

Fachhochschule Südwestfalen

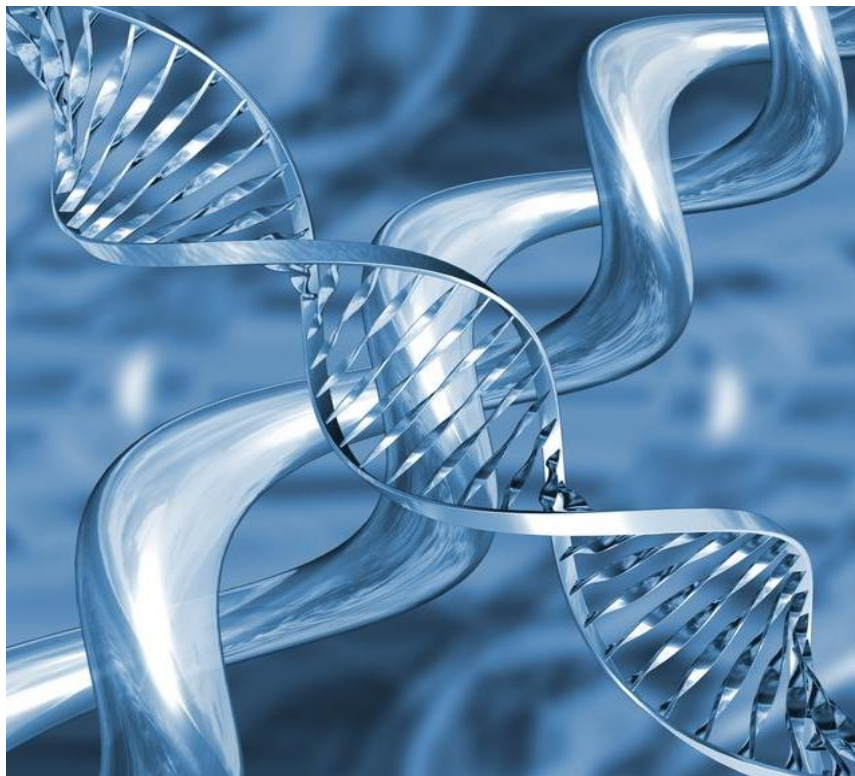
Standort Hagen

Fachbereich Technische Betriebswirtschaft

Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen

Der genetische Code

Die biochemischen Grundlagen des Lebens



Hausarbeit

Prof. Dr. rer. nat. Andreas de Vries

Sommersemester 2011

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	3
2. Aminosäuren und Proteine	4
3. DNA und RNA	5
4. Der genetische Code.....	6
5. Herstellung von Polypeptide	8
5.1. Transkription	8
5.1.1. Initiation	8
5.1.2. Elongation.....	9
5.1.3. Termination	10
5.1.4. RNA-Prozessierung	10
5.2. Translation.....	12
5.2.1. Transfer-RNA	12
5.2.2. Ribosom.....	12
5.2.3. Initiation	13
5.2.4. Elongation.....	14
5.2.5. Termination	16
5.2.6. Vom Polypeptid zum Protein.....	16
Literaturverzeichnis.....	17
Abbildungsverzeichnis.....	18

1. Einleitung

Die Bioinformatik ist eine relativ junge, interdisziplinäre Wissenschaft, die Probleme der modernen Biologie und Biochemie mit den Methoden von Informatik und Mathematik behandelt. Sie befasst sich vor allem mit den informatischen Grundlagen und Anwendungen der Speicherung, Organisation und Analyse von biologischen Daten. Anfangs stammten diese Daten hauptsächlich aus der Genetik, inzwischen wird die Bioinformatik aber auch in der Pharmazie, zur Vorhersage von Proteinstrukturen und –interaktion und vielem mehr. verwendet. Um mit diesen biologischen Daten arbeiten zu können, müssen zuerst die biologischen Zusammenhänge erklärt werden. Dazu dient diese Hausarbeit. Sie erläutert die biochemischen Grundlagen des Lebens.

Dabei wird zuerst auf die Bedeutung der Proteine und der Aminosäuren näher eingegangen. Es wird beschrieben, wie viele verschiedene Aminosäuren der Mensch braucht, um die lebenswichtigen Proteine herstellen zu können, und warum Proteine so wichtig sind.

Anschließend wird erläutert, was genau die DNA ist, aus was sie besteht, wie sie aufgebaut ist und wozu sie benötigt wird. Außerdem wird erläutert, was die RNA ist und wie sie sich von der DNA unterscheidet.

Die genetische Information ist in Codons verschlüsselt, von denen jedes bei der Proteinsynthese in eine bestimmte Aminosäure übersetzt wird. In diesem Teil der Hausarbeit wird gezeigt welches Codon für welche Aminosäure steht

Als nächstes wird die Herstellung der Proteine erläutert. Dieser Vorgang unterteilt sich in zwei Schritte, die Transkription und die Translation. Die Transkription beschreibt die Synthese der RNA anhand der DNA, die als Vorlage dient. Während der Translation wird mit Hilfe der RNA die Polypeptidkette hergestellt. In der Hausarbeit werden diese Vorgänge detailliert beschrieben.

