

Humanbiologie I

Grundlagen der Zellbiologie

06.11.2018

WS 2018/19

Bachelor-Studiengänge

Medizintechnik

Medizininformatik

André Koch

Andre.Koch@med.uni-tuebingen.de

Kilian Wistuba-Hamprecht

Kilian.Wistuba-Hamprecht @uni-tuebingen.de

Vorlesung 7

- *Rückblick Vorlesung 6*
- *Kommunikation von Zellen*

Von der DNA zum Protein

- *Genexpression – Von der DNA zur RNA*
- *Proteinbiosynthese – Von der RNA zum Protein*
- *Signaltransduktion*

Rückblick: Gewebearten

1. Epithelgewebe

- Zellschichten, die alle inneren und äußeren Oberflächen bedecken

2. Binde- und Stützgewebe

- Gewebe, das für strukturellen Zusammenhalt sorgt und Zwischenräume füllt (hierzu gehören auch Knochen, Knorpel und Fettgewebe)

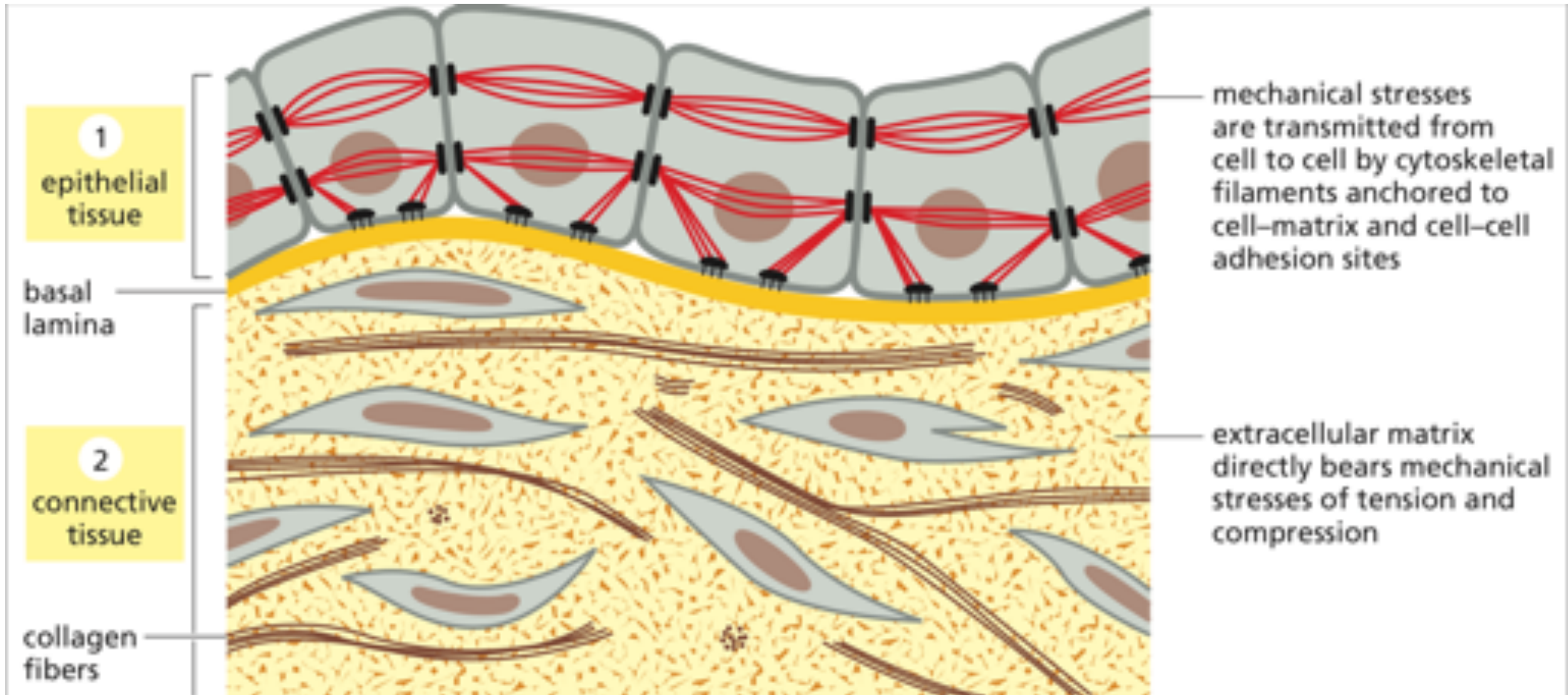
3. Muskelgewebe

- Zellen, die durch kontraktile Filamente für aktive Bewegung spezialisiert sind

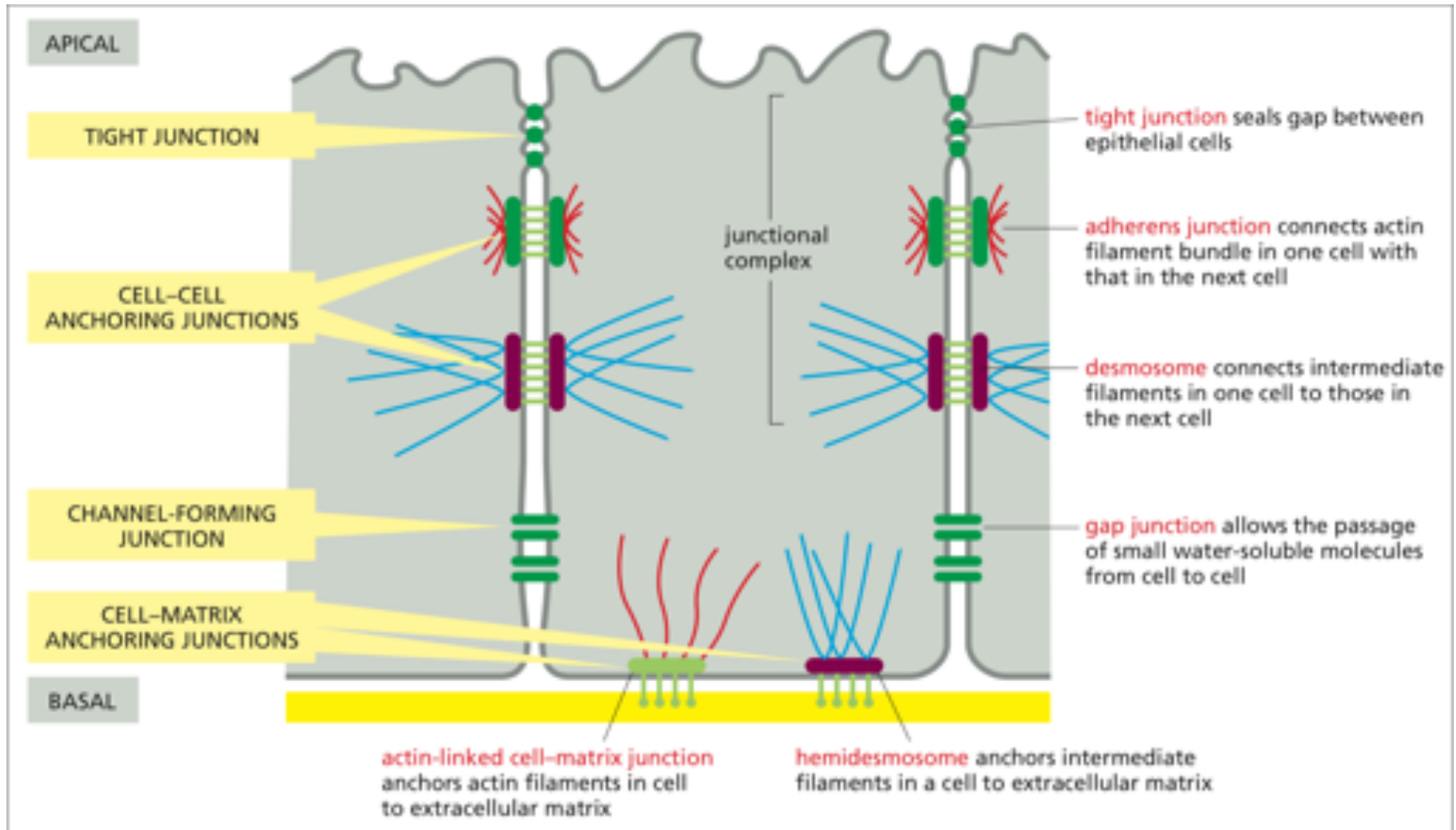
4. Nervengewebe

- Zellen, aus denen Gehirn, Rückenmark und periphere Nerven aufgebaut sind

Rückblick: Gewebearten



Rückblick: Zell-Zell- und Zell-Matrix-Kontakte



Rückblick: Die extrazelluläre Matrix (ECM)

Gewebe besteht nicht nur aus Zellen:

- Der extrazelluläre Raum ist gefüllt mit einem komplexen Geflecht an Makromolekülen und Proteinen
- ECM ist u.a. essentiell für die
 - Proliferation
 - Differenzierung

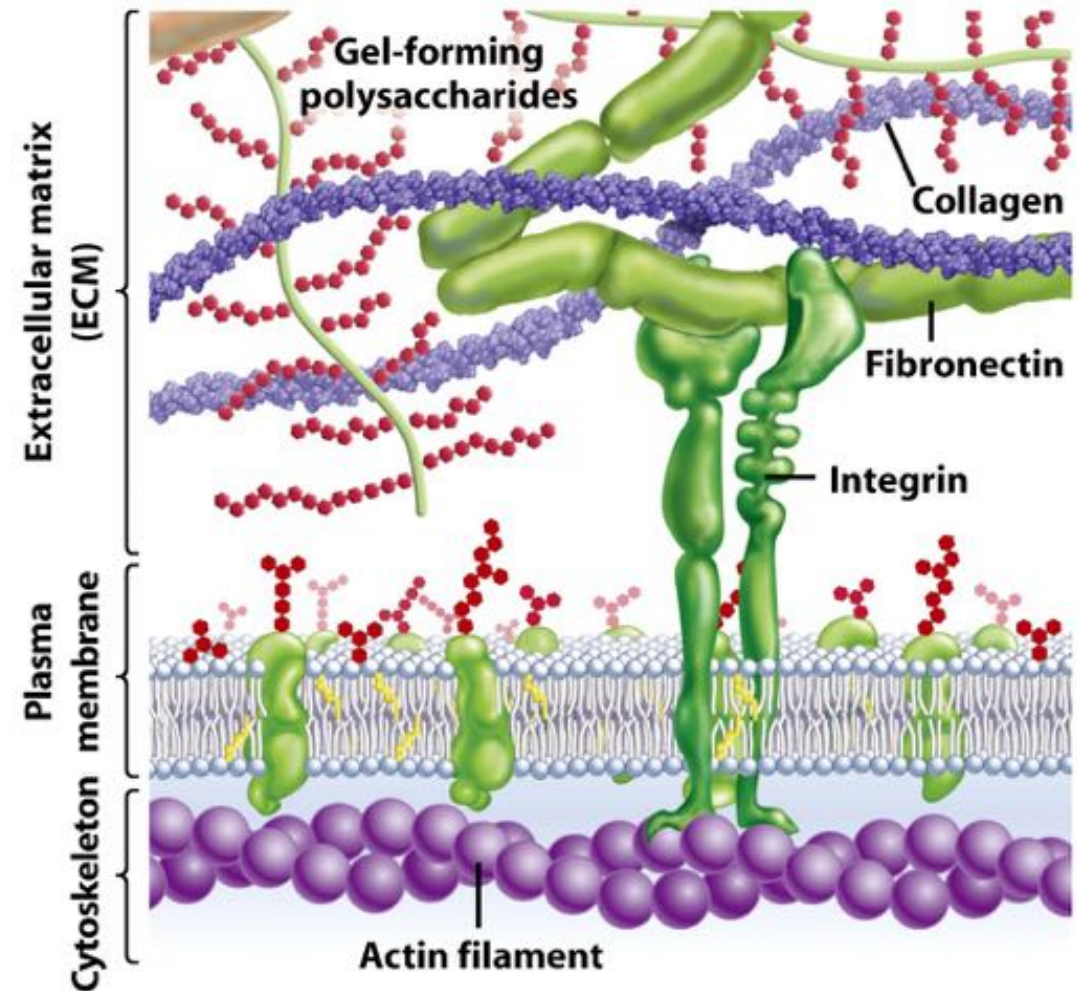
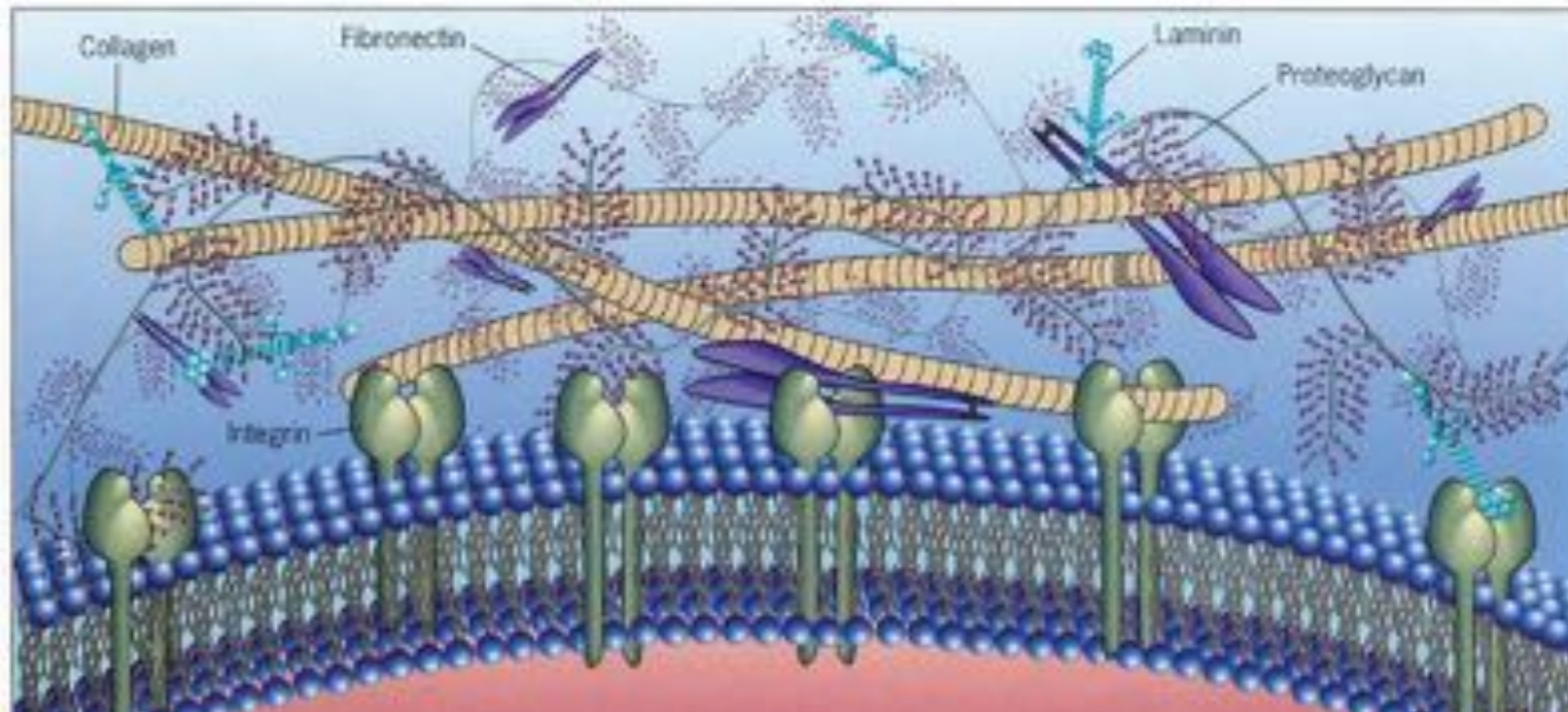


Figure 8-4 Biological Science, 2/e

© 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Rückblick: Die extrazelluläre Matrix (ECM)

- Fasern
 - Kollagen
 - Elastische Fasern
- Grundsubstanzen
 - Proteoglykane (PGs) und Glykosaminoglykane (GAGs)
 - Adhäsionsmoleküle (Fibronectin, Laminin)
 - Wasser und gelöste Stoffe



Warum habe ich Ihnen das gestern alles erklärt?!?
Zellen kommunizieren miteinander!

Vorlesung 7

- *Rückblick Vorlesung 6 ✓*
- *Kommunikation von Zellen*

Von der DNA zum Protein

- *Genexpression – Von der DNA zur RNA*
- *Proteinbiosynthese – Von der RNA zum Protein*
- *Signaltransduktion*

Kommunikation zwischen Zellen

Kommunikation findet z.B. über Botenstoffe statt

Beispielbotenstoffe:

Hormone

Neurotransmitter

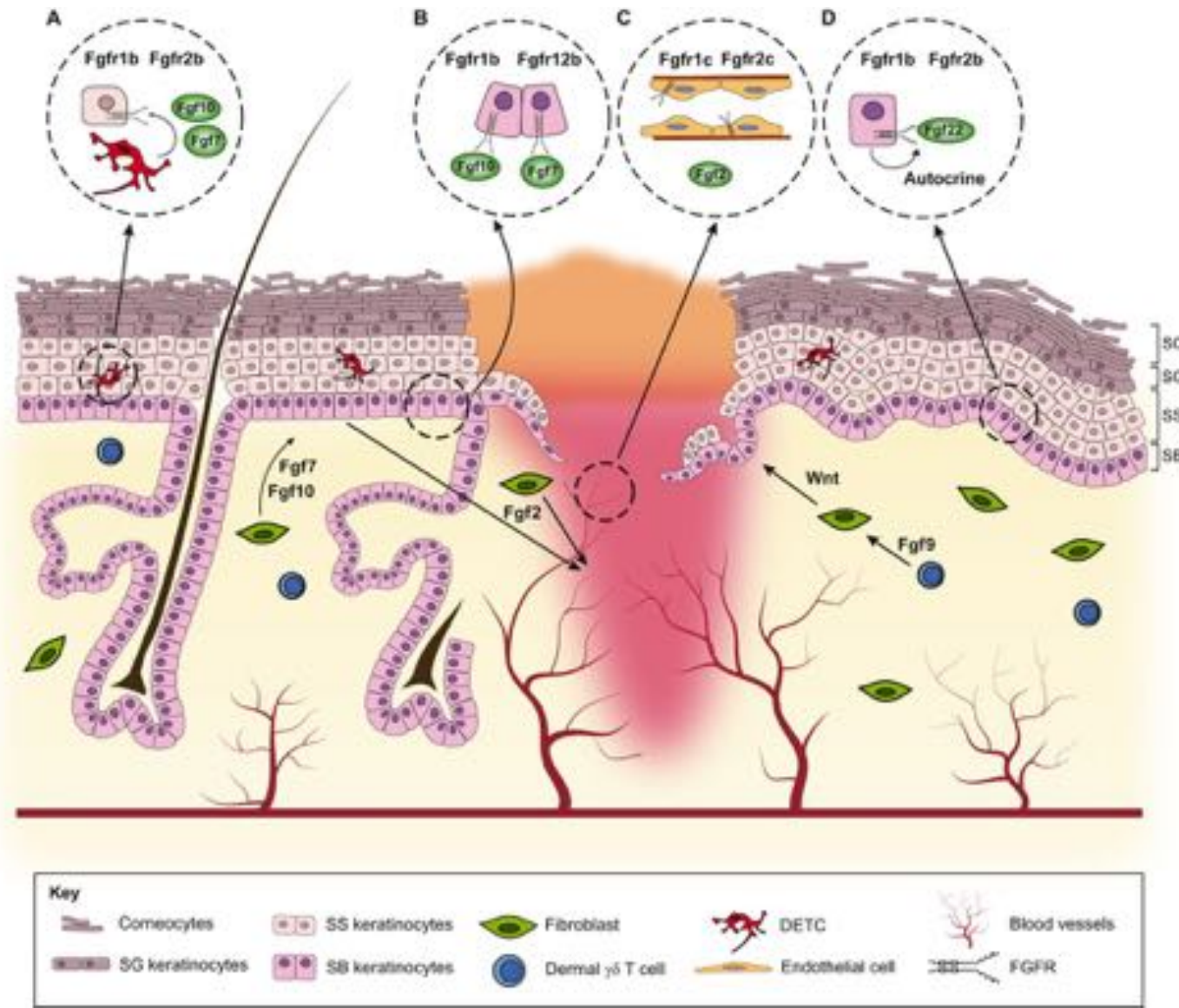
Pheromone

Wachstumsfaktoren („Differenzierungsfaktoren“)

Wachstumsfaktoren

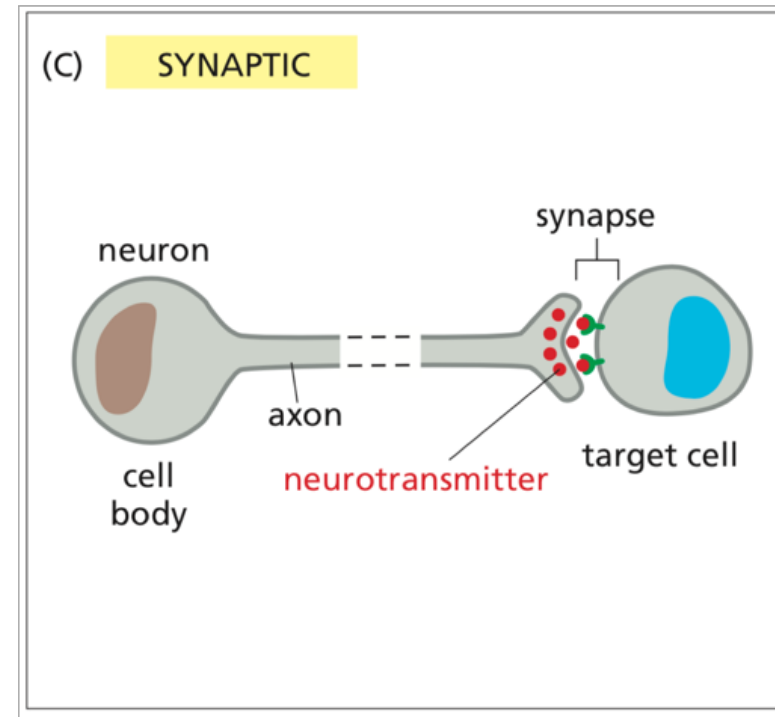
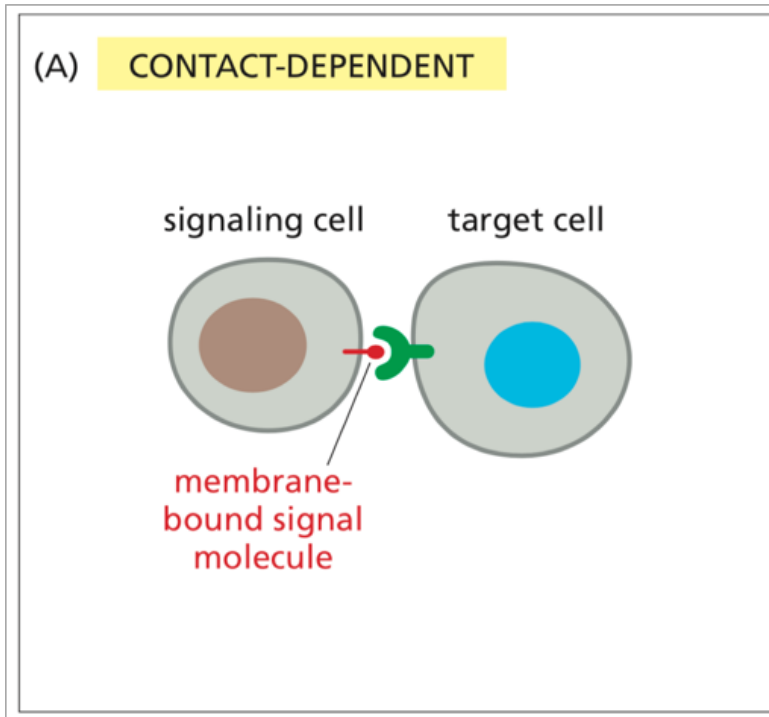
1. Wachstumsfaktoren sind von Zellen selbst gebildete Protein- oder Peptid-Moleküle, die das Wachstum, d.h. die Zellteilung derselben Zelle (autokrin) oder anderer Zellen (parakrin) durch Aktivierung entsprechender Gene stimulieren.
2. Der Wachstumsfaktor wird hierbei über Proteinbiosynthese in den Zellen gebildet und muss, um die gleiche oder andere Zellen zur Teilung stimulieren zu können, aus der Produzentenzelle in den Extrazellularraum ausgeschieden werden (und eventuell über den Blutstrom in andere Gewebebereiche/Körperregionen transportiert werden).
3. Dort bindet der Wachstumsfaktor an einen an der Außenseite der Zelle sitzenden Wachstumsfaktorrezeptor und führt diesen aus einer inaktiven in eine aktive Form über.
4. Dadurch wird eine Signaltransduktion, d.h. eine intrazelluläre Vermittlung des Wachstumssignales an den Zellkern, in Gang gesetzt und die Zelle reagiert mit der Induktion des Zellzyklus aus der G1-Phase.

Kommunikation zwischen Zellen – Beispiel FGF7 und FGF10



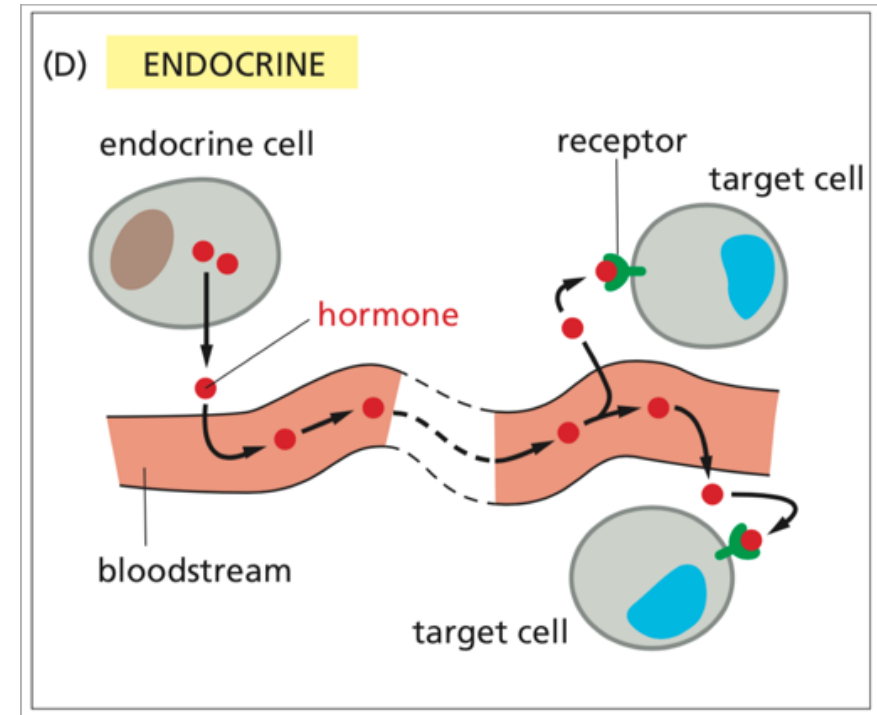
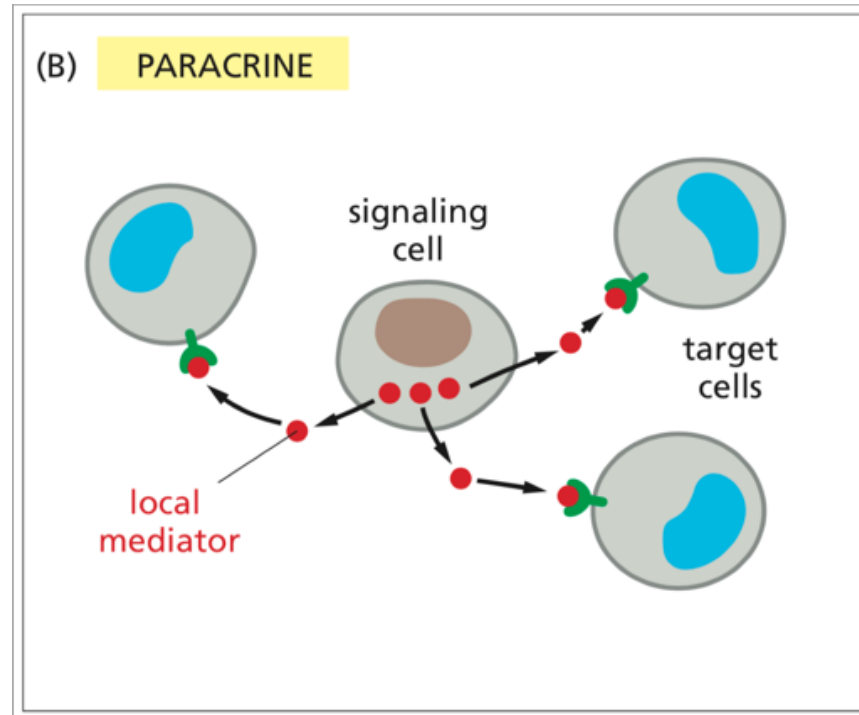
Kommunikation zwischen Zellen

Kommunikation über Botenstoffe:



