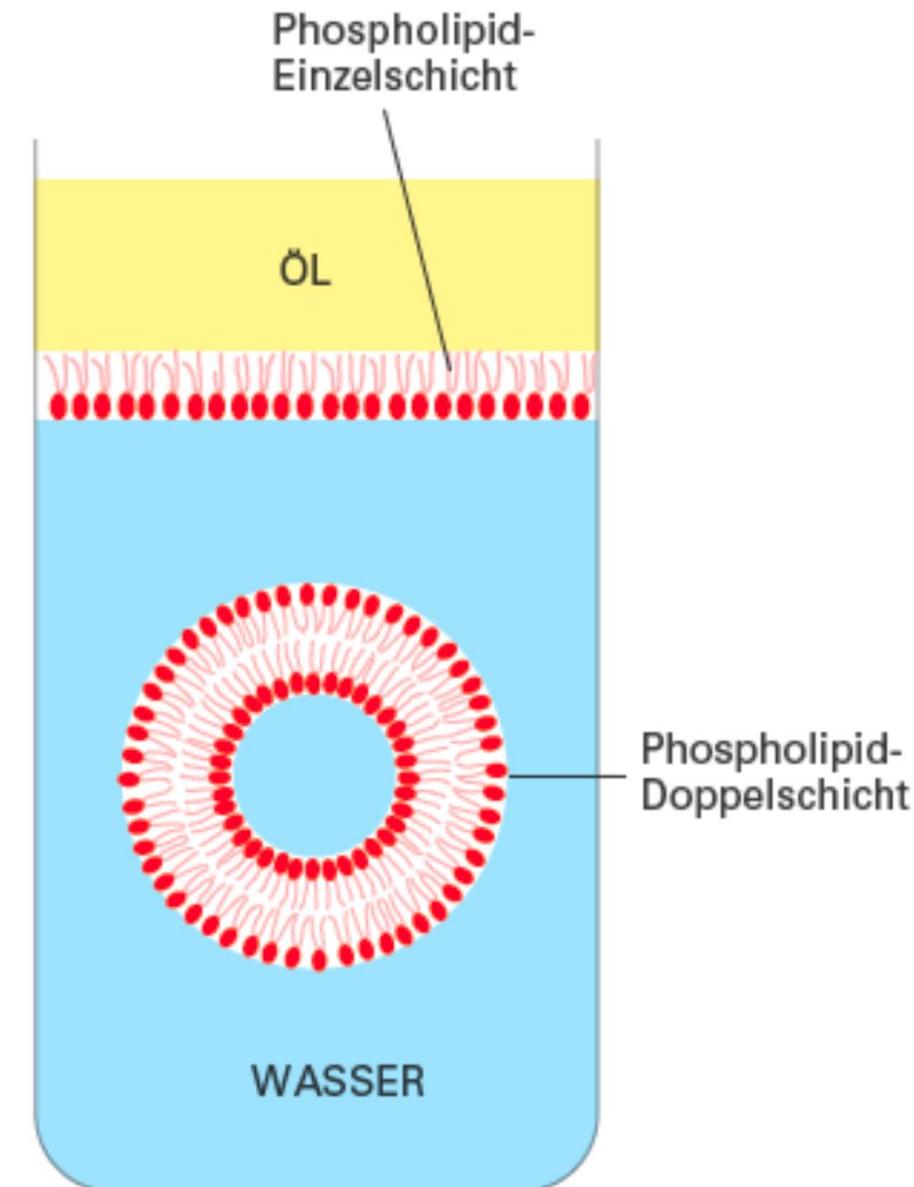
Abb. 1 7 Wie ein Proteinmoleköl als Katalysator für eine chemische Reaktion wirkt. (A) In einem Proteinmoleköl faltet sich die Polymerkette zu einer charakteristischen Form, die durch die Aminosäuresequenz festgelegt ist. Eine Rinne in der Oberfläche dieses in bestimmter Weise gefalteten Moleküls bildet den Katalyseort (hier ist das Enzym Lysozym gezeigt). (B) Ein Polysaccharidmoleköl (rot) – eine Polymerkette aus Zuckermanomeren – bindet an den Katalyseort von Lysozym. Sie wird dann, als Ergebnis einer Kovalenzbindungen spaltenden Reaktion, die durch die in der Rinne befindlichen Aminosäuren katalysiert wird, in zwei Teile getrennt (s. [Film 3.9](#)). (PDB code: 1LYD.)

Alle Zellen von Plasmamembran umgeben



Warum bestehen Membranen in wässrigen Lösungen aus Doppelschichten?

Abb. 1 9 Bildung einer Membran aus amphiphatischen Phospholipidmolekülen. Phospholipide haben eine hydrophile (Wasser liebende) Phosphat Kopfgruppe und einen hydrophoben (Wasser meidendenden) Kohlenwasserstoff Schwanz.



Stammbaum des Lebens - Drei Domänen der lebenden Zellen

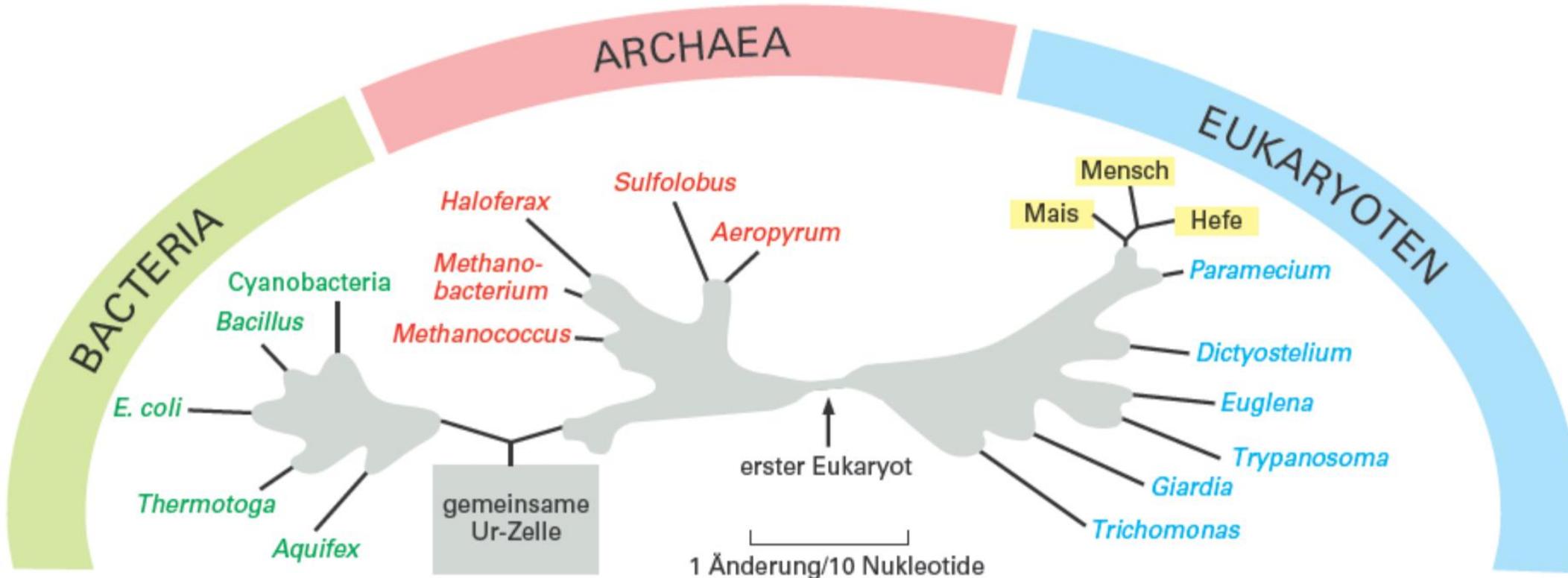
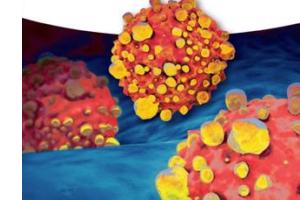
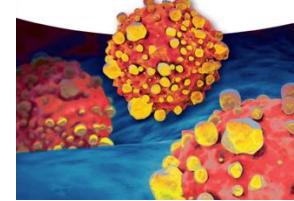


Abb. 1 17 Die drei Hauptreiche (Domänen) der Lebewesen. Zu beachten ist, dass man ursprünglich das Wort *Bakterium* für sämtliche Prokaryoten verwendet hat. Neuerdings wurde der Begriff auf die eigentlichen Eubakterien beschränkt. Der hier gezeigte Lebensstammbaum basiert auf dem Vergleich der Nukleotidsequenzen einer ribosomalen RNA Untereinheit (rRNA) der verschiedenen Arten. Die Entfernung in dem Diagramm stellen Schätzungen der Anzahl von evolutionären Änderungen dar, die in diesem Molekül in jeder Entwicklungslinie statt

gefunden haben (s. Abb. 1 18). Die Teile des Baums, die als graue Wolke gezeigt sind, symbolisieren Unsicherheiten über die Details des tatsächlichen Musters der Speziesdivergenz im Laufe der Evolution: Vergleiche der Nukleotid- oder Aminosäuresequenzen von Molekülen, bei denen es sich nicht um rRNA handelt, sowie andere Argumente führen zu anderen Bäumen. Wie gezeigt, nimmt man heute an, dass der Zellkern der Eukaryotenzelle aus einem Unterzweig innerhalb der Archaeen hervorgegangen ist, sodass der Baum des Lebens zu Beginn nur zwei Äste hatte: Bacteria und Archaea.

Konservierung genetischer Information



GTTCCGGGGGAGTATGGTGAAAGCTAAAGGAATTGACGGAAGGGCACCACCAAGGAGTGGAGCCTGCCGCTTAATTGACTCAACACGGGAAACCTCACCC	Mensch
GCCGCCTGGGGAGTACGGTCGAAAGACTAAAGGAATTGGCGGGGGAGCACTACAACGGGTGGAGCCTGCCGCTTAATTGATTCAACGCCGGGCATCTTACCA	<i>Methanococcus</i>
ACCGCCTGGGAGTACGGCCGCAAGGTAAAACCAAATGAATTGACGGGGGCCCGC . ACAAGCGGTGGAGCATGTGGTTAATTGATGCAACCGCGAAGAACCTTACCT	<i>E. coli</i>
GTTCCGGGGGAGTATGGTGAAAGCTAAAGGAATTGACGGAAGGGCACCACCAAGGAGTGGAGCCTGCCGCTTAATTGACTCAACACGGGAAACCTCACCC	Mensch

Abb. 1 18 Genetische Information, die seit der Zeit des letzten gemeinsamen Vorfahren aller Lebewesen konserviert ist. Hier ist ein Teil des Gens für die kleinere der beiden Hauptkomponenten der ribosomalen RNA gezeigt. (Das vollständige Molekül ist je nach Spezies etwa 1500–1900 Nukleotide lang.) Sich entsprechende Abschnitte der Nukleotidabfolge eines Archaeon (*Methanococcus jannaschii*), eines Eubakteriums (*Escherichia coli*) und eines Eukaryoten (*Homo sapiens*) sind zueinander ausgerichtet. Stellen, an denen Nukleotide bei den Arten übereinstimmen, sind durch eine senkrechte Linie markiert. Die Menschensequenz ist unten noch einmal wiederholt, damit man alle drei Zweiervergleiche erkennen kann. Ein Punkt in der Mitte der *E. coli* Sequenz kennzeichnet eine Stelle, an der ein Nukleotid während der Phylogenetese entweder aus der Eubakterien Linie entfernt (deletiert) wurde oder bei den beiden anderen Linien eingesetzt (insertiert) wurde. Bemerkenswerterweise besitzen die Sequenzen dieser drei Organismen, die die drei Reiche der Lebewesen repräsentieren, noch unverkennbare Ähnlichkeiten.

Übersicht Genome in Modellorganismen

Tabelle 1 2 Einige Modellorganismen und ihre Genome

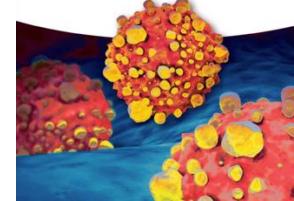
Organismus	Genomgröße* (Nukleotidpaare)	Ungewöhnliche Anzahl der Gene
<i>Escherichia coli</i> (Bakterium)	$4,6 \times 10^6$	4.300
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Hefe)	13×10^6	6.600
<i>Caenorhabditis elegans</i> (Fadenwurm)	130×10^6	21.000
<i>Arabidopsis thaliana</i> (Pflanze)	220×10^6	29.000
<i>Drosophila melanogaster</i> (Taufliege)	200×10^6	15.000
<i>Danio rerio</i> (Zebrafisch)	1400×10^6	32.000
<i>Mus musculus</i> (Maus)	2800×10^6	30.000
<i>Homo sapiens</i> (Mensch)	3200×10^6	30.000

*Die Genomgröße beinhaltet eine Schätzung für die Menge hochrepetitiver DNA Sequenzen, die nicht in Genomdatenbanken vertreten sind.

Bruce Alberts, Alexander Johnson,
Julian Lewis, David Morgan, Martin Raff,
Keith Roberts und Peter Walter

Molekularbiologie
der Zelle

Übersetzung herausgegeben von Ulrich Schäfer
6. Auflage



Frage: Wie entschlüsselt man die Funktion eines Gens?



GTTCCGGGGGAGTATGGTGCAAAGCTGAAACTTAAGGAATTGACGGAAGGGCACCACCAAGGAGTGGAGCCTGCGGCTTAATTGACTCAACACGGAAACCTCACCC	Mensch
GCCGCCTGGGGAGTACGGTCGCAAGACTGAAACTTAAGGAATTGGCGGGGAGCACTACAACGGGTGGAGCCTGCGGTTTAATTGGATTCAACGCCGGGCATCTTACCA	<i>Methanococcus</i>
ACCGCCTGGGAGTACGGCCGCAAGGTTAAACTCAAATGAATTGACGGGGGCCGC . ACAAGCGGTGGAGCATGTGGTTAATTGATGCAACCGGAAGAACCTTACCT	<i>E. coli</i>
GTTCCGGGGGAGTATGGTGCAAAGCTGAAACTTAAGGAATTGACGGAAGGGCACCACCAAGGAGTGGAGCCTGCGGCTTAATTGACTCAACACGGAAACCTCACCC	Mensch

Durch Gensequenzierung, Mutation und Vergleich in Modellorganismen kann man auf die Funktion eines Gens schließen.

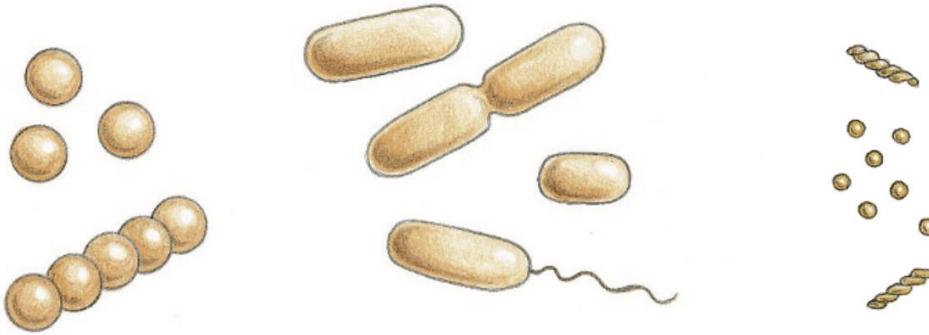
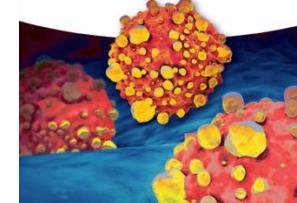
Prokaryoten

- Bakterien (z.B. E.coli), Archebakterien
- Einfache Zelle, kein Kern, zirkuläre DNA
- Kein Zytoskelett
- Kein Nukleus
- 1-10 µm
- Anaerob + aerob

Eukaryoten

- Pilze, Pflanzen, Tiere
- Nukleus (DNA)
- Chromosome
- viel differenziertere Infrastruktur (Zytoskelett)
- 10-100µm
- Aerob

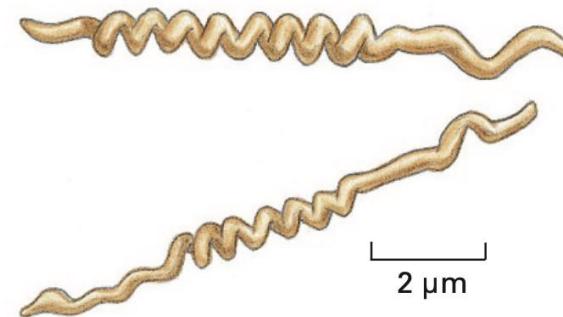
Größte biologische Vielfalt bei Prokaryoten



kugelige Zellen
z. B. *Streptococcus*

stäbchenförmige Zellen
z. B. *Escherichia coli*,
Vibrio cholerae

die kleinsten Zellen
z. B. *Mycoplasma*,
Spiroplasma



spirale Zellen
z. B. *Treponema pallidum*

Abb. 1 13 Formen und Größen einiger Bakterien. Obwohl die meisten klein sind (nur einige Mikrometer in der Länge), gibt es, wie man sieht, auch einige Riesenspezies. Ein extremes, hier nicht gezeigtes Beispiel ist das zigarrenförmige Bakterium *Epulopiscium fishelsoni*, das im Verdauungstrakt des Doktorfischs lebt und bis zu 600 µm lang wird.