2. Aminosäuren und Proteine

Proteine sind der Grundbaustein für alle lebenden Organismen. Sie sind nahezu an allen biologischen Prozessen im Körper beteiligt. Das Protein Hämoglobin transportiert zum Beispiel den Sauerstoff im Blut und unsere Knochen werden durch das Protein Kollagen zugbelastbar gemacht.¹ Auch unser Hormonhaushalt, unser Immunsystem und unser Nervensystem benötigt Proteine. Diese verschiedenen Proteine werden aus 20 Aminosäuren hergestellt, die kanonische Aminosäuren genannt werden.² Sie bilden den kleinsten Baustein des Lebens. Diese kanonischen Aminosäuren werden unterteilt in essenzielle, semi-essenzielle und nicht essenzielle Aminosäuren. Essenzielle Aminosäuren kann der Körper nicht selber herstellen, sie müssen mit der Nahrung aufgenommen werden. Für den Menschen sind die folgenden 8 Aminosäuren essenziell: Valin, Methionin, Leucin, Isoleucin, Phenylalanin, Tryptophan, Threonin und Lysin. Die Aminosäuren Arginin, Cystein, Histidin und Tyrosin werden semi-essenziell genannt. Sie sind nur für heranwachsende oder gesundheitlich angeschlagene Menschen essenziell.³

In den Genen ist der Bauplan der Proteine gespeichert, das heißt dort ist gespeichert welche Aminosäuren in welcher Reihenfolge miteinander verbunden werden müssen um ein bestimmtes Polypeptid herzustellen. Polypeptide sind Verknüpfungen von mehreren Aminosäuren, die in der richtigen Reihenfolge zu einer Kette verbunden sind. Polypeptide unterscheiden sich von Proteinen nur durch die Anzahl der miteinander verknüpften Aminosäuren, wobei nicht genau definiert ist, wie viele Aminosäuren ein Protein hat. In der Regel bezeichnet man Polypeptide, die aus mehr als 100 Aminosäuren bestehen, als Protein.⁴



Abbildung 1: Polypeptid⁵

¹ Vgl. http://www2.fz-juelich.de/portal/lw_resource/datapool/_pages/pdp_90/Marienhagen-Bausteine-des-Lebens.pdf, Aufruf vom 13.05.2011

² Vgl. <http://www.wissenschaft-online.de/abo/lexikon/bio/2870>, Aufruf vom 13.05.2011

³ Vgl. <http://www.lebensmittellexikon.de/e0000060.php>, Aufruf vom 21.05.2011

⁴ Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Peptid#Polypeptide>, Aufruf vom 21.05.2011

⁵ Vgl. <http://www.walter-w-schuler.com/1.html>, Aufruf vom 21.05.2011

3. DNA und RNA

Die Desoxyribonukleinsäure⁶ ist ein Biomolekül und kommt in allen Lebewesen und DNA-Viren vor. Sie besteht aus Nukleinsäuren, die wiederum aus vier verschiedenen Bausteinen, den Nukleotiden aufgebaut sind. Diese Nukleotiden bestehen alle aus einem Phosphat-Rest, unterscheiden sich aber durch ihre unterschiedlichen Basen Adenin, Thymin, Guanin und Cytosin. Sie werden oft mit ihren Anfangsbuchstaben abgekürzt. Diese Nukleinsäuren verbinden sich zu langen Ketten, die Polymere genannt werden, und haben die Form einer Doppelhelix.⁷ Dabei stehen sich Adenine und Thymin sowie Cytosine und Guanine immer gegenüber. Sie bilden sogenannte Basenpaare.

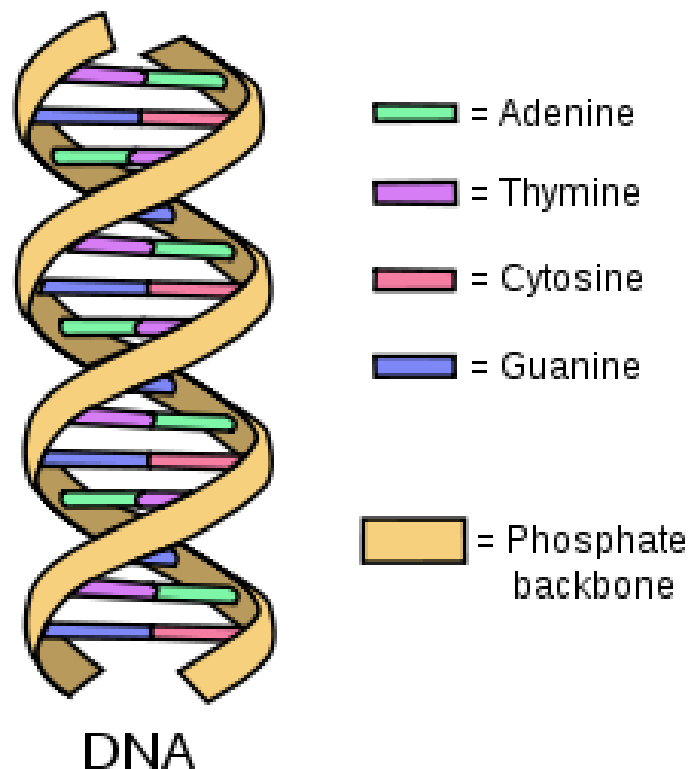


Abbildung 2: Aufbau und Form der DNA⁸

Die DNA enthält die Erbinformationen und die Gene, in denen wiederum die Information zur Herstellung der Ribonukleinsäuren⁹ enthalten sind.