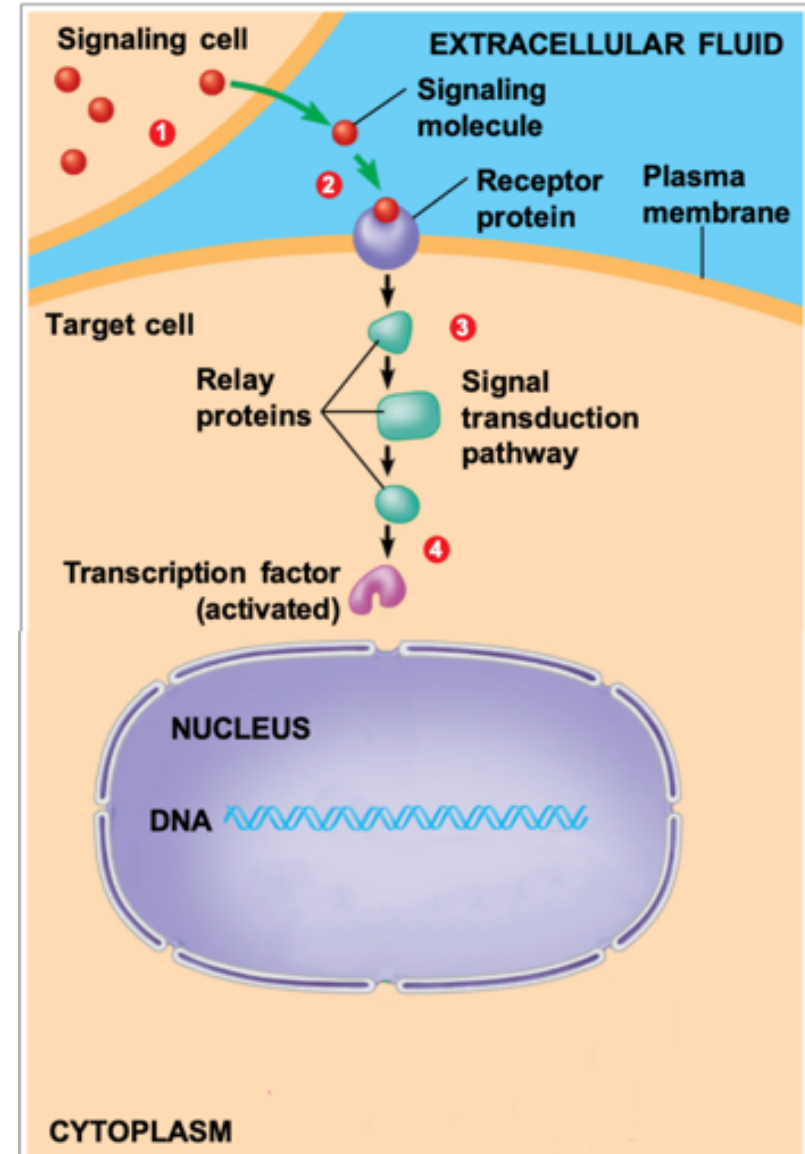
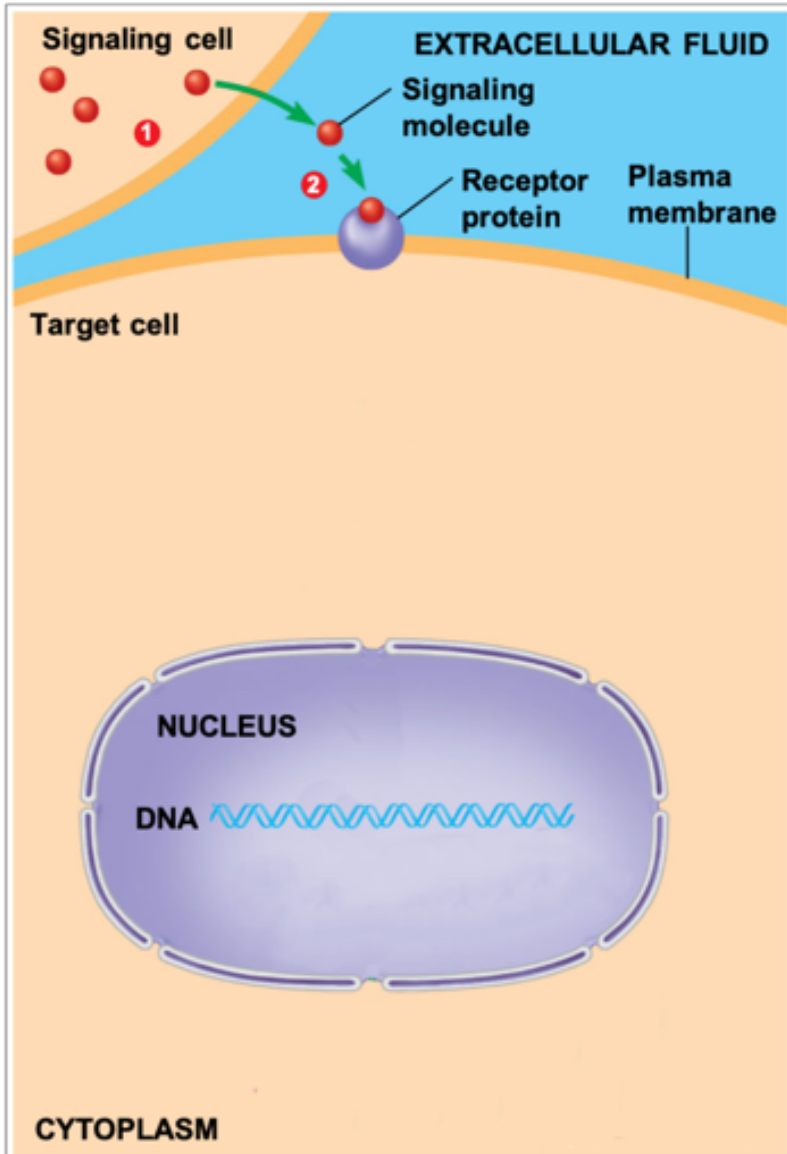
Kommunikation zwischen Zellen

Kommunikation über Botenstoffe:

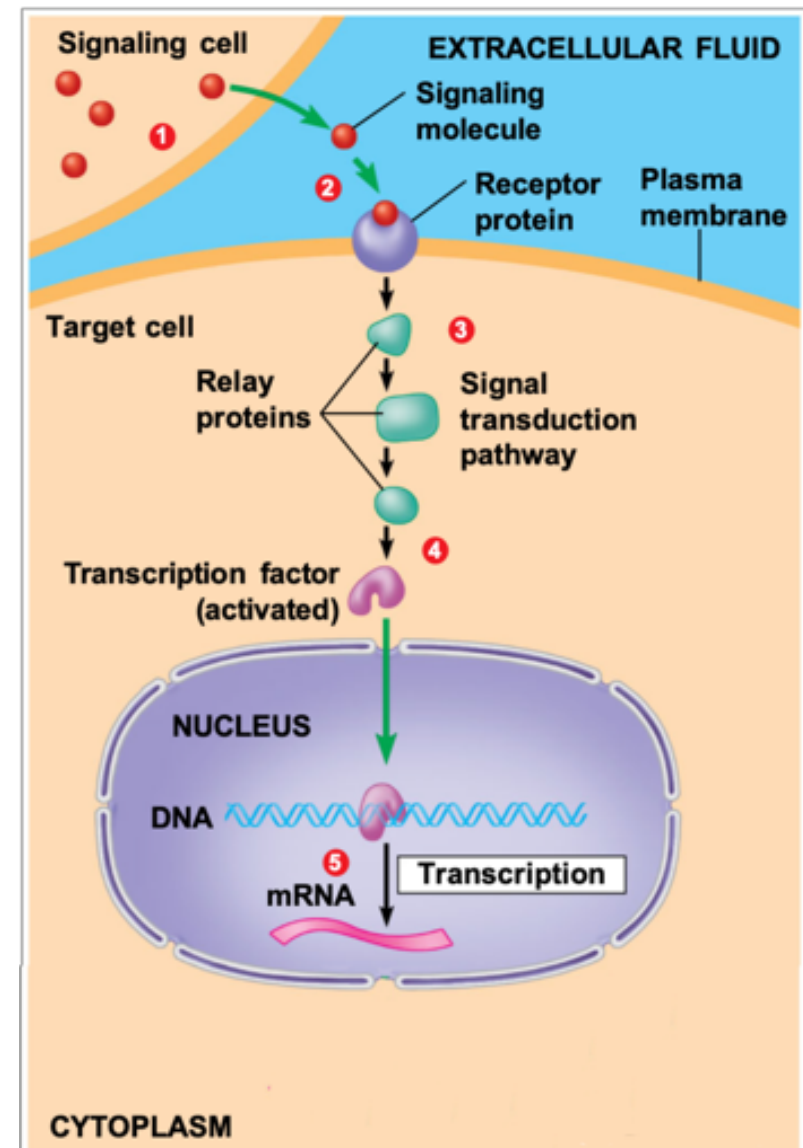
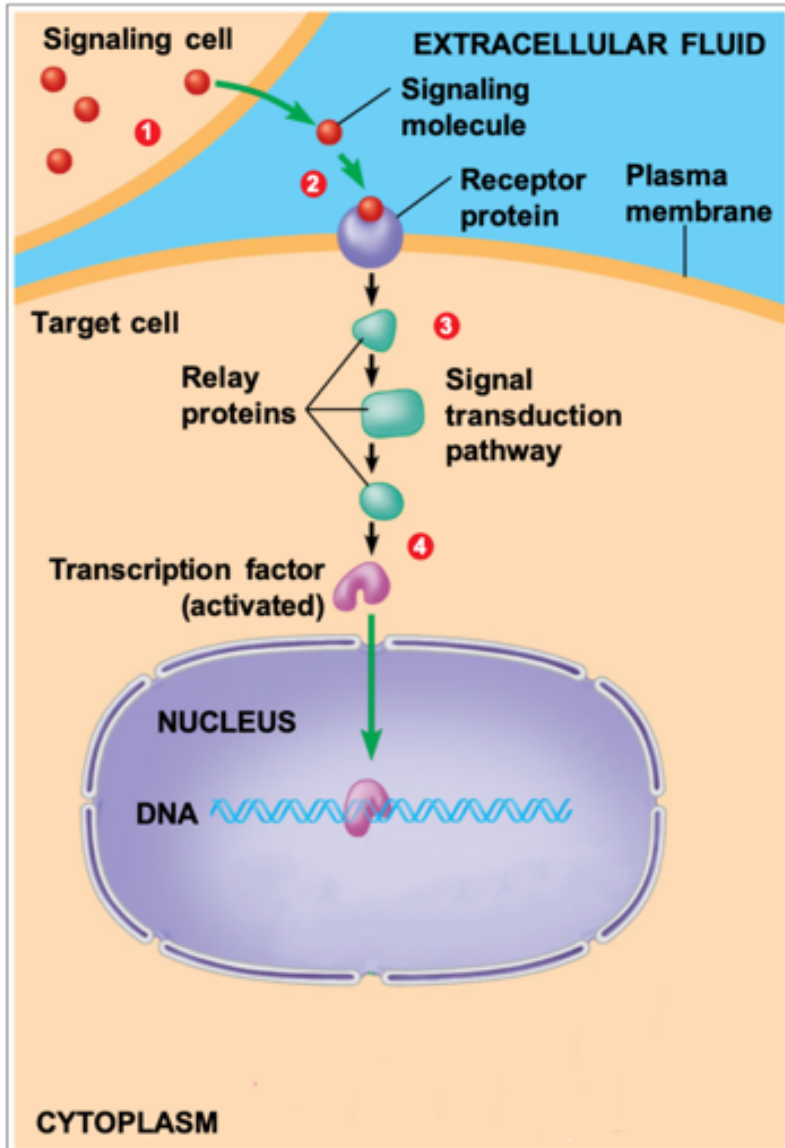


Autokrin: Abgebende Zelle stimuliert sich durch eigene Botenstoffe

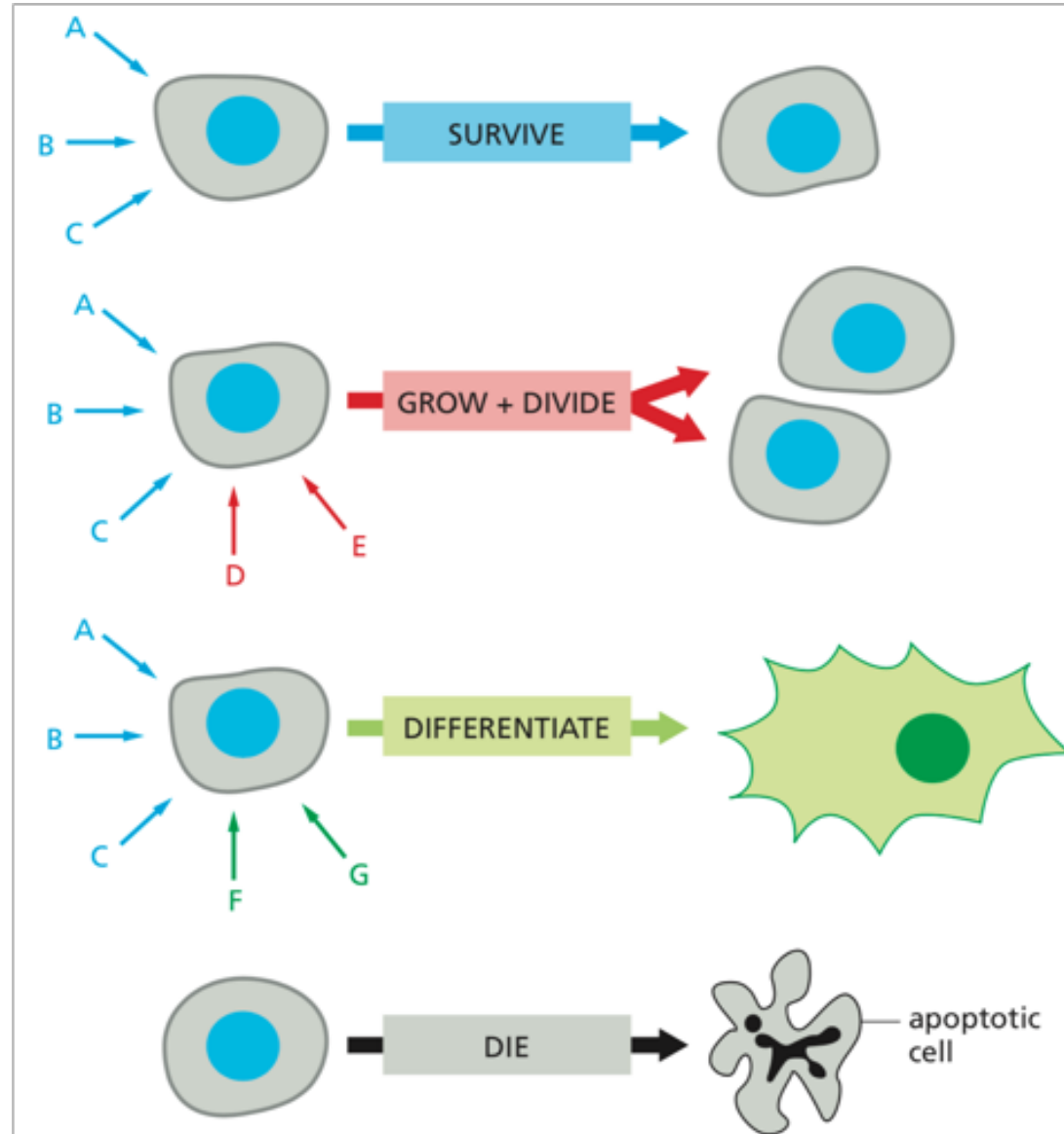
Kommunikation zwischen Zellen



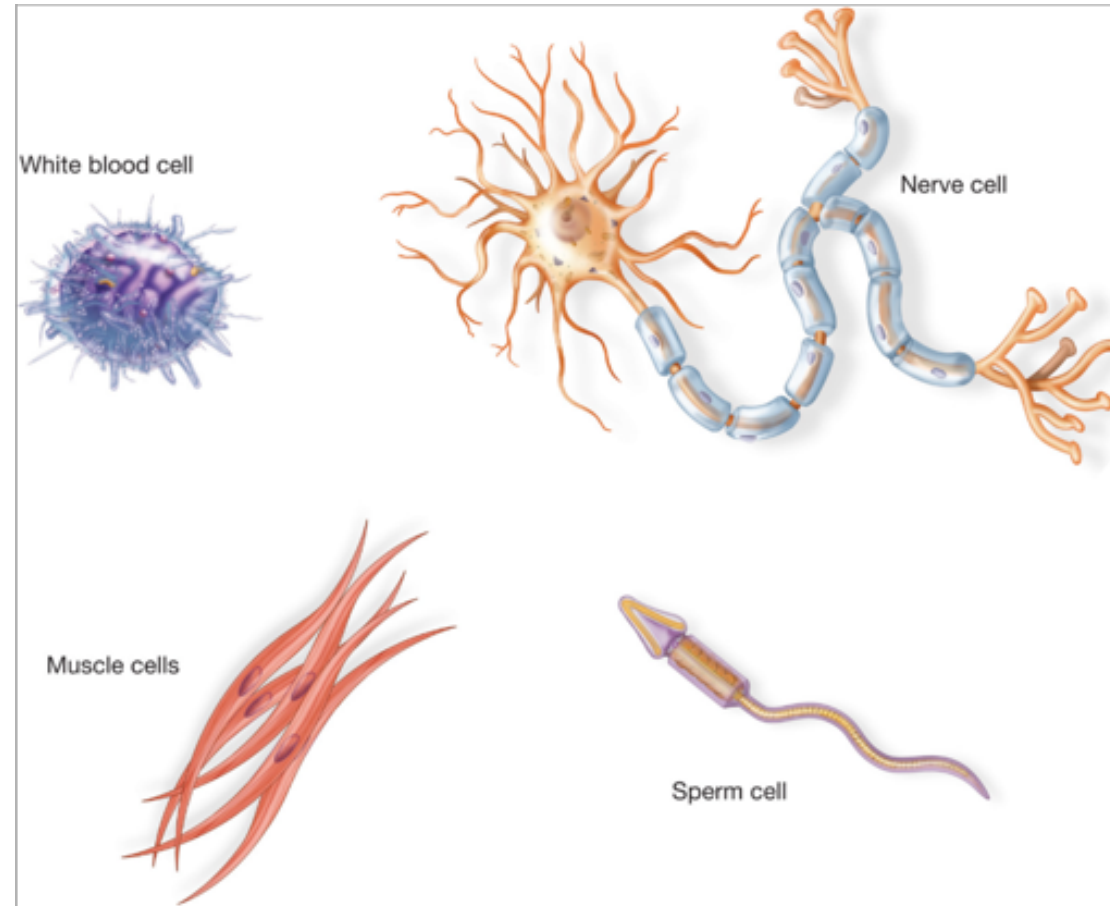
Kommunikation zwischen Zellen



Signaltransduktionsprozesse steuern...



Kommunikation zwischen Zellen

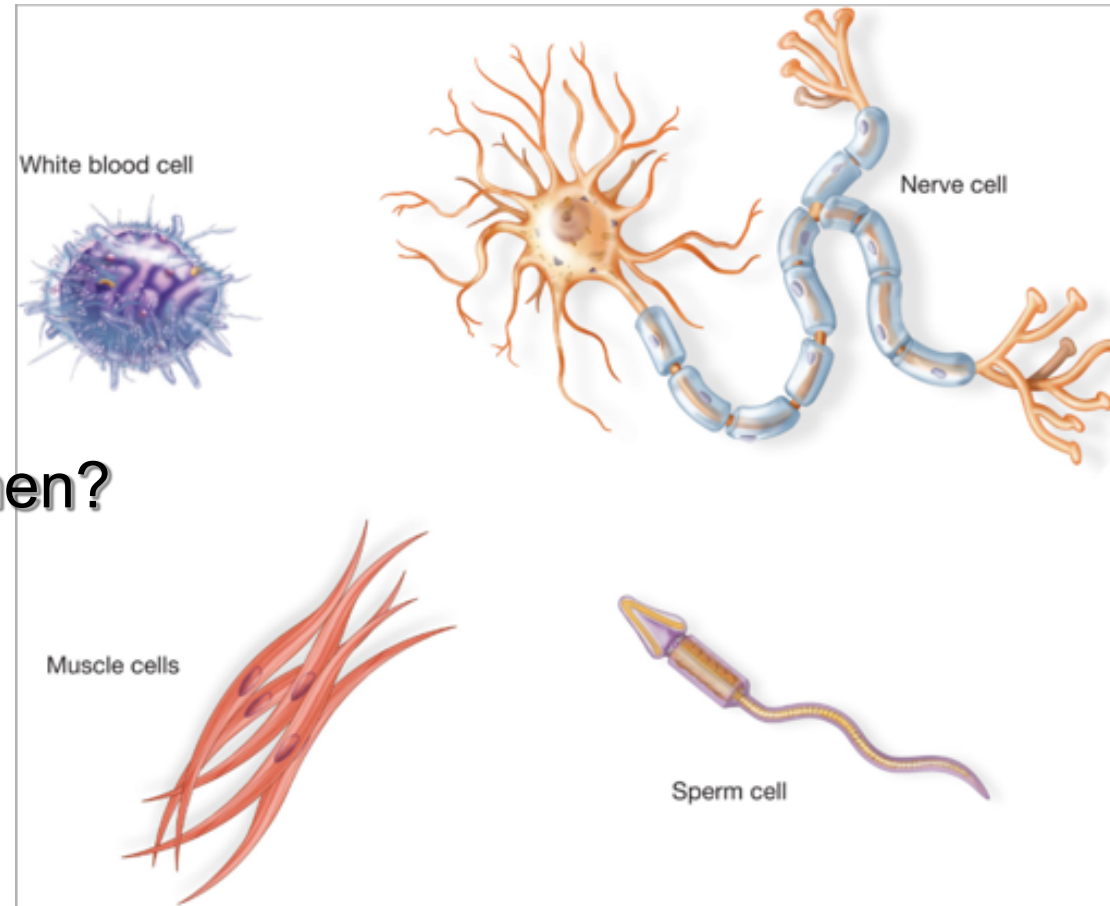


Unser Körper besteht aus über 200 verschiedenen Zelltypen
Was macht den Unterschied?

Kommunikation zwischen Zellen

DNA?

Anzahl der Chromosomen?



Unser Körper besteht aus über 200 verschiedenen Zelltypen

Was macht den Unterschied?

Kommunikation zwischen Zellen

Die Genexpression!

Unser Körper besteht aus über 200 verschiedenen Zelltypen

Was macht den Unterschied?

Der Prozess der Genexpression

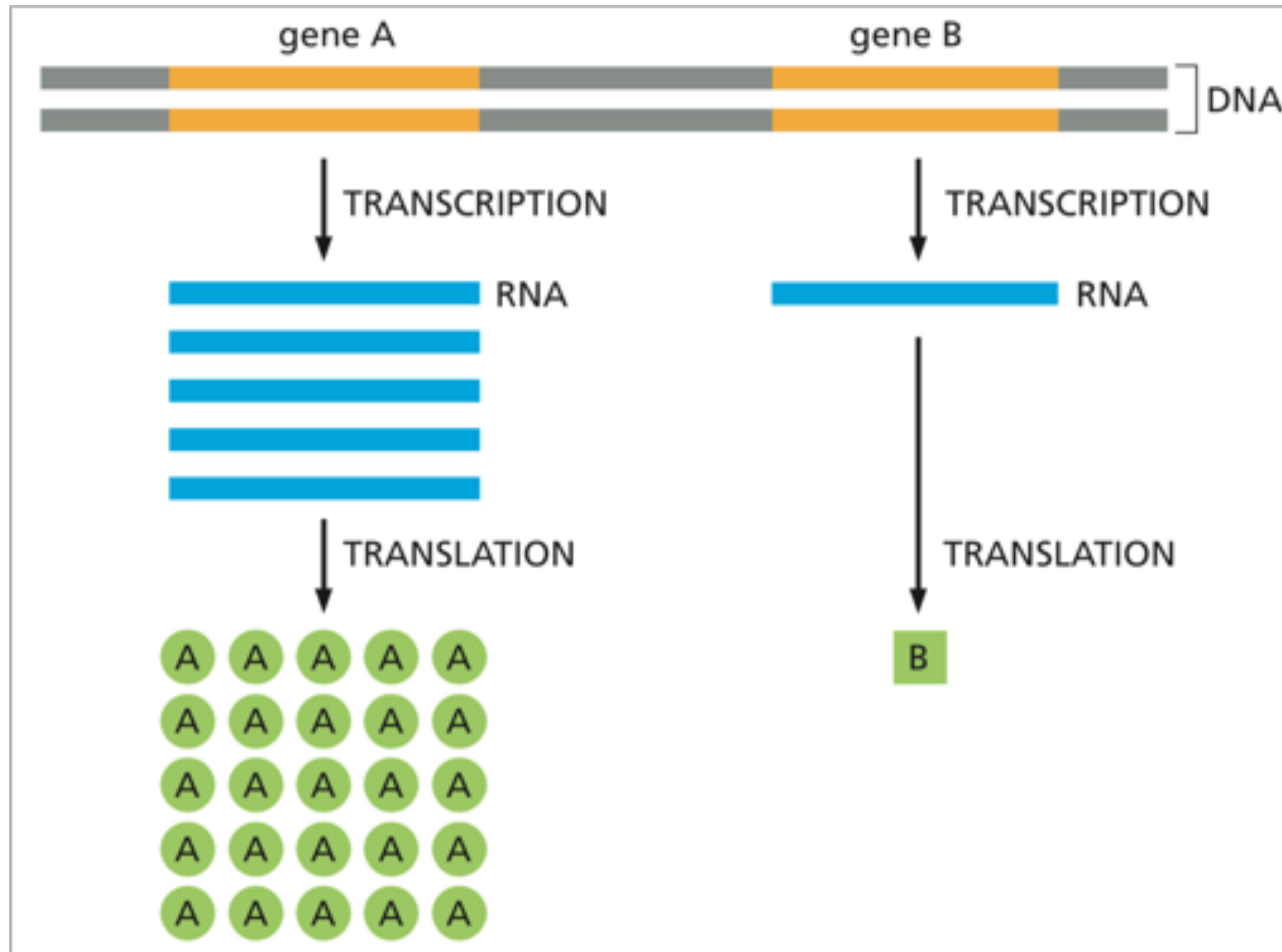
Die Genexpression ist die Bezeichnung für den Prozess, wie aus der genetischen Information eines Gens, mitsamt aller dafür nötigen vorangehenden Prozesse, ein Protein gebildet wird (Proteinbiosynthese).



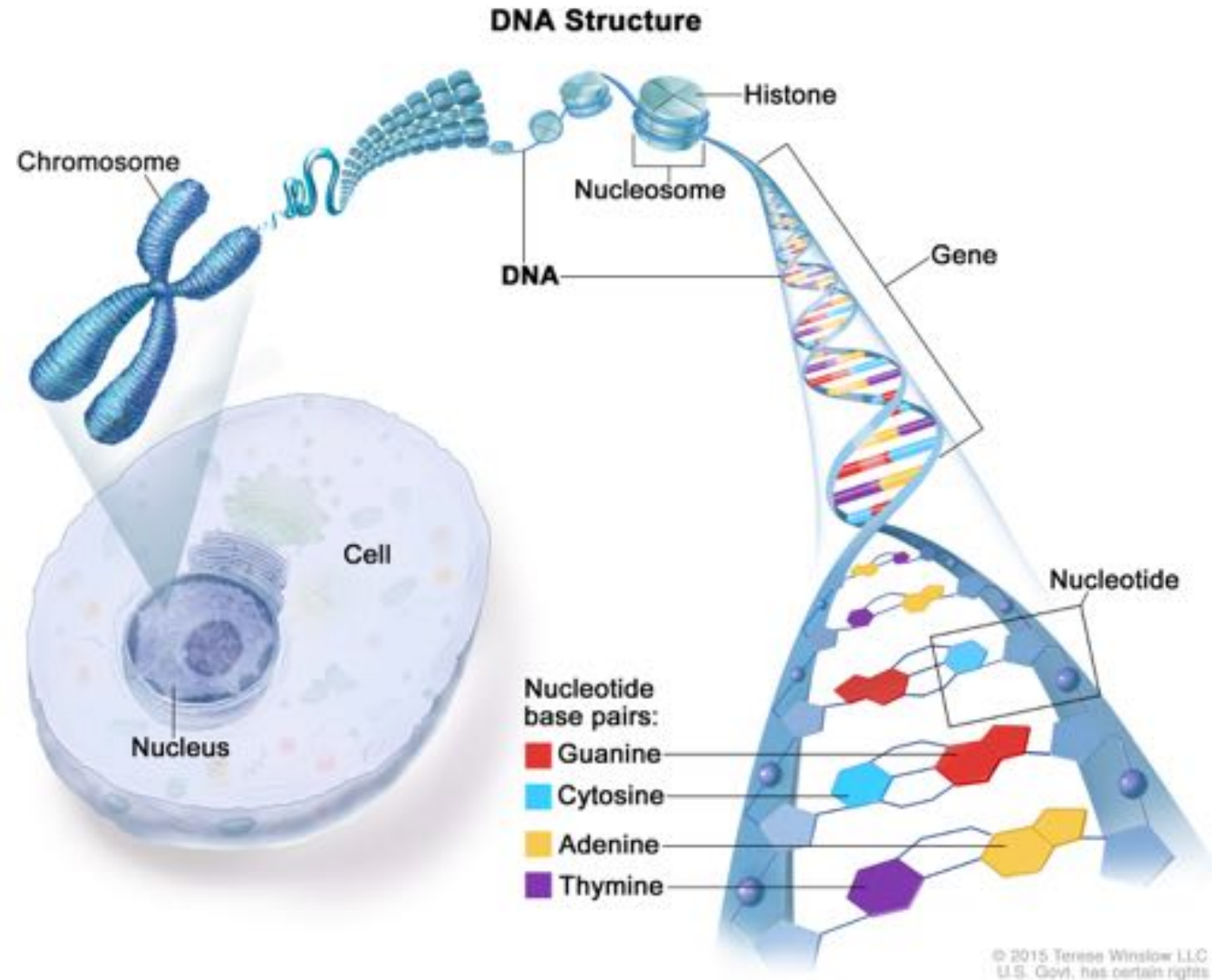
Transkription ist die Synthese von Boten- oder messenger-RNA unter Vorgabe der DNA-Sequenz.