Struktur von *Vibrio cholerae*

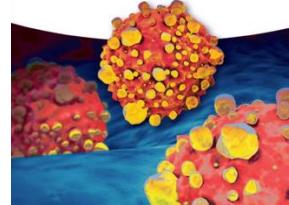
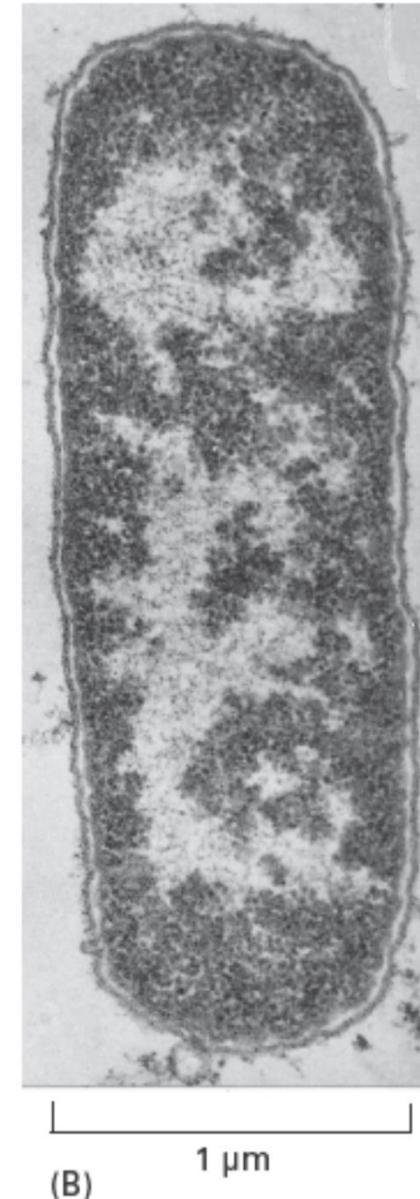
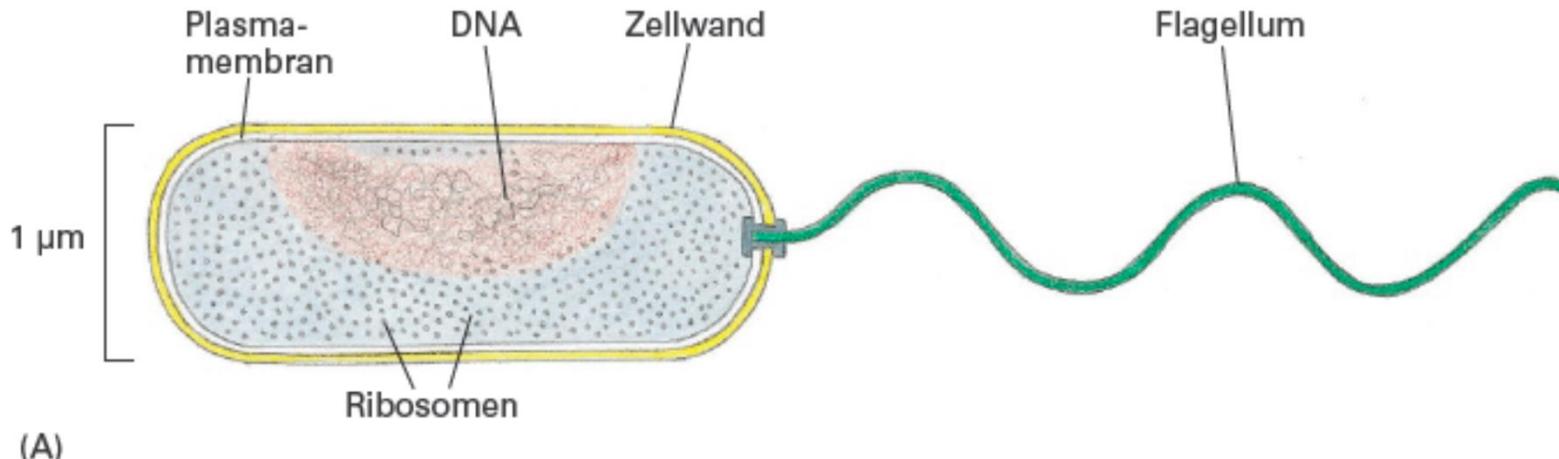


Abb. 1 14 Die Struktur eines Bakteriums. (A) Das Bakterium *Vibrio cholerae* mit seiner einfachen inneren Organisation. Wie viele andere Arten besitzt *Vibrio* an einem Ende einen schraubigen Fortsatz ein Flagellum, das sich wie ein Propeller dreht und die Zelle vorwärts treibt. *Vibrio* kann den menschlichen Darm befallen und Cholera verursachen; der schwere Durchfall, der die Krankheit begleitet, tötet jährlich über 100.000 Menschen. (B) Elektronenmikroskopische Aufnahme eines Längsschnitts durch das häufig untersuchte Bakterium *Escherichia coli* (*E. coli*). Die DNA der Zelle ist in dem hell erscheinenden Bereich konzentriert. *E. coli* ist Teil unserer normalen Darmflora und mit *Vibrio* verwandt. Es hat viele Flagellen auf seiner Oberfläche, die in diesem Schnitt nicht zu sehen sind. (B, mit freundlicher Genehmigung von E. Kellenberger.)



Das Innere von *E. coli* - das H-Atom der Molekularbiologie

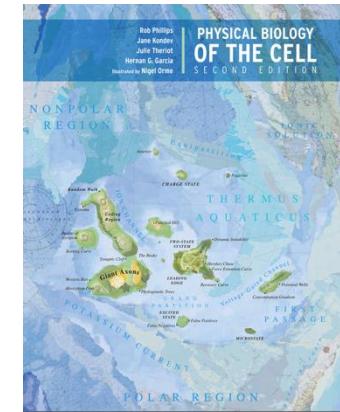
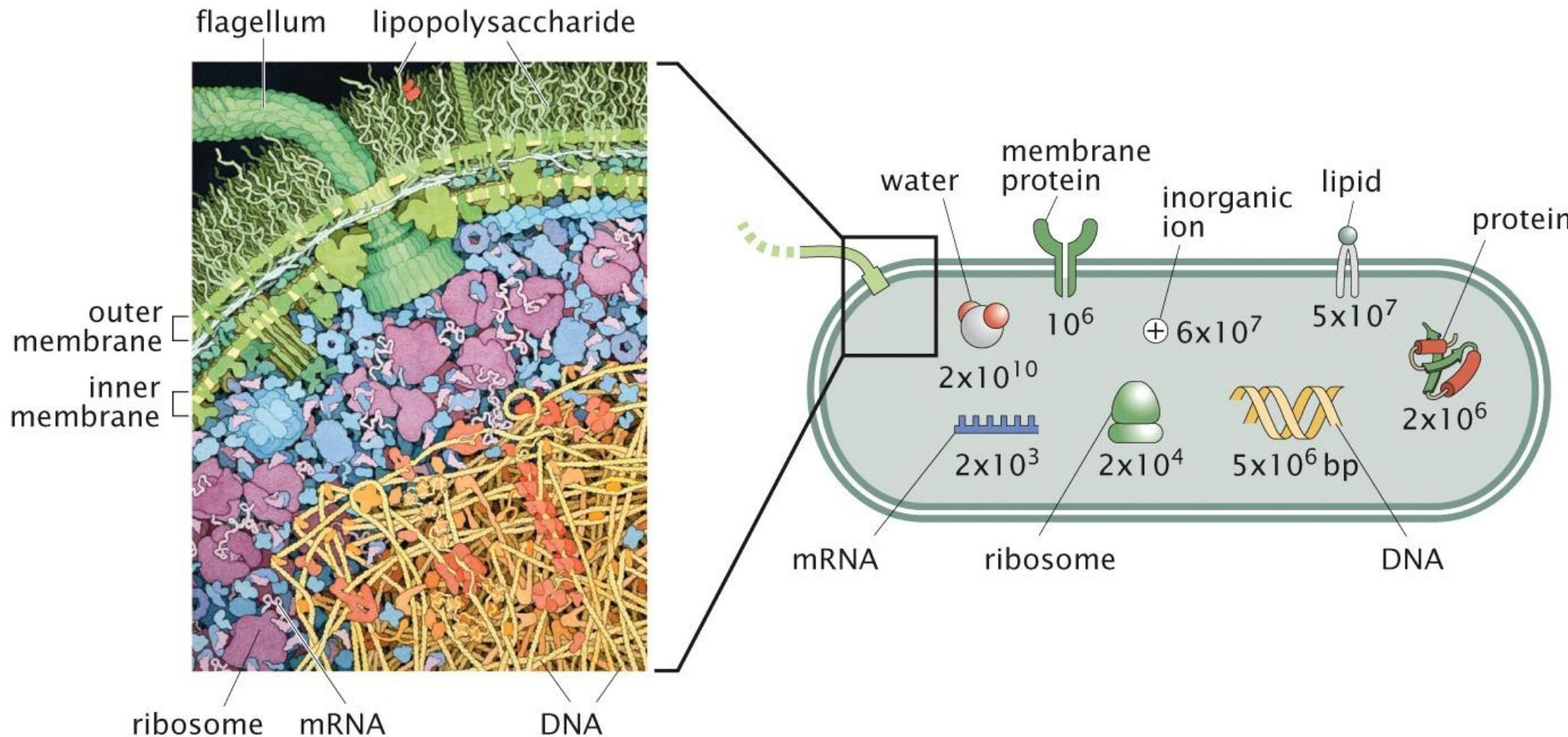


Figure 2.4 Physical Biology of the Cell, 2ed. (© Garland Science 2013)

Molecular contents of the bacterium *E. coli*. The illustration on the left shows the crowded cytoplasm of the bacterial cell. The cartoon on the right shows an order-of-magnitude molecular census of the *E. coli* bacterium with the approximate number of different molecules in *E. coli*. (Illustration of the cellular interior courtesy of D. Goodsell.)

Aufteilung der Moleküle bei Zellteilung

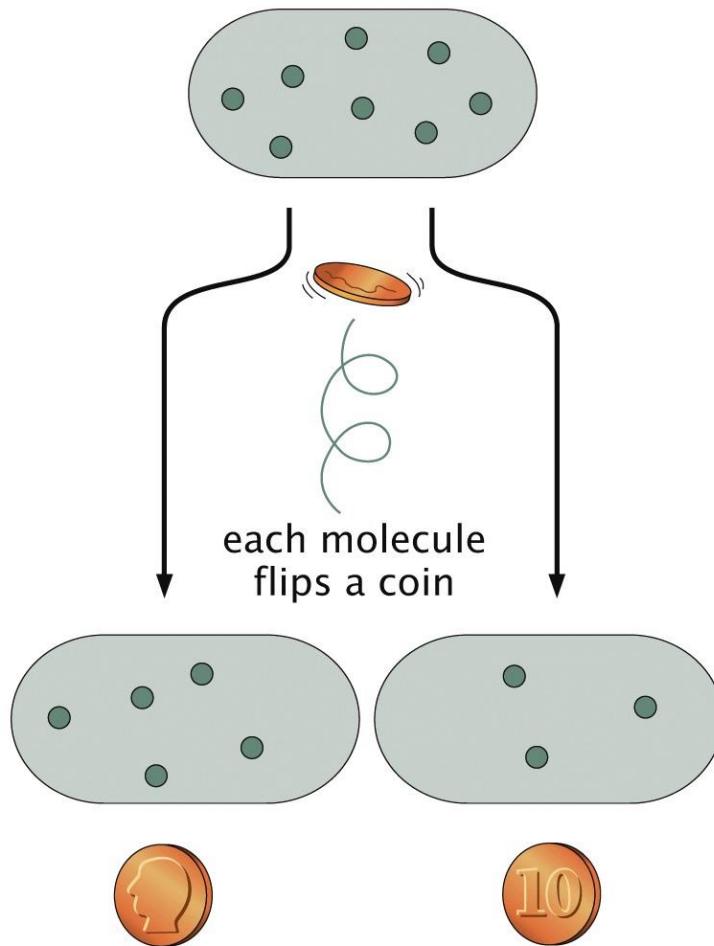


Figure 2.7a Physical Biology of the Cell, 2ed. (© Garland Science 2013)

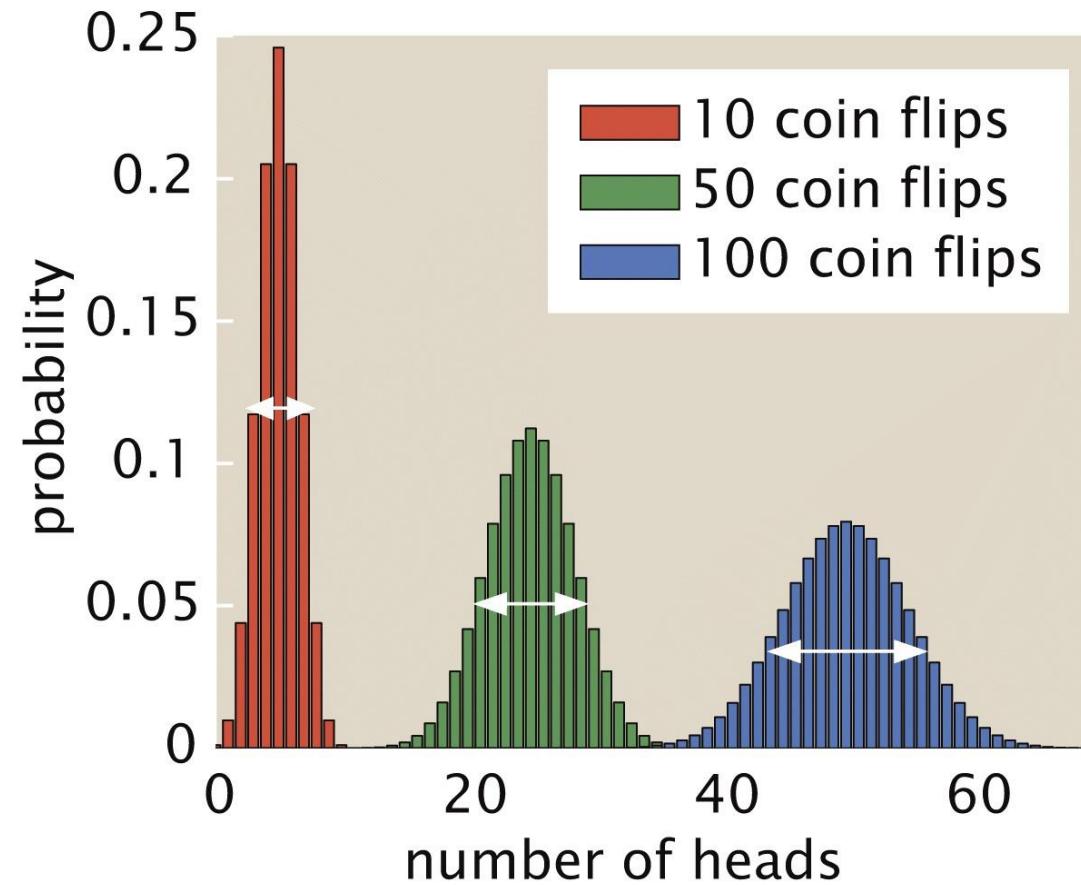


Figure 2.7b Physical Biology of the Cell, 2ed. (© Garland Science 2013)

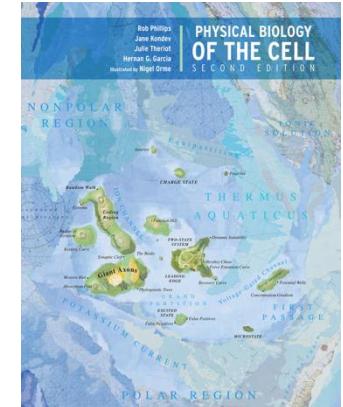


Figure 2.7: Schematic of the random partitioning of molecules during the process of cell division. (A) When the cell divides, each of the molecules chooses a daughter cell via a coin flip. (B) Probability distribution for the number of heads for different choices of the total number of coin flips.