⁶ Kurz DNS genannt. Auch in Deutschland ist die englische Abkürzung DNA (deoxyribonucleic acid) weiter verbreitet.

⁷ Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Desoxyribonukleins%C3%A4ure>, Aufruf vom 21.05.2011

⁸ Vgl. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:DNA_simple2.svg?uselang=de, Aufruf vom 21.05.2011

⁹ Kurz RNS genannt. Auch in Deutschland ist die englische Abkürzung RNA (ribonucleic acid) weiter verbreitet.

Die RNA ist genau wie die DNA ein Polymer von Nukleotiden. Allerdings unterscheiden sich die Basen der Nukleotiden. Die DNA und die RNA haben beide die Basen Adenin, Guanin und Cytosin, aber dass in der DNA enthaltene Thymin wird in der RNA durch Uracil ersetzt. In der Regel ist die RNA einsträngig und nicht zweisträngig wie die DNA.

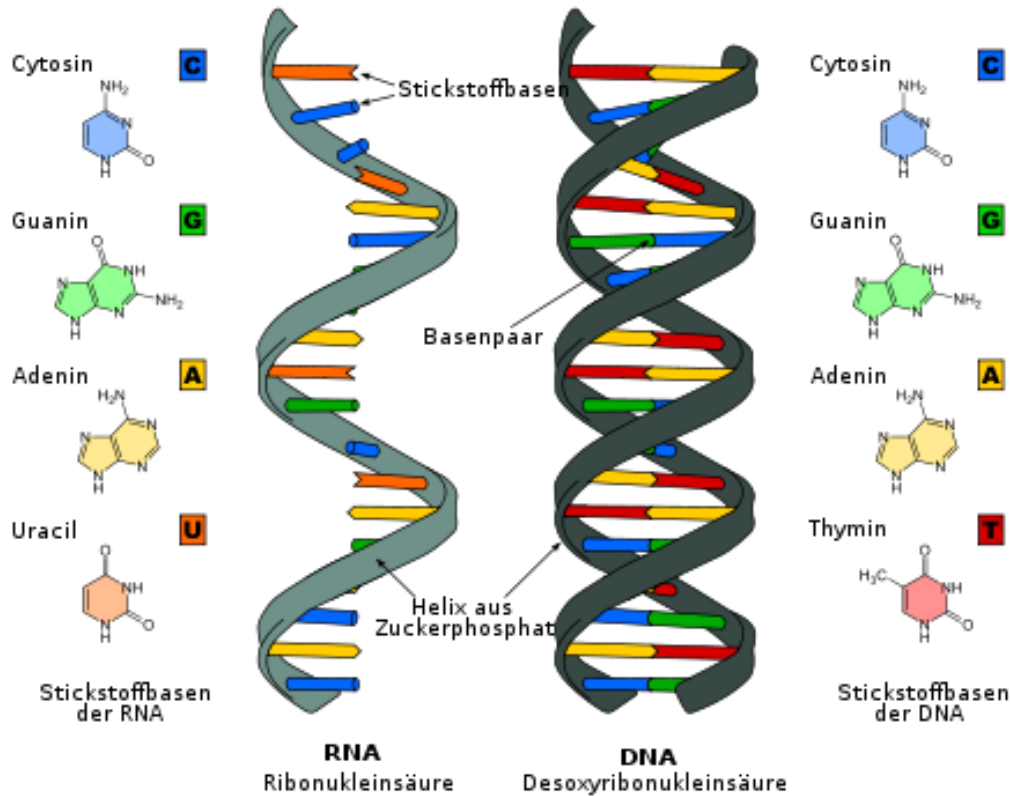


Abbildung 3: Unterschied zwischen RNA und DNA¹⁰

Eine der wesentlichen Funktionen der RNA ist die Herstellung der Proteine. Sie fungiert in Form der mRNA¹¹ als Informationsüberträger und ermöglicht so die Proteinbiosynthese.¹²

4. Der genetische Code

Der Informationsfluss vom Gen zum Protein wird oft mit der Sprache verglichen. Die vier Typen von Nukleotiden entsprechen dabei den Buchstaben unserer geschriebenen Sprache. In der Sprache haben bestimmte Buchstaben in einer präzisen Reihenfolge eine festgelegte Bedeutung. Zum Beispiel wird mit dem Wort *Nebel* das Wetter beschrieben, während das Wort *Leben*, das aus den gleichen Buchstaben aber in einer anderen Reihenfolge besteht, eine ganz andere Bedeutung hat. Die Nukleotide können also als Alphabet der Vererbung bezeichnet werden. Die spezifische Reihenfolge der vier Buchstaben, mit denen die vier Nukleotide abgekürzt werden, codieren die Informationen eines Gens.¹³ Da man durch die

¹⁰ Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Ribonukleins%C3%A4ure>, Aufruf vom 21.05.2011

¹¹ mRNA steht für messenger-RNA also Boten-RNA

¹² Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Ribonukleins%C3%A4ure>, Aufruf vom 21.05.2011

¹³ Vgl. Neil A. Capell, Biologie, S. 7

Kombination von jeweils zwei Buchstaben nur 4^2 also 16 der 20 Aminosäuren codieren könnte, ging man davon aus, dass immer drei Nukleotidkombination für eine bestimmte Aminosäure stehen. Die kleinsten Codewörter, mit denen alle 20 Aminosäuren codiert werden können, sind also Triplets von Nukleotidbasen, die sogenannten Codons. Experimente beweisen in den frühen 1960er Jahren diese Vermutung.¹⁴ Inzwischen wurden alle 64 (4^3) möglichen Kombinationen entschlüsselt. Man sieht, dass der genetische Code redundant, aber eindeutig ist. Die folgende Abbildung zeigt, was die einzelnen Kombinationen bedeuten.