Translation ist die Synthese von Proteinen unter Vorgabe der mRNA-Sequenz.

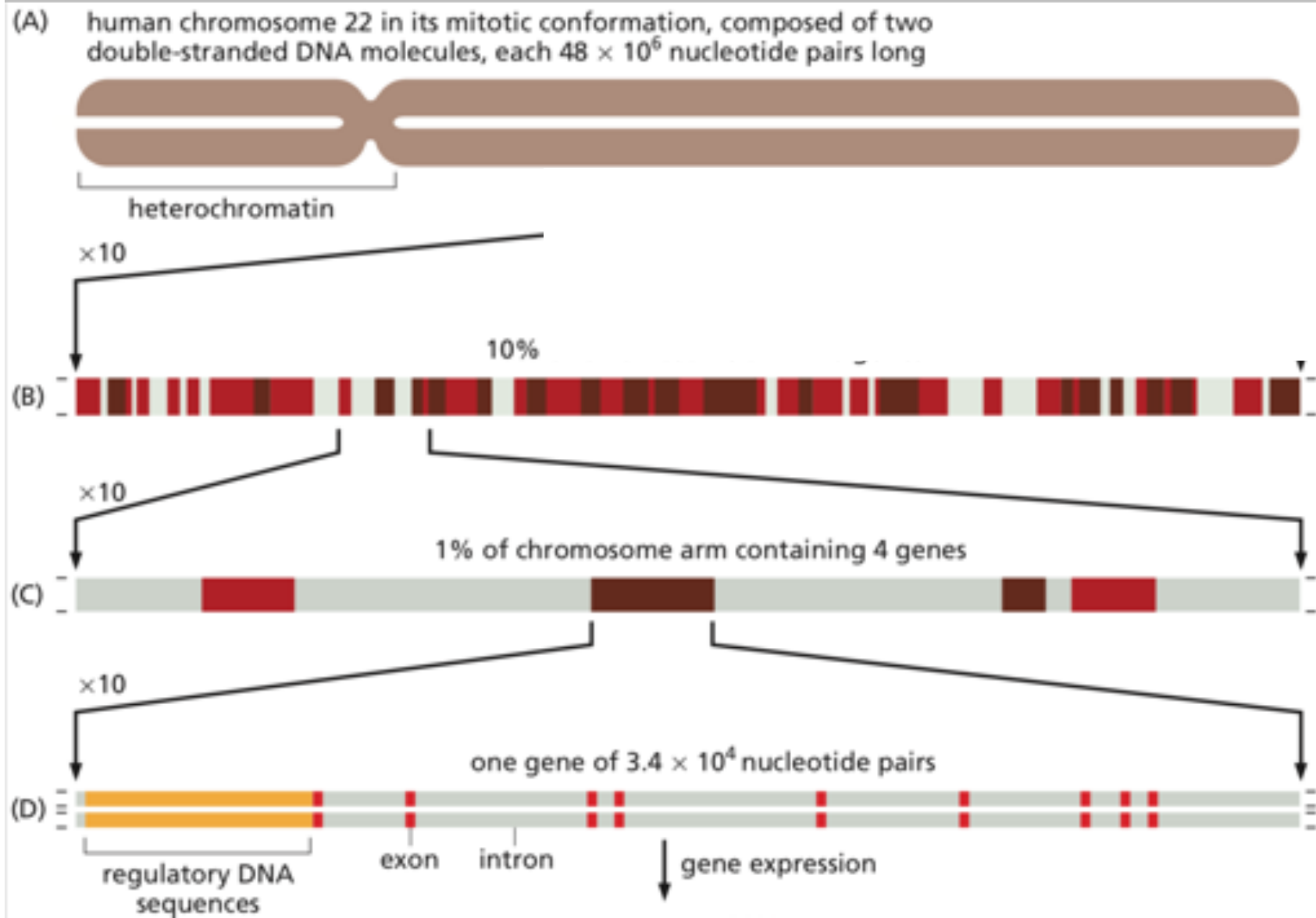
Der Prozess der Genexpression



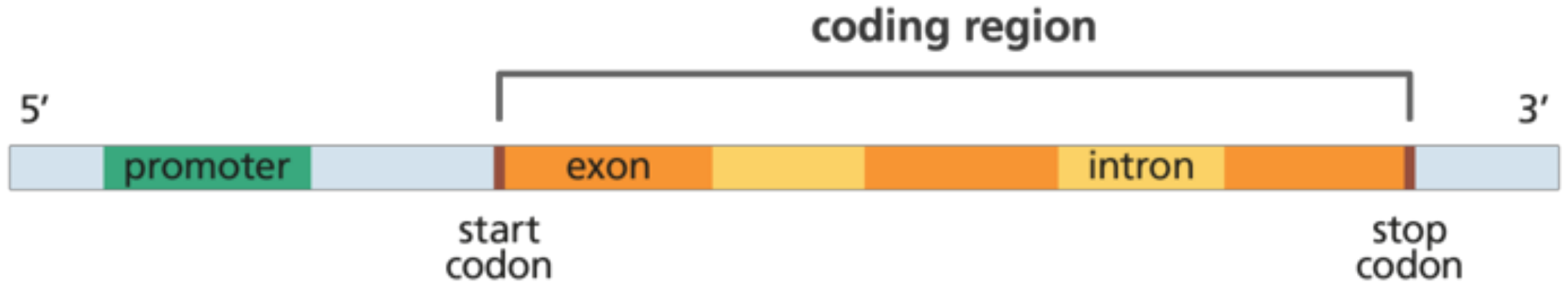
Kurzer Rückblick: DNA und Chromosomen



Kurzer Rückblick: DNA und Chromosomen



Struktur eines Genes



Promotor = Bereich auf der DNA, Initiationspunkt der Transkription

Exon = ‚expressed region‘ – Bleibt später in der fertigen mRNA erhalten

Intron = ‚intragenic region‘ – Wird zunächst ‚abgelesen‘; fehlt aber bei der fertigen mRNA!

Codon = eine aus drei aufeinanderfolgenden Nukleotiden bestehende Sequenz in DNA und mRNA, die die genetische Information für eine bestimmte Aminosäure enthält

Struktur eines Genes

human β -globin gene



2000

nucleotide pairs

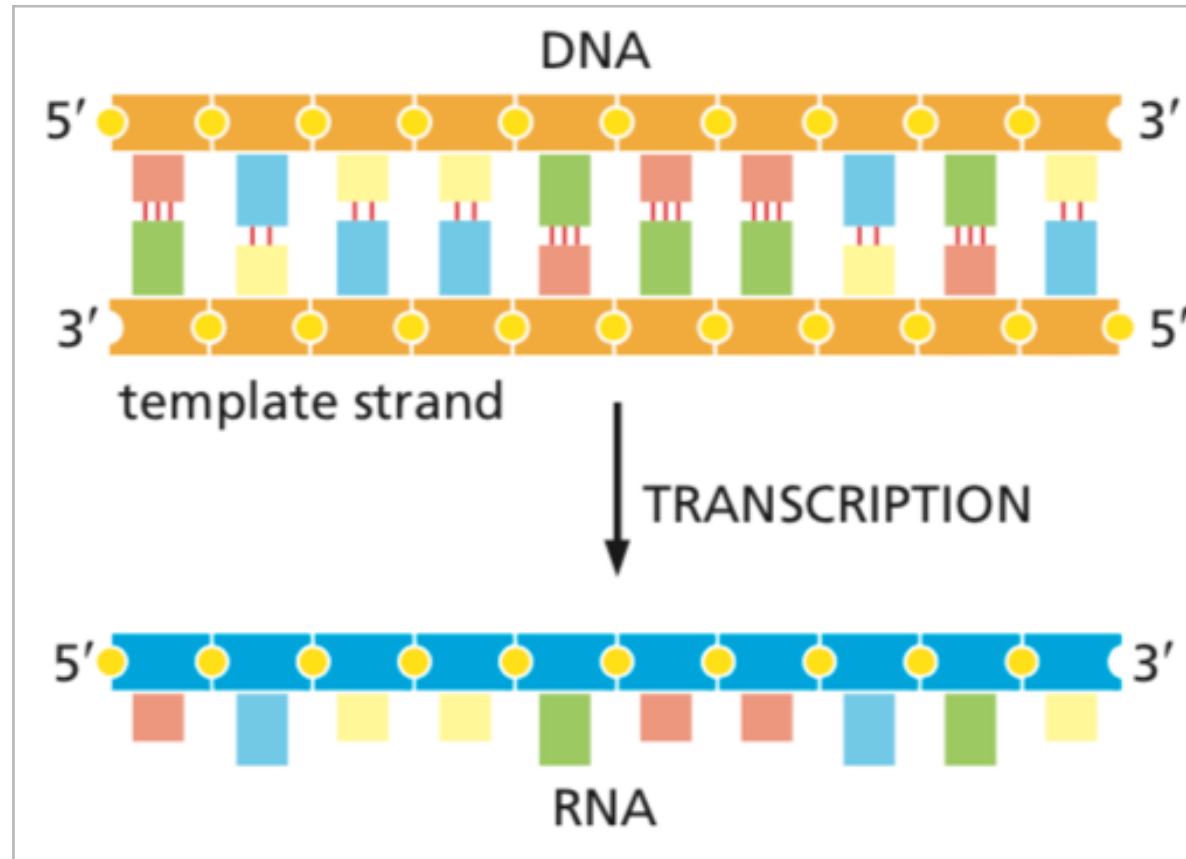
human Factor VIII gene



200,000 nucleotide pairs

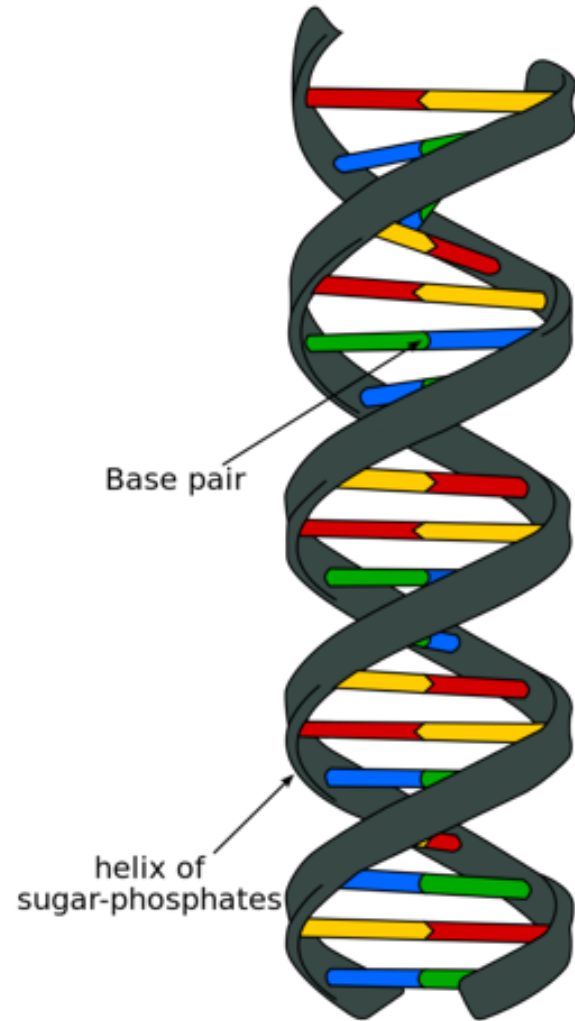
- Es gibt ,kleine' und ,große' Gene
- Die Introns sind oft um ein vielfaches größer als Exons

Transkription – DNA zu RNA



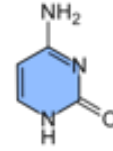
Wie unterscheiden sich DNA und RNA?

Transkription – DNA zu RNA



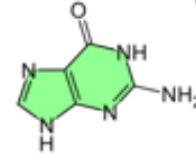
DNA
Deoxyribonucleic acid

Cytosine



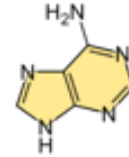
C

Guanine



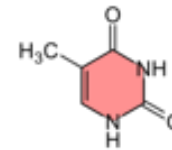
G

Adenine



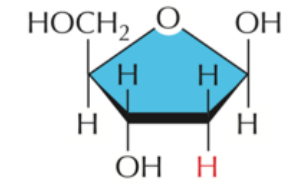
A

Thymine



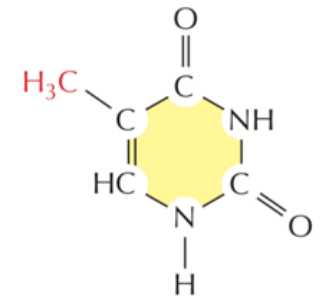
T

Nucleobases
of DNA



deoxyribose

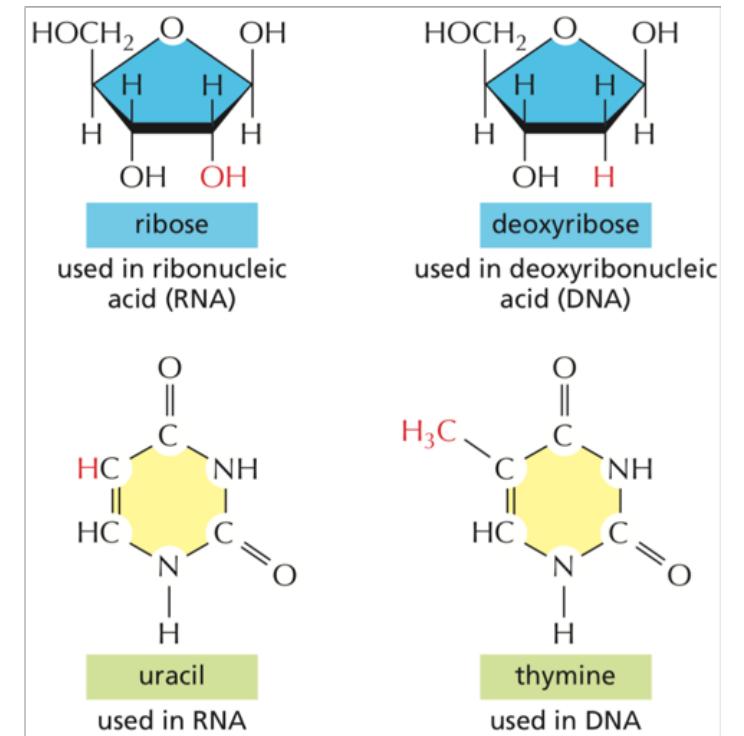
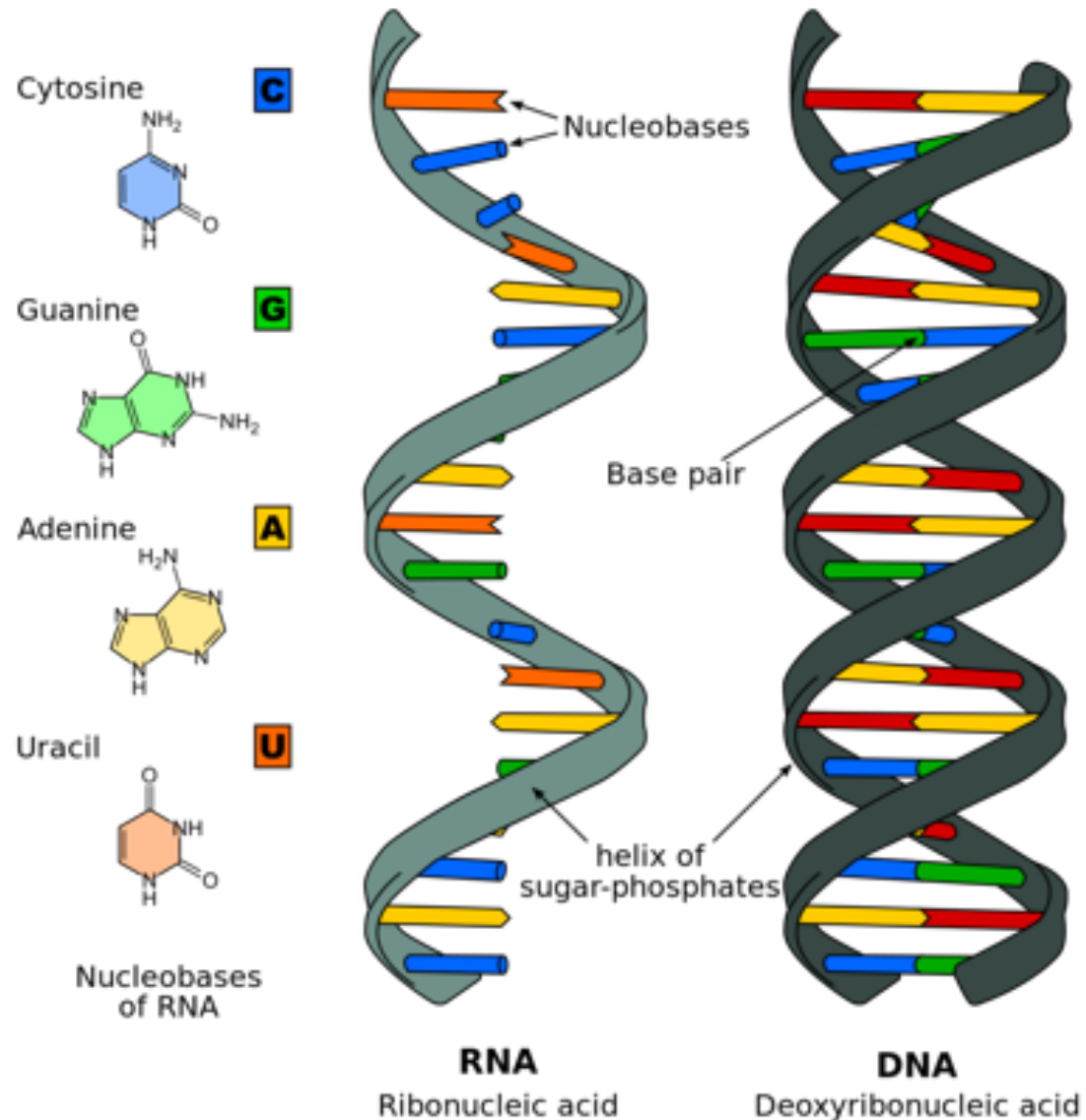
used in deoxyribonucleic
acid (DNA)



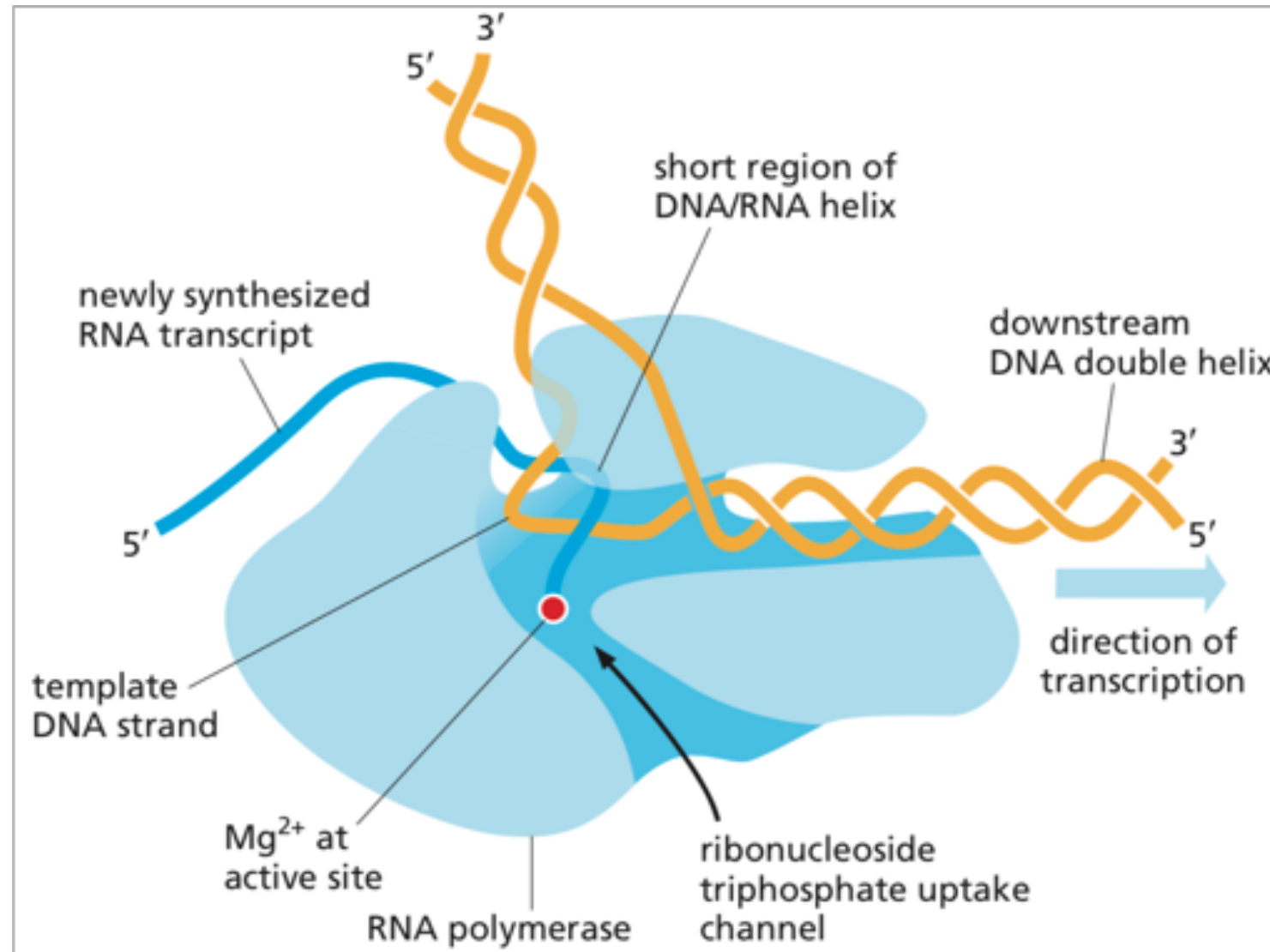
thymine

used in DNA

Transkription – DNA zu RNA



Transkription – DNA zu RNA – Die RNA-Polymerase



Transkription – DNA zu RNA – Die RNA-Polymerase

TABLE 6–2 The Three RNA Polymerases in Eukaryotic Cells

Type of polymerase	Genes transcribed
RNA polymerase I	5.8S, 18S, and 28S rRNA genes
RNA polymerase II	All protein-coding genes, plus snoRNA genes, miRNA genes, siRNA genes, lncRNA genes, and most snRNA genes
RNA polymerase III	tRNA genes, 5S rRNA genes, some snRNA genes, and genes for other small RNAs

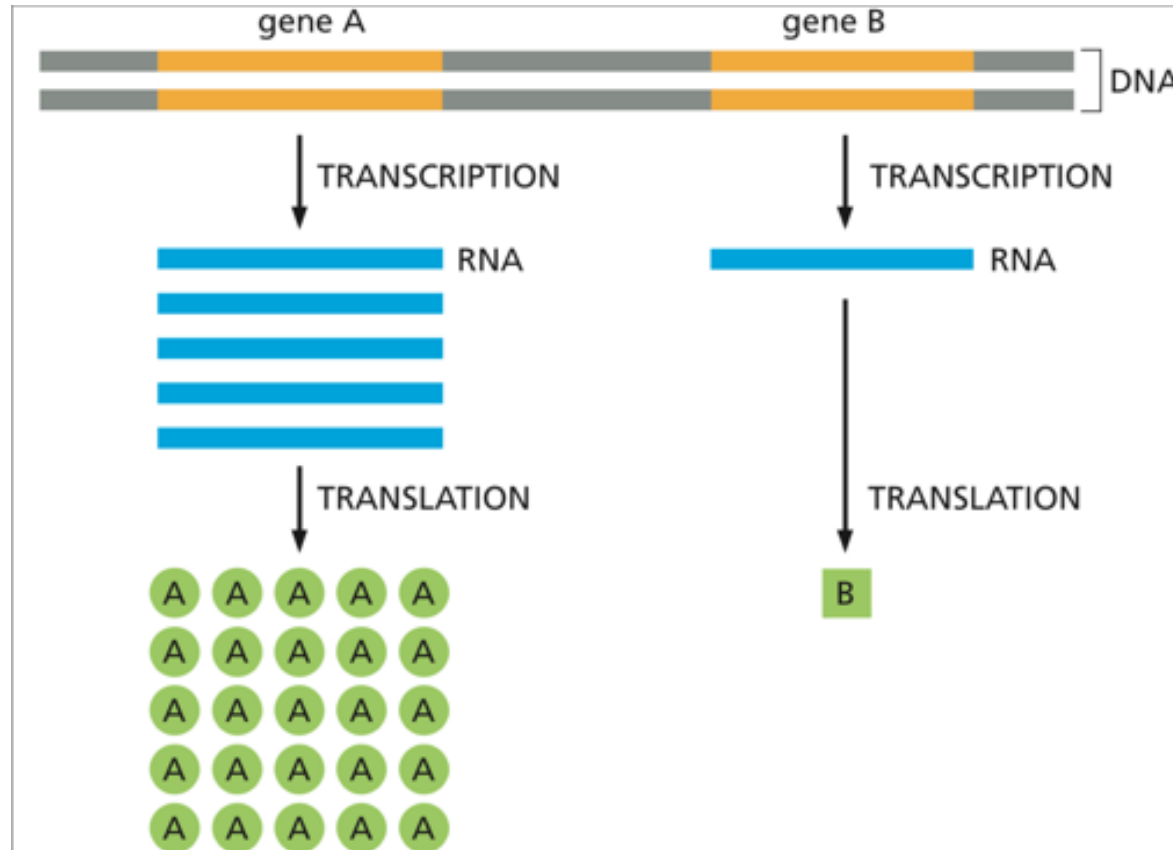
The rRNAs were named according to their “S” values, which refer to their rate of sedimentation in an ultracentrifuge. The larger the S value, the larger the rRNA.