Zählen der Moleküle in Fluoreszenzmikroskopie

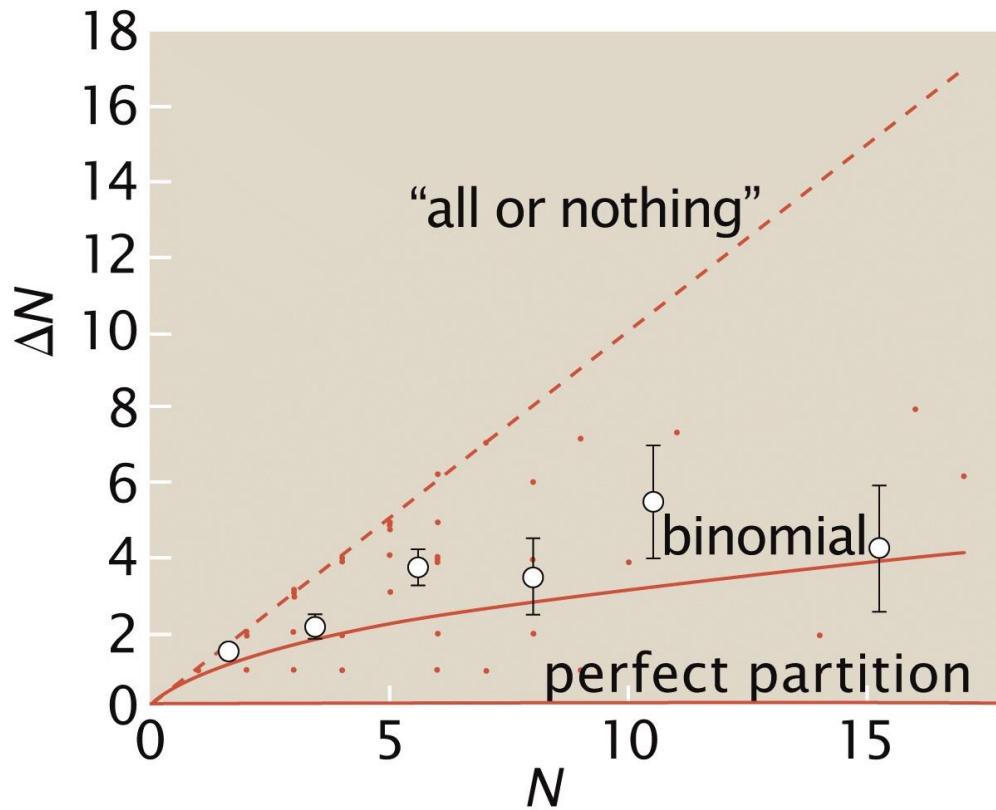


Figure 2.9a Physical Biology of the Cell, 2ed. (© Garland Science 2013)

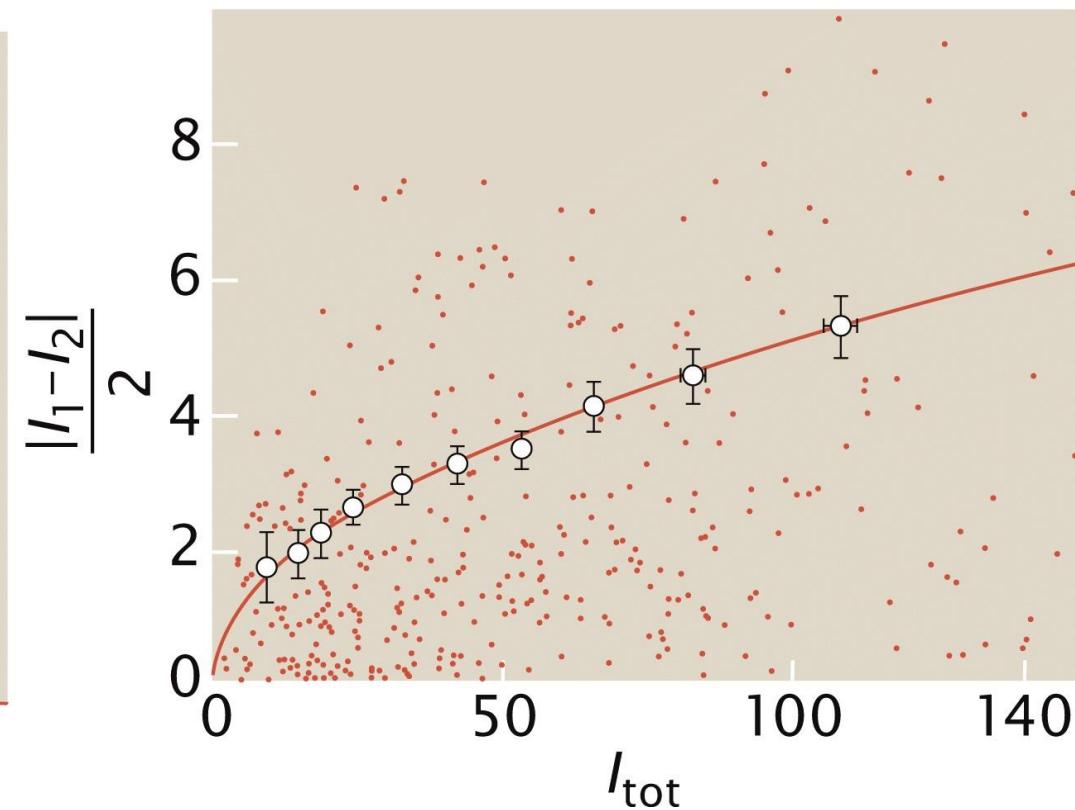


Figure 2.9b Physical Biology of the Cell, 2ed. (© Garland Science 2013)

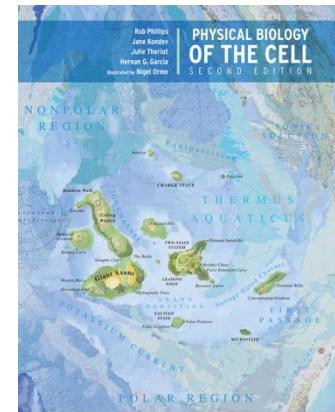


Figure 2.9: Binomial partitioning of mRNA and proteins in *E. coli* during cell division. (A) Difference ΔN in the number of mRNAs between the two daughters given that the mother has N mRNAs. The curves show three possible partitioning mechanisms involving “all or nothing” in which one daughter takes all of the mRNAs, binomial partitioning, and “perfect partitioning” in which each daughter gets exactly half of the proteins from the mother cell. (B) Difference in the fluorescence intensity of the two daughter cells for a fluorescent fusion to a repressor protein as a function of the fluorescence intensity of the mother cell. The line corresponds to binomial partitioning model. (A, adapted from I. Golding et al., *Cell* 123:1025, 2005; B, adapted from N. Rosenfeld et al., *Science* 307:1962, 2005.)

Struktur von Eukaryoten

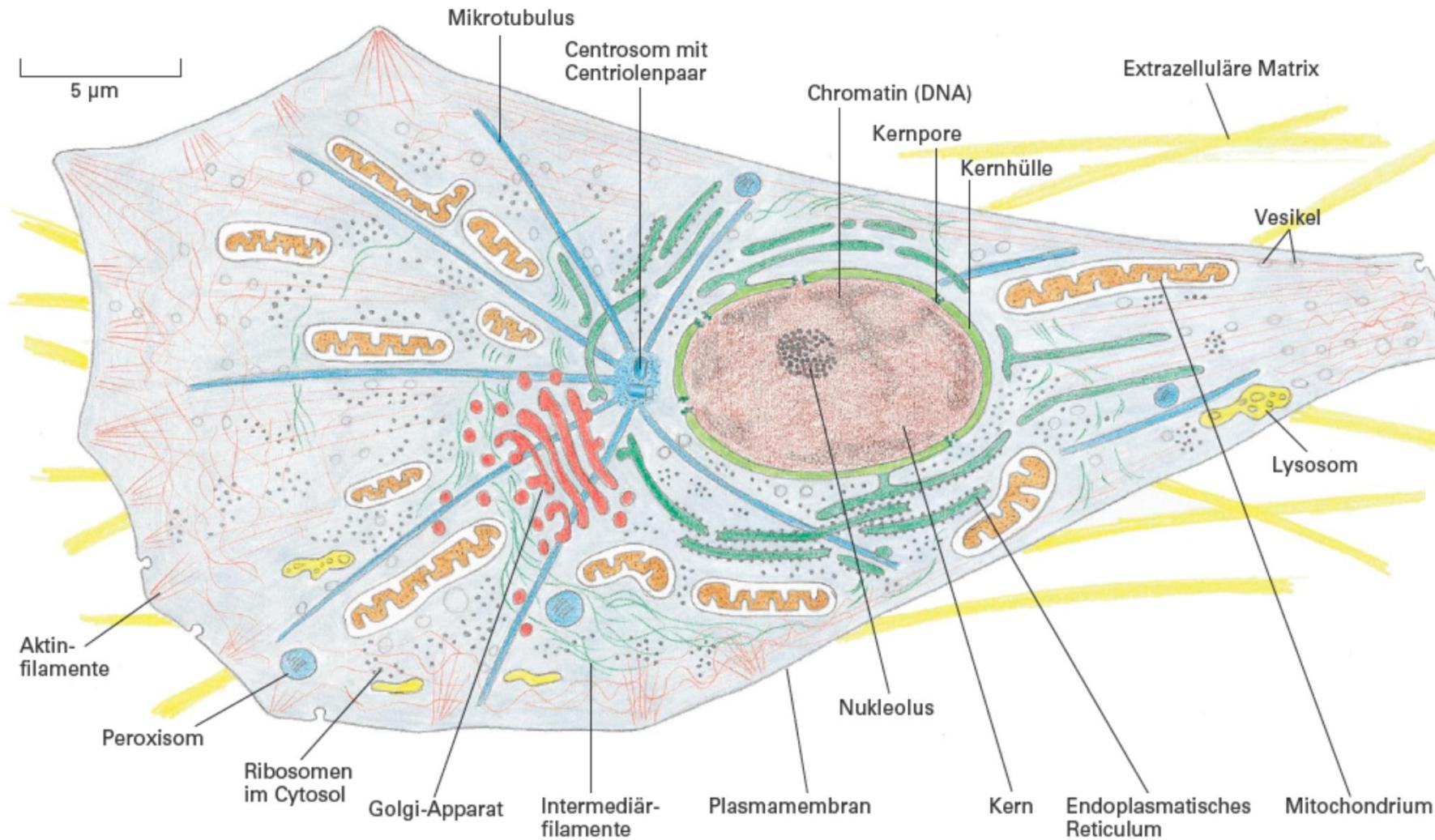
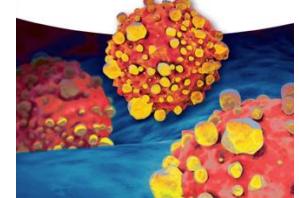


Abb. 1 25 Die Hauptmerkmale von Eukaryotenzellen. Die Zeichnung gibt eine typische Tierzelle wieder fast alle Komponenten kommen aber auch in Pflanzen, Pilzen und in einzelligen Eukaryoten, wie Hefen und Protozoen, vor. Pflanzenzellen enthalten zusätzlich zu den hier gezeigten Bestandteilen noch Chloroplasten, und ihre Plasmamembran ist von einer festen äußeren Zellwand aus Zellulose umgeben.

Struktur von Eukaryoten II

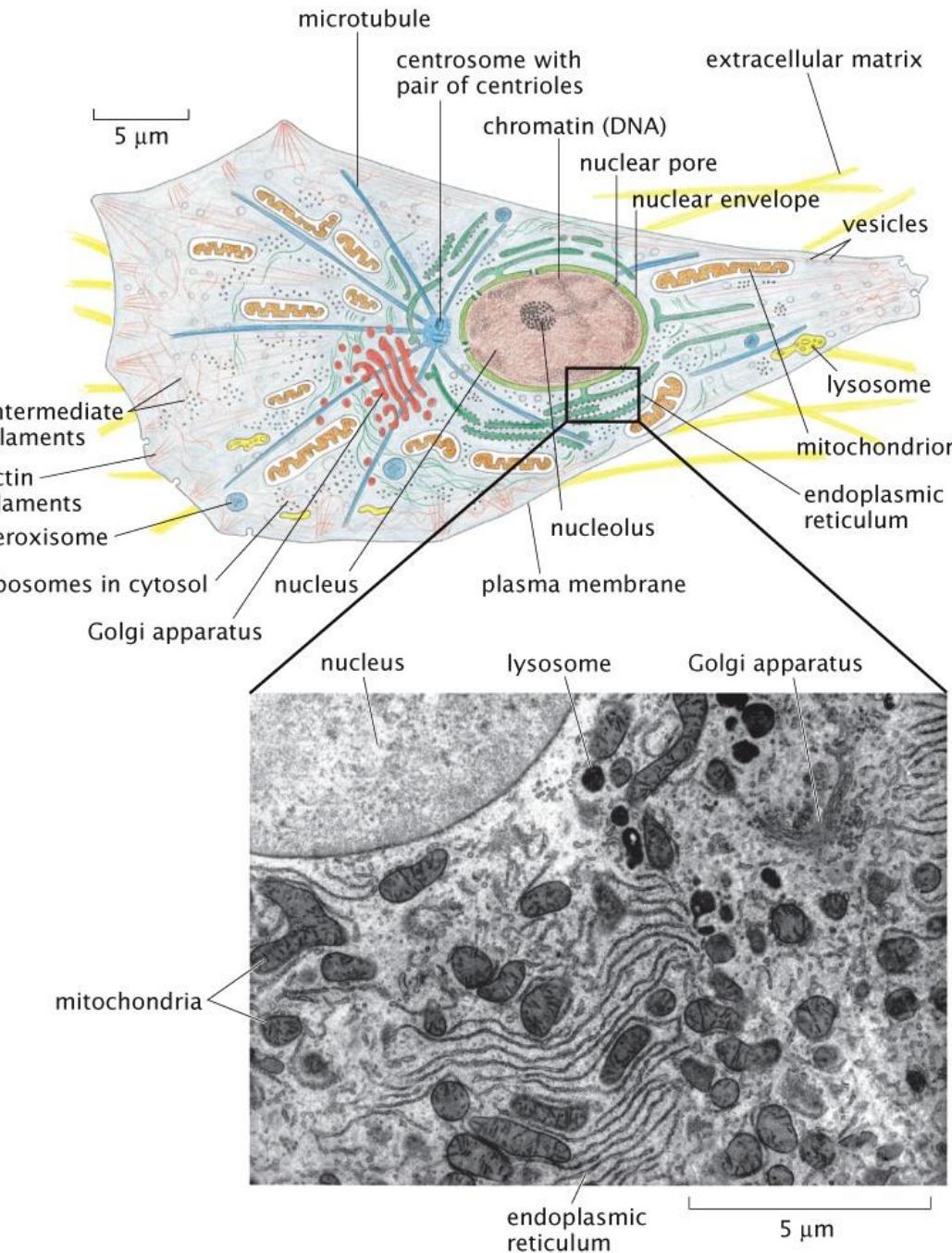


Figure 2.23 Physical Biology of the Cell, 2ed. (© Garland Science 2013)