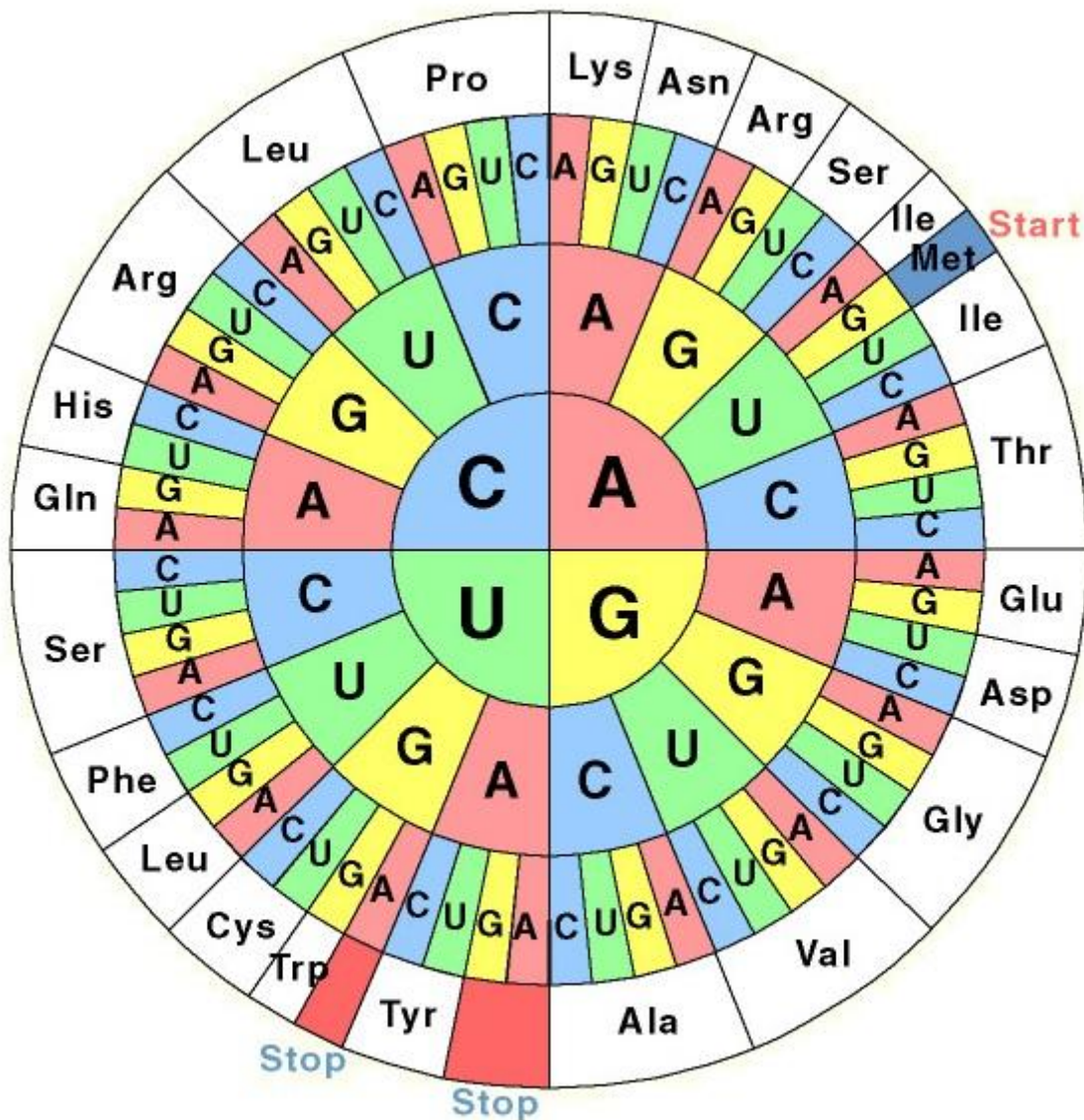


Abbildung 4: "Sonnendarstellung" des genetischen Codes¹⁵

¹⁴ Vgl. Neil A. Capell, Biologie, S. 329

¹⁵ Vgl.

http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/5/bc/vlus/gen_protein.vlu/Page/vsc/de/ch/5/bc/gen_protein/genet_code.vscml.html, Aufruf vom 21.05.2011