Transkription – DNA zu RNA – Die RNA-Polymerase

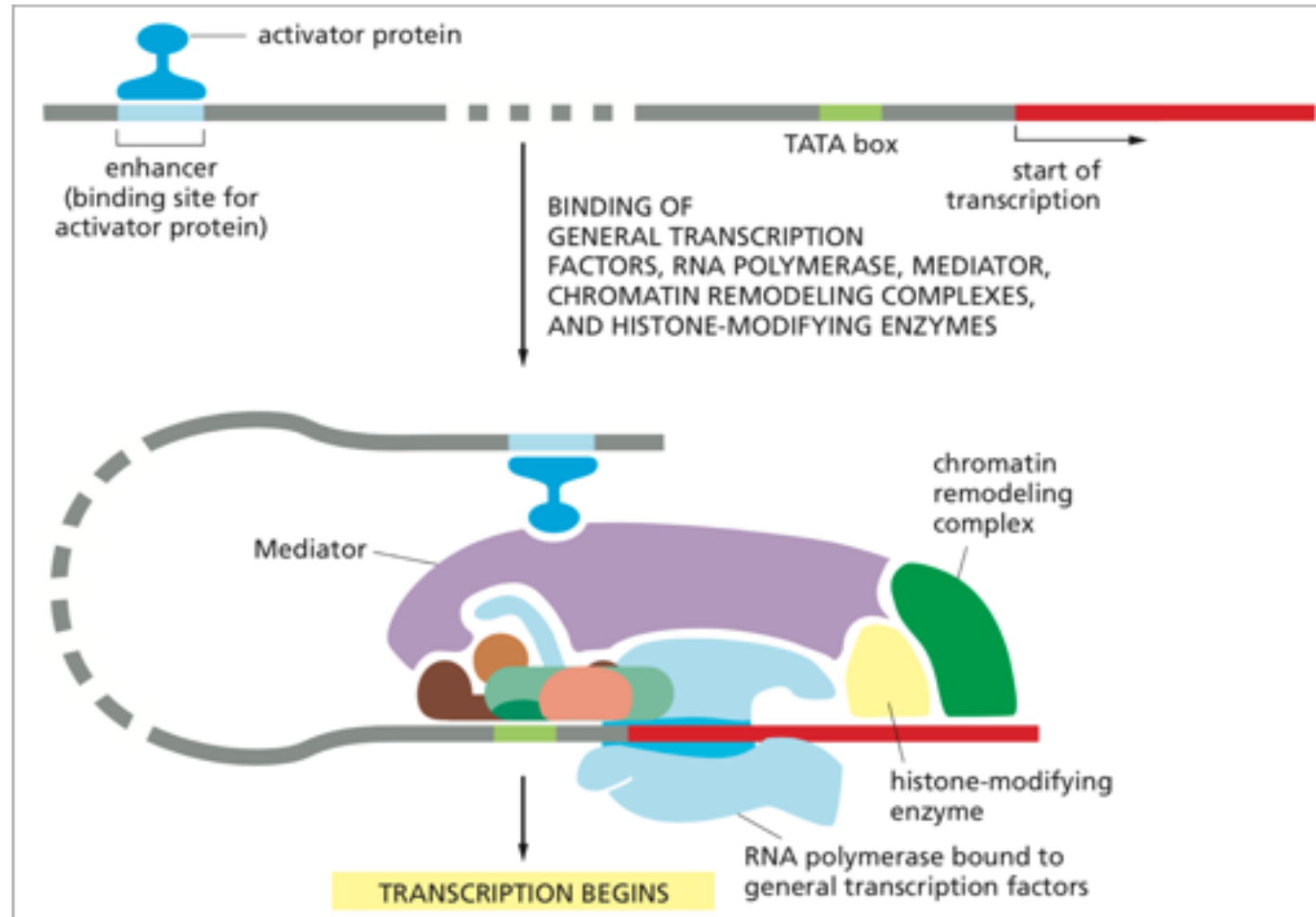
- RNA-Polymerase 'fährt' auf der DNA entlang und entdeckt den Promotor. Dort beginnt die eigentliche Transkription.
- An die RNA-Polymerase ist eine Vielzahl an Proteinen gebunden, die alle eine spezifische Aufgabe haben („Transkriptionsmaschinerie“)
- Diese Faktoren regulieren u.a. ob ein Gen abgelesen werden soll oder nicht
-> Transkriptionsfaktoren! Diese binden an spezifische DNA-Abschnitte im Bereich des Promotors.
- Weiter entfernt liegende DNA-Bereiche können ebenfalls Transkriptionsfaktoren binden, die die Transkription fördern (Enhancer) oder unterdrücken (Suppressor) können

Transkription – DNA zu RNA – Transkriptionsfaktoren

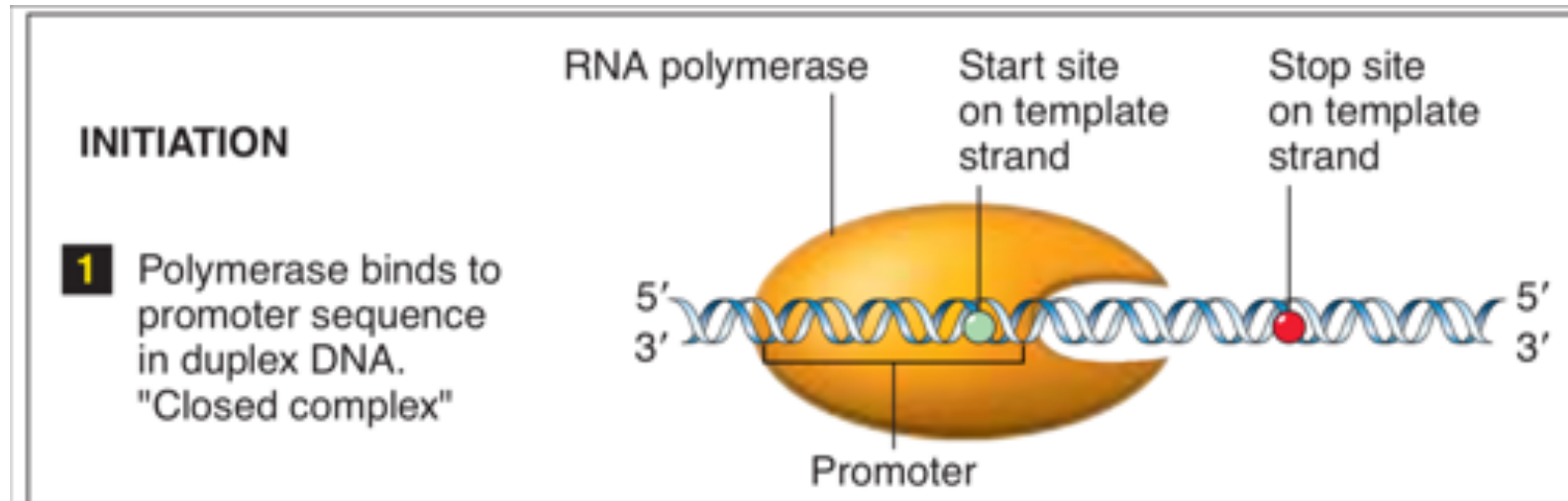
Transkriptionsfaktoren treten stets als Komplexe mit anderen Proteinen auf. Durch das Binden an die DNA stellen sie eine Art "Plattform" für die RNA-Polymerase her, die Polymerase bindet an die Plattform, und die Transkription wird initiiert.



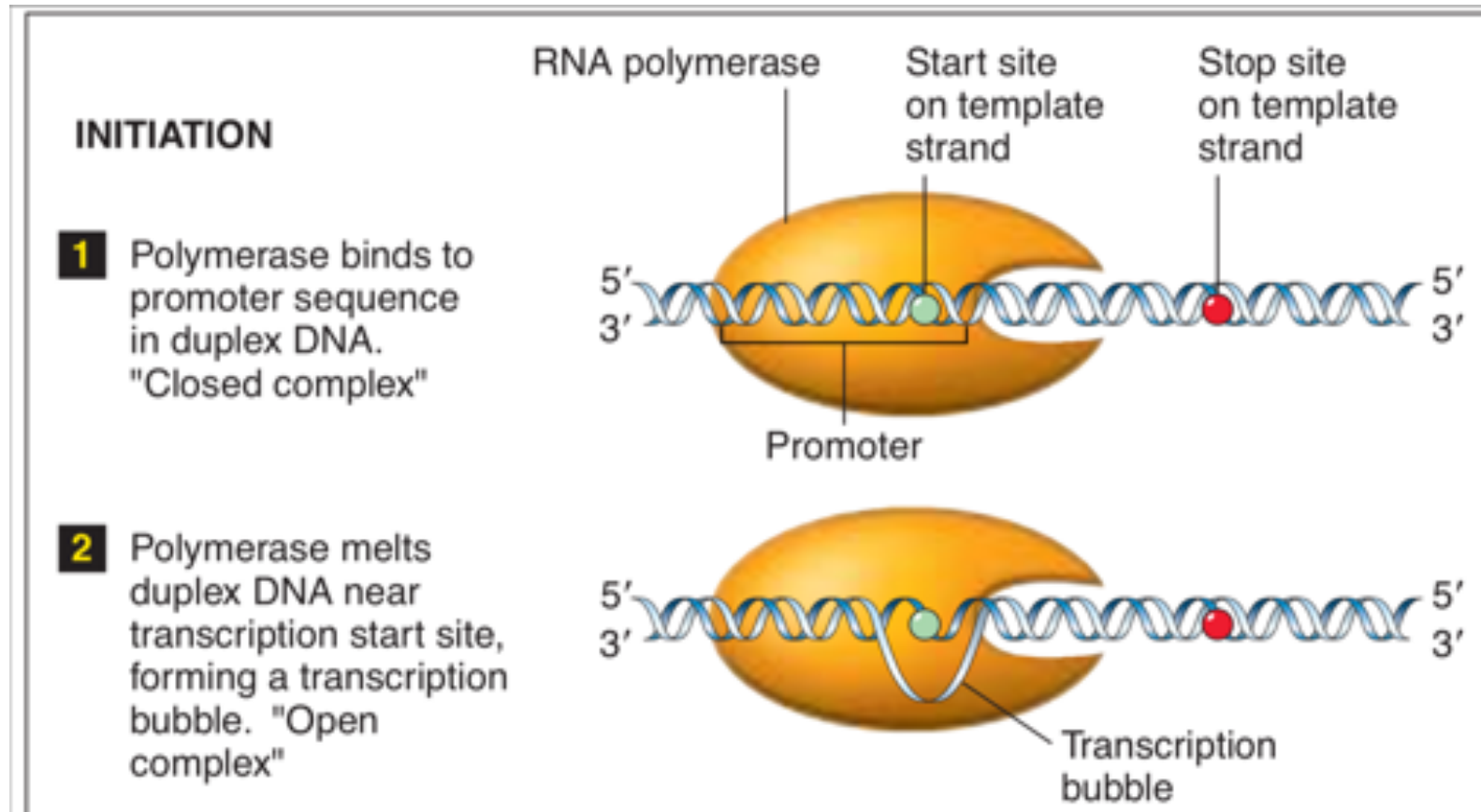
Transkription – DNA zu RNA – Transkriptionsmaschinerie



Transkription – DNA zu RNA



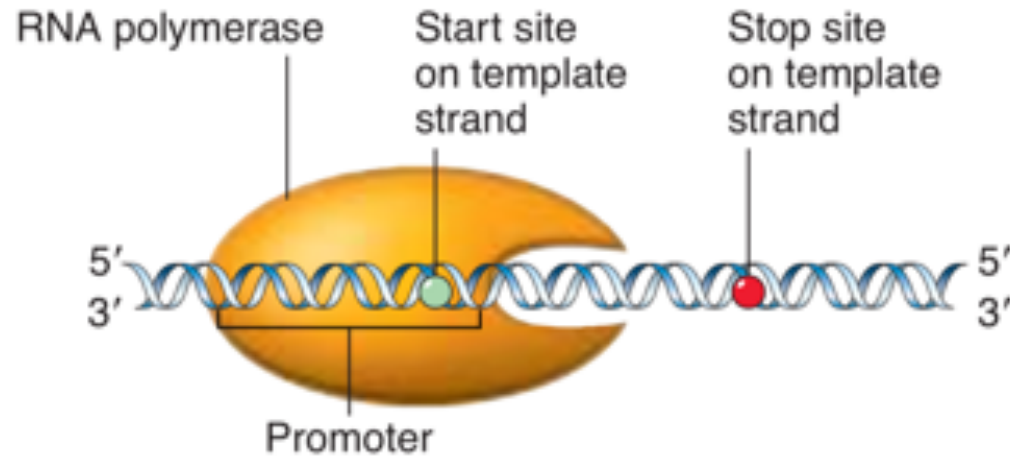
Transkription – DNA zu RNA



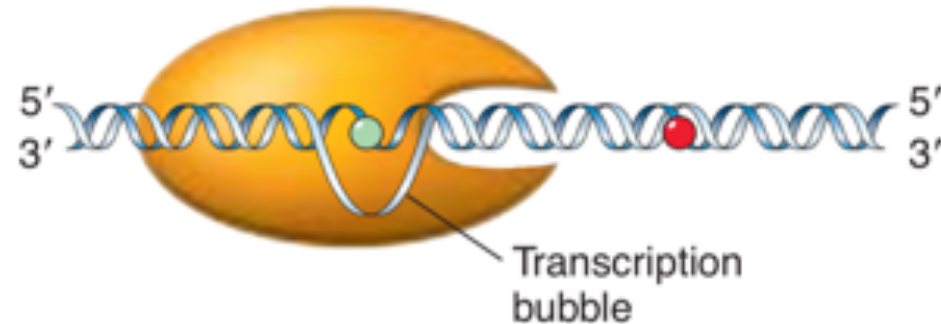
Transkription – DNA zu RNA

INITIATION

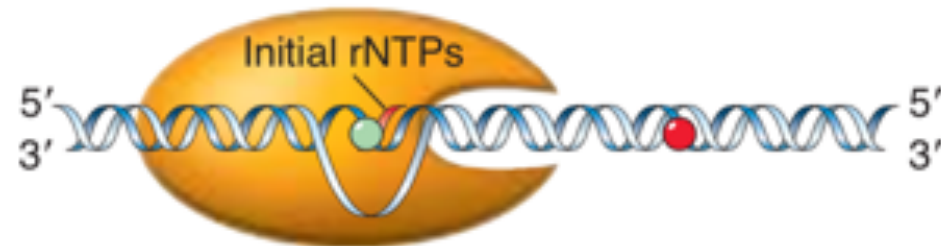
- 1** Polymerase binds to promoter sequence in duplex DNA. "Closed complex"



- 2** Polymerase melts duplex DNA near transcription start site, forming a transcription bubble. "Open complex"



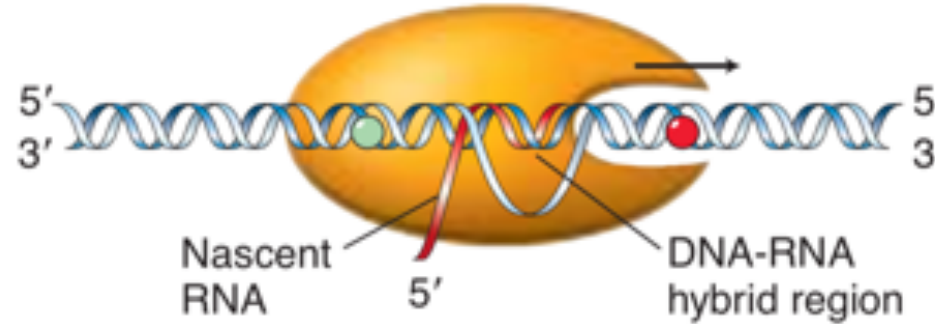
- 3** Polymerase catalyzes phosphodiester linkage of two initial rNTPs.



Transkription – DNA zu RNA

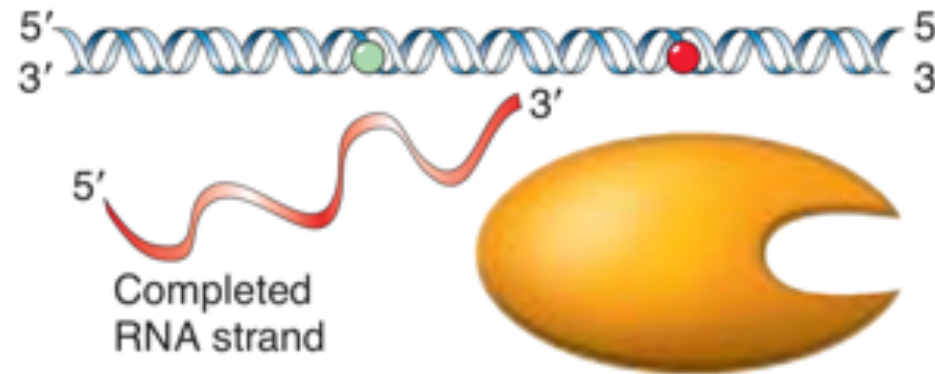
ELONGATION

- 4** Polymerase advances 3' → 5' down template strand, melting duplex DNA and adding rNTPs to growing RNA.



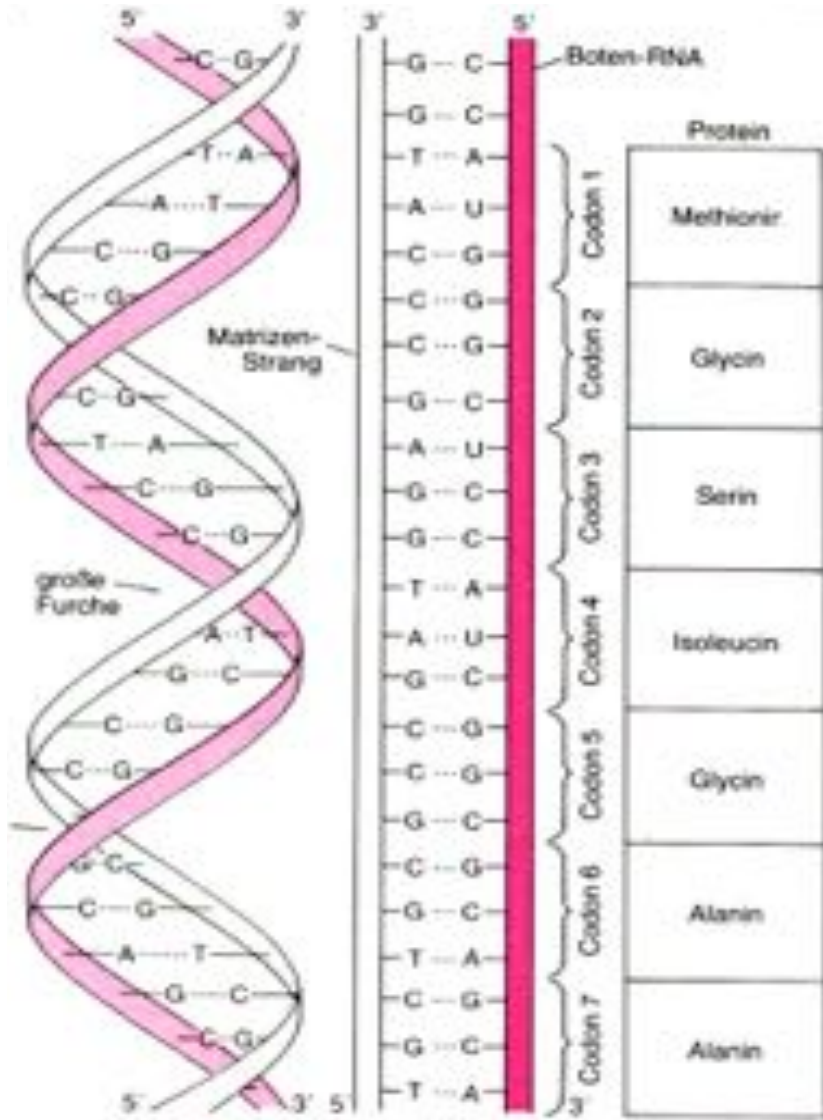
TERMINATION

- 5** At transcription stop site, polymerase releases completed RNA and dissociates from DNA.



Am Ende der Transkription fällt die RNA-Polymerase und die neu synthetisierte mRNA vom DNA-Strang ab und der geöffnete DNA-Doppelstrang schließt sich wieder !

Transkription – DNA zu RNA

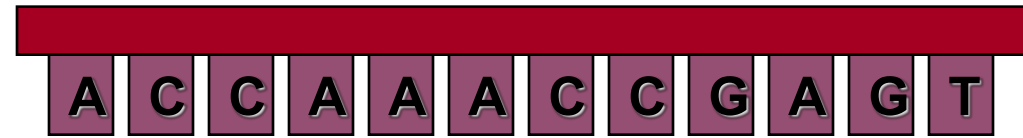


DNA



mRNA

Transkription der DNA-Sequenz in mRNA-Sequenz



12
Nukleotide



12
Nukleotide

Transkription – Kurzzusammenfassung

- die Sequenzfolge der Nukleotide der DNA stellt den genetischen Code dar
- nach diesem genetischen Code wird die mRNA bei der DNA-Transkription synthetisiert
- jeweils drei aufeinander folgende Ribonukleotide der mRNA bilden ein Codon
- jedes Codon trägt die Information für eine Aminosäure (mit drei Ausnahmen...)

Transkription – DNA zu RNA

Am Ende der Transkription besteht die gebildete mRNA aus Introns und Exons = prä-mRNA

prä-mRNA



Vor der Proteinbiosynthese (Translation) muss die prä-mRNA noch prozessiert werden

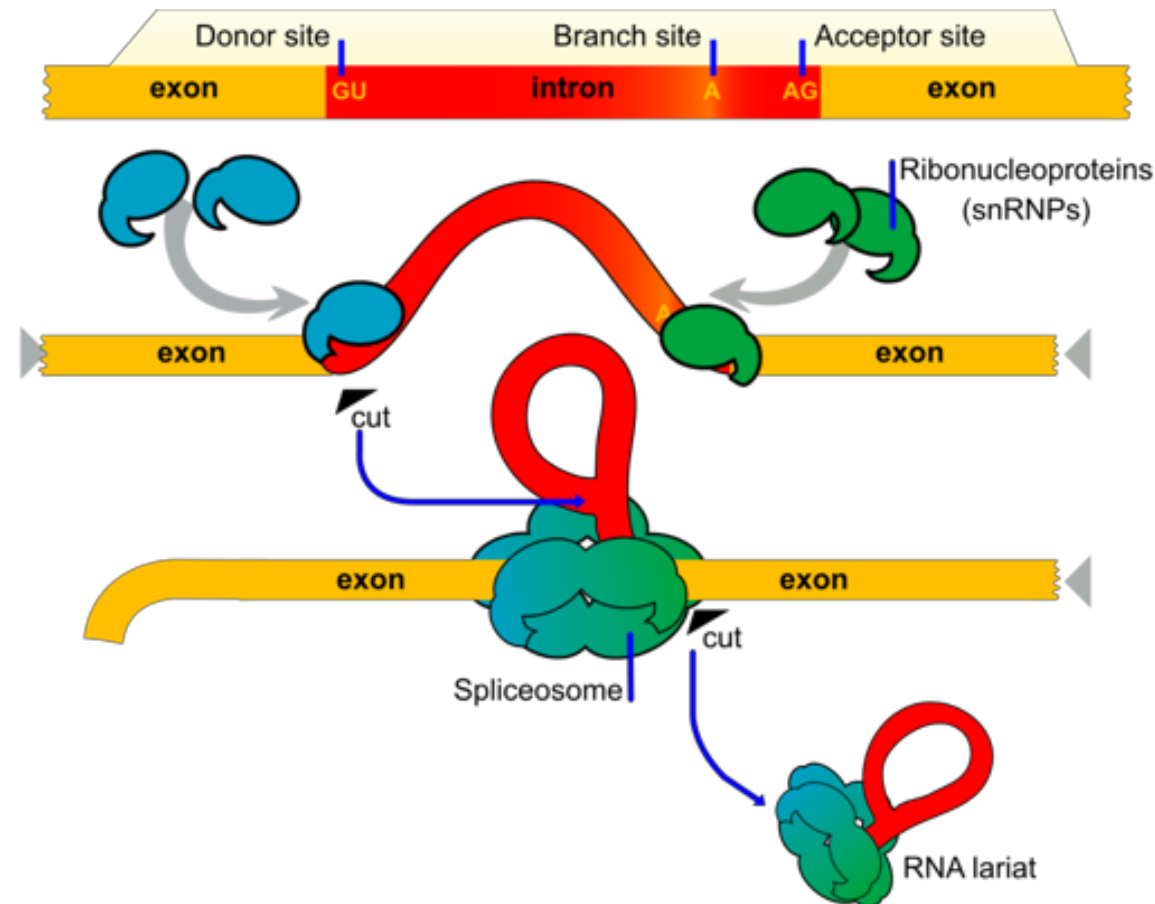
Prozessierte mRNA



Wie verschwinden die Introns aus der prä-mRNA?

Transkription – prä-mRNA-Prozessierung

Durch den Prozess des **RNA-Splicing** werden die **Intron**-Sequenzen aus der prä-mRNA herausgeschnitten und die übrig bleibenden **Exon**-Sequenzen zu einem durchgehenden sekundären mRNA-Strang zusammengefügt.



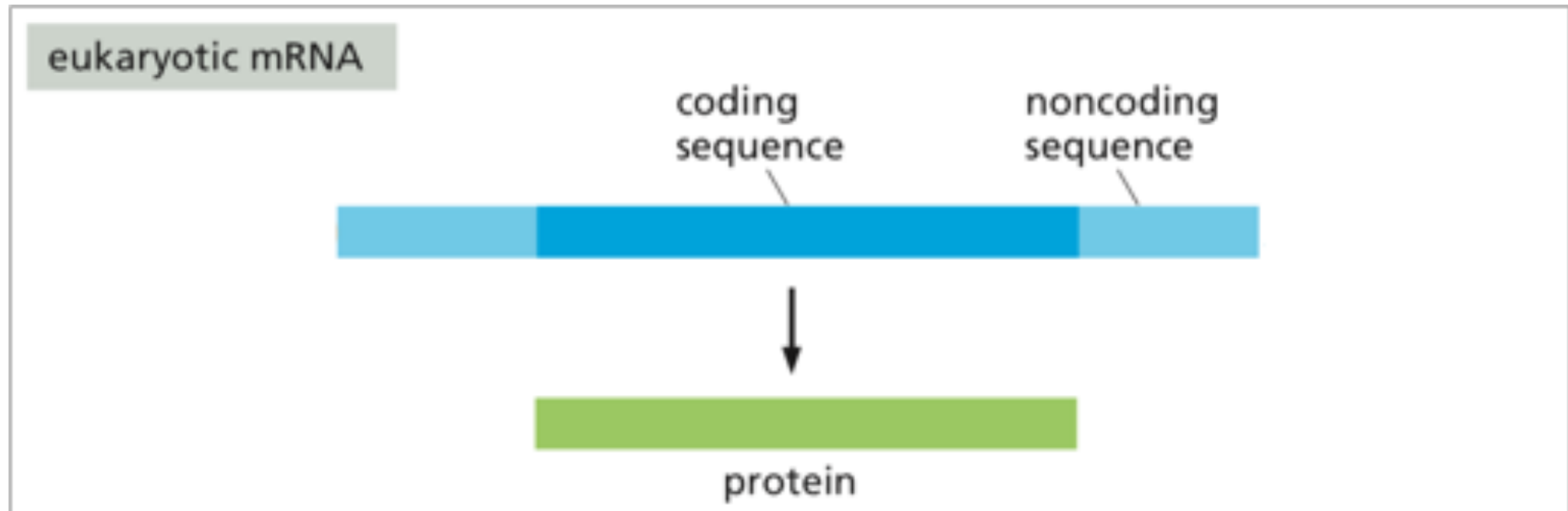
Transkription – RNA-Splicing erhöht die Vielfalt



Durch den Prozess des **‘alternativen RNA-Splicings’** entstehen aus einem Gen eine Vielzahl an Varianten eines Proteins

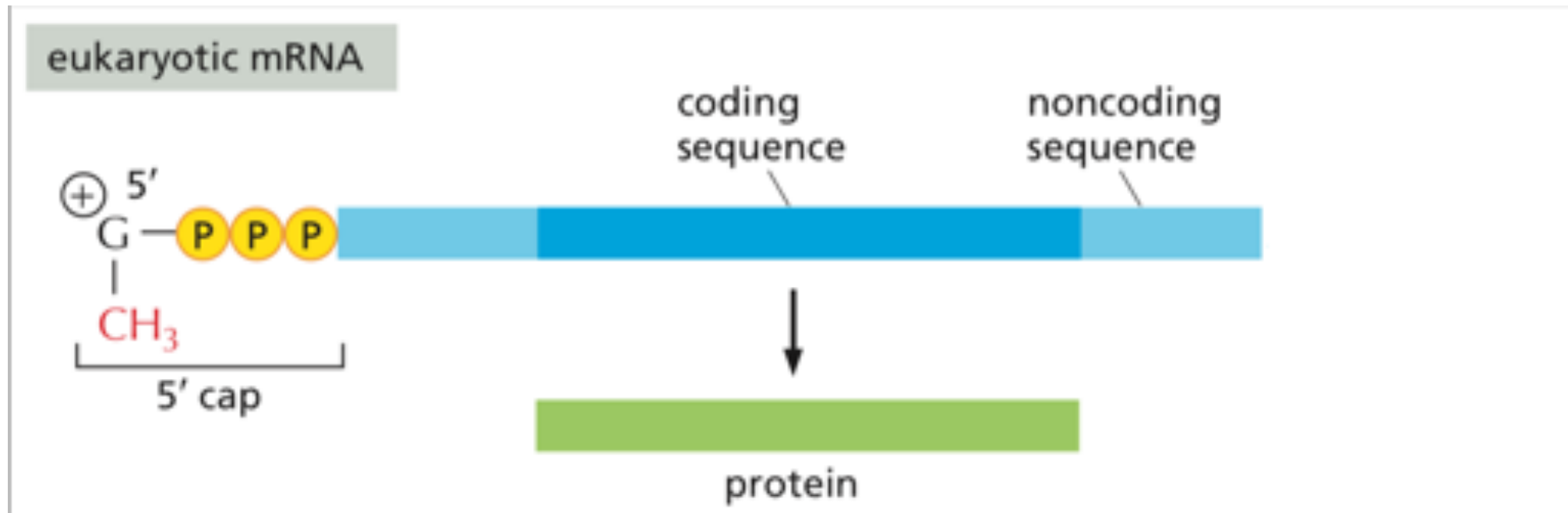
Transkription – prä-mRNA-Prozessierung

Das RNA-Splicing ist nicht die einzige Modifikation der mRNA während der Transkription



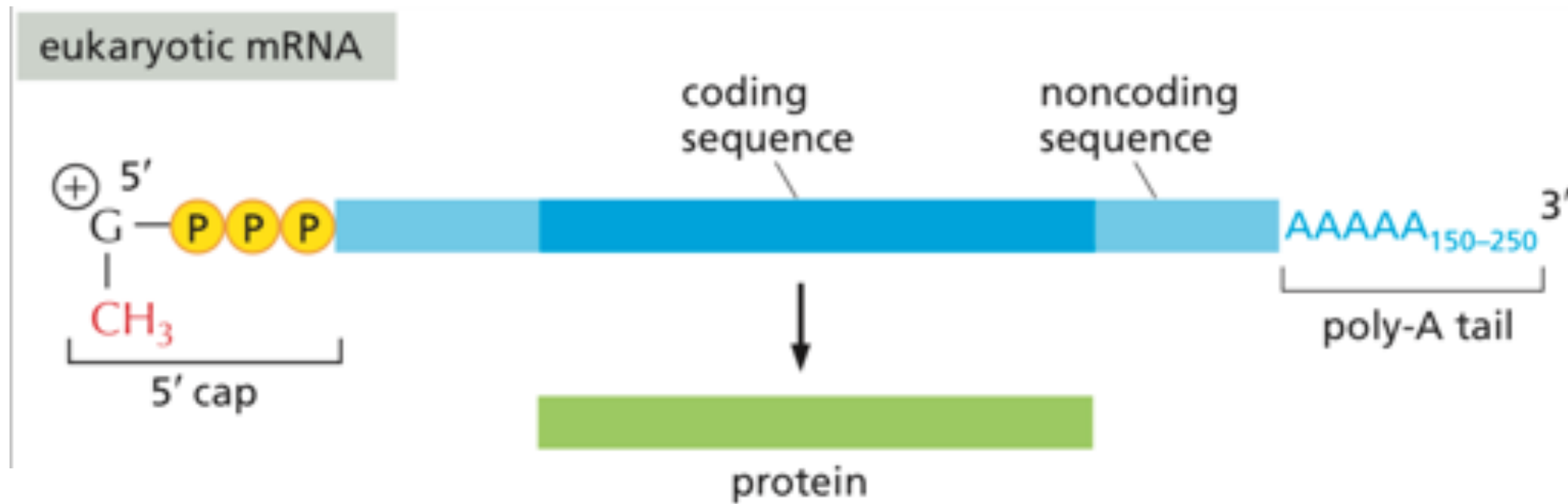
Transkription – prä-mRNA-Prozessierung

Das RNA-Splicing ist nicht die einzige Modifikation der mRNA während der Transkription