Nukleus:

Genom, DNA + RNA Synthese (Information)

Zytosol:

Protein Synthese + Degradation Metabolismus

Endoplasmatisches Reticulum (ER): Proteinsynthese,
Lipidsynthese, Ca^{++} Speicher

Golgi Apparat:

Versand und Modifikation (Glykolyseierung) von Lipiden und
Proteinen

Mitochondria:

Energieerzeugung (auch DNA aus Evolution)

Lysosome:

Degradation (Müllabfuhr)

Zytoskelett:

Polymernetzwerk zur mech. Stabilisierung und dynamischen
Organisation, Transport

Funktionen der Organellen – Mitochondrien

Funktion: Energieerzeugung

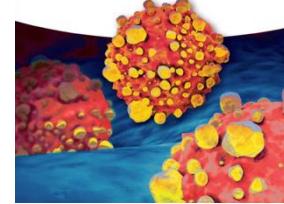
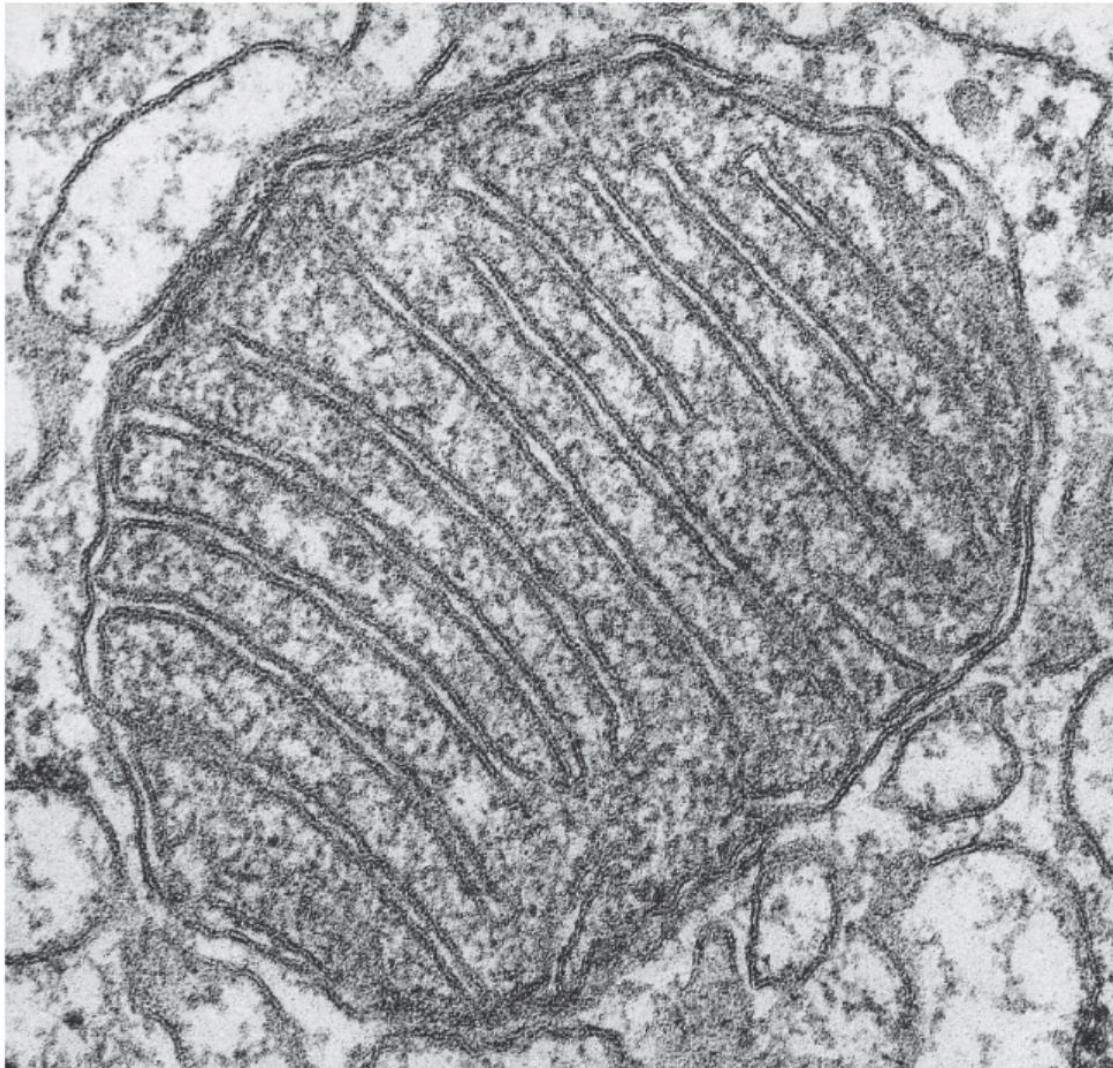
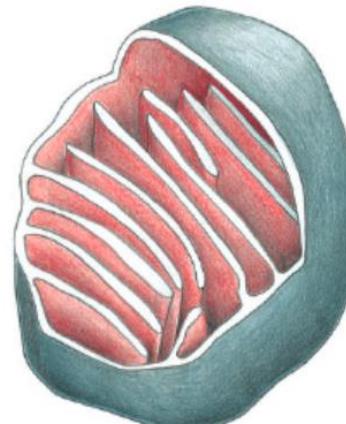


Abb. 1 28 Ein Mitochondrium. (A) Elektronenmikroskopische Aufnahme eines Querschnitts durch ein Mitochondrium. (B) Zeichnung eines Mitochondriums um seine dreidimensionale Struktur zu zeigen, wurde ein Teil herausgeschnitten (Film 1.2). (C) Schemazeichnung einer Eukaryotenzelle – der Innenraum eines Mitochondriums, in dem sich die mitochondriale DNA und die Ribosomen befinden, ist farbig markiert. Man beachte die glatte äußere Membran und die gefaltete innere Membran, in der die Proteine untergebracht sind, die ATP aus der Oxidation von Nahrungsmolekülen erzeugen. (A, mit freundlicher Genehmigung von Daniel S. Friend.)

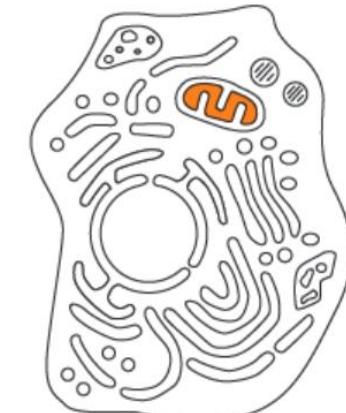


(A)

100 nm



(B)



(C)

Herkunft der Mitochondrien

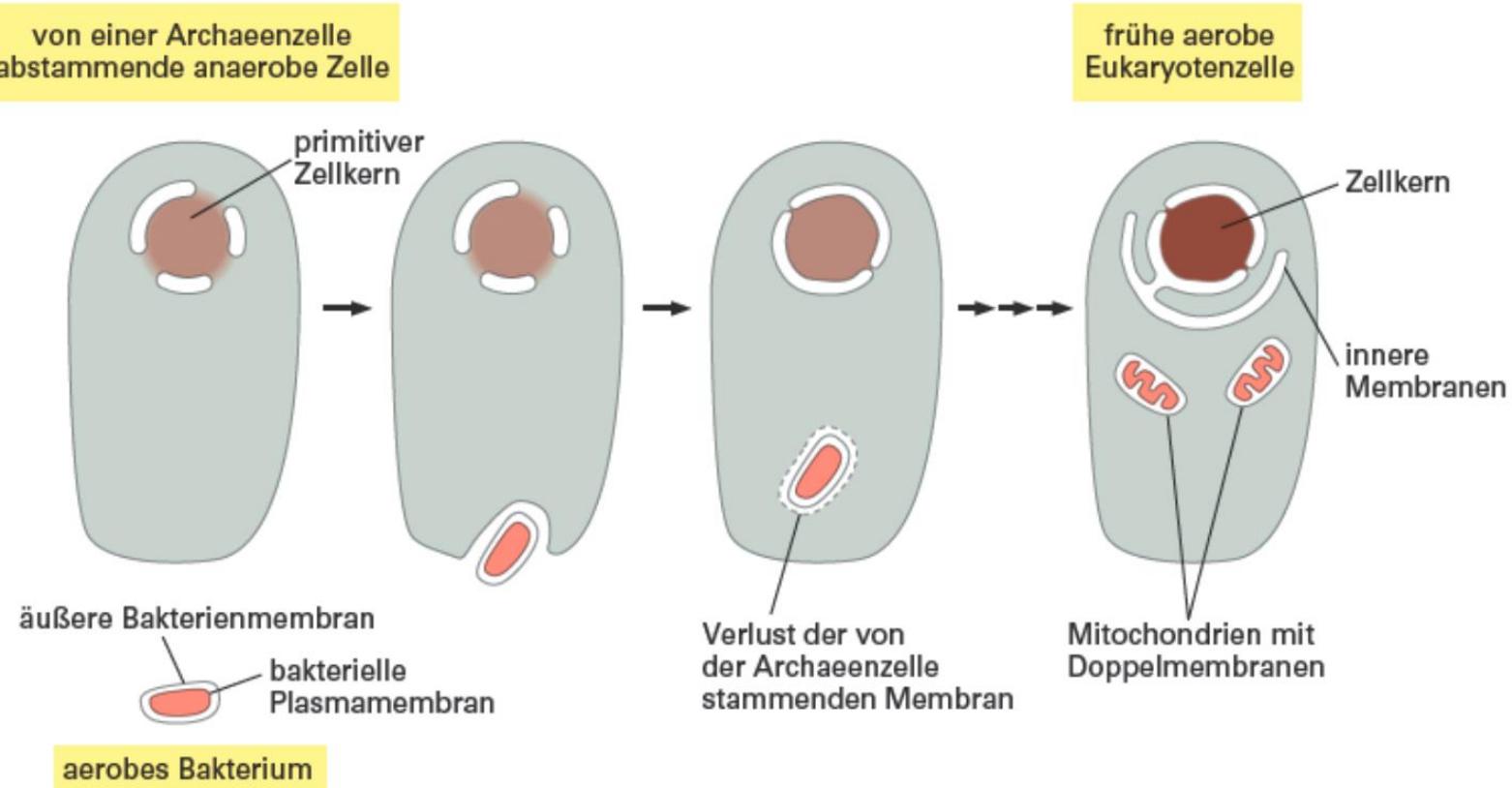
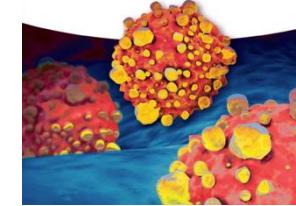


Abb. 1 29 Die Herkunft der Mitochondrien. Eine räuberische anaerobe Ur Zelle (ein Archaeon) hat vermutlich die bakteriellen Vorläufer der Mitochondrien aufgenommen und dadurch ein symbiotisches Verhältnis geschaffen. Der klare Beweis für die doppelte bakterielle und Archaeen Vererbung lässt sich heute im Genom aller Eukaryoten feststellen.

Bruce Alberts, Alexander Johnson,
Julian Lewis, David Morgan, Martin Raff,
Keith Roberts und Peter Walter

Molekularbiologie
der Zelle

Übersetzung herausgegeben von Ulrich Schäfer
6. Auflage



Funktionen der Organellen – Endoplasmatisches Reticulum (ER)



Funktion: Proteinsynthese, Lipidsynthese, Ca⁺⁺ Speicher

Figure 2.24: Electron micrograph and associated schematic of the endoplasmic reticulum (ER). The left-hand panel shows a thin-section electron micrograph of an acinar cell from the pancreas of a bat. The nucleus is visible at the upper right and the dense and elaborate endoplasmic reticulum structure is strikingly evident. The right-hand panel shows a schematic diagram of a model for the three-dimensional structure of the endoplasmic reticulum in this cell. Notice that the size of the lumen in the endoplasmic reticulum in the schematic is exaggerated for ease of interpretation. (Electron micrograph from D. W. Fawcett, *The Cell, Its Organelles and Inclusions: An Atlas of Fine Structure*. W. B. Saunders, 1966.)