5. Herstellung von Polypeptiden

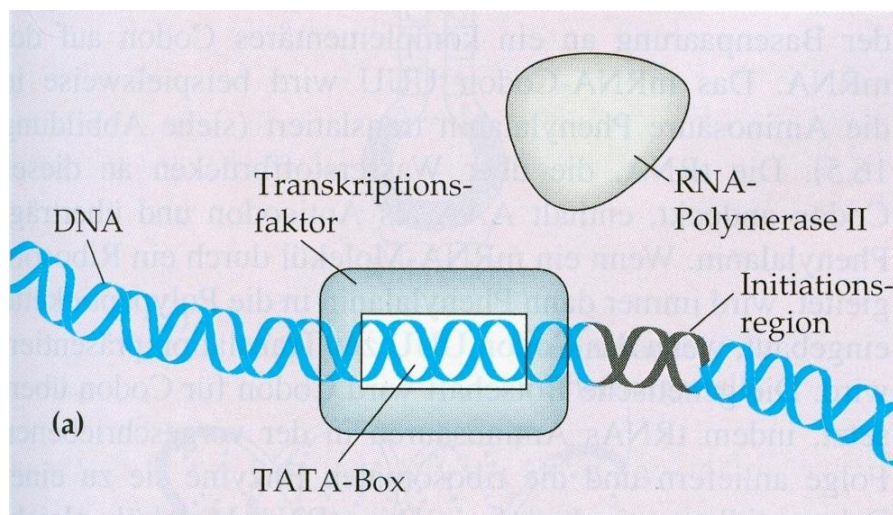
Es sind zwei Zwischenschritte nötig, um mit Hilfe der Informationen in den Genen Polypeptide, also Proteine, herstellen zu können. Der erste Schritt ist die Transkription, der zweite die Translation. Diese Schritte werden nun detaillierter beschrieben.

5.1. Transkription

Bei der Transkription wird ein kleiner Abschnitt der DNA (ein Gen) abgeschrieben. Es wird also eine RNA als Genkopie synthetisiert, die mRNA.¹⁶ Die Transkription wird in drei Einzelschritte unterteilt. Die Initiation, Elongation und die Termination. Bei Eukaryoten¹⁷ gibt es einen weiteren Schritt, die RNA-Prozessierung.

5.1.1. Initiation

Enzyme, die RNA-Polymerasen II genannt werden, ermöglichen das „Abschreiben“ des Gens. Die RNA-Polymerasen II Moleküle befinden sich im Zellkern einer menschlichen Zelle. Sie binden sich an bestimmte Bereiche der DNA an. Diese Bereiche werden Promotoren genannt. Ein Promotor setzt sich aus der Initiationsregion, an der die Transkription beginnt, und mehreren Nukleotiden davor zusammen. Die RNA-Polymerasen II erkennen den Promotor nur anhand bestimmter Motive. Bei Eukaryoten, also auch beim Menschen, wird diese Stelle durch die TATA-Box gekennzeichnet. Das ist eine Basensequenz, die viel Thymin (T) und Adenin (A) enthält. Sie liegt etwa 25 Nukleotide vor der Initiationsstelle. Mit Hilfe weiterer Proteine, die Transkriptionsfaktoren genannt werden, kann die RNA-Polymerase II den Promotor finden und sich an ihn binden. Sobald sie mit der DNA verbunden ist, trennt sie die beiden Stränge der Doppelhelix auf und beginnt mit der Transkription.¹⁸



¹⁶ Vgl. <http://www.zum.de/Faecher/Materialien/beck/13/bs13-4.htm>, Aufruf vom 21.05.2011

¹⁷ Eukaryoten sind Lebewesen mit Zellkern. Sie stellen neben den Bakterien und Archäen eine der drei Domänen in der Systematik der Lebewesen dar.

¹⁸ Vgl. Neil A. Capell, Biologie, S. 333

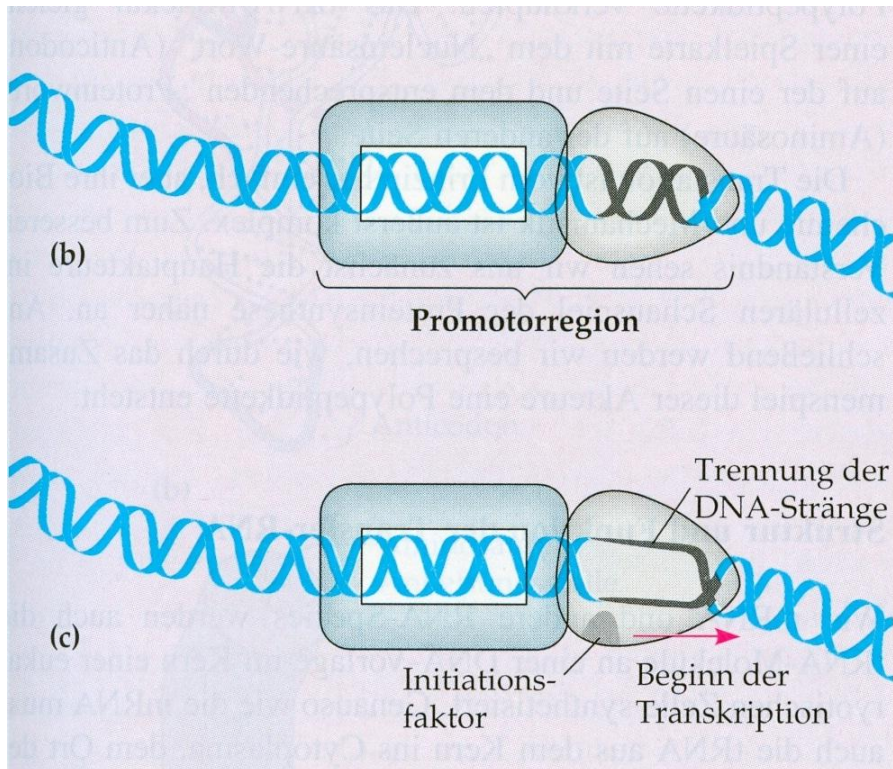


Abbildung 5: Initiierung der Transkription¹⁹

5.1.2. Elongation

Die RNA-Polymerase II läuft über die DNA hinweg und entspiralisiert die Doppelhelix dabei Windung für Windung. Sie trennt die beiden Einzelstränge und legt so ungefähr zehn Basen zur Paarung mit RNA-Nukleotiden frei. Im Kielwasser der fortschreitenden RNA-Synthese löst sich das RNA-Molekül von der DNA-Matrize ab. Dies geschieht in einer Geschwindigkeit von 60 Nukleotiden pro Sekunde. Ein einzelnes Gen kann gleichzeitig von mehreren RNA-Polymerasen transkribiert werden. So kann eine Zelle ein bestimmtes Protein in kurzer Zeit in großer Zahl herstellen.²⁰