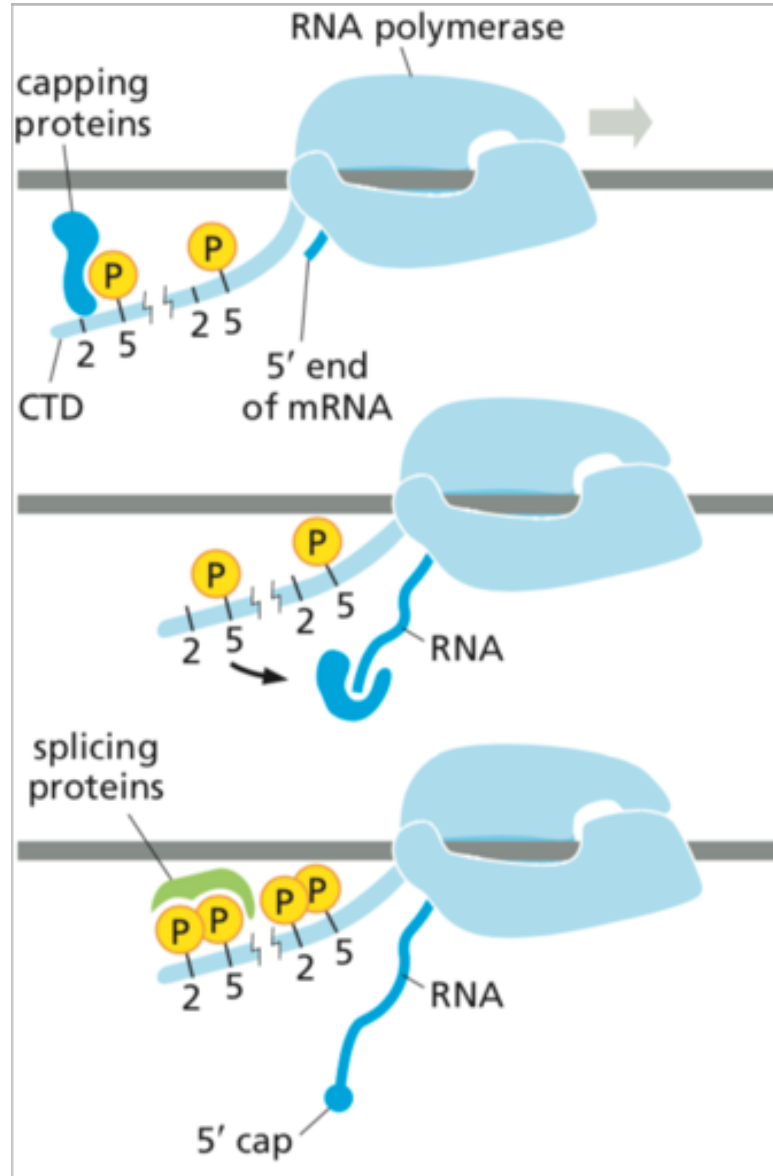


Transkription – prä-mRNA-Prozessierung

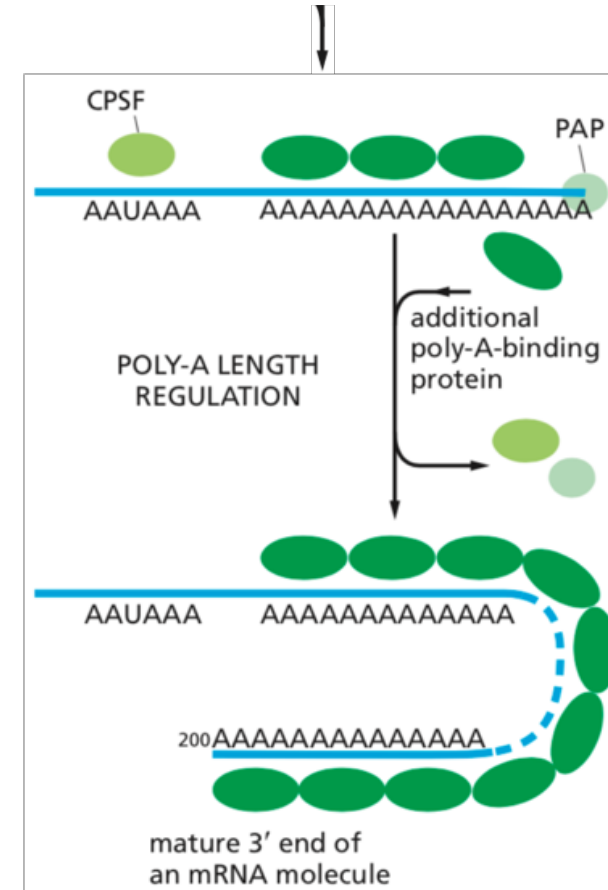
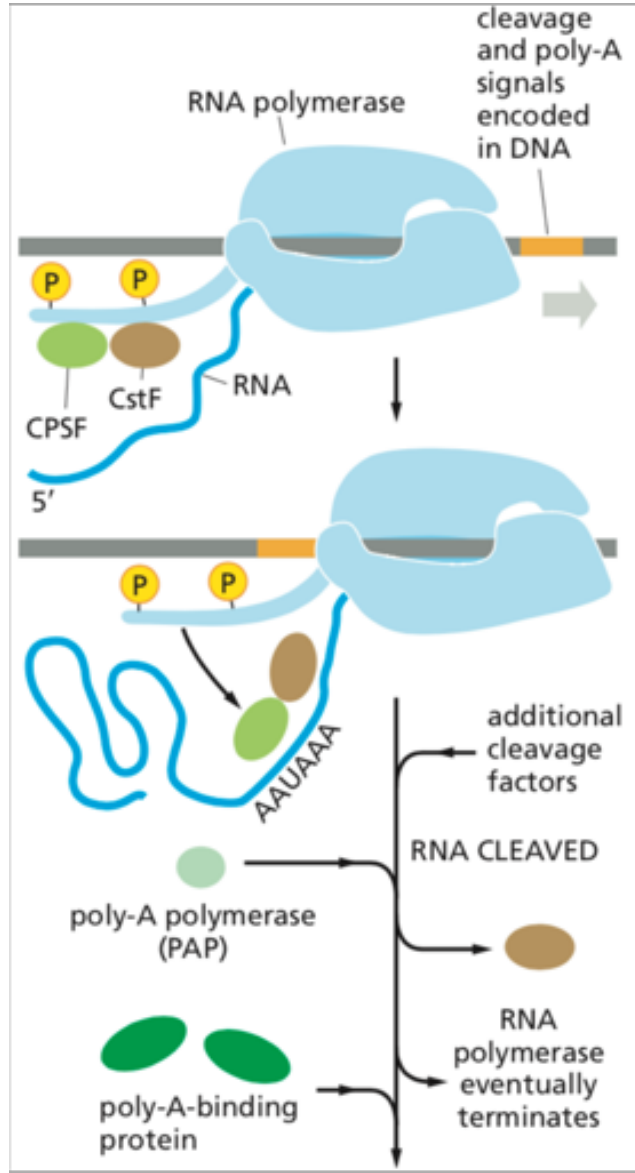
Das RNA-Splicing ist nicht die einzige Modifikation der mRNA während der Transkription



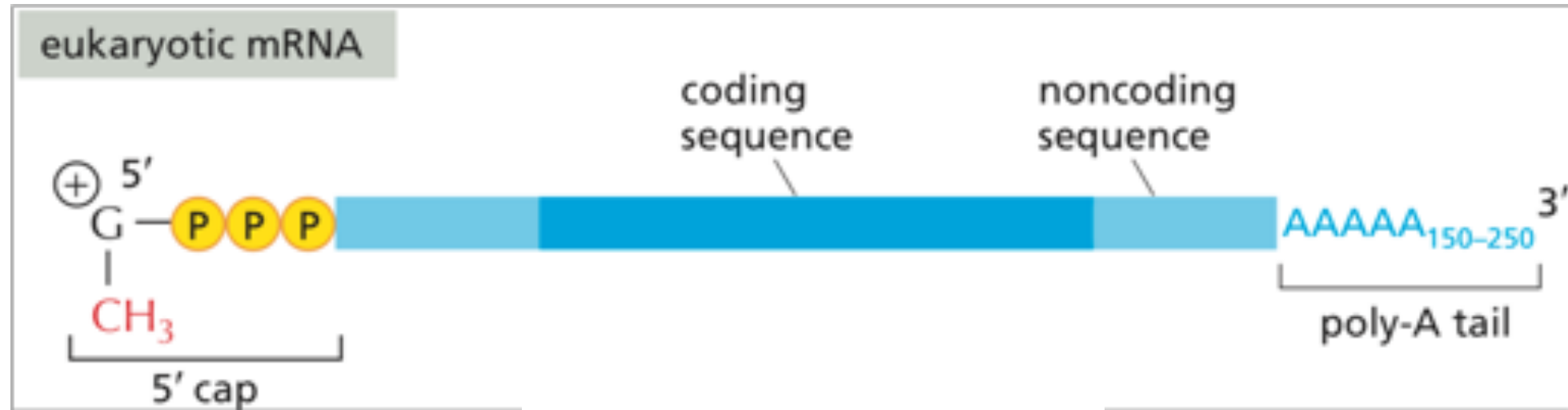
Transkription – prä-mRNA-Prozessierung – 5' cap



Transkription – prä-mRNA-Prozessierung – poly-A tail



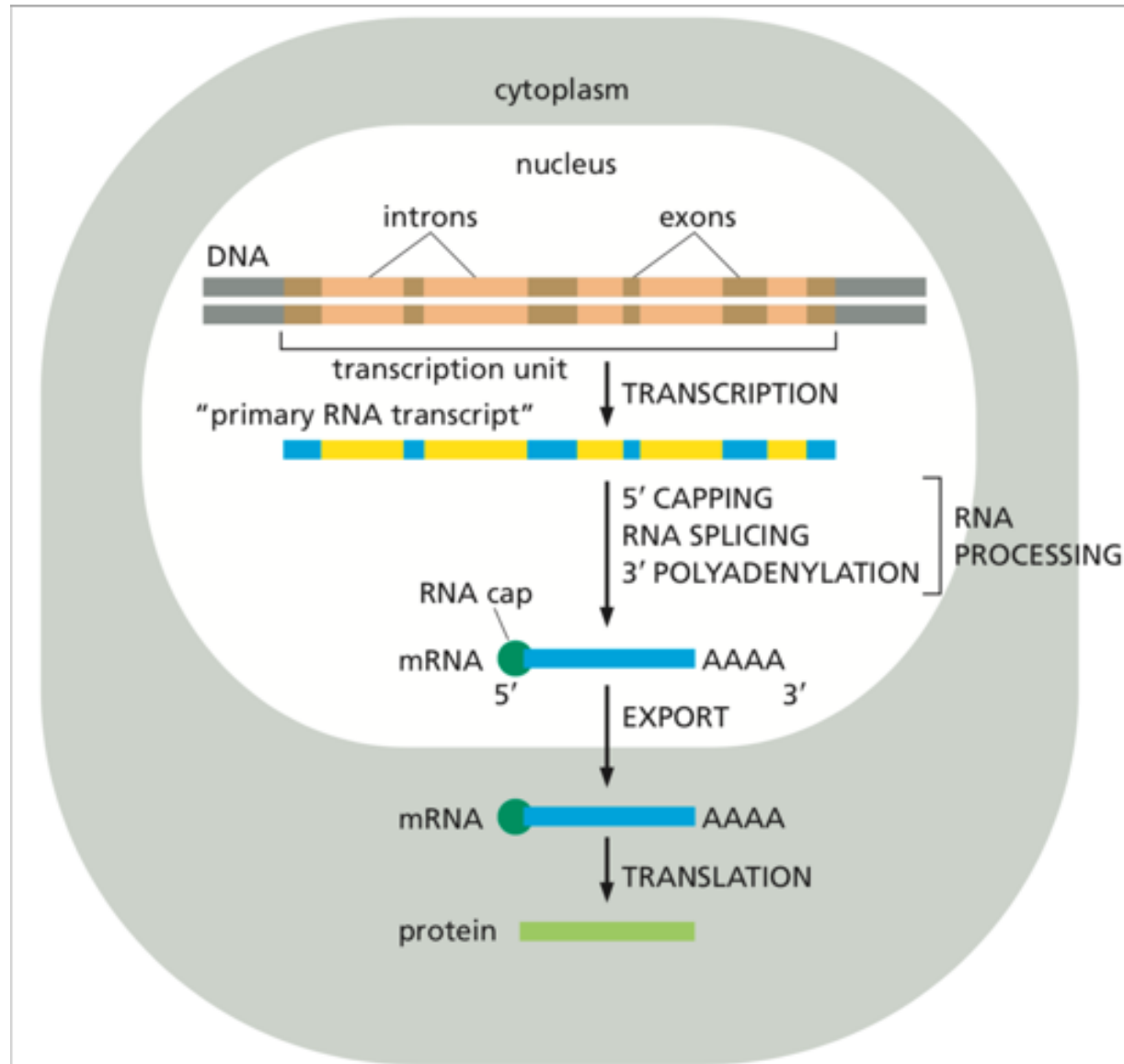
Transkription – prä-mRNA-Prozessierung



5' cap: Diese Veränderungen schützen das 5'-Ende vor Abbau und bewirken Transport der reifen RNA aus dem Kern ins Cytoplasma. Das 7-Methyl-GTP wird auch für die Lokalisierung am Ribosom benötigt

poly-A: schützt das 3' Ende vor Exonukleasen und definiert ihr Alter für den späteren normalen Abbau (Turnover).

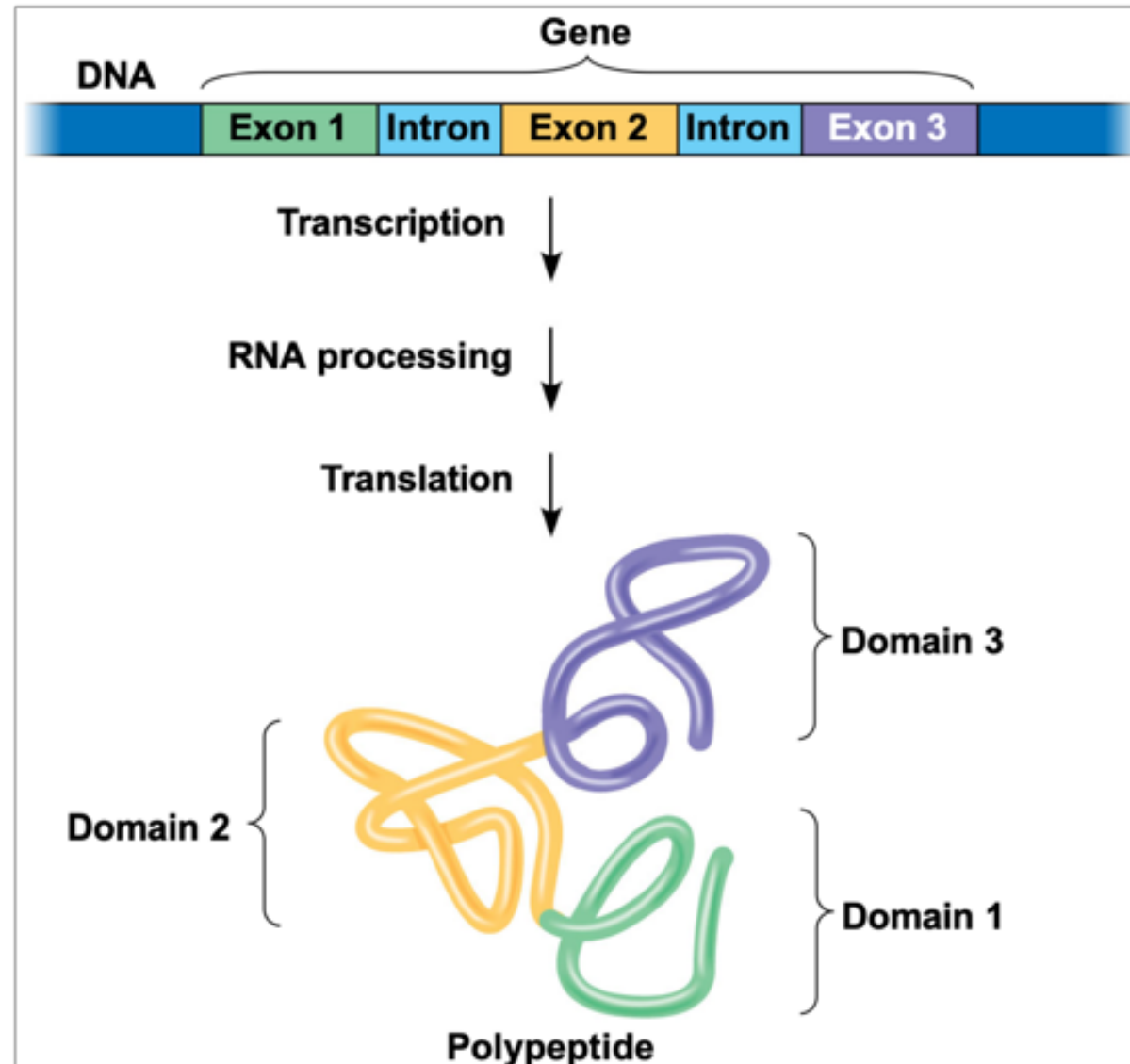
Was geschieht mit der gebildeten mRNA?



Kurzer Rückblick: Warum Introns?

- Alternatives RNA-splicing erhöht die Vielfalt an zu bildenden Proteinen (mehr Proteine als Gene)
- Proteine weisen in ihrer Architektur oft eine spezifische Aufteilung auf. Sie sind in sogenannte **Domänen** aufgeteilt.
- Diese Domänen werden häufig durch spezifische Exons codiert
- Wird ein solches Exon von einer Stelle der DNA an eine andere Stelle transportiert können neue Proteine entstehen, die aus verschiedenen Domänen aufgebaut sind und neue Funktionen in Zellen übernehmen können → Evolution von Proteinen!

Kurzer Rückblick: Warum Introns?



Vom Gen zum Protein!

- Der genetische Code der DNA-Sequenz wird durch TRANSKRIPTION in die primäre mRNA-Sequenz umgeschrieben
- Die primäre mRNA wird durch das Herausschneiden der Intron-Sequenzen in die *reife* mRNA überführt (*Splicing*)
- Die *reife* mRNA-Sequenz wird gemäß der Codon-Abfolge durch TRANSLATION in die Aminosäuresequenz eines Proteins übersetzt
- 20 Aminosäuren stehen für die Proteinsynthese zur Verfügung
- Für jede Aminosäure codiert auf der mRNA mindestens ein Codon, für einige Aminosäuren bis zu 6 Codons

Vorlesung 7

- *Rückblick Vorlesung 6 ✓*
- *Kommunikation von Zellen ✓*

Von der DNA zum Protein

- *Genexpression – Von der DNA zur RNA ✓*
- *Proteinbiosynthese – Von der RNA zum Protein*
- *Signaltransduktion*

Der Prozess der Genexpression

Die Genexpression ist die Bezeichnung für den Prozess, wie aus der genetischen Information eines Gens, mitsamt aller dafür nötigen vorangehenden Prozesse, ein Protein gebildet wird (Proteinbiosynthese).

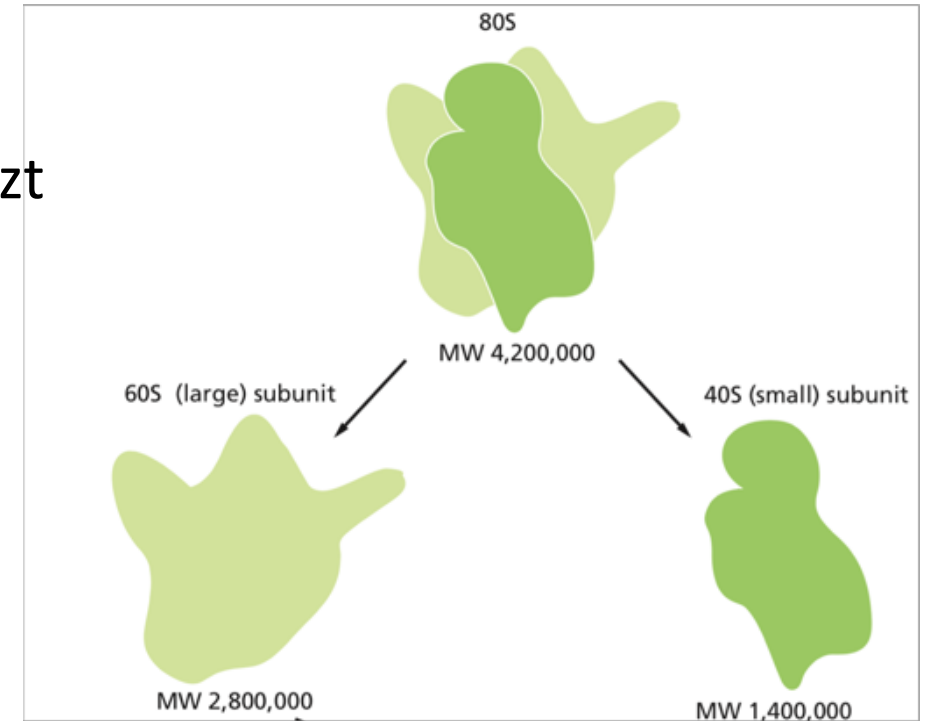


Transkription ist die Synthese von Boten- oder messenger-RNA unter Vorgabe der DNA-Sequenz.

Translation ist die Synthese von Proteinen unter Vorgabe der mRNA-Sequenz.

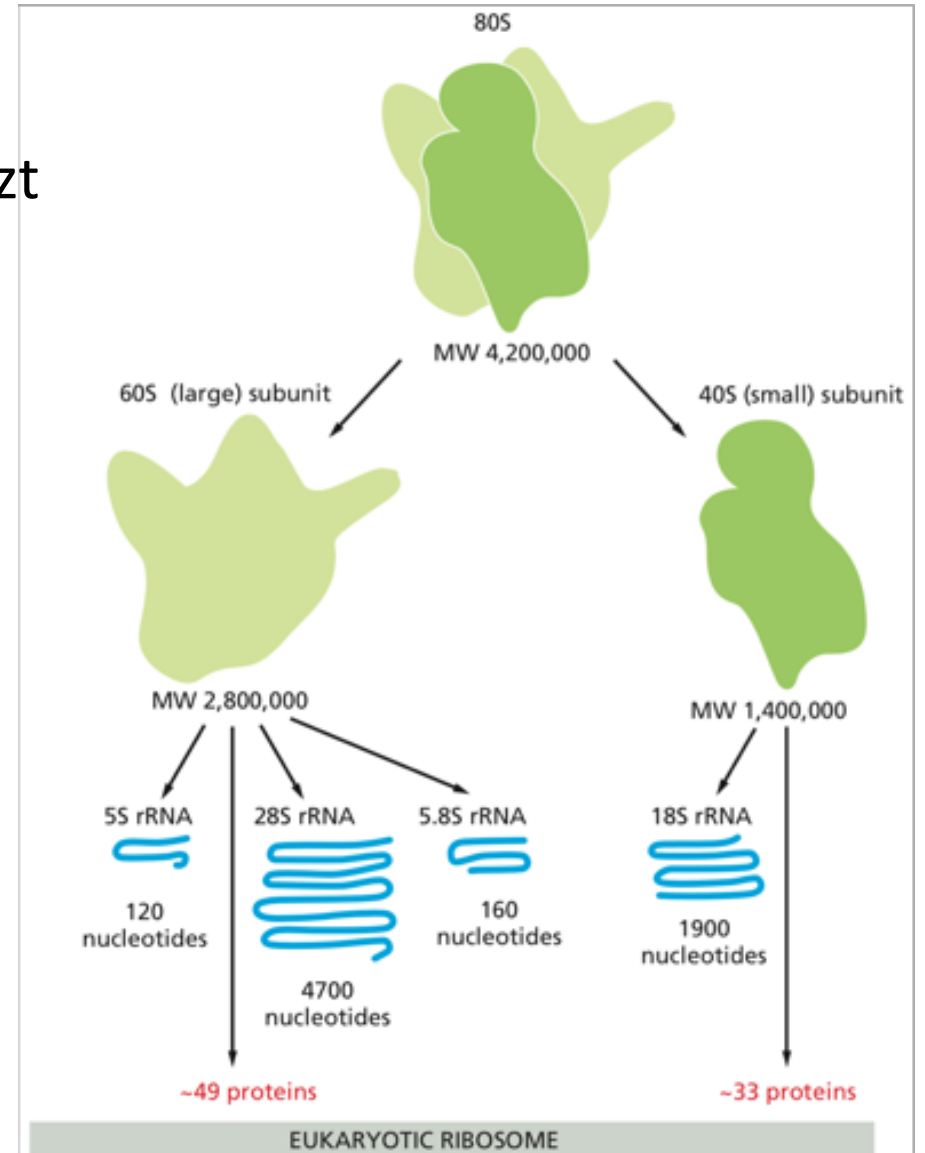
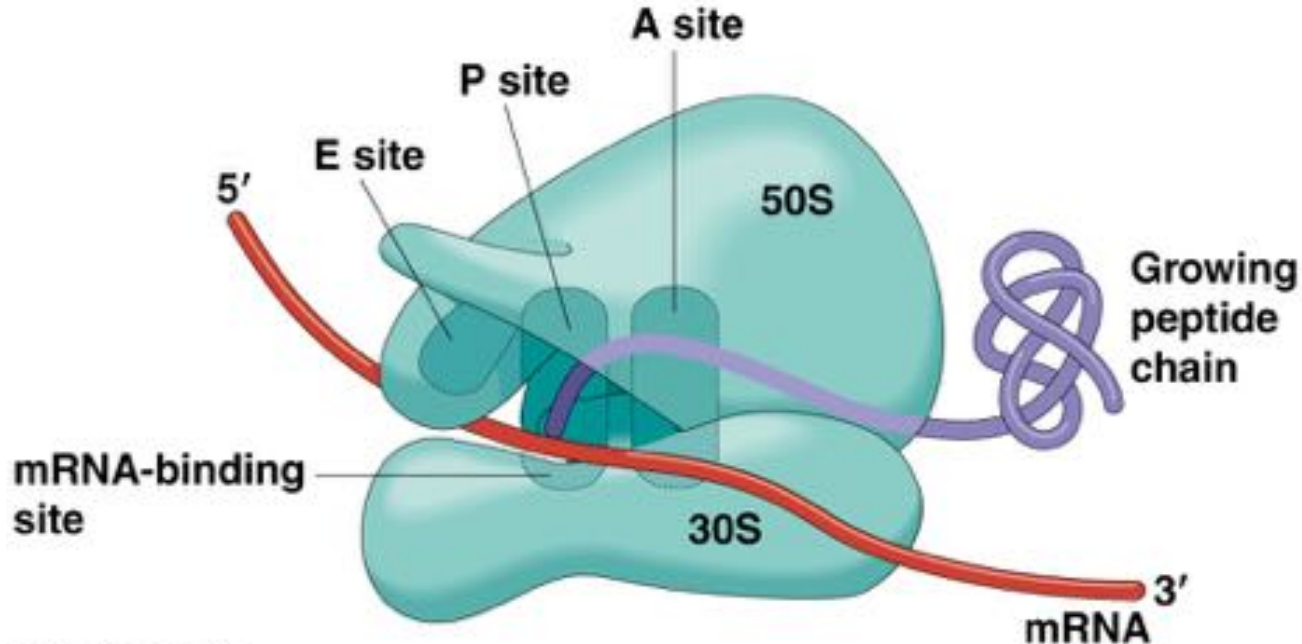
Proteinbiosynthese – RNA zu Protein

- Die Translation findet an den Ribosomen statt.
- Ribosomen sind aus 2 Untereinheiten zusammengesetzt



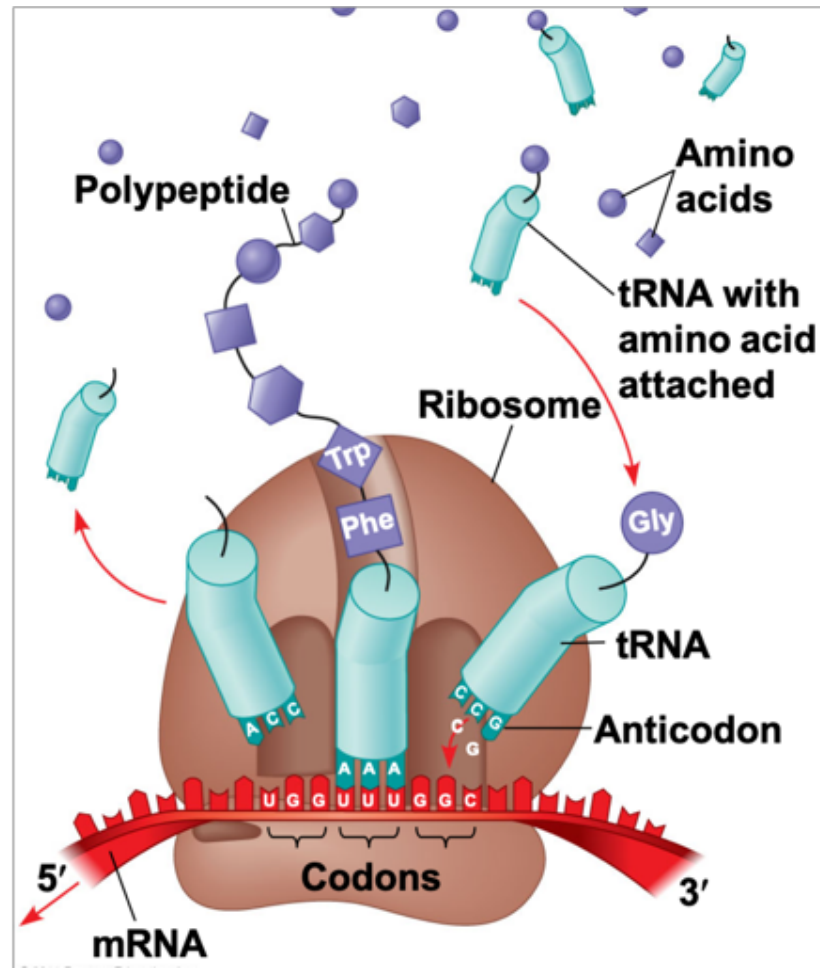
Proteinbiosynthese – RNA zu Protein

- Die Translation findet an den Ribosomen statt.
- Ribosomen sind aus 2 Untereinheiten zusammengesetzt
- Diese bestehen aus speziellen RNAs (rRNA) und einer Vielzahl von Proteinen