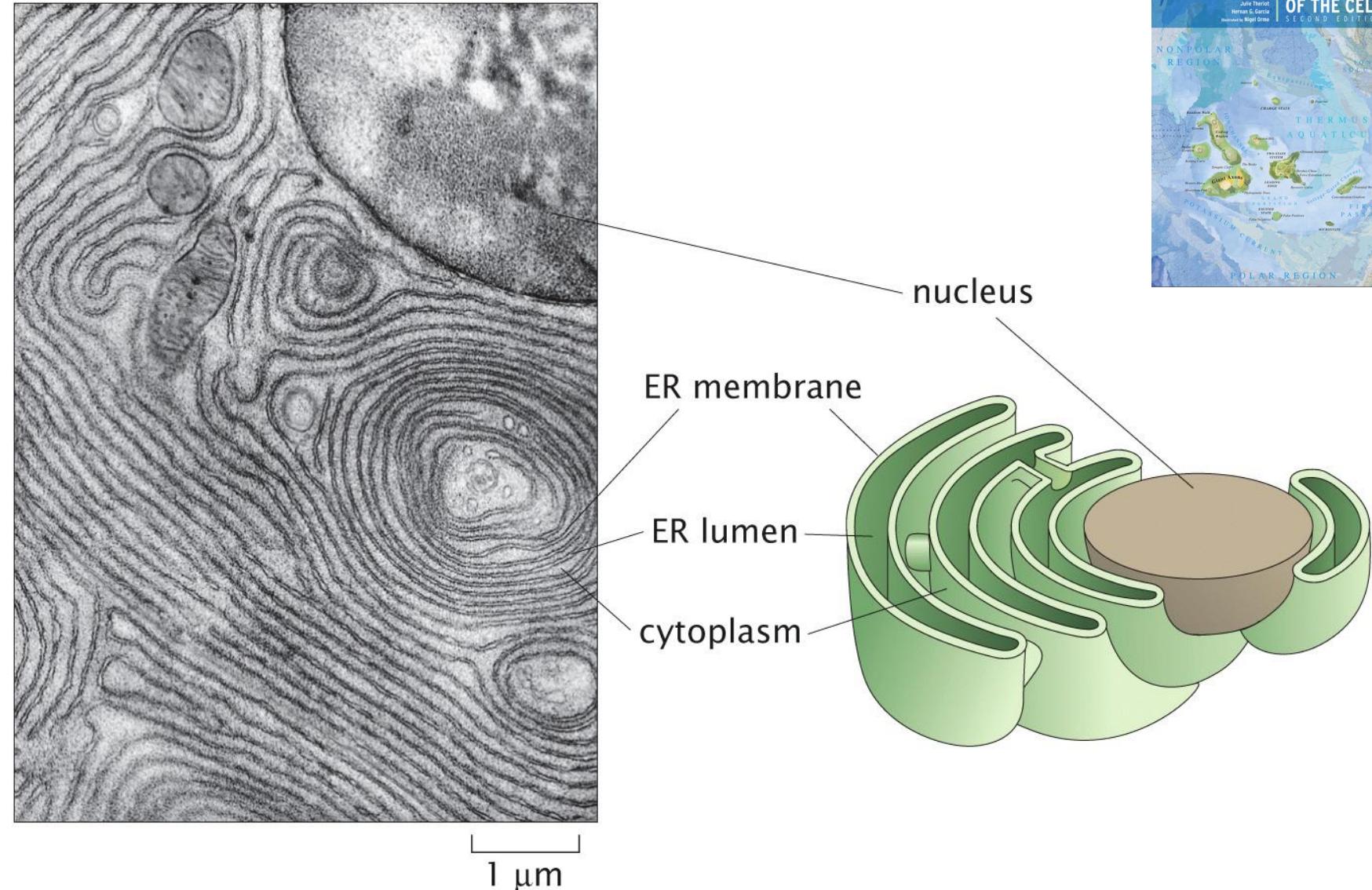
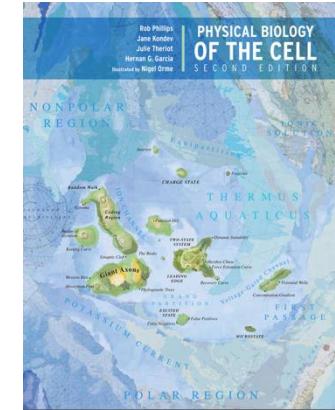
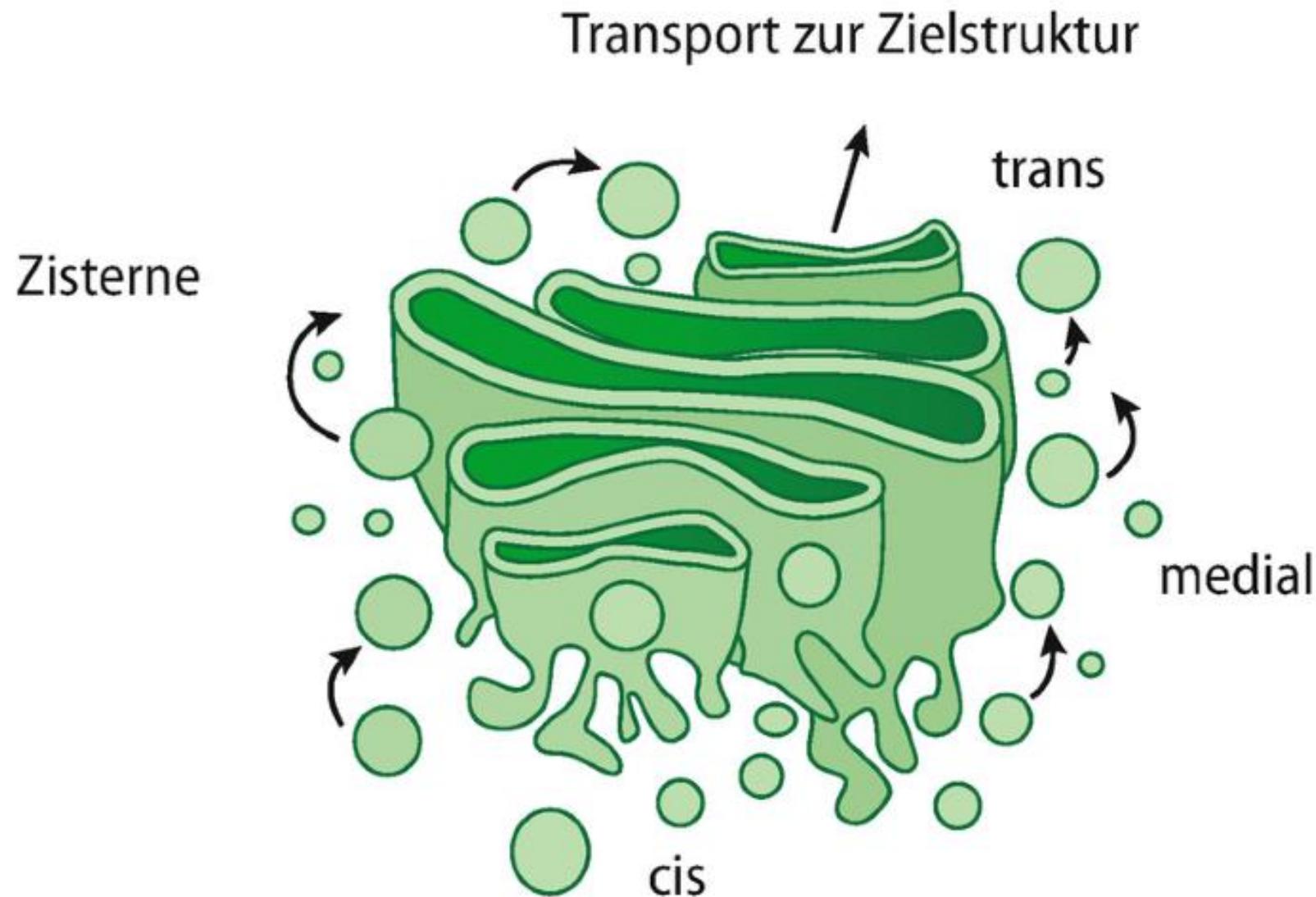


Figure 2.24 Physical Biology of the Cell, 2ed. (© Garland Science 2013)



Funktionen der Organellen – Golgi Apparat

Funktion: Versand und Modifikation (Glykolyseierung) von Lipiden und Proteinen



Größe von Zellen und ihre Bestandteile

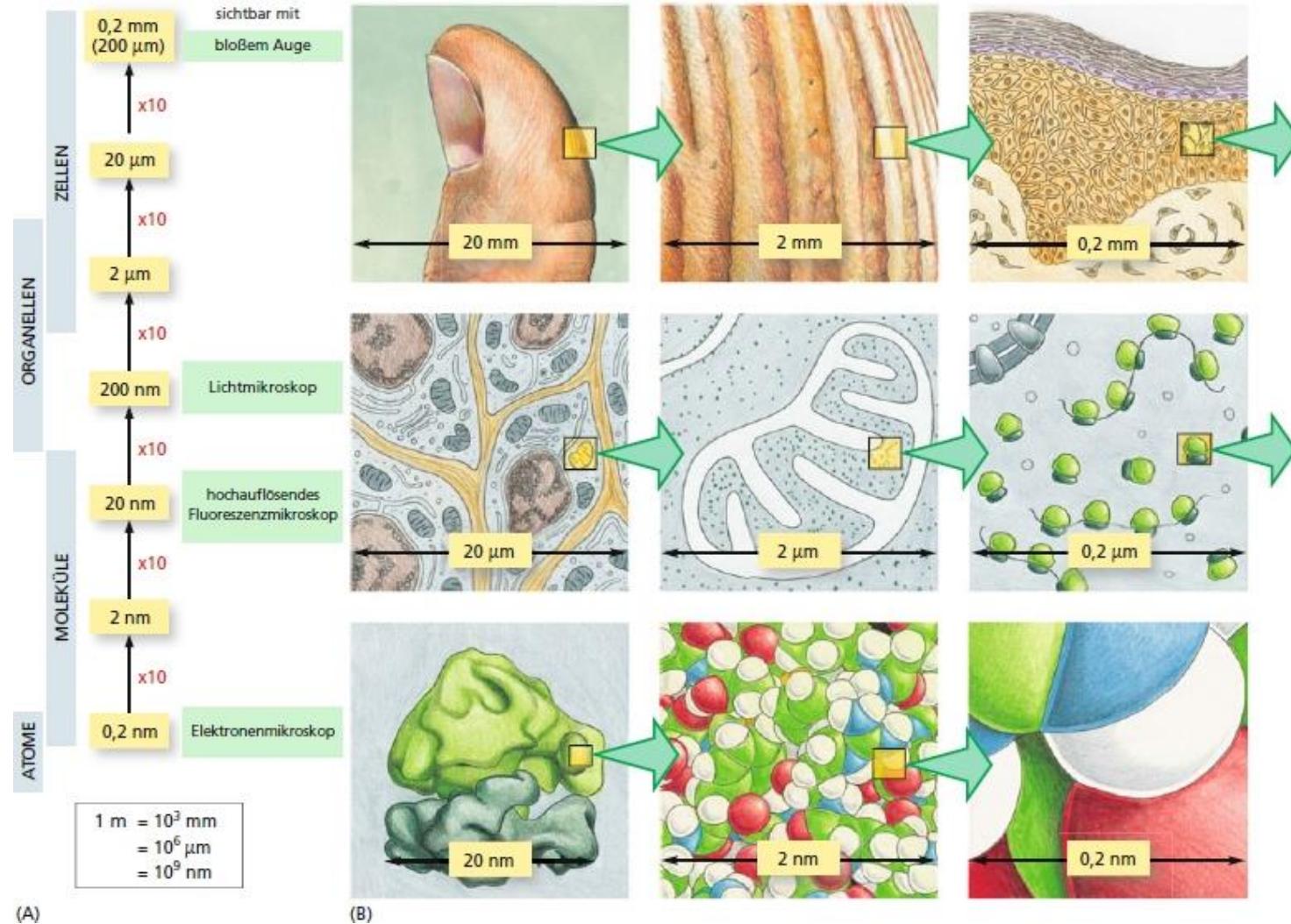
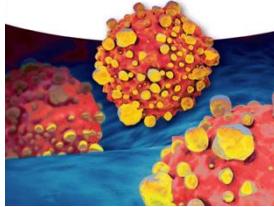
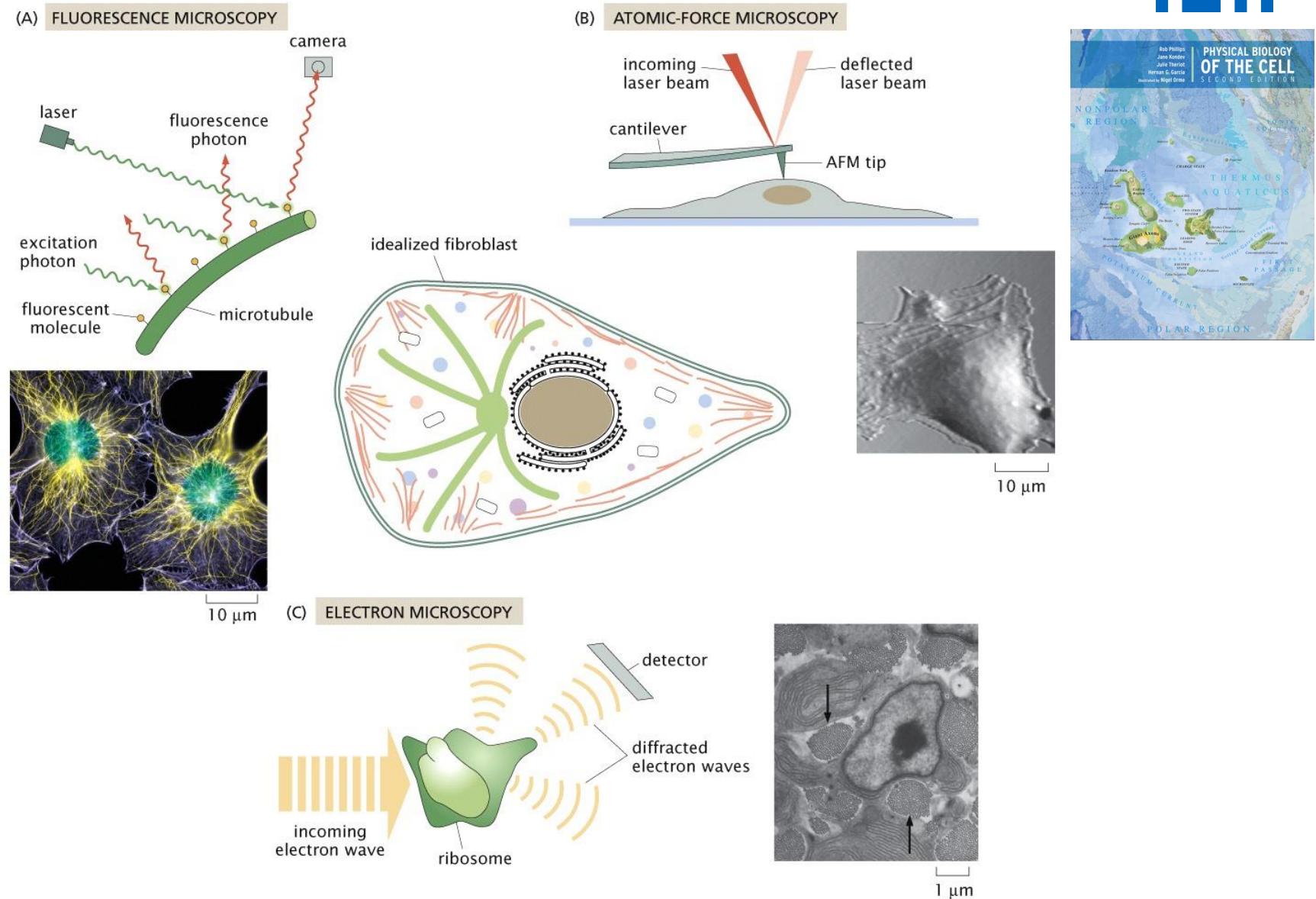


Abb. 1-9 Wie groß sind Zellen und ihre Bestandteile? (A) Das Schaubild zeigt die Größe von Zellen und ihrer Bestandteile, die Einheiten, in denen sie gemessen werden, und die Geräte, die man benötigt, um sie sichtbar zu machen. (B) Diese Zeichnung gibt ein Gespür für den Maßstab zwischen lebenden Zellen und Atomen. Jedes Feld zeigt ein Bild, das dann um den Faktor zehn gegenüber seinem Vorgänger vergrößert wird – in der erdachten Abfolge von einem Daumen zur Haut, zu Hautzellen, zu einem Mitochondrium, zu einem Ribosom und schließlich zu einer Ansammlung von Atomen, die einen Teil eines der vielen Proteine in unserem Körper bilden. Man beachte, dass Ribosomen sowohl innerhalb von Mitochondrien (wie hier gezeigt) als auch im Cytoplasma zu finden sind. Molekulare Strukturdetails, wie in den letzten beiden Feldern gezeigt, liegen jenseits des Auflösungsvermögens eines Elektronenmikroskops.

Experimentelle Untersuchung von Zellen



Experimental techniques that have revealed the structure of both cells and their organelles. (A) Fluorescence microscopy and the associated image of a fibroblast with labeled microtubules (yellow) and DNA (green). (B) Atomic-force microscopy schematic and the associated image of the surface topography of a fibroblast. (C) Electron microscopy schematic and image of cross-section through a fibroblast in an animal tissue. Arrows indicate bundles of collagen fibers. (A, courtesy of Torsten Wittman; B, adapted from M. Radmacher, *Meth. Cell Biol.* 83:347, 2007; C, adapted from D. E. Birk and R. L. Trelstad, *J. Cell Biol.* 103:231, 1986.)