¹⁹ Vgl. Neil A. Capell, Biologie, S. 333

²⁰ Vgl. Neil A. Capell, Biologie, S. 333

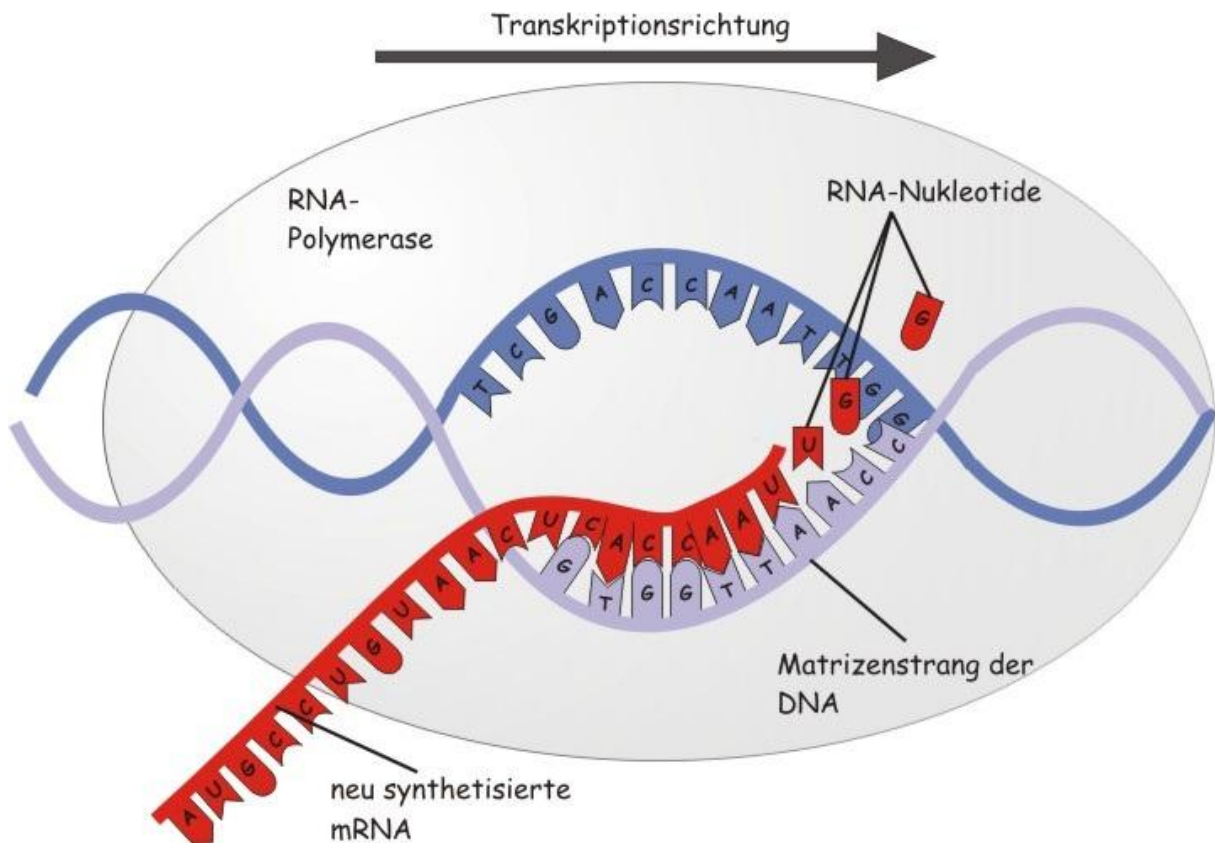


Abbildung 6: Elongation²¹

5.1.3. Termination

Dieser Vorgang der Transkription setzt sich so lange fort, bis die RNA-Polymerase die Terminationsstelle erreicht. Das ist eine bestimmte Basensequenz. Die gebräuchlichste Terminationssequenz bei Eukaryoten ist AATAAA. Sie gibt der RNA-Polymerase das Signal zum Stop der Transkription und zur Freisetzung der synthetisierten mRNA.