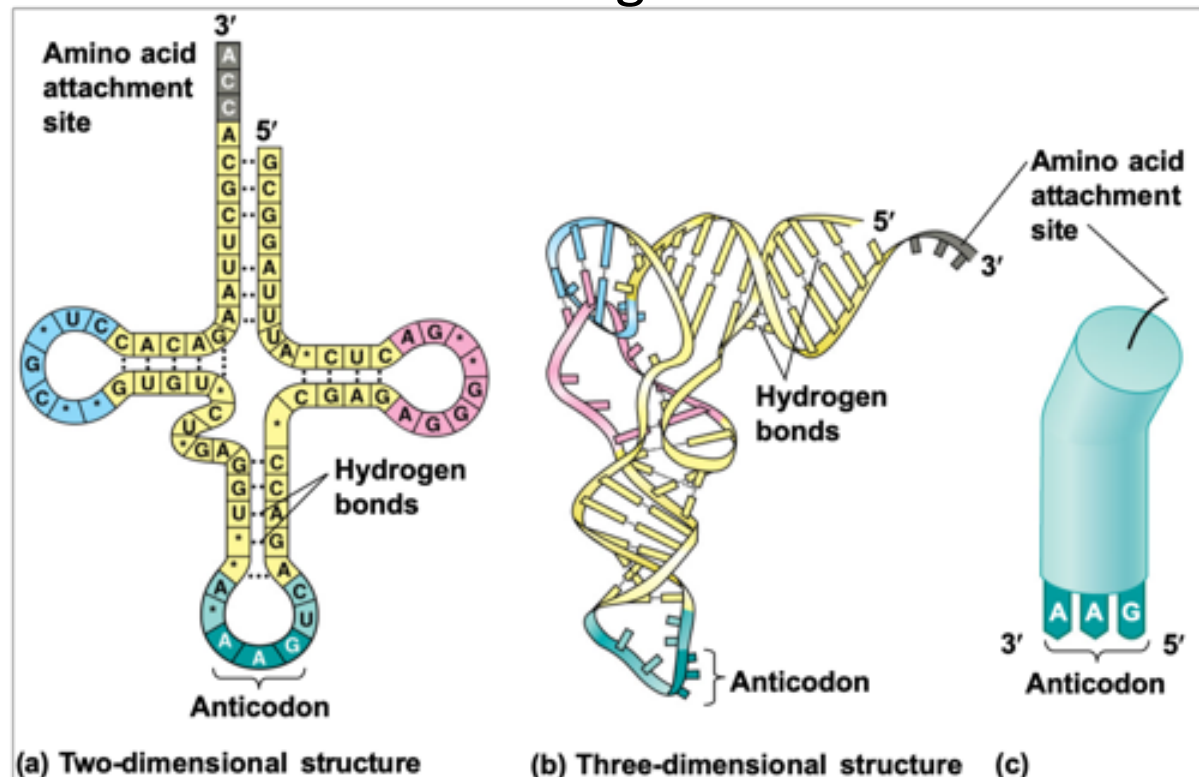
Proteinbiosynthese – Molekulare Komponenten

- Die Zelle übersetzt die Information der mRNA mit Hilfe von transfer RNAs (tRNA) in Proteine
- tRNAs transferrieren Aminosäuren zur wachsenden Polypeptidkette in einem Ribosom



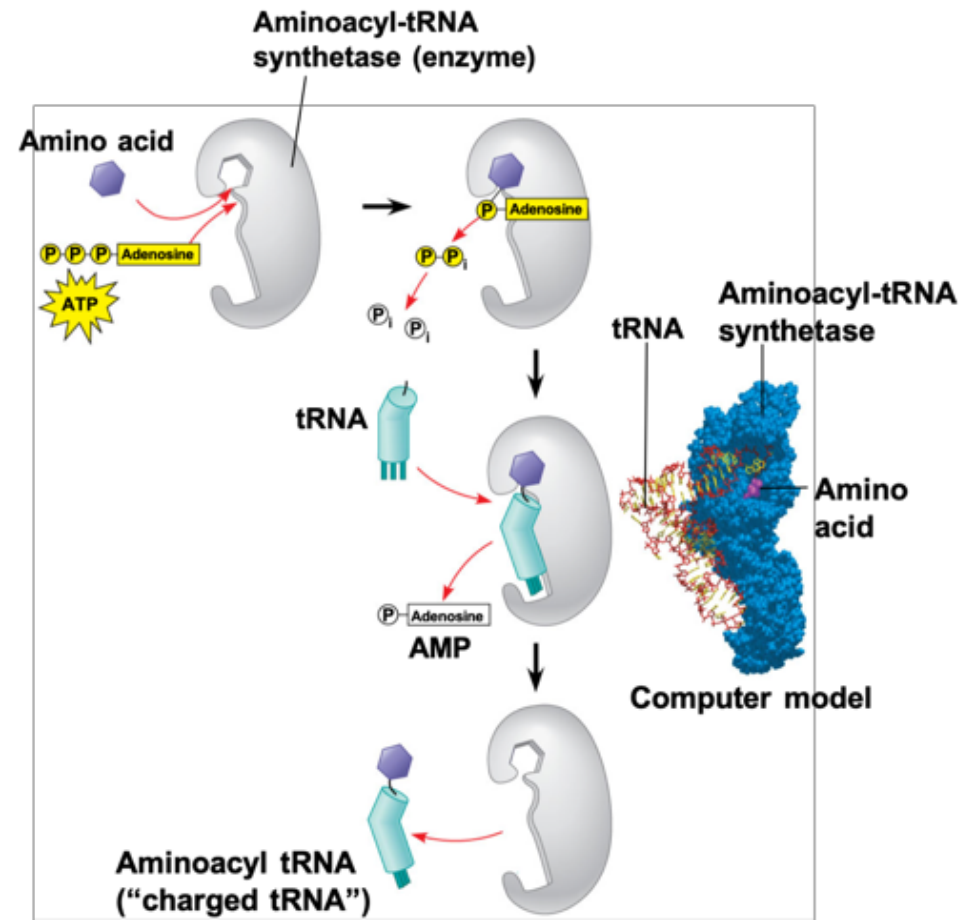
Proteinbiosynthese – transfer RNA

- Jede tRNA trägt eine spezifische Aminosäure an ihrem Ende
- Jede tRNA hat ein ‚Anticodon‘ an ihrem gegenüberliegenden Ende; diese Anticodon-Basenpaare sind komplementär zu Stellen auf der mRNA
- Eine tRNA besteht aus einem Einzelstrang RNA und ist etwa 80 Basen lang



Proteinbiosynthese – transfer RNA

- Akkurate Translation benötigt zwei Dinge:
 1. tRNA muss korrekt mit einer Aminosäure ‘beladen’ werden → **aminoacyl-tRNA Synthetase**

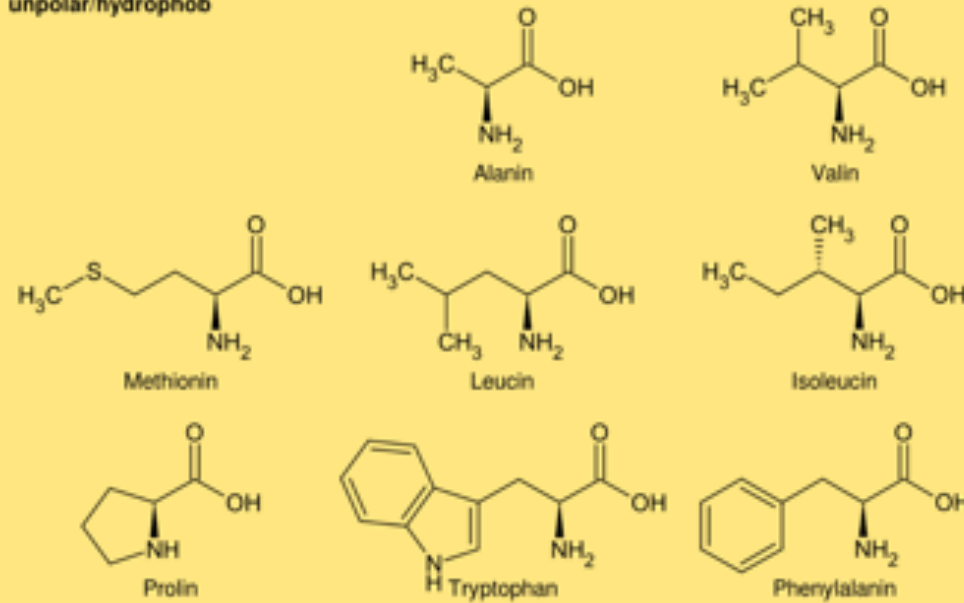


Proteinbiosynthese – transfer RNA

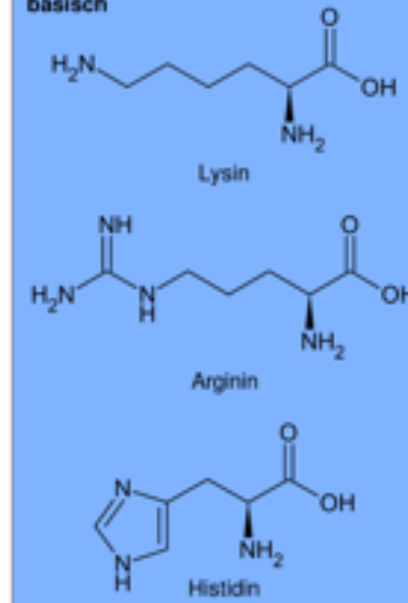
- Akkurate Translation benötigt zwei Dinge:
 1. tRNA muss korrekt mit einer Aminosäure 'beladen' werden → **aminoacyl-tRNA Synthetase**
 2. tRNA-Codon und mRNA-Codon müssen zusammenpassen

Proteinbiosynthese – Aminosäuren

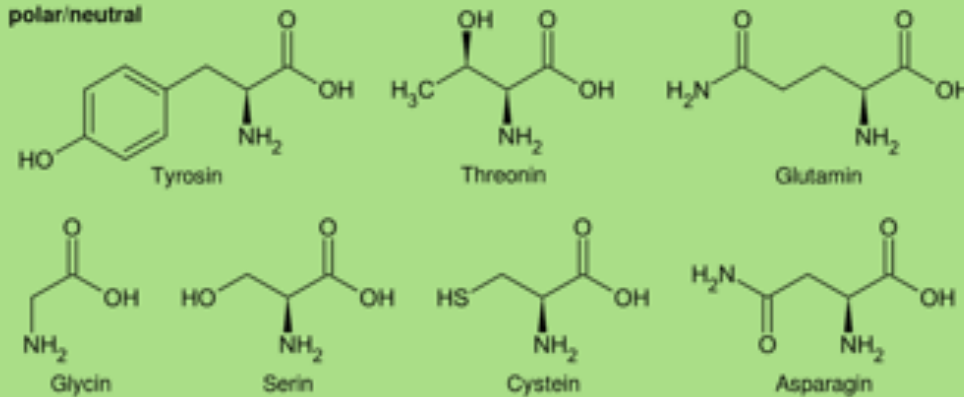
unpolar/hydrophob



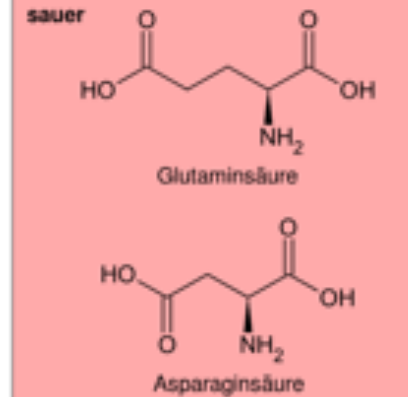
basisch



polar/neutral



sauer



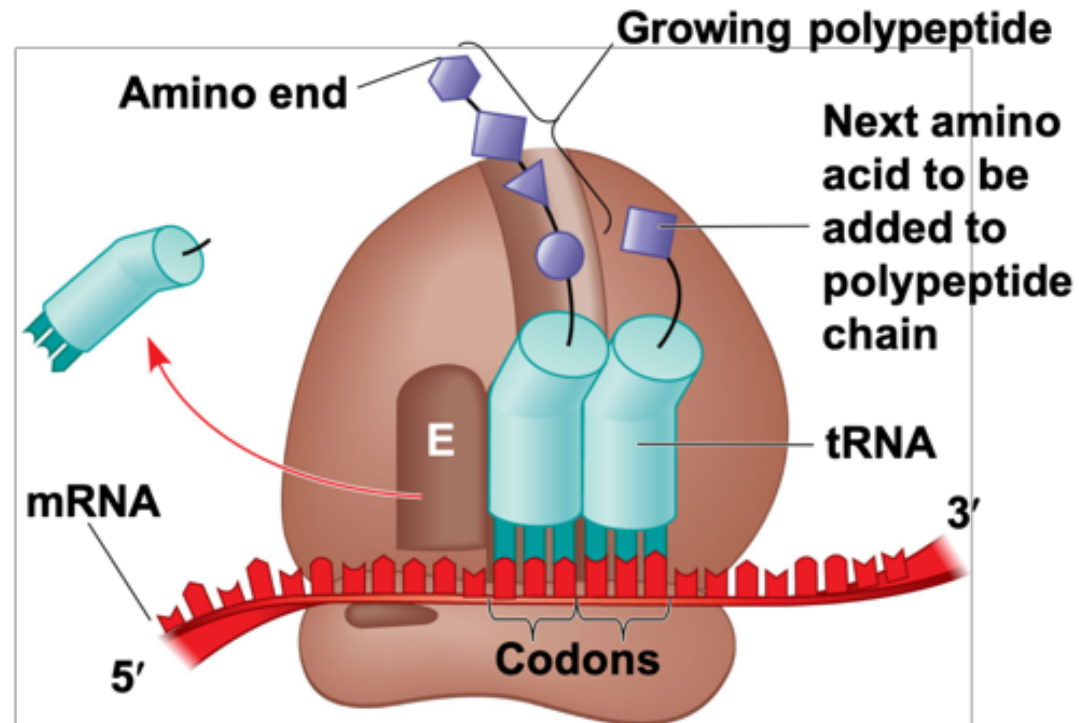
Proteinbiosynthese – der genetische Code

- Der genetische Code:
 1. $4 \times 4 \times 4 = 64$ Möglichkeiten
 2. Eine Aminosäure kann durch mehrere Codons codiert werden
 3. Der Code ist universell und gilt für alle Lebewesen gleich!
 4. 61 codieren für Aminosäuren -> 3 für sogenannte ‚Stopp‘-Signale

GCA	AGA									UUA					AGC					
GCC	AGG									UUG					AGU					
GCG	CGA						GGA			CUA				CCA	UCA	ACA			GUA	
GCU	CGC						GGC		AUA	CUC				CCC	UCC	ACC			GUC	UAA
	CGG	GAC	AAC	UGC	GAA	CAA	GGG	CAC	AUC	CUG	AAA		UUC	CCG	UCG	ACG		UAC	GUG	UAG
	CGU	GAU	AAU	UGU	GAG	CAG	GGU	CAU	AUU	CUU	AAG	AUG	UUU	CCU	UCU	ACU	UGG	UAU	GUU	UGA
Ala	Arg	Asp	Asn	Cys	Glu	Gln	Gly	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Trp	Tyr	Val	stop
A	R	D	N	C	E	Q	G	H	I	L	K	M	F	P	S	T	W	Y	V	

Proteinbiosynthese – Ribosom

- Das Ribosom hat drei Bindestellen für tRNAs
 - Die **P-Stelle** hält die tRNA, welche die wachsende Polypeptidkette trägt
 - Die **A-Stelle** hält die tRNA, welche die nächste anzuhängende Aminosäure trägt
 - Die **E-Stelle** ist die 'Auswurfstelle' für entladene tRNAs

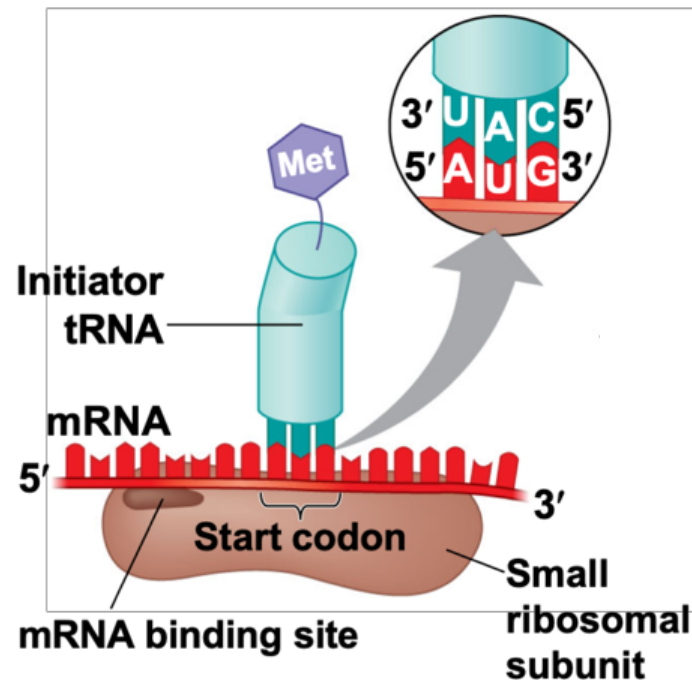


Proteinbiosynthese

- Die drei Phasen der Translation:
 - Initiation
 - Elongation
 - Termination

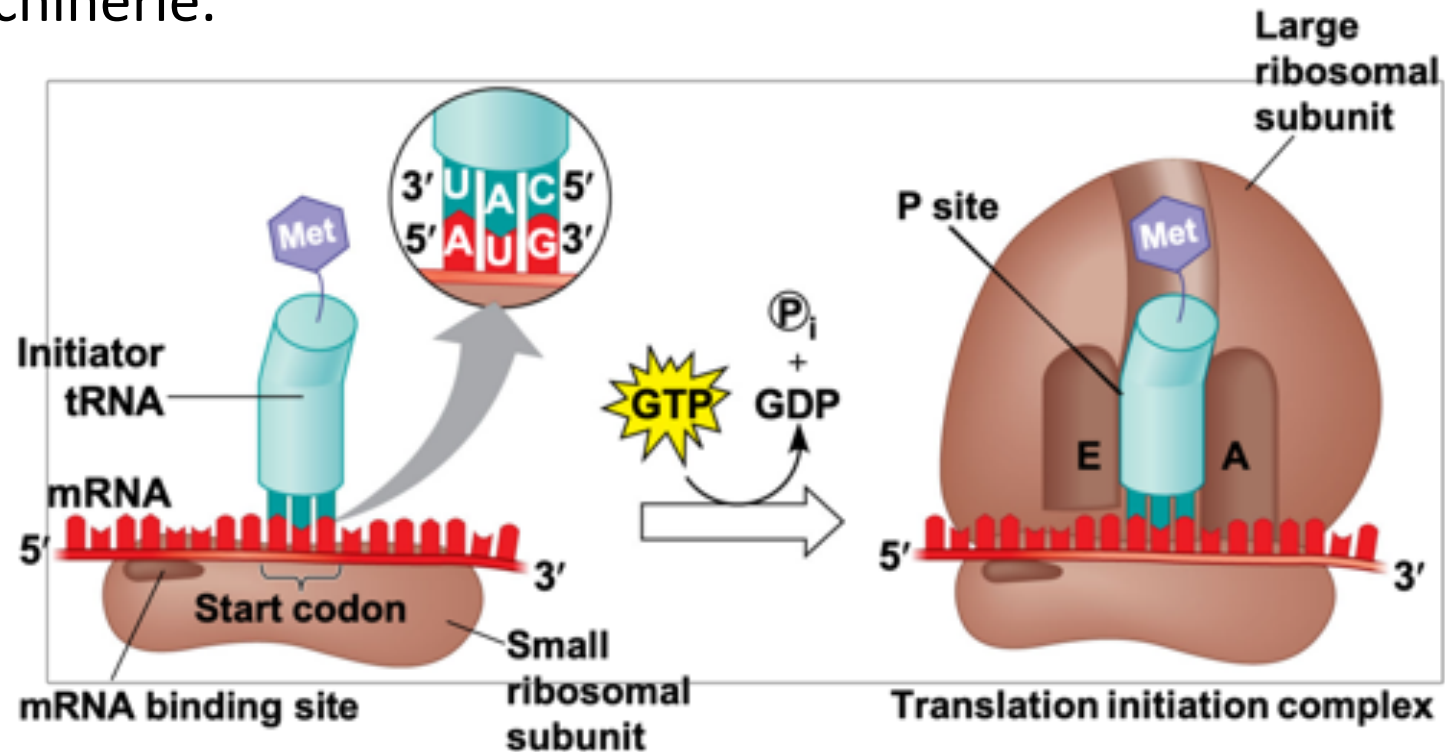
Proteinbiosynthese – 1. Initiation

- Die kleine Untereinheit bindet die mRNA und die Initiator-tRNA und wandert auf der mRNA entlang bis sie das Startcodon 'AUG' (codiert für Methionin!) findet



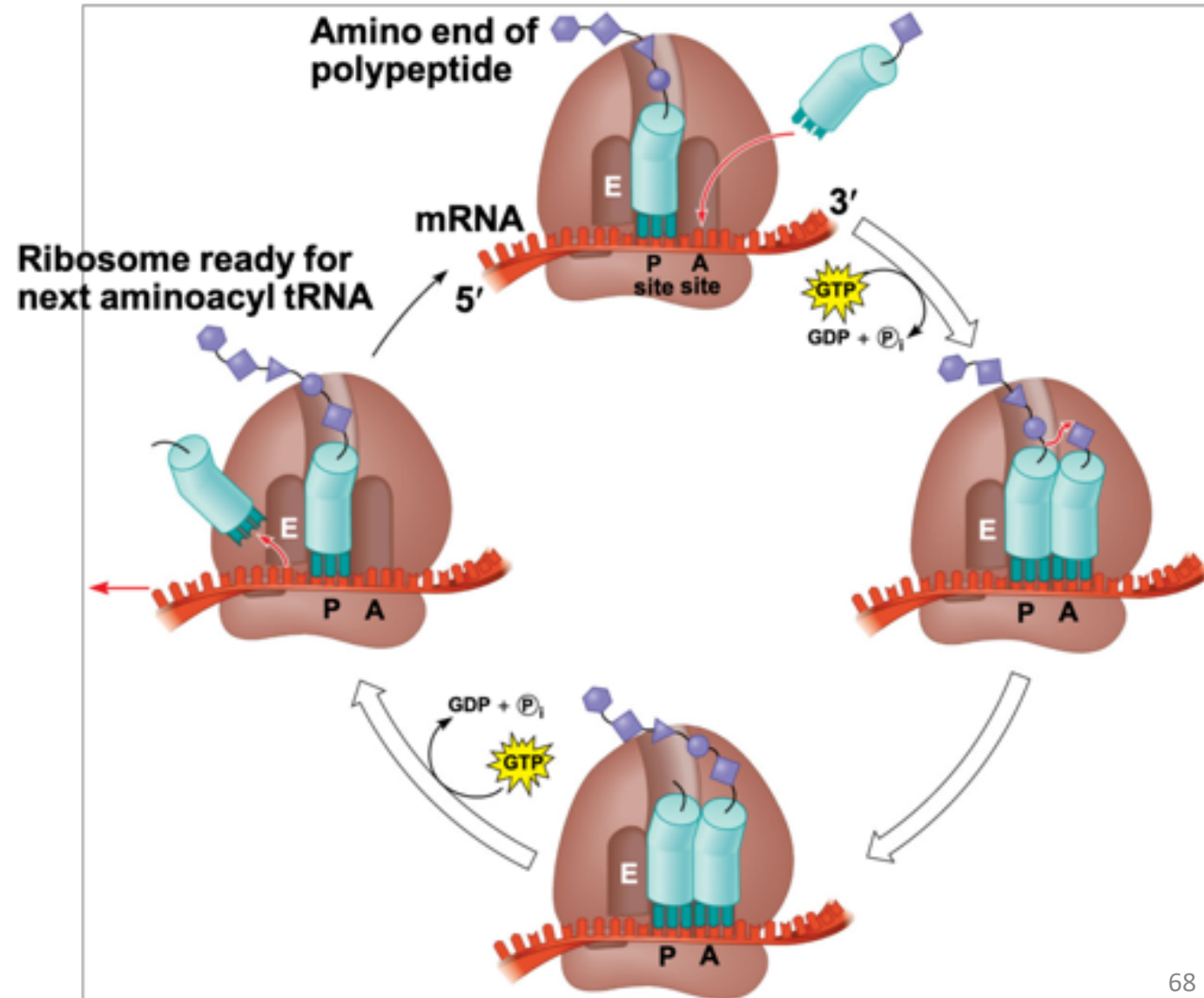
Proteinbiosynthese – 1. Initiation

- Die kleine Untereinheit bindet die mRNA und die Initiator-tRNA und wandert auf der mRNA entlang bis sie das Startcodon 'AUG' (codiert für Methionin!) findet
- Initiationsfaktoren bringen dann die große Untereinheit herbei und vervollständigt die Translationsmaschinerie.