Laut Ernst Abbe (1873) die kleinste auflösbare Distanz abhängig von:

$$d = \frac{\lambda}{2n\sin\theta} = \frac{\lambda}{2NA} = \frac{\lambda}{2,8}$$

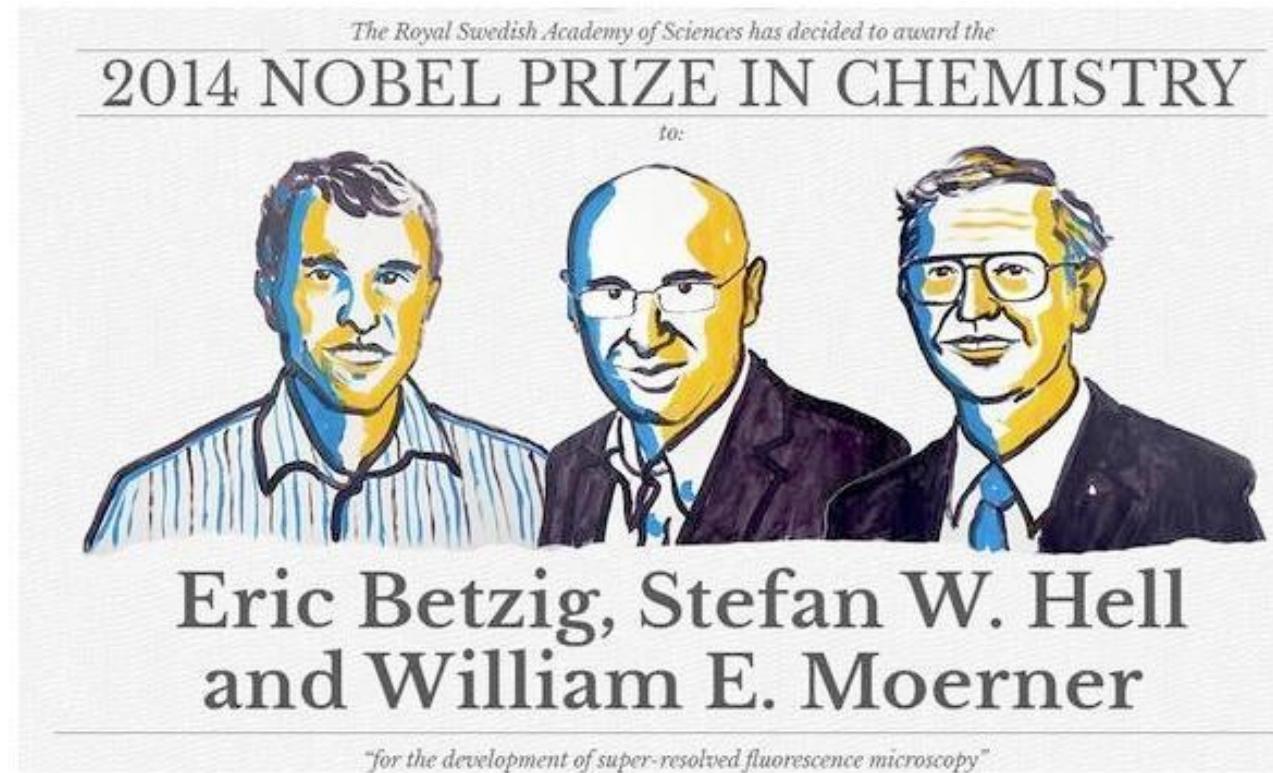
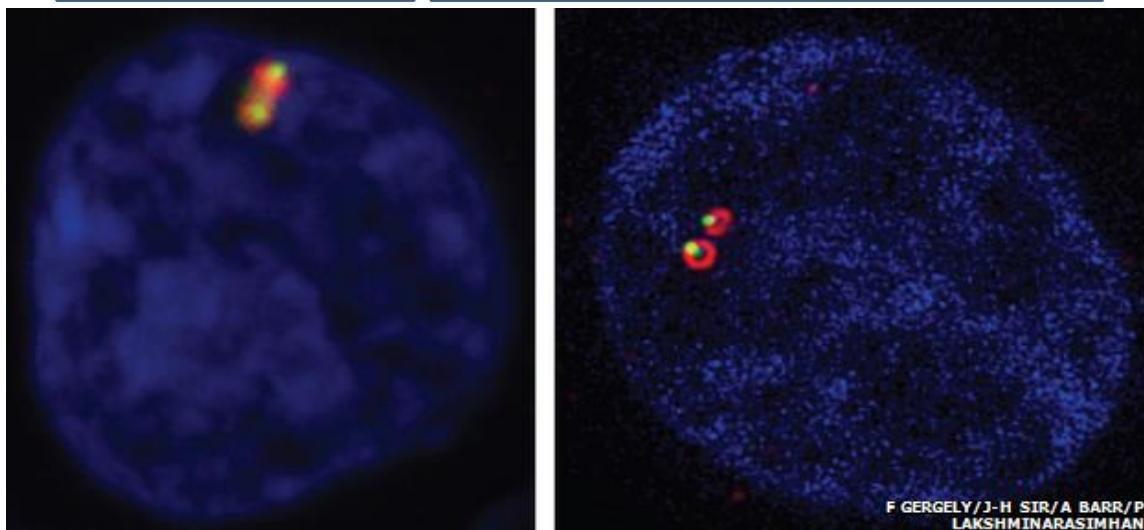
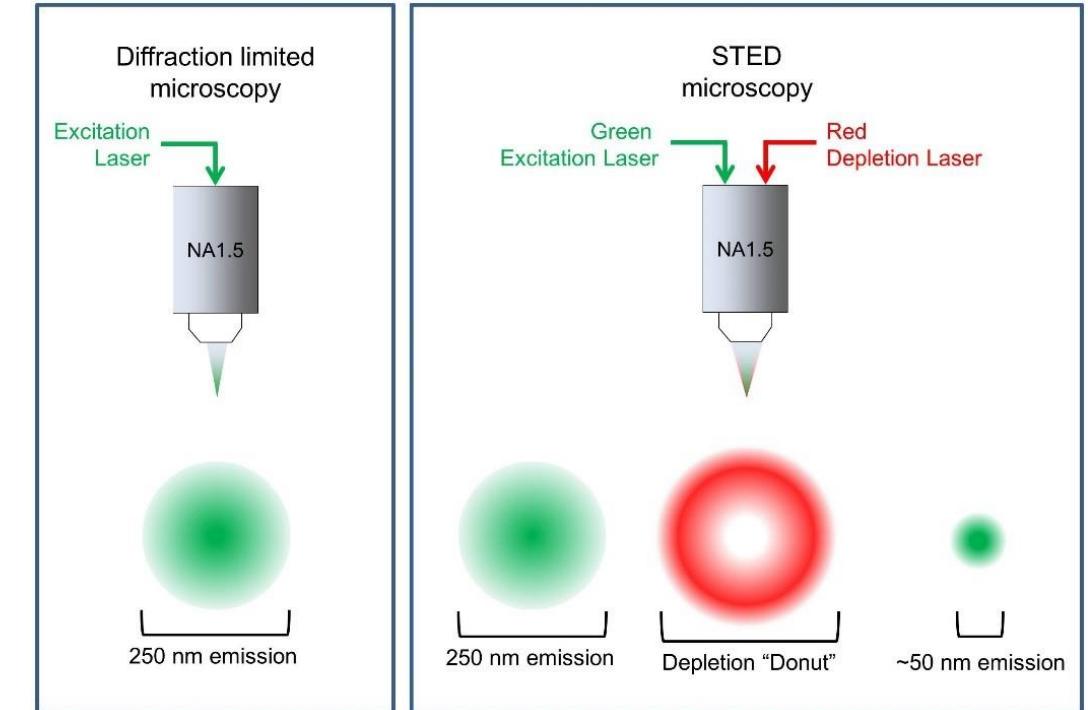
mit NA – numerische Apertur (1,4-1,6 bei moderner Optik)

bei grünem Licht um 500 nm und einer NA von 1 beträgt die Abbe-Grenze 250 nm (0,25 μm)



Welche Möglichkeiten hat man um die Auflösung zu erhöhen?

Super Resolution Fluorescence Microscopy - STED



STED – STimulated Emission Depletion

<https://youtu.be/uyMZPFTcXG4?feature=shared>

Zeitskalen biologischer Prozesse

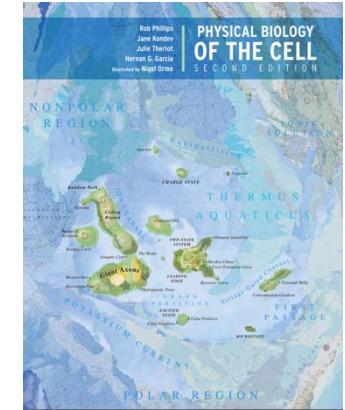
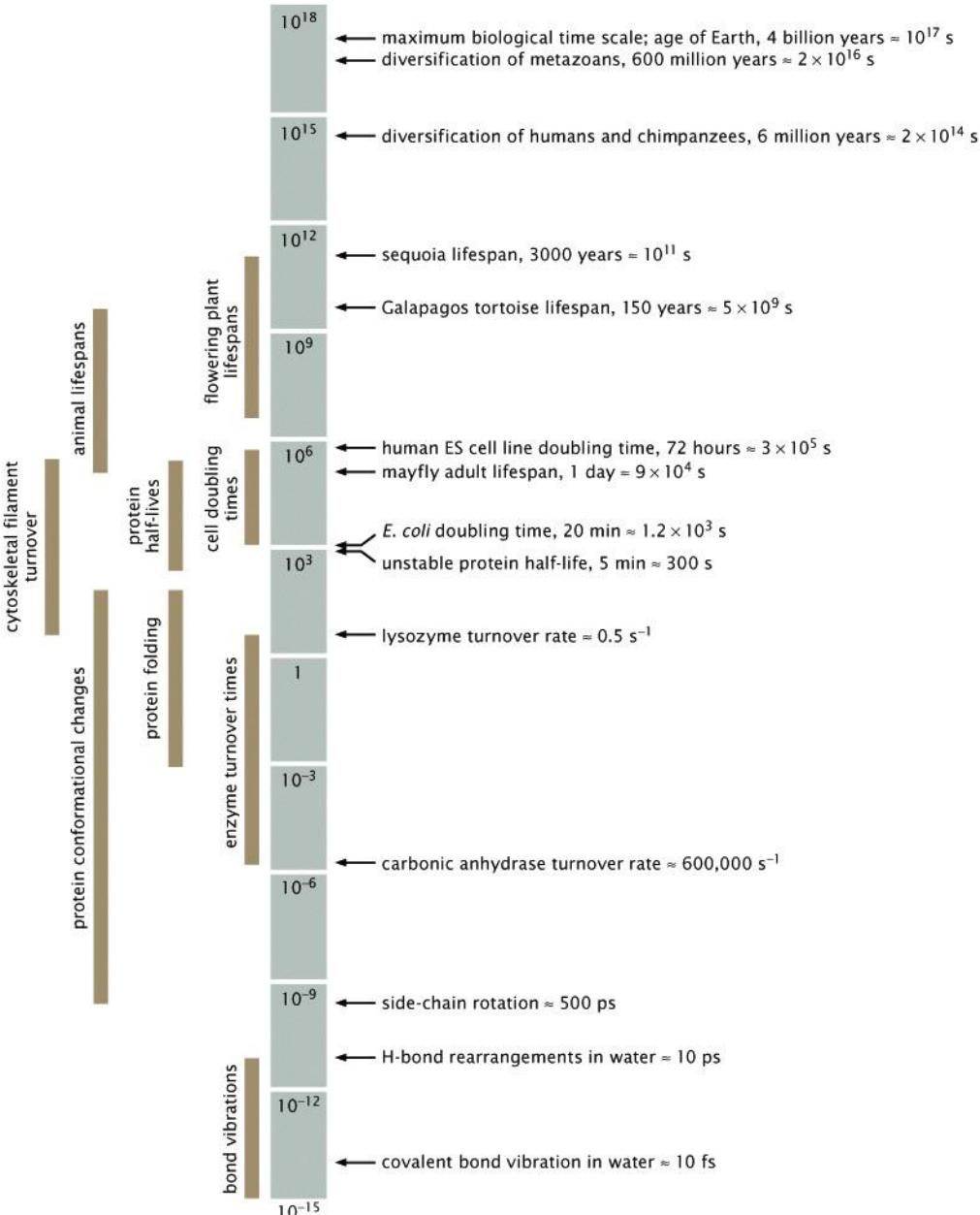


Figure 3.1: Gallery of biological time scales.
Logarithmic scale showing the range of time scales associated with various biological processes. The time scale is in seconds.

Figure 3.1 Physical Biology of the Cell, 2ed. (© Garland Science 2013)

Zellzyklus - Eukaryoten

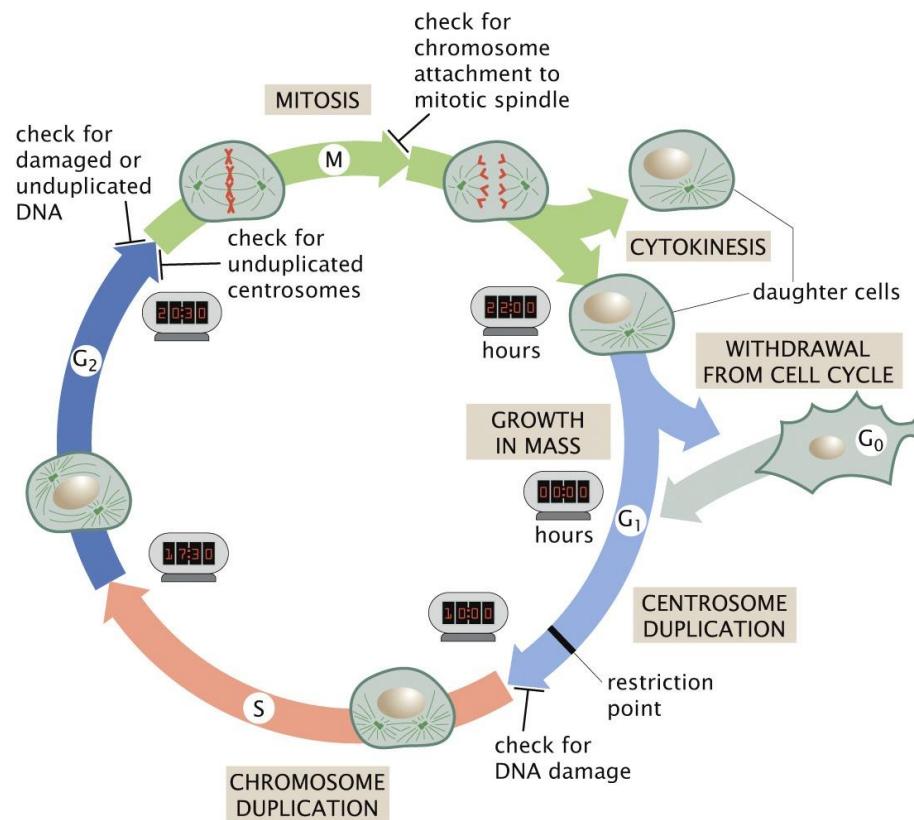


Figure 3.21a Physical Biology of the Cell, 2ed. (© Garland Science 2013)

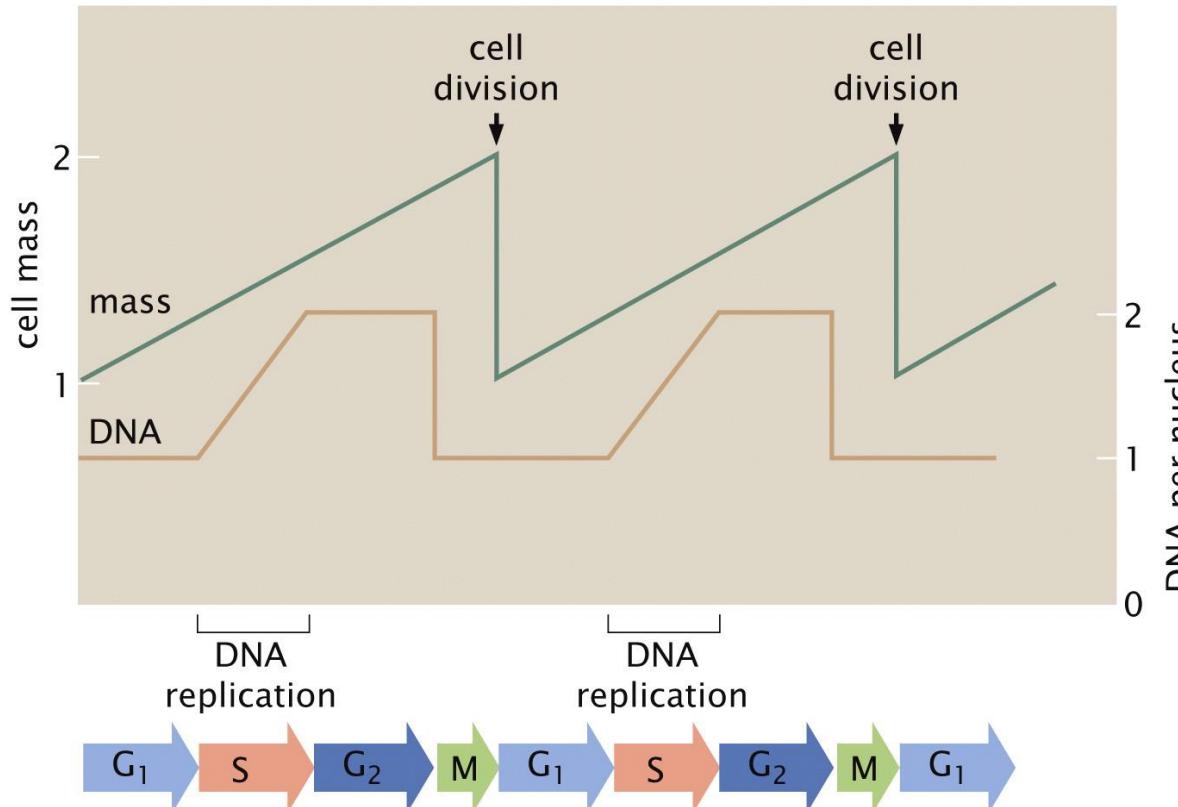
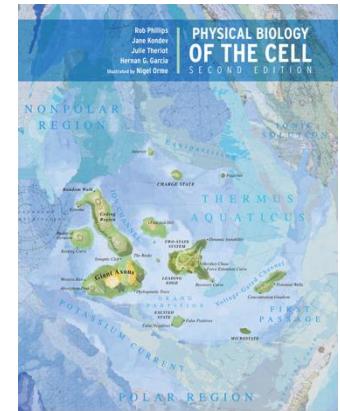


Figure 3.21b Physical Biology of the Cell, 2ed. (© Garland Science 2013)



PHYSICAL BIOLOGY OF THE CELL
SECOND EDITION

Figure 3.21: The eukaryotic cell cycle. (A) This cartoon shows some of the key elements of the process of cell division, including the four phases G₁, S, G₂, and M, as well as some of the most important checkpoints. Cells that stop proliferating can exit the cell cycle at G₁ and enter a resting phase, called G₀. Most fully differentiated cells in the adult human body are in G₀. Under particular circumstances, non-dividing cells in G₀ can reenter the cell cycle at G₁. (B) Time course of cell mass and DNA content during the cell cycle. Cell mass can increase continuously, while DNA content increases only during S phase. (A, adapted from T. D. Pollard and W. C. Earnshaw, Cell Biology, W. B. Saunders, 2007; B, adapted from A. Murray and T. Hunt, The Cell Cycle, Oxford University Press, 1993.)