5.1.4. RNA-Prozessierung

Die RNA-Prozessierung findet nur bei Eukaryoten statt. Hier wird ein Großteil der ursprünglich transkribierten RNA entfernt. Die Gene der Eukaryoten und somit auch ihre RNA-Transkripte beinhalten lange, nicht codierende Nukleotidfolgen. Diese nicht codierenden Sequenzen sind zwischen den codierenden Sequenzen eines Gens und somit auch auf seiner RNA, gestreut. Diese RNA, die sowohl die codierenden als auch die nicht codierenden Sequenzen beinhaltet, wird Prä-mRNA genannt. In einem Schneide- und Klebvorgang, der als RNA-Spleißen bezeichnet wird, werden die nicht codierenden

²¹ Vgl. <http://www.guidobauersachs.de/genetik/transk.html>, Aufruf vom 21.05.2011

Sequenzen heraus geschnitten und die übrigen, codierenden Sequenzen aneinander geklebt. So entsteht die mRNA, die nun den Zellkern verlassen kann.²²

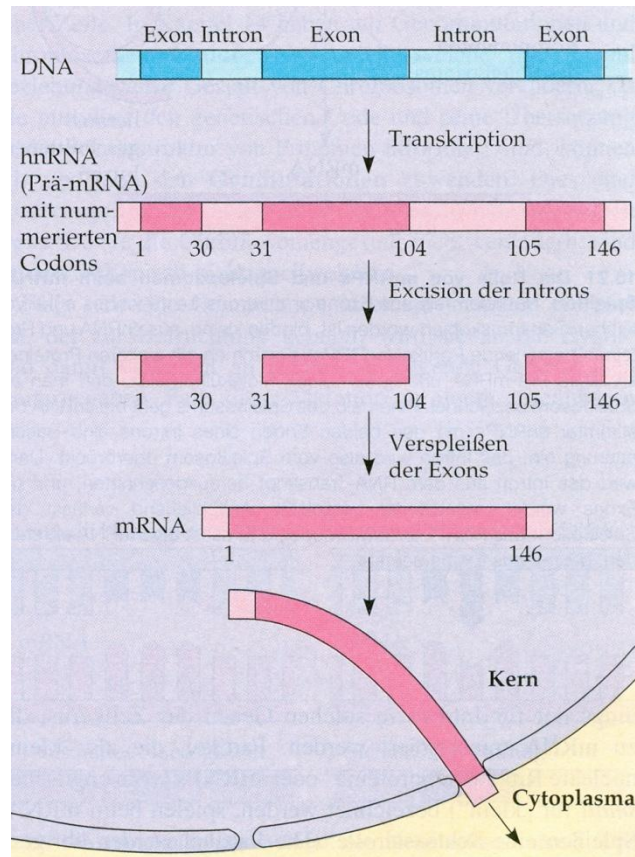


Abbildung 7: RNA-Prozessierung²³

²² Vgl. Neil A. Capell, Biologie, S. 343

²³ Vgl. Neil A. Capell, Biologie, S. 343

5.2. Translation

Bei der Translation übersetzt die Zelle die genetische Information und baut nach dieser Anweisung ein Protein auf. An der Translation ist die mRNA, die bei der Transkription gebildet wurde, die sogenannte Transfer-RNA (tRNA) und das Ribosom beteiligt.

5.2.1. Transfer-RNA

Die tRNA ist sowas wie ein Adapter zwischen der Aminosäure und den RNA-Codon auf dem mRNA-Molekül. Sie stellen die Verbindung zwischen einem bestimmten Codon auf der mRNA und einer passenden Aminosäure dar. Ihre Aufgabe ist es, Aminosäuren aus dem cytoplasmatischen Aminosäure-Reservoir²⁴ zum Ribosom zu transportieren. Die tRNA-Moleküle sind nicht alle gleich. An einem Ende trägt die tRNA eine Aminosäure, am anderen Ende besitzt sie ein Triplet, das man als Anticodon bezeichnet. Mit diesem Anticodon bindet sich die tRNA entsprechend den Regeln der Basenpaarung an das passende Codon der mRNA. Zum Beispiel wird aus dem mRNA-Codon UUU die Aminosäure Phenylalanin translatiert. Das tRNA-Molekül, das diese Aminosäure transportieren und an dem mRNA-Codon andocken kann, hat den Anticodon AAA.²⁵

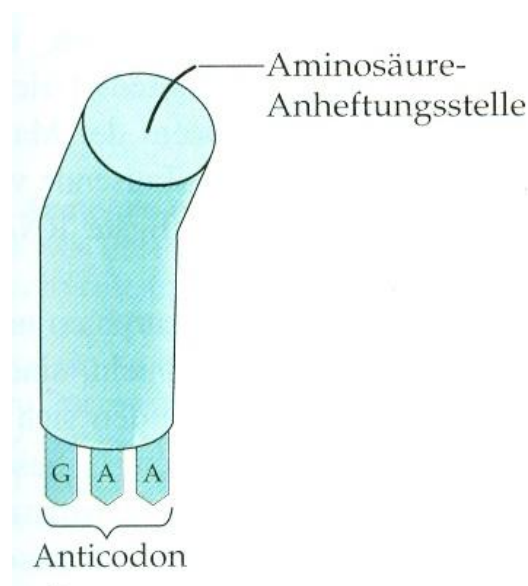


Abbildung 8: Transfer-RNA²⁶

5.2.2. Ribosom

Ribosomen sind eiförmige Zellorganellen mit einem Durchmesser von etwa 25 nm. Sie bestehen aus zwei Teilen, die man große und kleine Untereinheit nennt. Das Ribosom bringt die mRNA mit der aminosäurebeladenen tRNA zusammen. Dazu braucht es drei

²⁴ Jede Zelle hat in ihrem Cytoplasma einen Vorrat aller 20 Aminosäuren. Diese Aminosäuren wurden entweder aus Vorstufen synthetisiert oder aus dem umgebenen Medium aufgenommen.