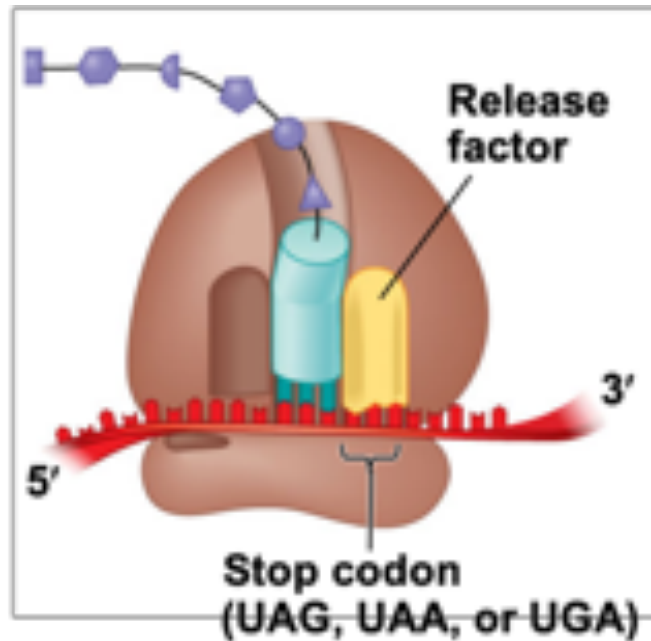
Proteinbiosynthese – 2. Elongation

- Während des Elongationsprozesses werden Aminosäuren im Prinzip ‚eine nach der anderen‘ an den C-Terminus der Polypeptidkette angehängt
- Elongationsfaktoren helfen hierbei in den drei Schritten: Codonerkennung, Peptidkettenverknüpfung und ‚Weiterschieben‘
- Die Translation erfolgt von 5′ zu 3′ auf der mRNA



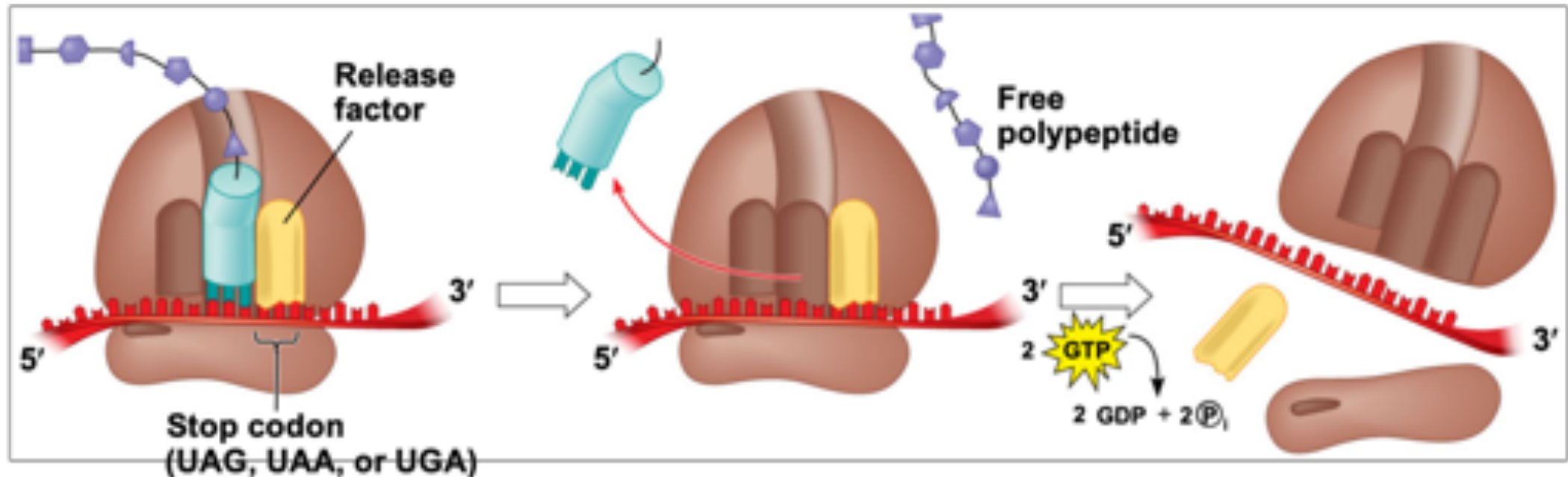
Proteinbiosynthese – 3. Termination

- Die Termination erfolgt wenn ein Stopp-Codon in der A-Stelle des Ribosoms auftaucht
- Ein Terminationsfaktor bindet in der A-Stelle → Anheftung eines Wassermoleküls an die Polypeptidkette sorgt für den Auswurf der Kette aus dem Ribosom, welches daraufhin zerfällt



Proteinbiosynthese – 3. Termination

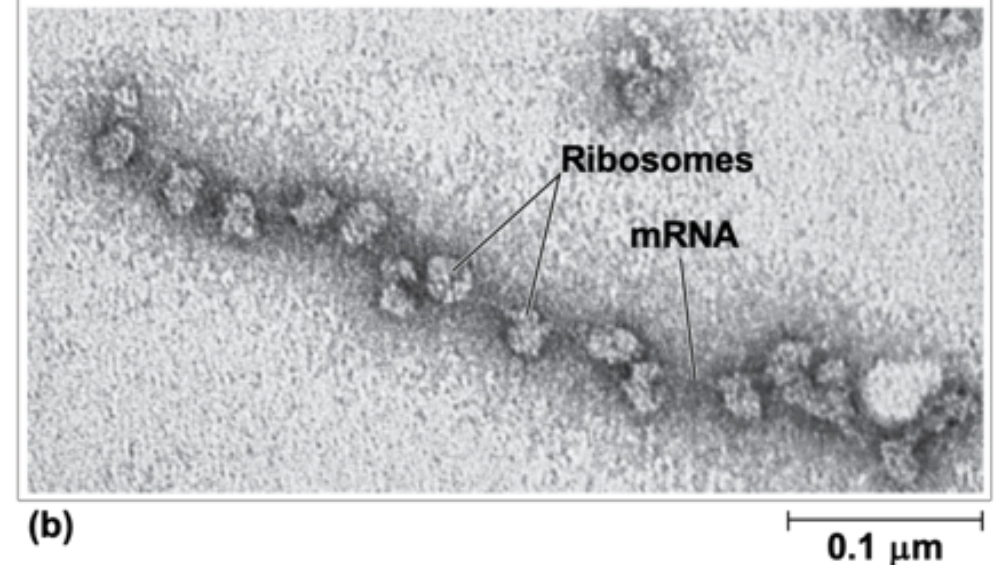
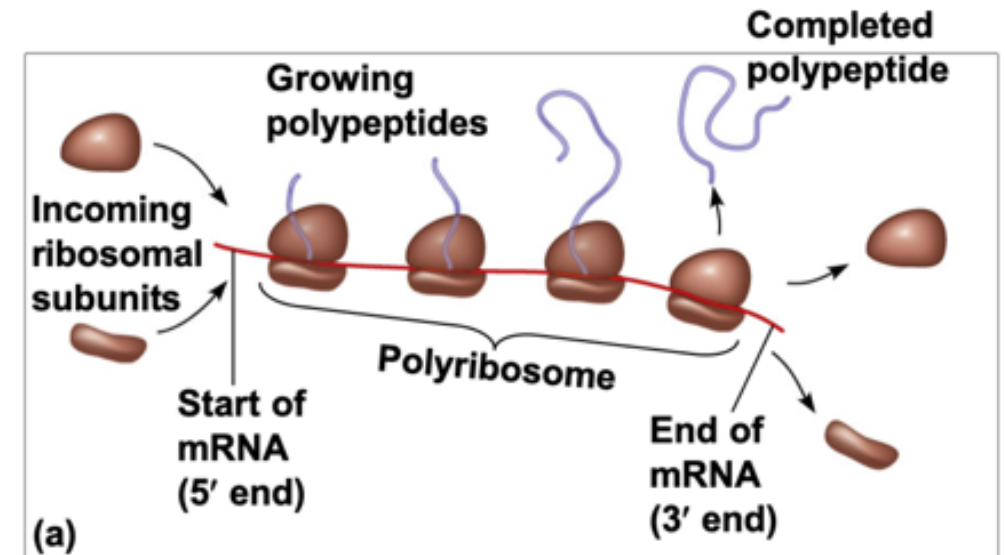
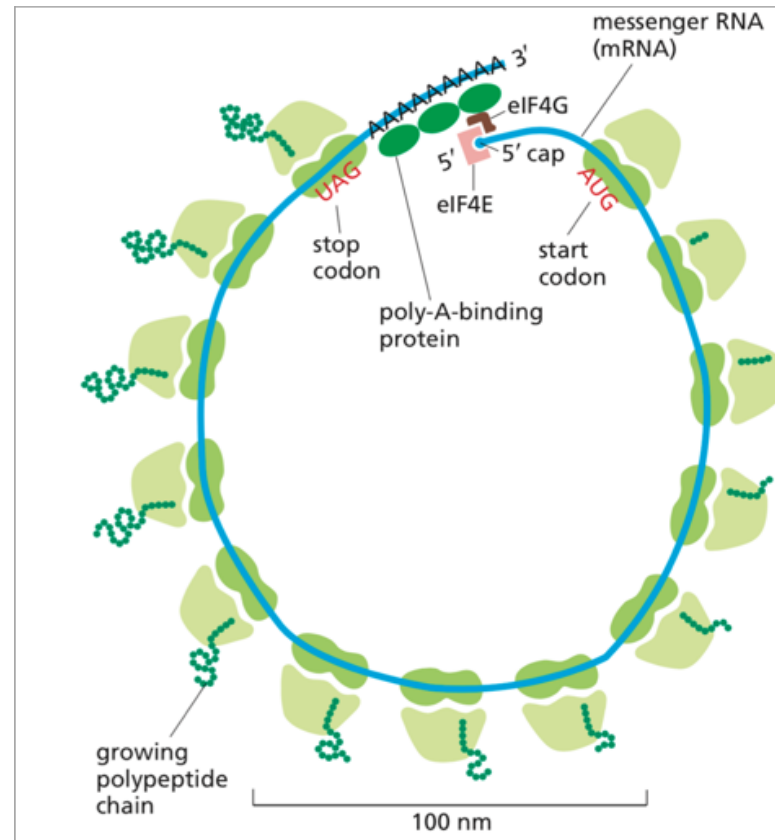
- Die Termination erfolgt wenn ein Stopp-Codon in der A-Stelle des Ribosoms auftaucht
- Ein Terminationsfaktor bindet in der A-Stelle → Anheftung eines Wassermoleküls an die Polypeptidkette sorgt für den Auswurf der Kette aus dem Ribosom, welches daraufhin zerfällt



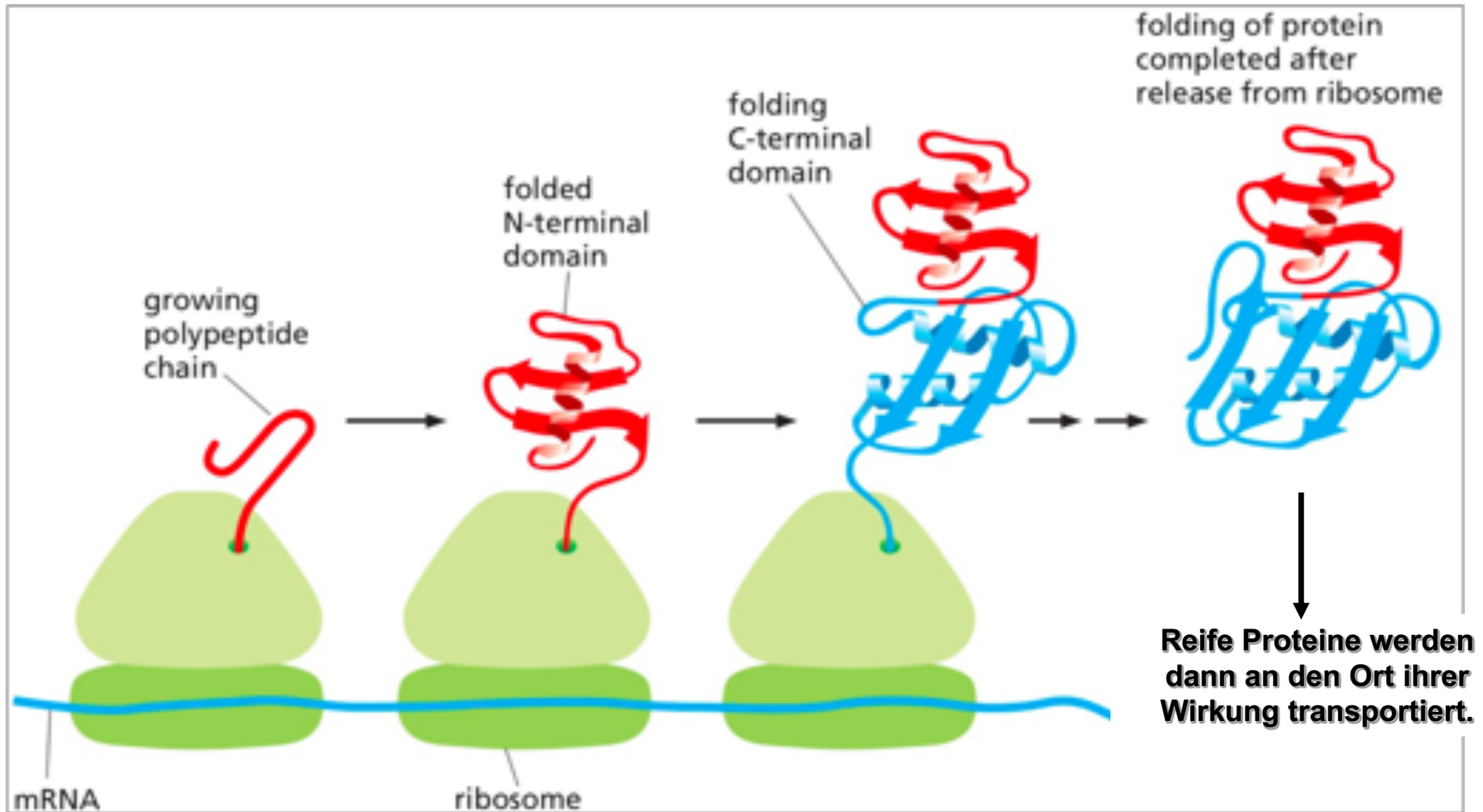
Proteinbiosynthese – Polyribosomen

- Für eine schnelle Translation von wichtigen Proteinen können viele Ribosomen gleichzeitig auf der mRNA entlangfahren

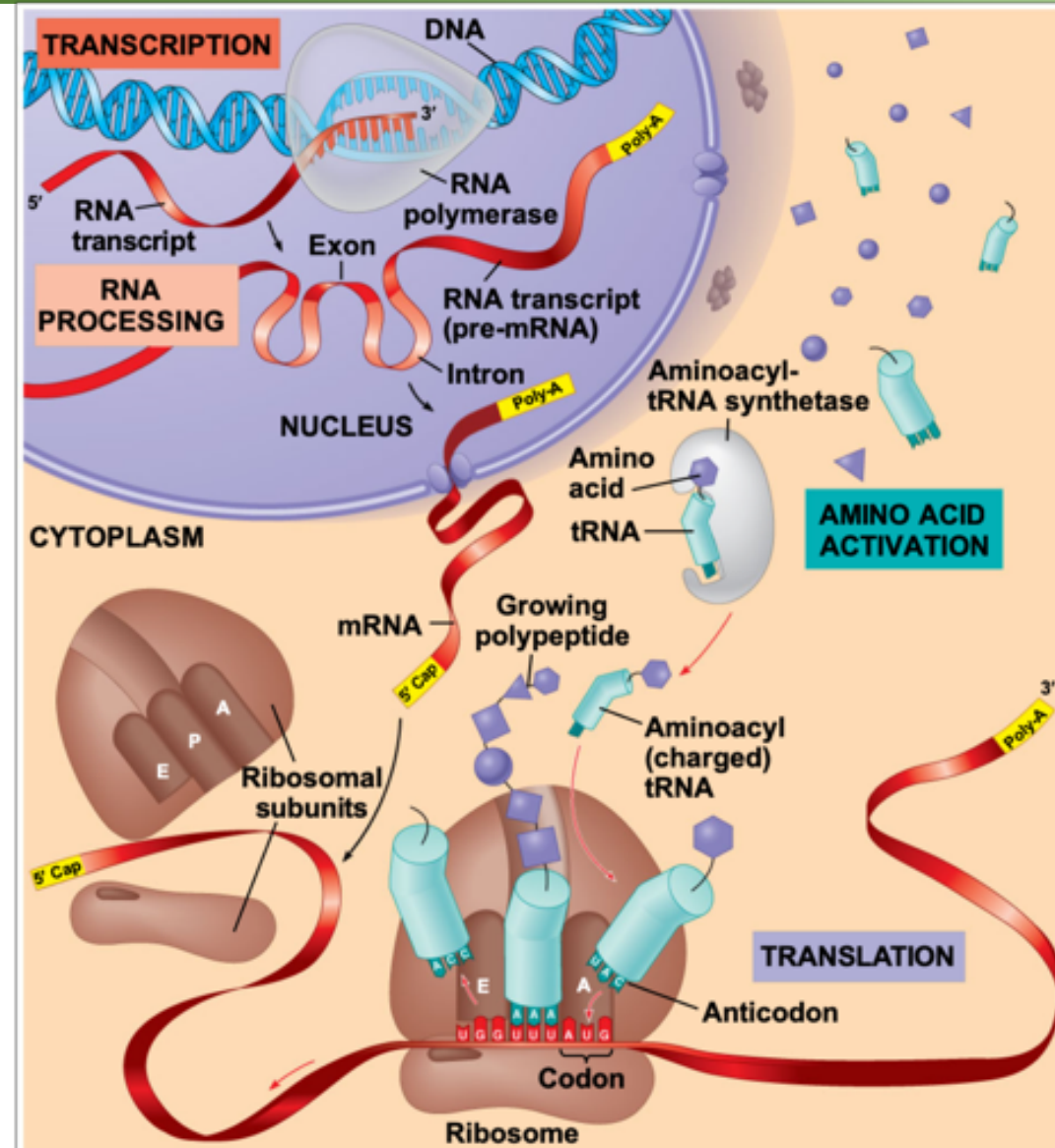
→ Polyribosomen



Reifung der Proteine nach der Biosynthese durch Proteinfaltung



Zusammenfassung – Transkription und Translation



Vorlesung 7

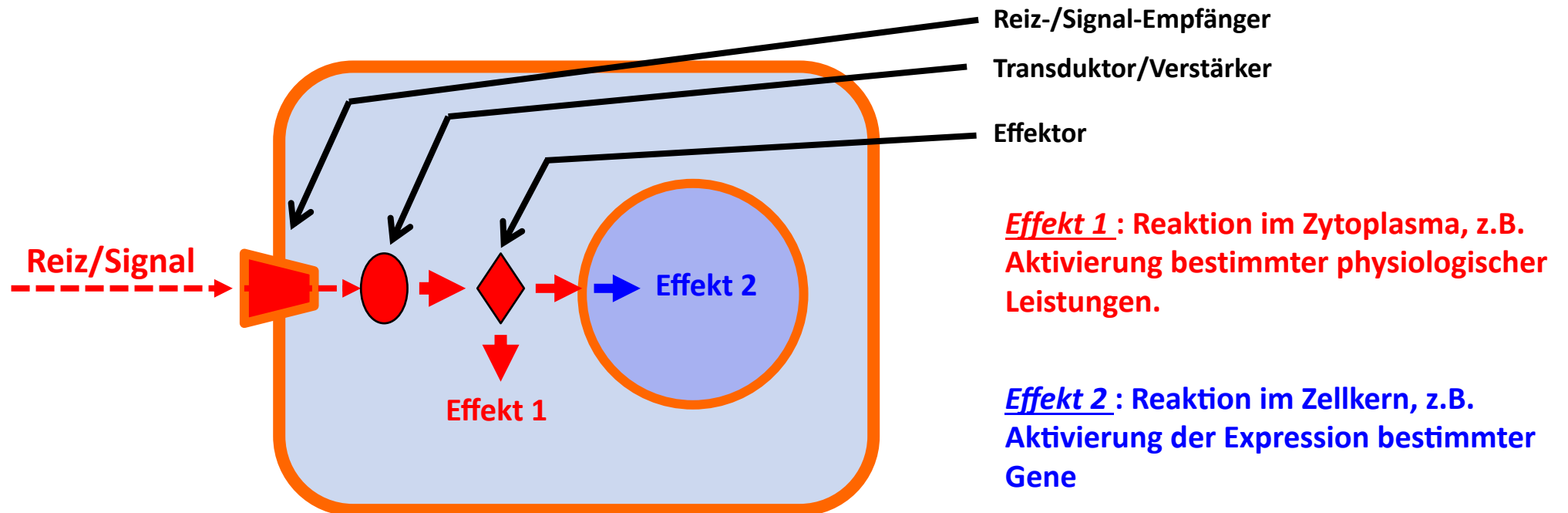
- *Rückblick Vorlesung 6 ✓*
- *Kommunikation von Zellen ✓*

Von der DNA zum Protein

- *Genexpression – Von der DNA zur RNA ✓*
- *Proteinbiosynthese – Von der RNA zum Protein ✓*
- *Signaltransduktion*

Was versteht man unter Signaltransduktion?

Unter Signaltransduktion bzw. Signalübermittlung versteht man in der Biologie Prozesse, mittels derer Zellen, z.B. auf äußere Reize reagieren, d.h. sie empfangen und intrazellulär weiterleiten bzw. eventuell verstärken können, so dass eine zelluläre Reaktion auf den gesetzten Reiz einsetzt.



Was sind Signale und was machen sie?

Signalnatur ...

- die Signale können sowohl physikalischer (Licht/Strahlung, Schall) als auch chemischer Natur sein
- die Signale können in einem Organismus weit entfernte Organe über chemische Botenstoffe miteinander kommunizieren lassen
- es gibt vor allem drei Integrationssysteme, die zur Steuerung körperlicher Funktionen Signalstoffe nutzen:
 - das Nervensystem
 - das Hormonsystem
 - das Immunsystem

Prinzipien der Signaltransduktion

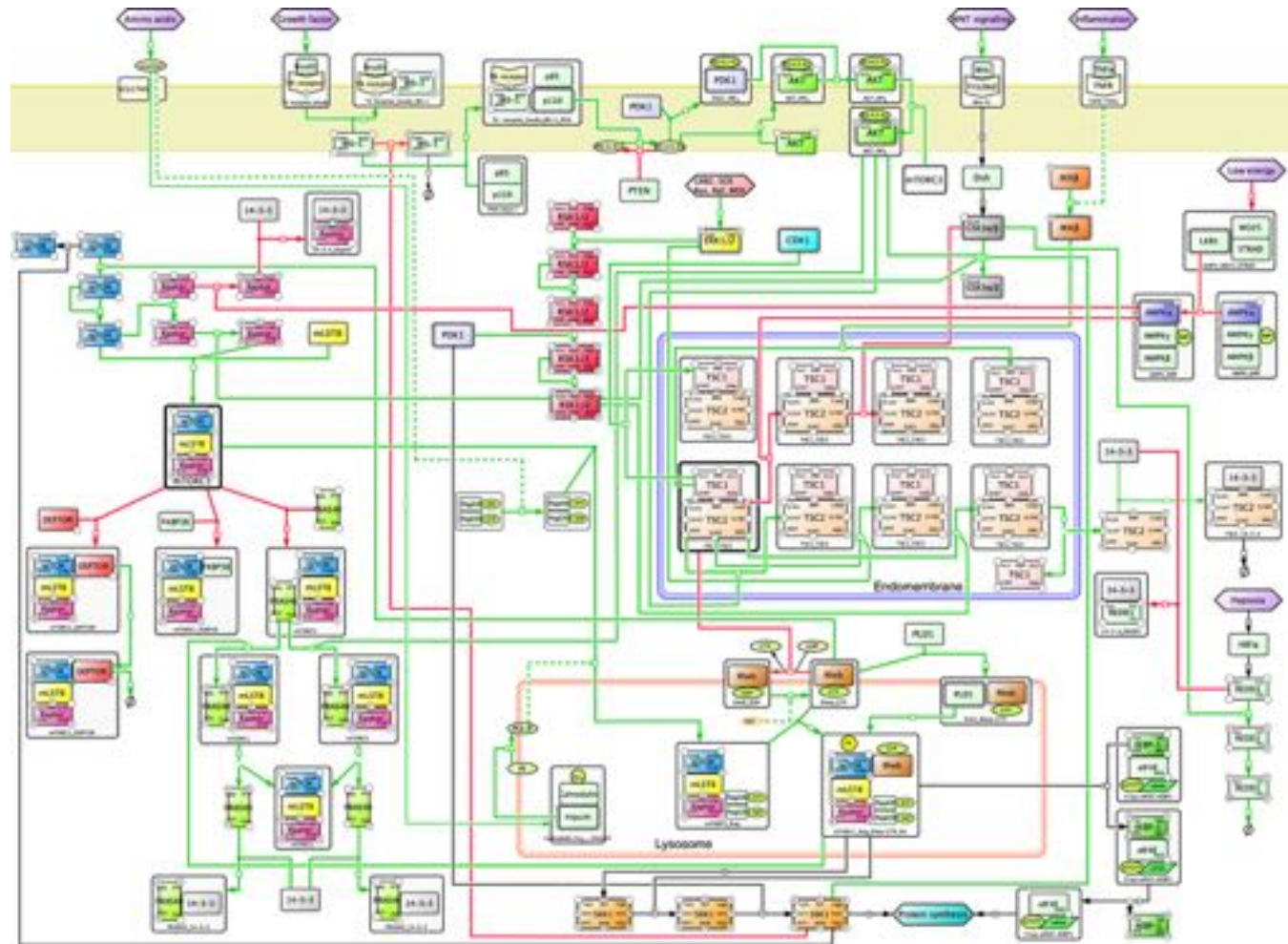
Signaltransduktion:

- bezeichnet das Umsetzen eines extrazellulären oder auch intrazellulären Signals in eine zelluläre Reaktion

→ dies geschieht nach dem Schema der:

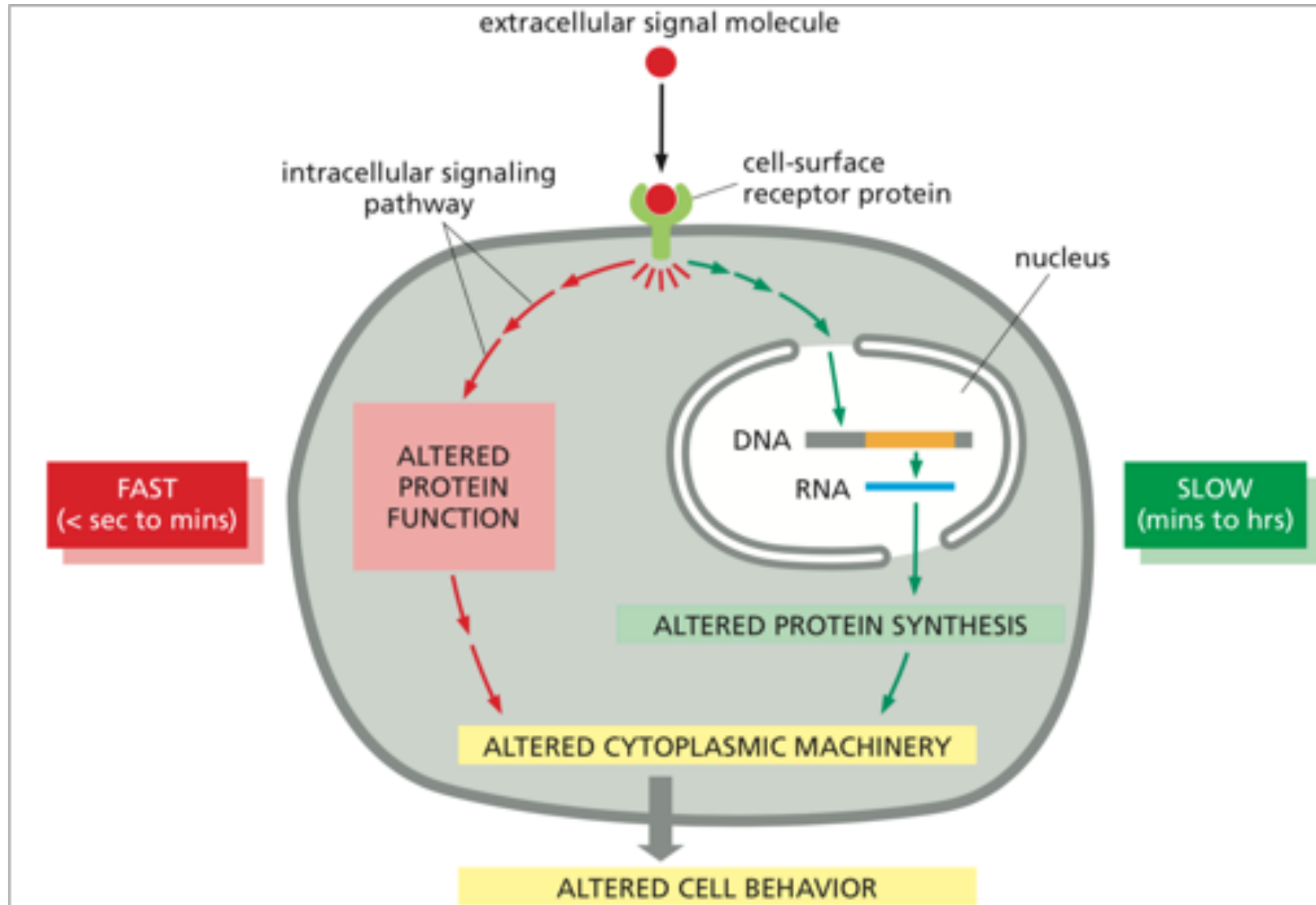
1. Rezeption eines physikalischen oder chemischen Reizes
2. Transfer des Reizes bzw. des Signals ins Zellinnere
3. Signalamplifikation durch eine intrazelluläre Signalkaskade
4. Modulation von Effektorsystemen
5. Adaption über negative Feedbackschleifen

Signalnetzwerke



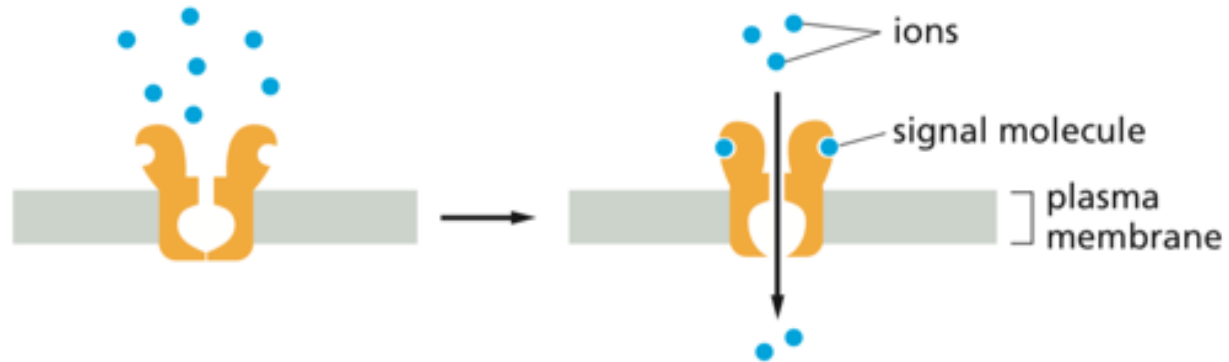
Zahlreiche dieser Signaltransduktionskaskaden sind heute bekannt; sie überkreuzen sich teilweise –
man spricht dann auch von Signalnetzwerken

Signaltransduktion: schnell und langsam!