Zellzyklus - Eukaryoten

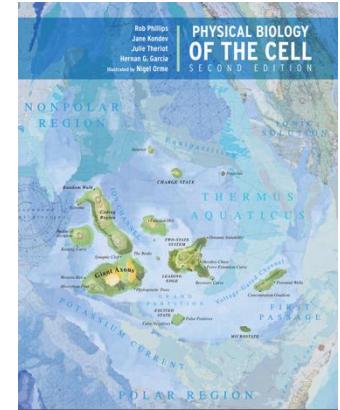
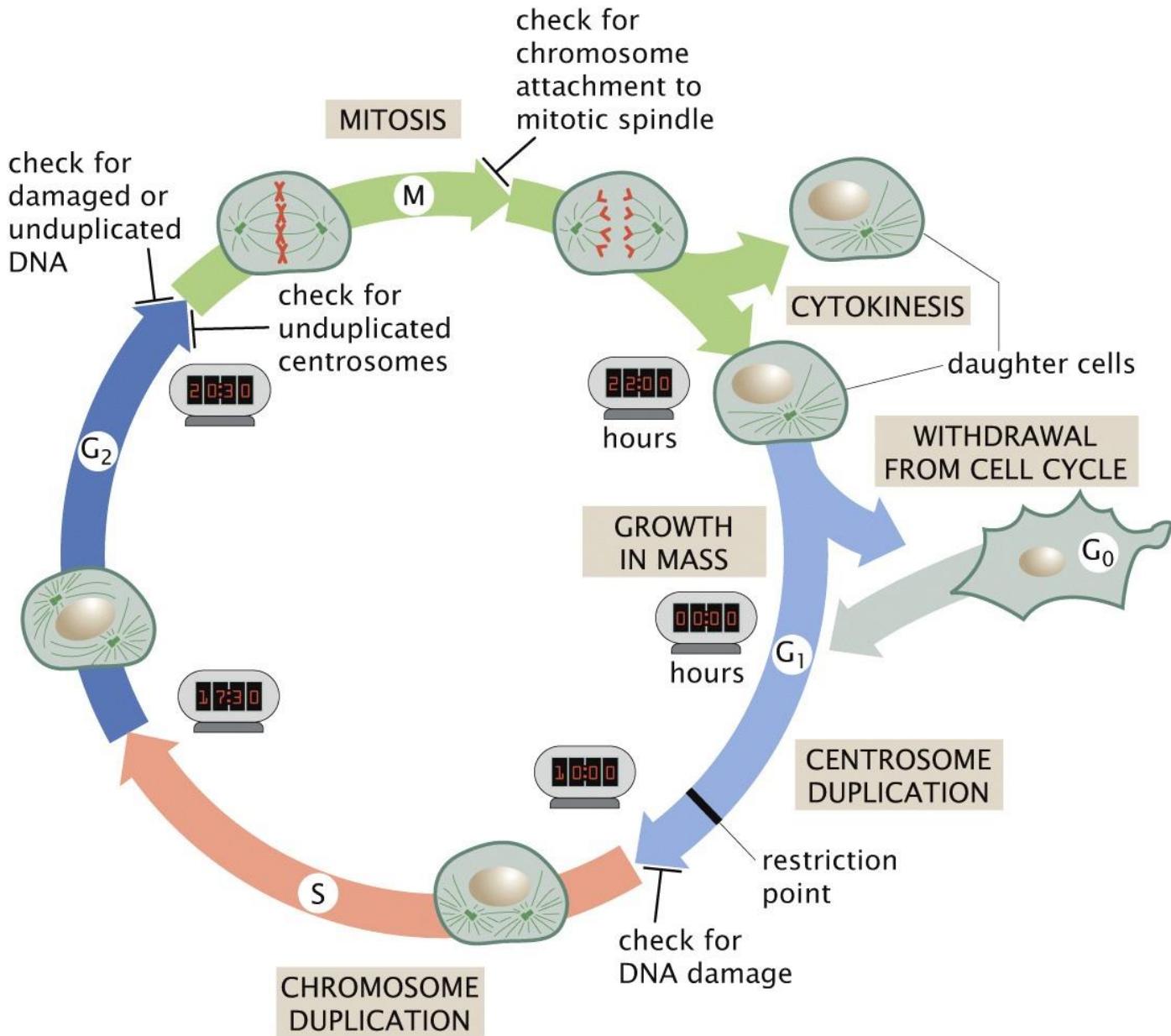


Figure 3.21a Physical Biology of the Cell, 2ed. (© Garland Science 2013)

Zellzyklus - Eukaryoten

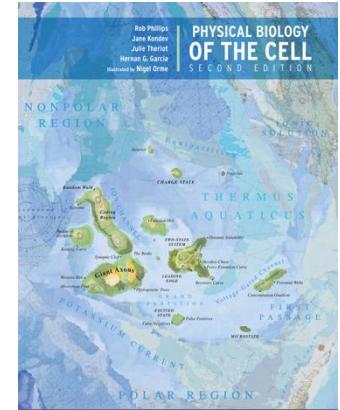
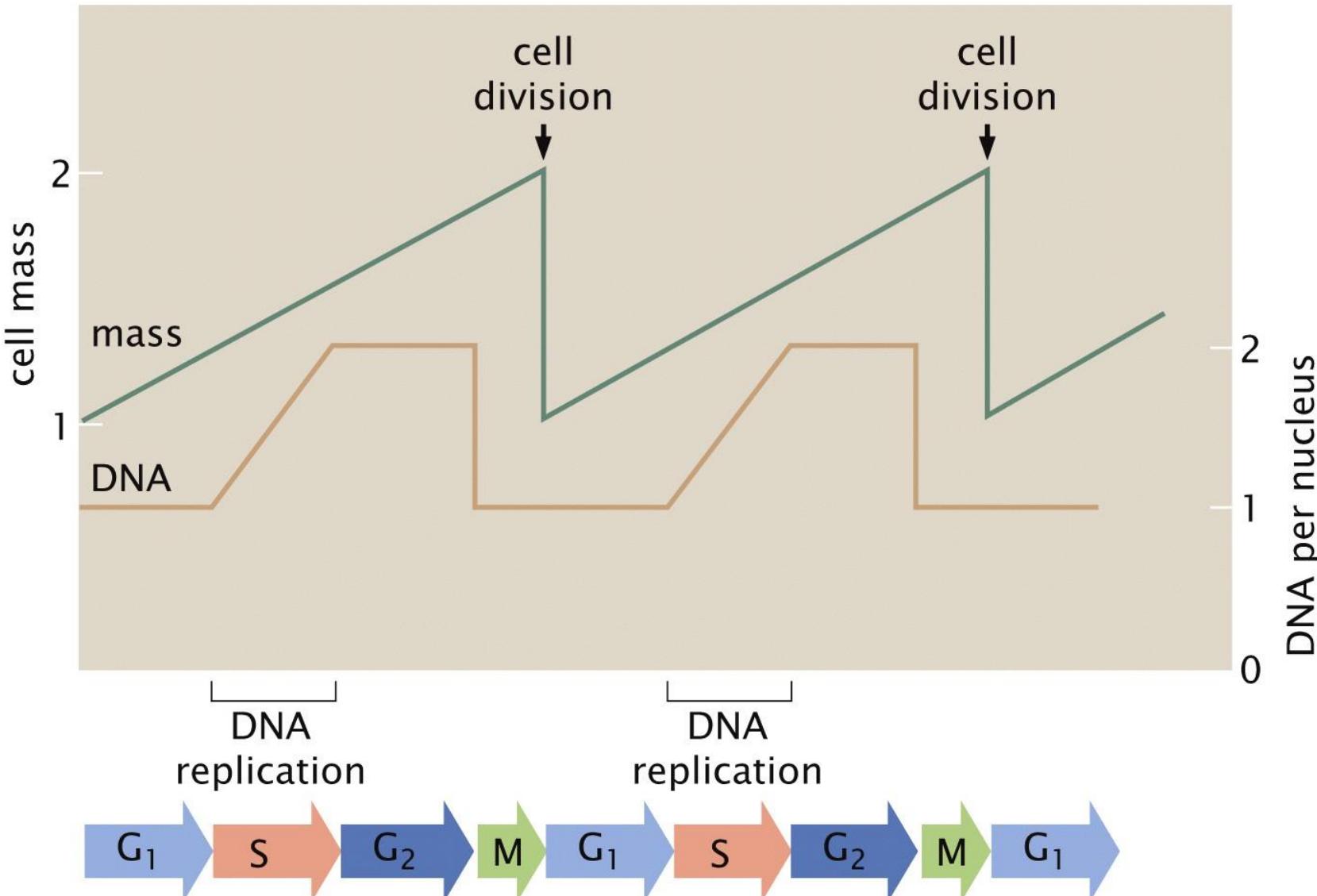


Figure 3.21b Physical Biology of the Cell, 2ed. (© Garland Science 2013)

Zellzyklus - Prokaryoten

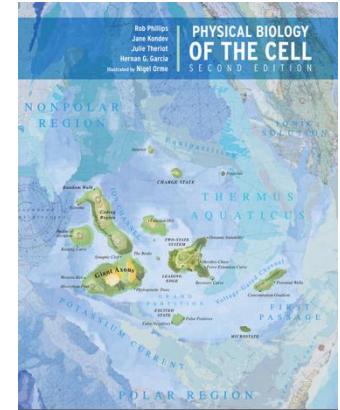


Figure 3.7: Schematic of an idealized bacterial cell cycle. A newborn cell shown at the top has a single chromosome with a single origin of replication marked by the green dot. The cell cycle initiates with the duplication of the origin, and DNA replication then proceeds in an orderly fashion around the circular chromosome. At the same time, a group of cell division proteins beginning with the tubulin analog FtsZ form a ring at the center of the cell that will dictate the future site of septum formation. As DNA replication proceeds and the cell elongates, the two origins become separated from each other, with one traveling the entire length of the cell to take up residence at the opposite pole. As the septum begins to close down, the two chromosomal masses are physically separated into the two daughter cells, where the cycle can begin anew.

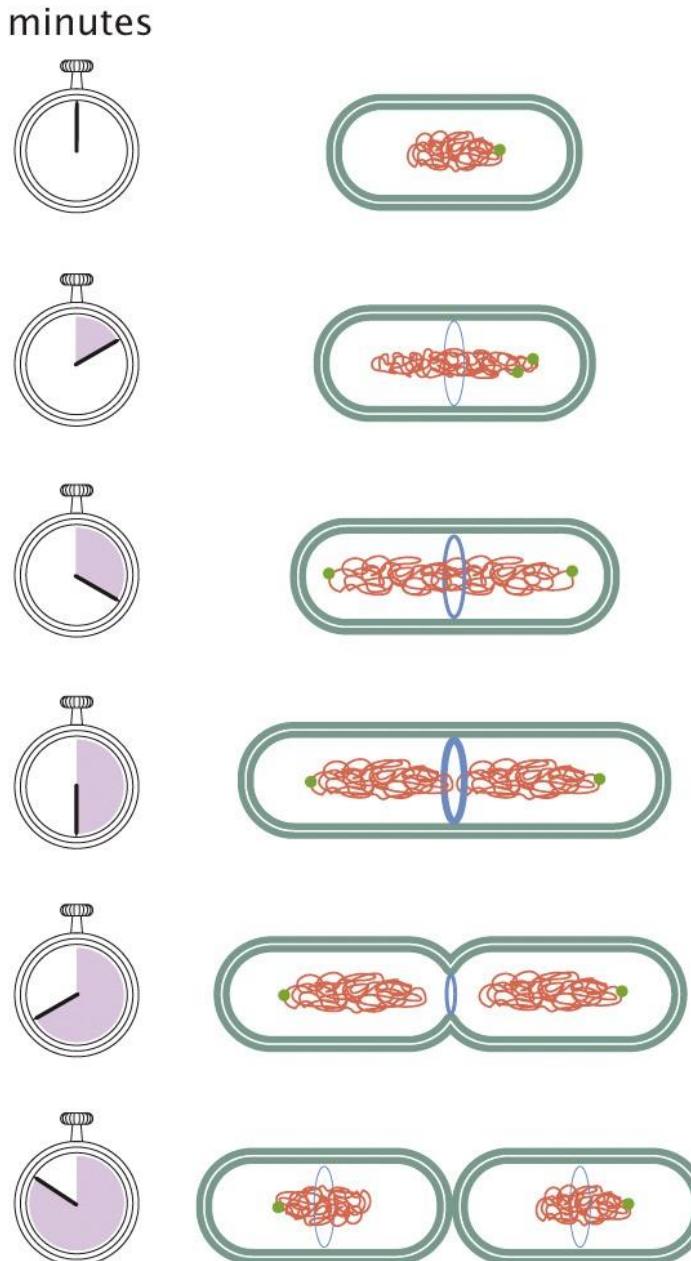
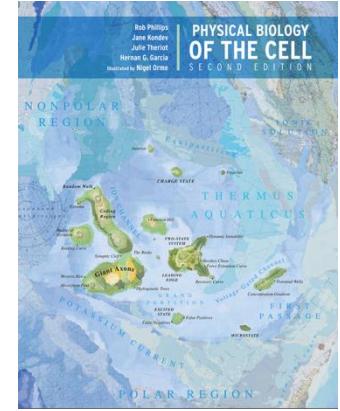
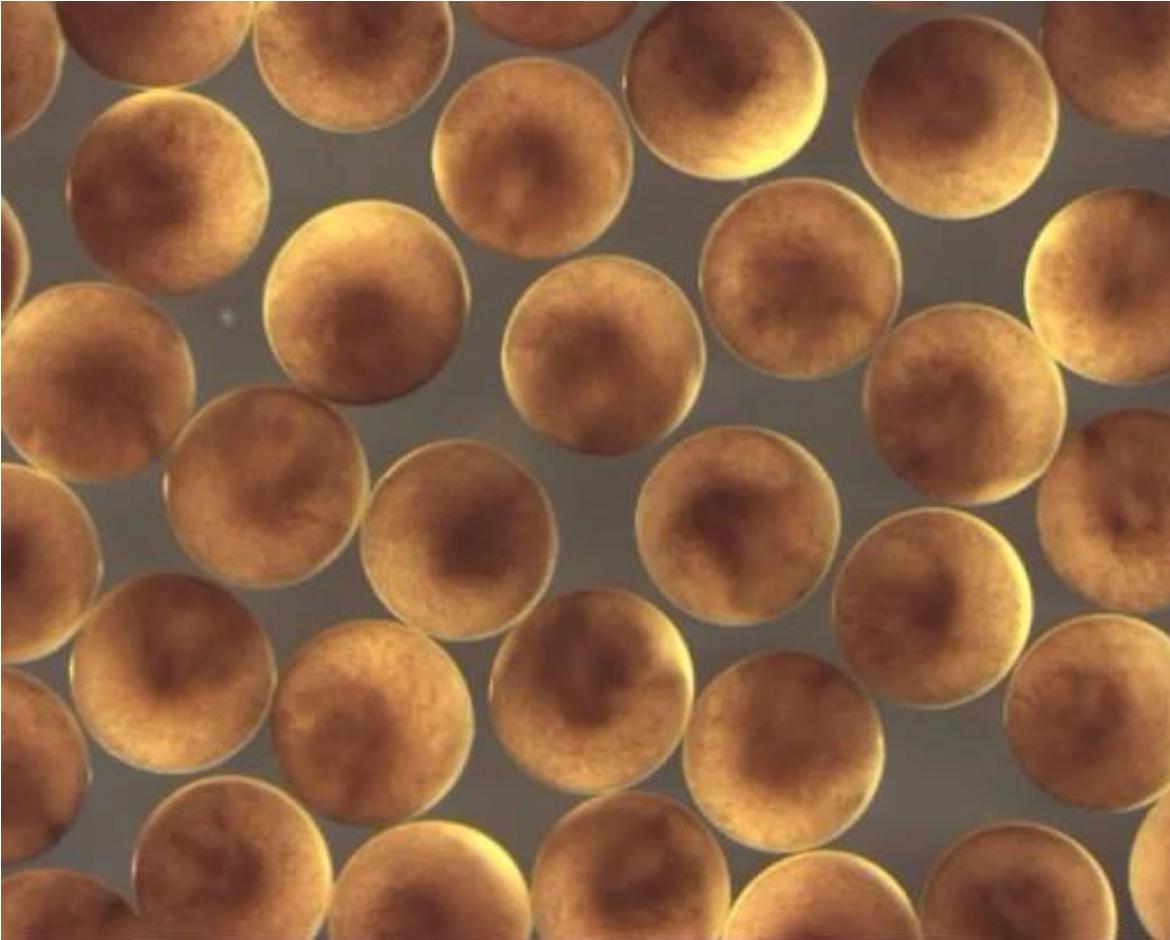


Figure 3.7 Physical Biology of the Cell, 2ed. (© Garland Science 2013)

Zellteilung – synchroner Prozess



Woher wissen die Zellen, wann sie sich teilen müssen?

Uhren und Oszillatoren

Figure 3.16: The oscillatory cell-cycle clock. This diagram shows the procedural events that underlie the regular oscillations of the cell-cycle clock in the *X. laevis* embryo. (A) Cyclin protein concentration rises slowly over time until it reaches a threshold at which point it activates cyclin-dependent kinase. Cyclin-dependent kinase activity increases sharply at this threshold and in turn activates enzymes involved in cyclin protein degradation. Once the degradation machinery is turned on, cyclin protein levels quickly fall back to zero. Cyclin-dependent kinase activity also falls and the degradation machinery inactivates. This oscillatory cycle is repeated many times. (B) Actual data for a single cycle of the oscillation. (Adapted from J. R. Pomerening et al., *Cell* 122:565, 2005.)

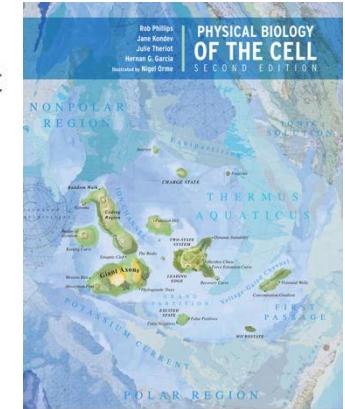
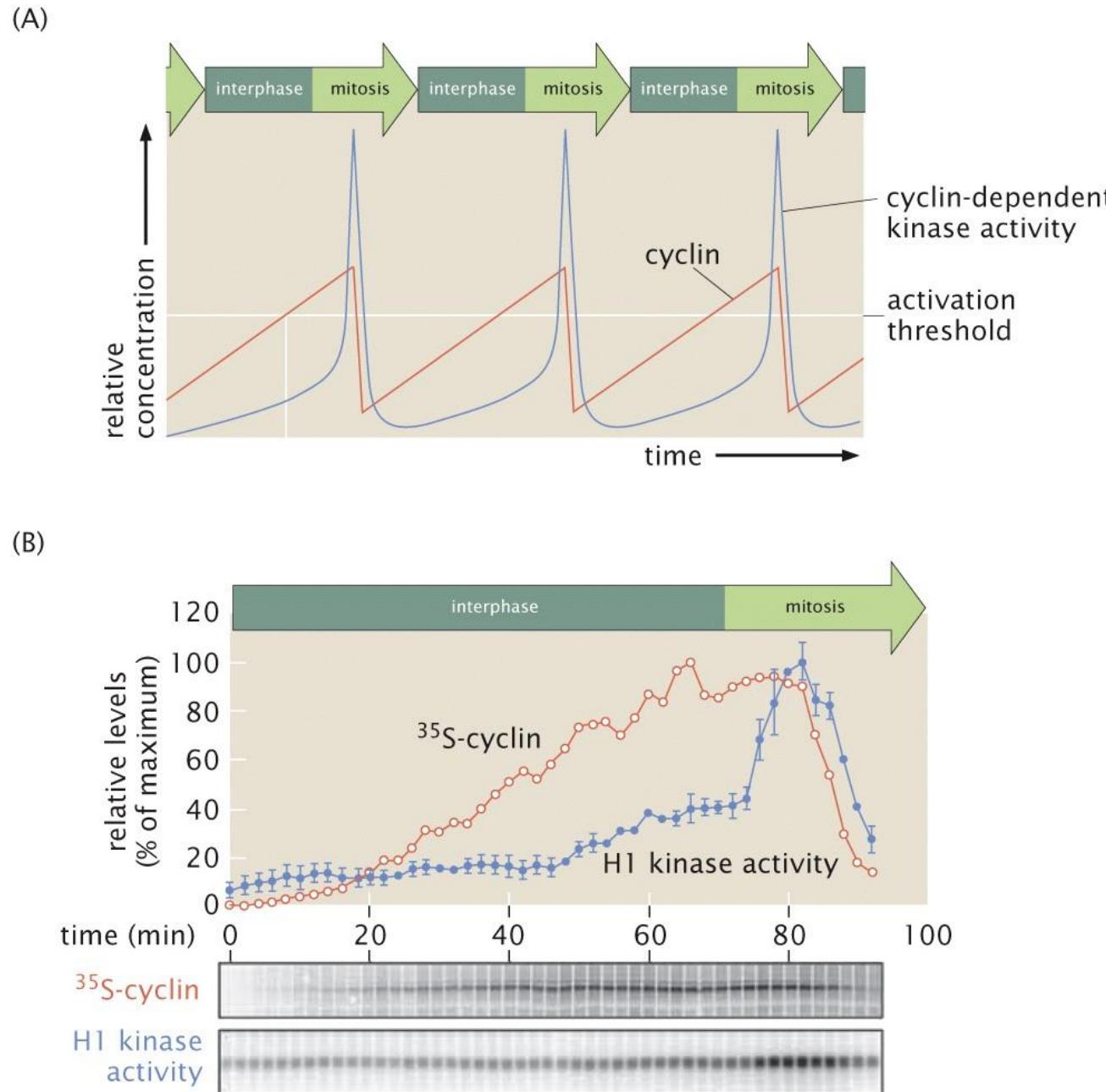


Figure 3.16 Physical Biology of the Cell, 2ed. (© Garland Science 2013)

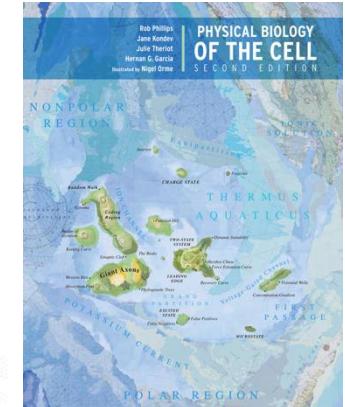
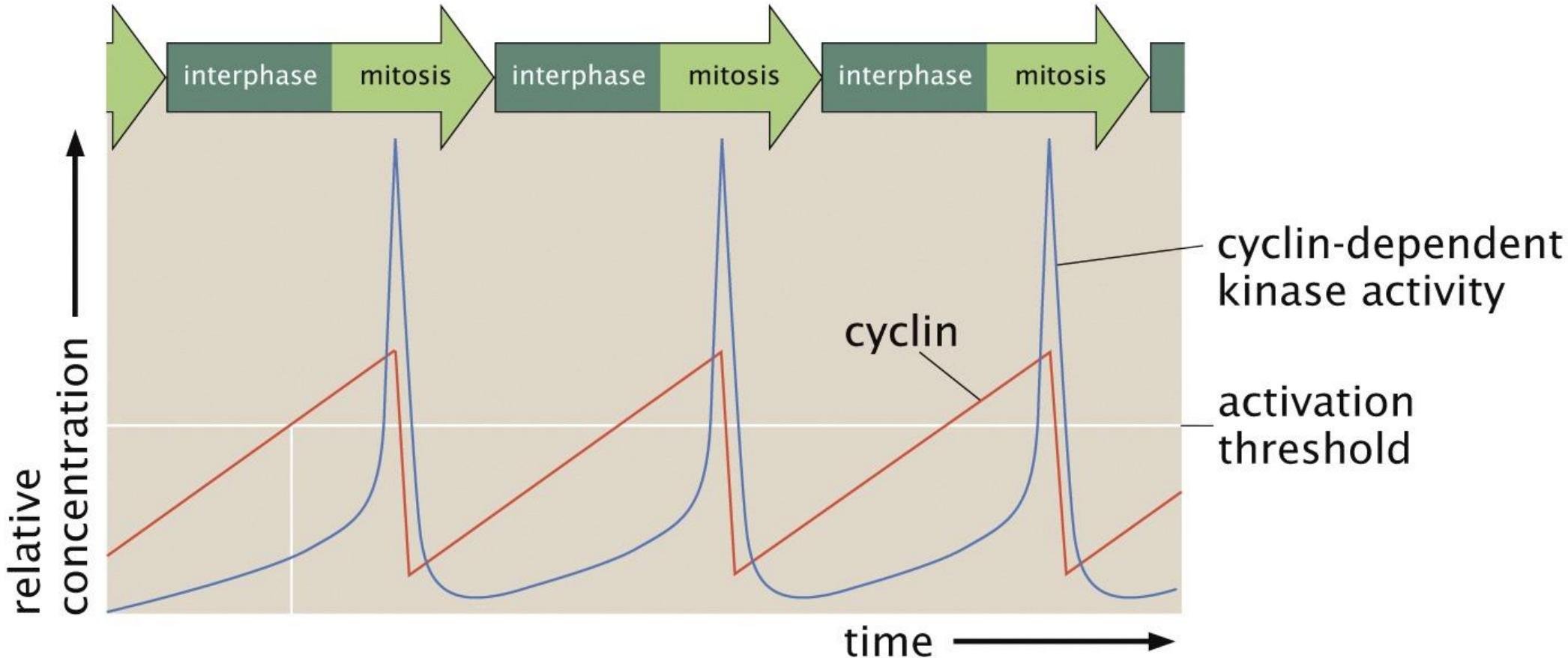


Figure 3.16a Physical Biology of the Cell, 2ed. (© Garland Science 2013)

Uhren und Oszillatoren

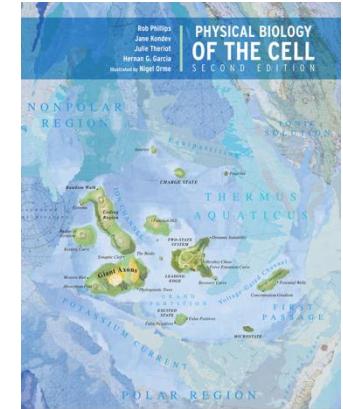
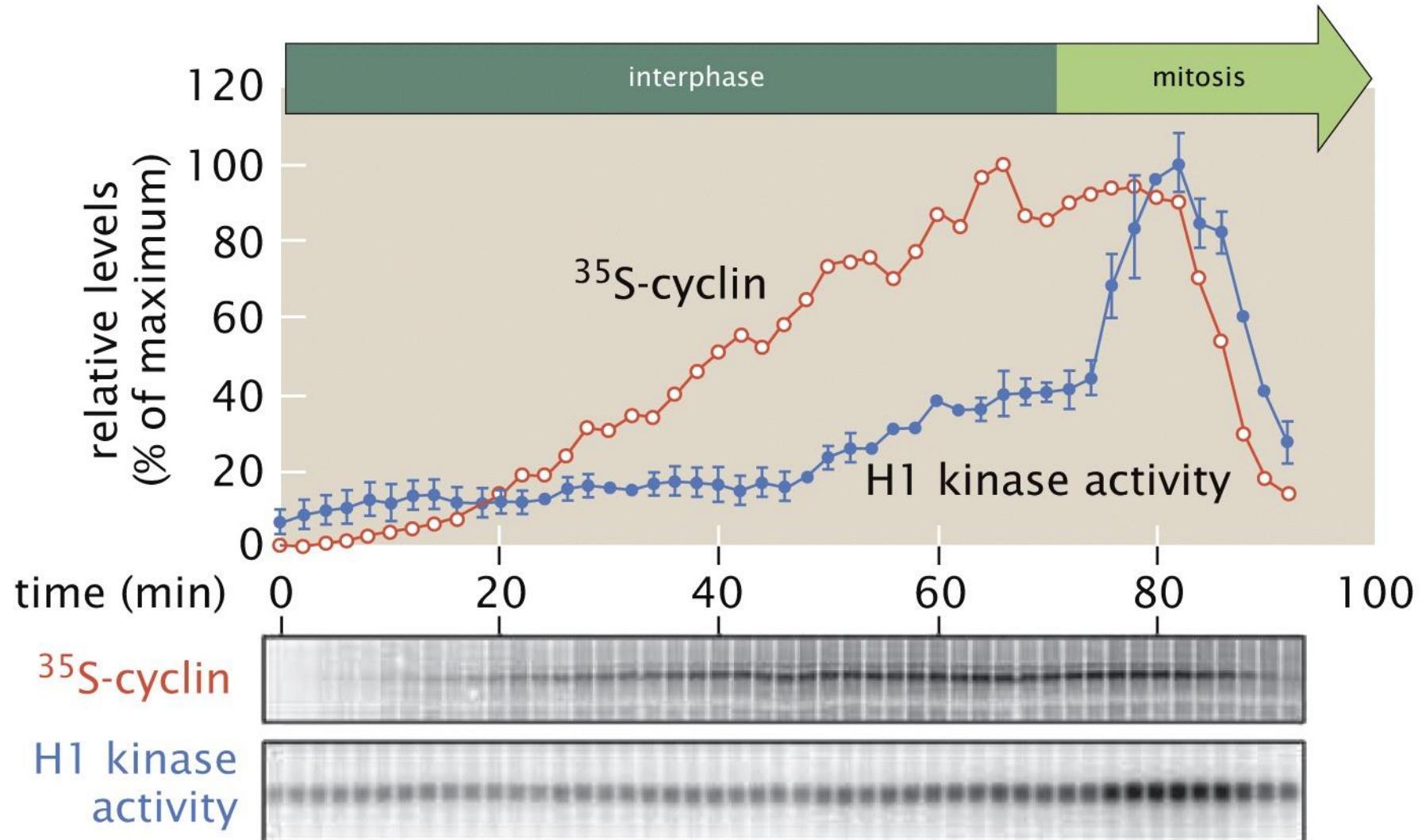


Figure 3.16b Physical Biology of the Cell, 2ed. (© Garland Science 2013)

Hausaufgaben

Drei neue Aufgaben auf Moodle

Biophysik:

- Aufgabe 1.1: Dimensionen bakterieller Zellen
- Aufgabe 1.2: Wachstum und die logistische Formel
- Aufgabe 1.3: Zellzyklus und die Anzahl von Ribosomen

**Vielen Dank für ihre
Aufmerksamkeit!**