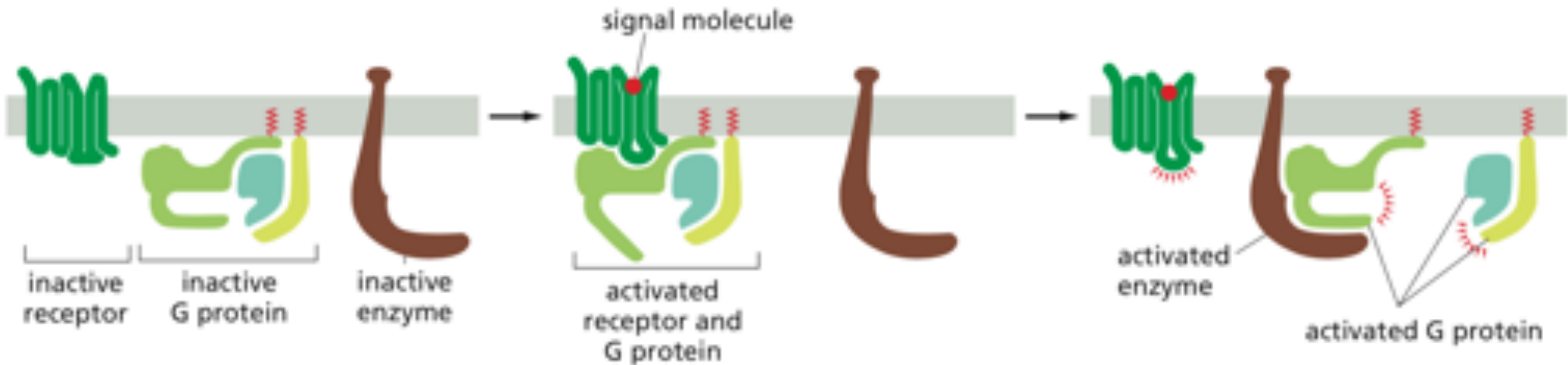


Überblick Signalrezeptoren

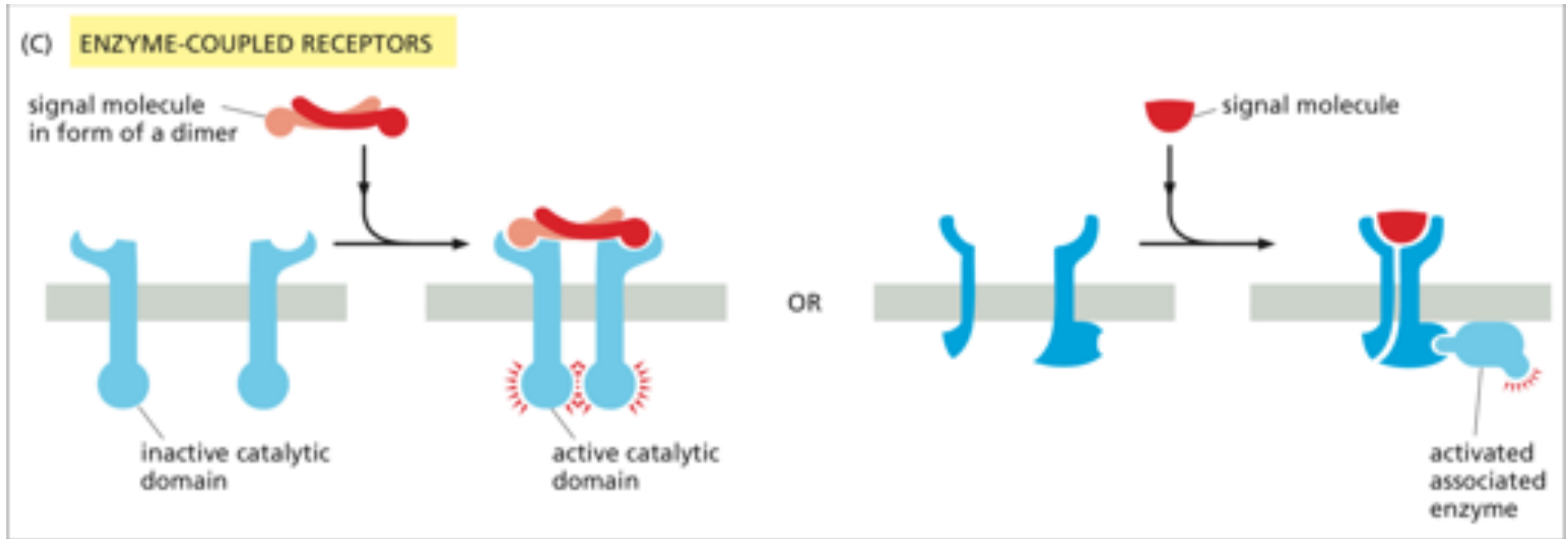
(A) ION-CHANNEL-COUPLED RECEPTORS



(B) G-PROTEIN-COUPLED RECEPTORS

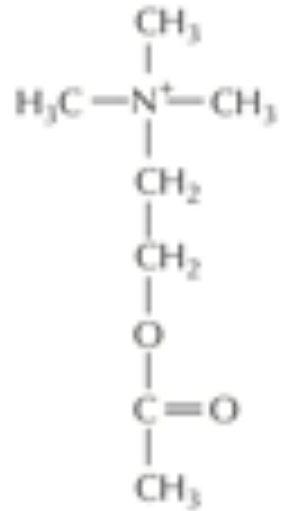


Überblick Signalrezeptoren

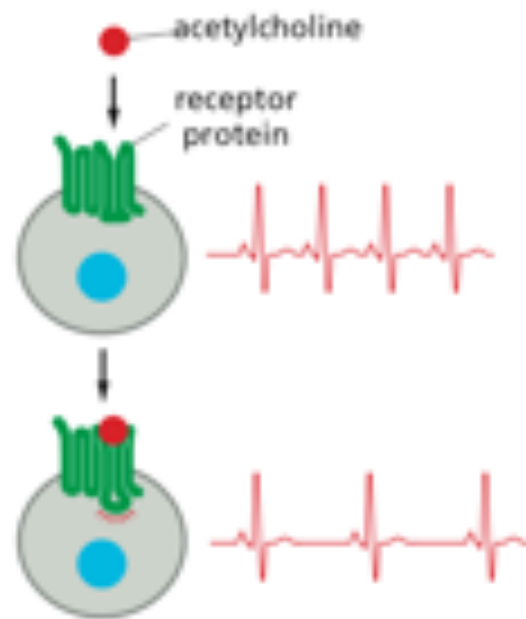


Überblick Signalrezeptoren

(A) acetylcholine

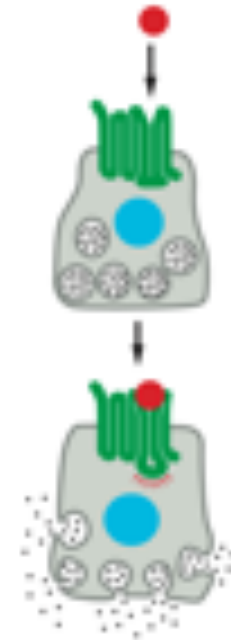


(B) heart pacemaker cell



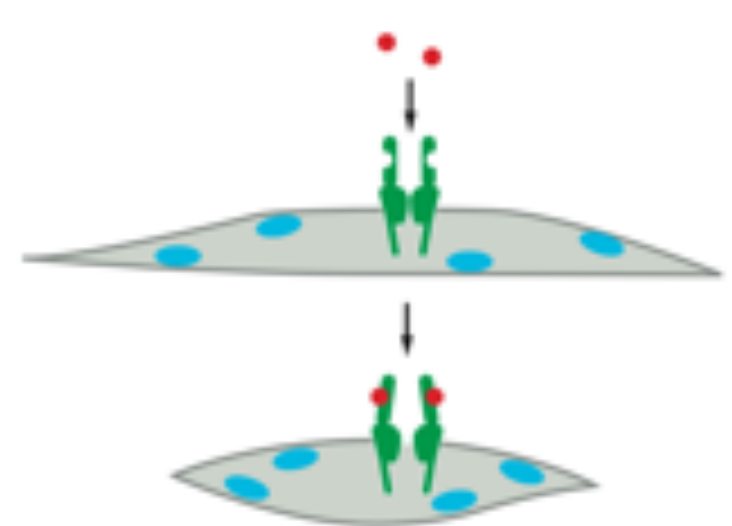
DECREASED RATE OF FIRING

(C) salivary gland cell



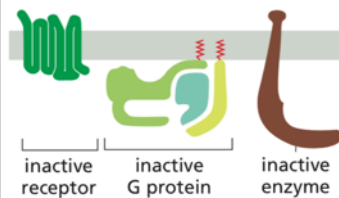
SECRETION

(D) skeletal muscle cell

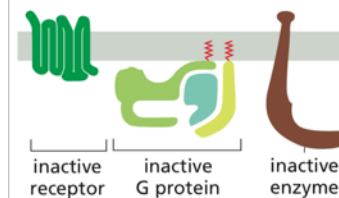


CONTRACTION

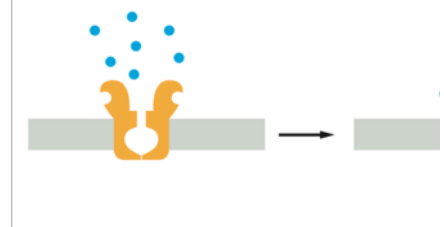
(B) G-PROTEIN-COUPLED RECEPTORS



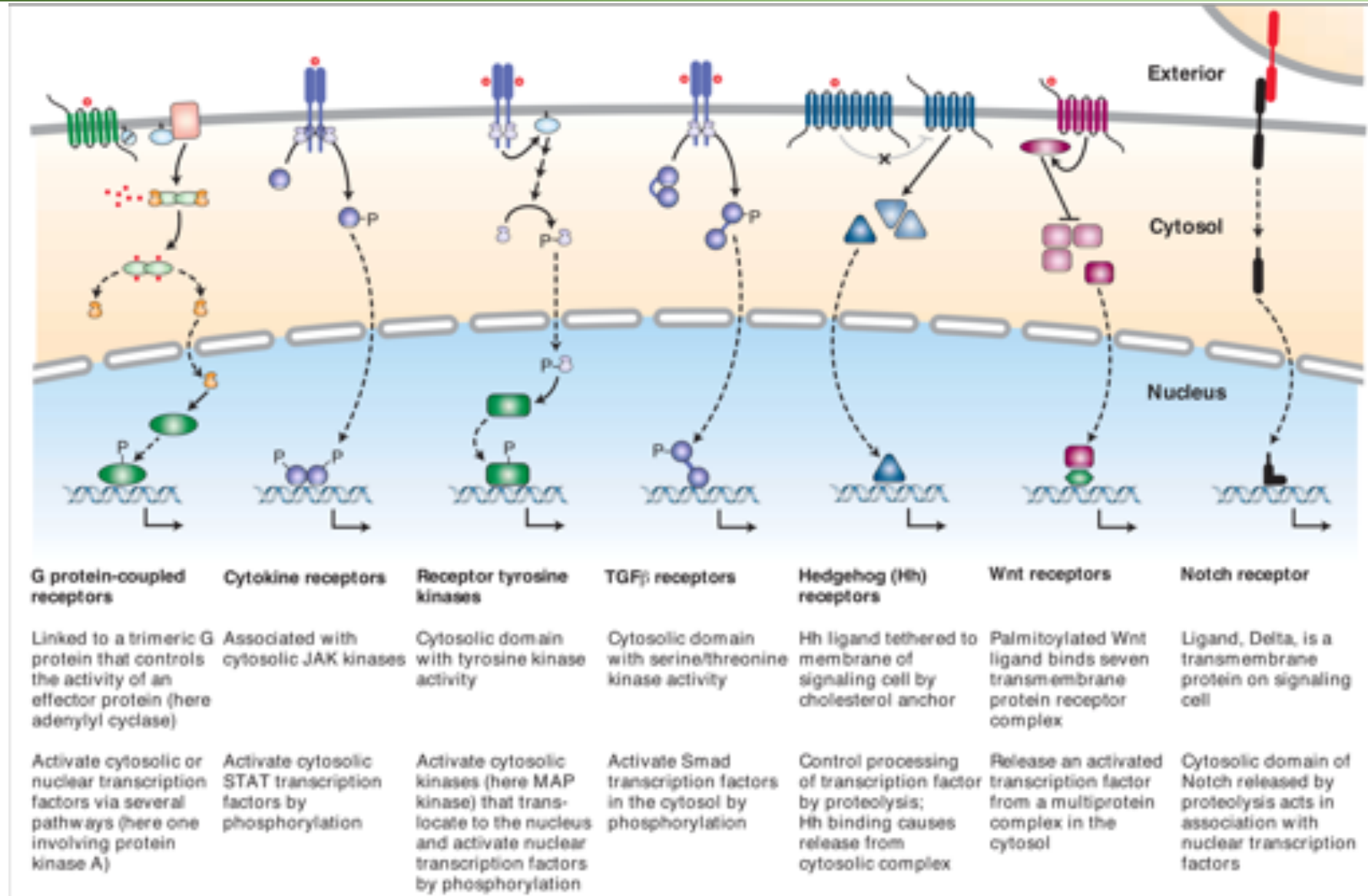
(B) G-PROTEIN-COUPLED RECEPTORS



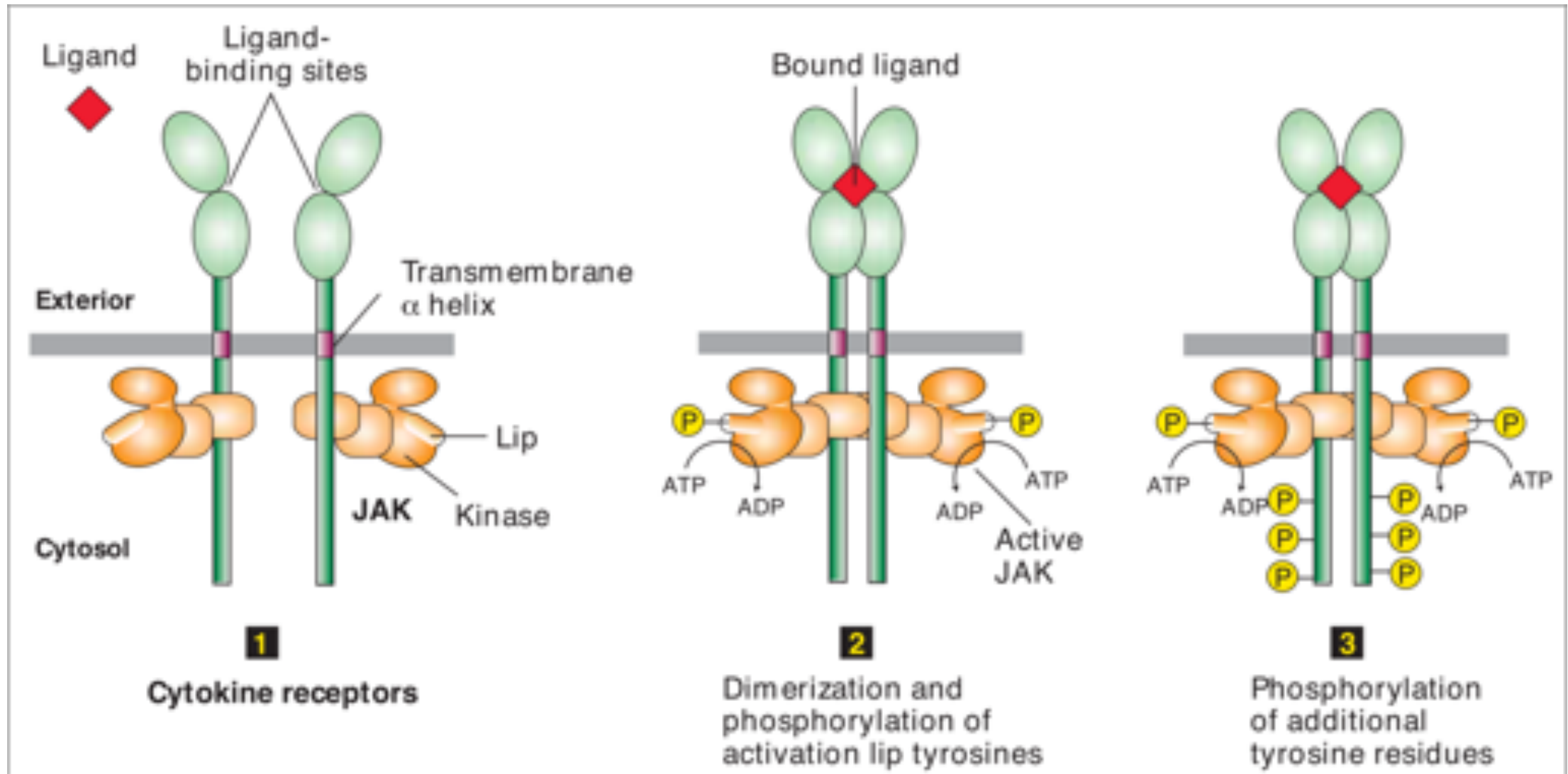
(A) ION-CHANNEL-COUPLED RECEPTORS



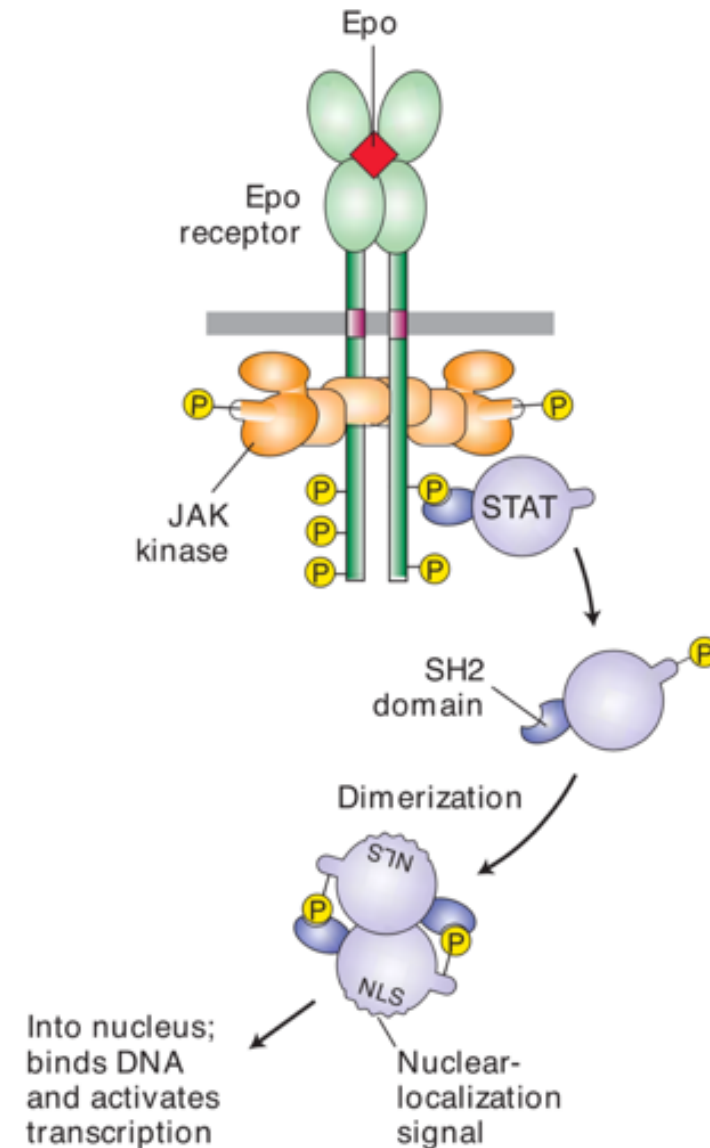
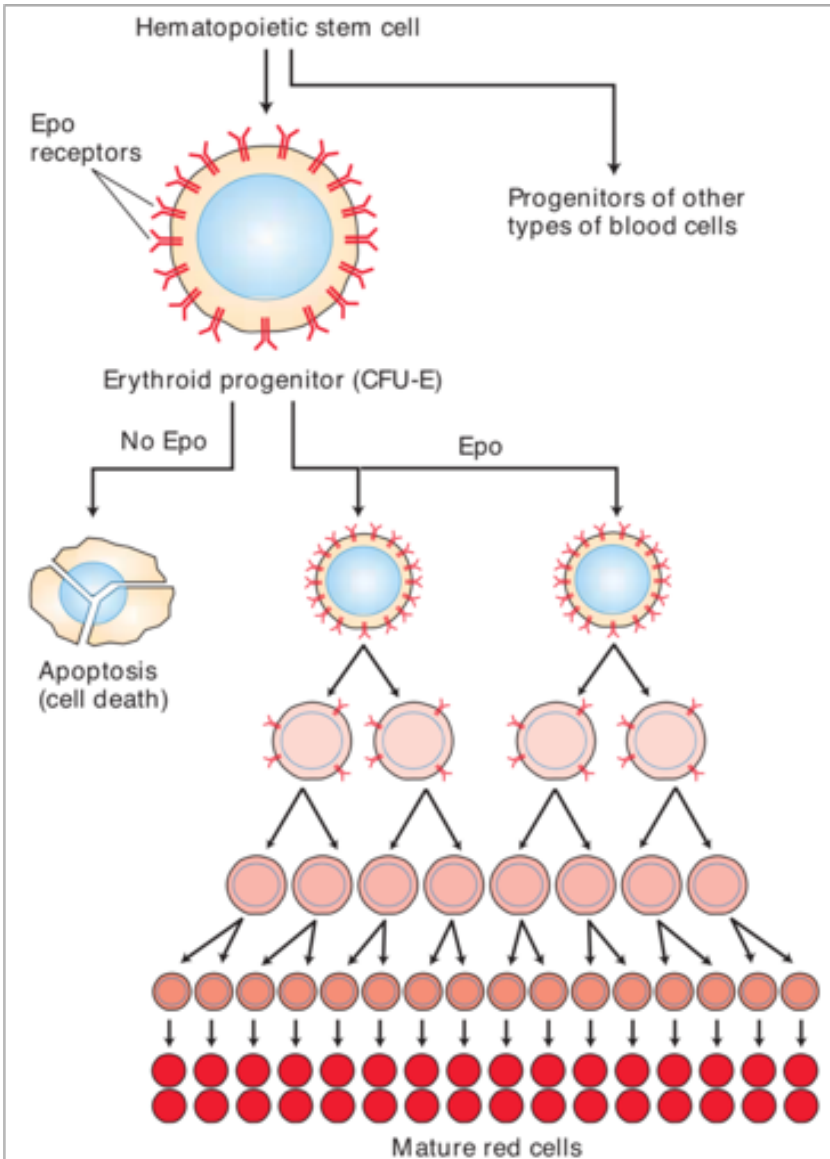
Überblick Signalrezeptoren



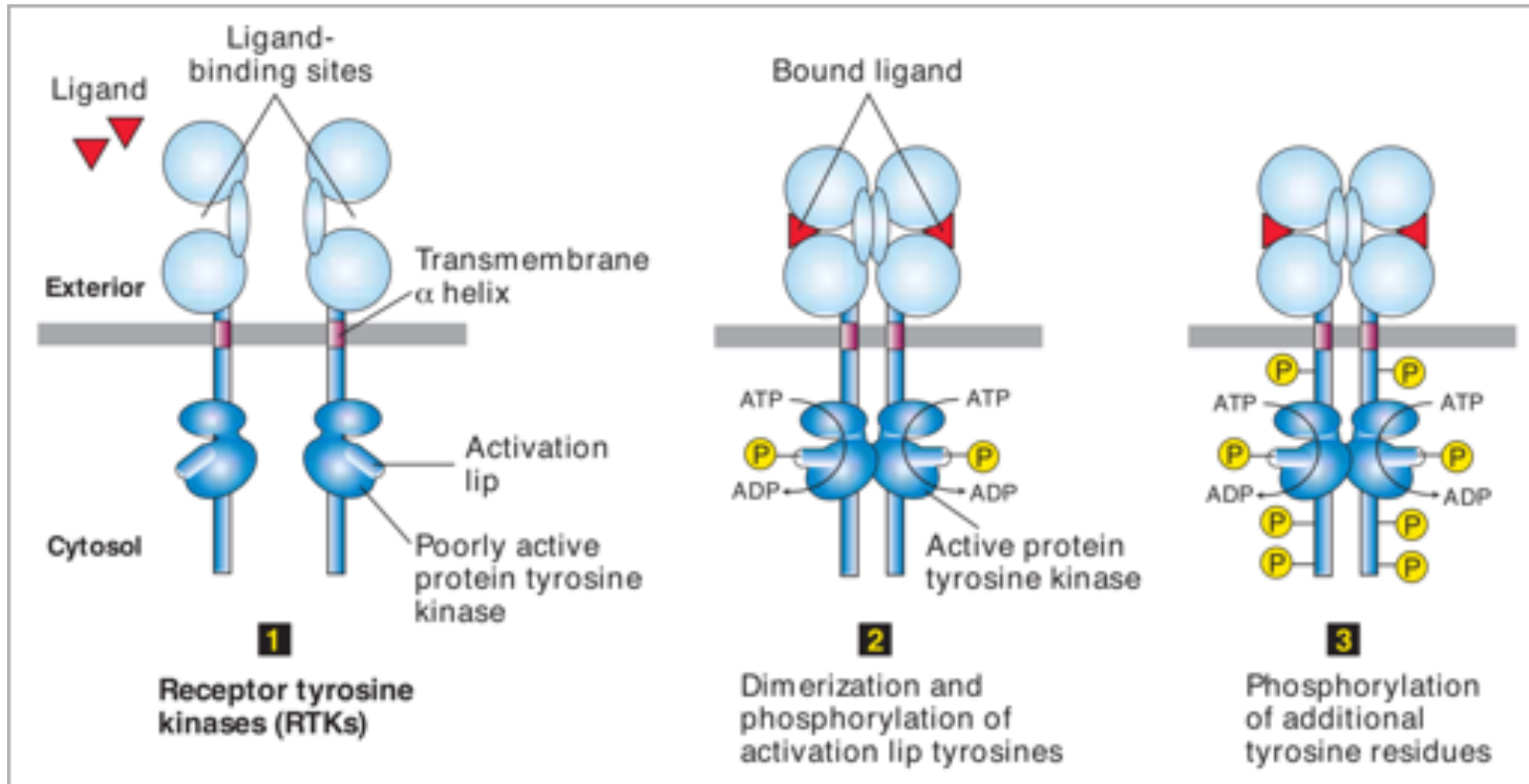
Zytokinrezeptoren



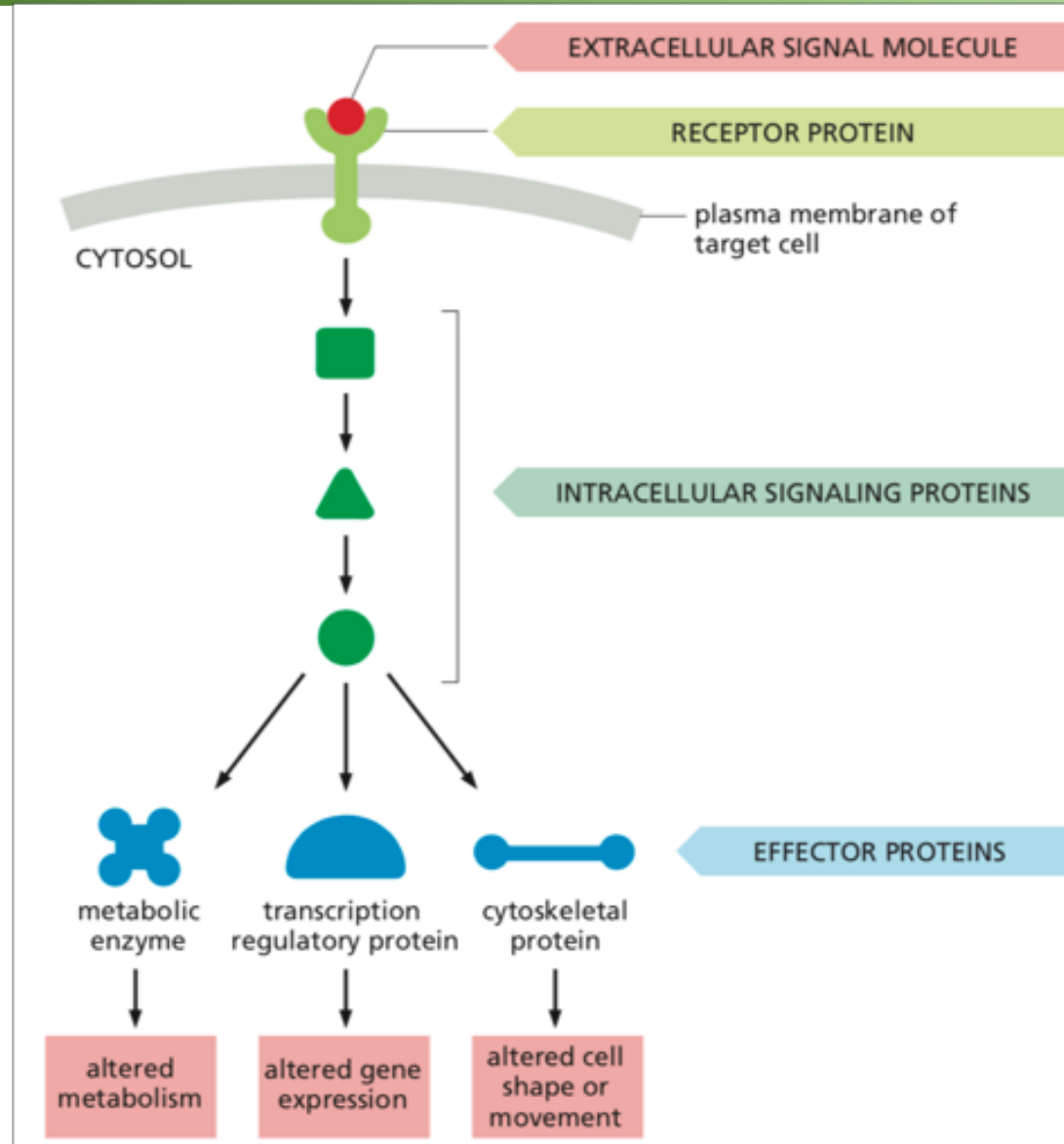
Zytokinrezeptoren – Beispiel – Erythropoietin (Epo)



Rezeptor-Tyrosinkinaserzeptoren



Überblick Signalrezeptoren – Zusammenfassung



Signaltransduktion dient...

- der Kommunikation von Zellen untereinander
- aber auch der intrazellulären Kommunikation zwischen verschiedenen Regulationsprozessen
 - d.h. die Signaltransduktion regelt somit alle bekannten zellulären Prozesse
 - und stimmt somit das Verhalten von Zellen auf ihr Umgebungsmilieu ab

Achtung für nächsten Montag 12.11.2018!
Die Vorlesung findet im
im Hörsaal der Kinderklinik statt!