²⁵ Vgl. Neil A. Capell, Biologie, S. 343

²⁶ Vgl. Neil A. Capell, Biologie, S. 335

Bindungsstellen, die mRNA-Bindungsstelle, die P-Stelle (Peptidyl-tRNA-Stelle) und die A-Stelle (Aminoacyl-tRNA-Stelle). Die P-Stelle bindet die tRNA mit der wachsenden Polypeptidkette, während die A-Stelle die tRNA aufnimmt, die eine neu anzuknüpfende Aminosäure anliefern.²⁷

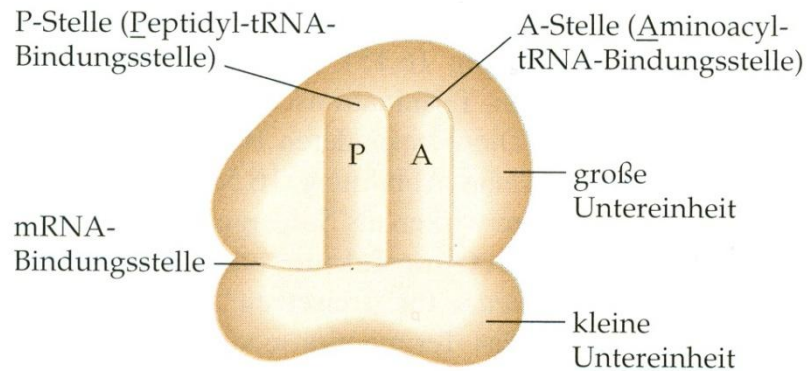


Abbildung 9: Ribosom²⁸

5.2.3. Initiation

Die Initiation ist der erste Schritt der Translation. Hier verbinden sich die mRNA mit der kleinen Untereinheit des Ribosoms. Der erste Codon der mRNA ist immer der Codon AUG, er wird auch Initiationscodon genannt. Wenn sich die passende Initiator-tRNA mit der mRNA verbunden hat, tritt die große Untereinheit des Ribosoms dazu. So entsteht ein funktionsfähiges Ribosom. Nun steht die Initiator-tRNA an der P-Stelle des Ribosoms. Die A-Stelle ist frei und bereit die nächste tRNA aufzunehmen.²⁹

²⁷ Vgl. Neil A. Capell, Biologie, S. 336f

²⁸ Vgl. Neil A. Capell, Biologie, S. 337

²⁹ Vgl. Neil A. Capell, Biologie, S. 338

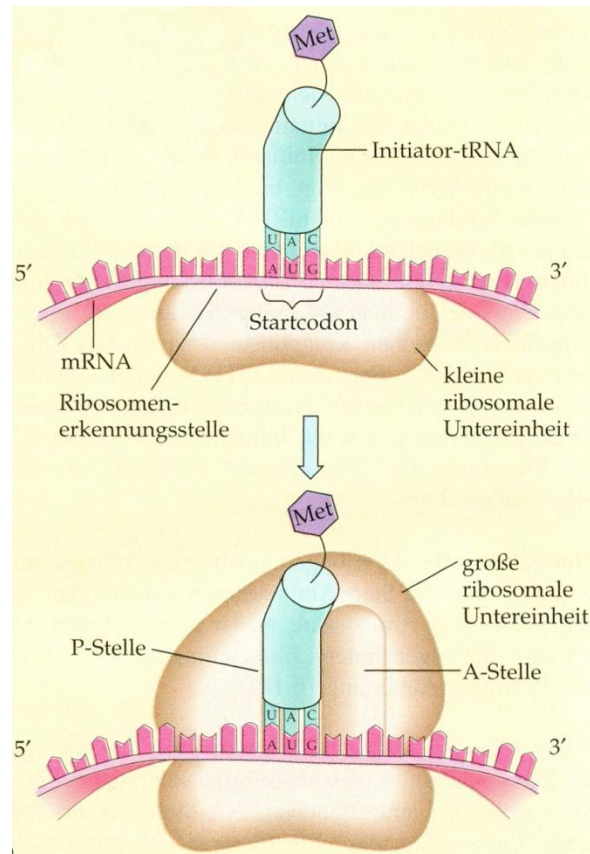


Abbildung 10: Initiation der Translation³⁰

5.2.4. Elongation

Bei der Elongation wird eine Aminosäure nach der anderen an die Start-Aminosäure gehängt. Dies erfolgt in drei Schritten. Der erste Schritt ist die Codonerkennung. Dabei wird ein eintreffendes, aminosäurebeladenes tRNA-Molekül mit passendem Anticodon in die A-Stelle des Ribosoms geschoben. Im zweiten Schritt trennt sich die schon bereits gebildete Polypeptidkette von der tRNA in der P-Stelle und hängt sich an die Aminosäure der tRNA in der A-Stelle. Der dritte Schritt ist die Translokation. Hier trennt sich die tRNA an der P-Stelle vom Ribosom ab und die tRNA an der A-Stelle, die nun die Polypeptidkette trägt, wird an die P-Stelle verschoben. Da die tRNA mit der mRNA verbunden ist, verschiebt diese sich auch und ein neuer Codon wird frei.³¹

³⁰ Vgl. Neil A. Capell, Biologie, S. 338

³¹ Vgl. Neil A. Capell, Biologie, S. 338

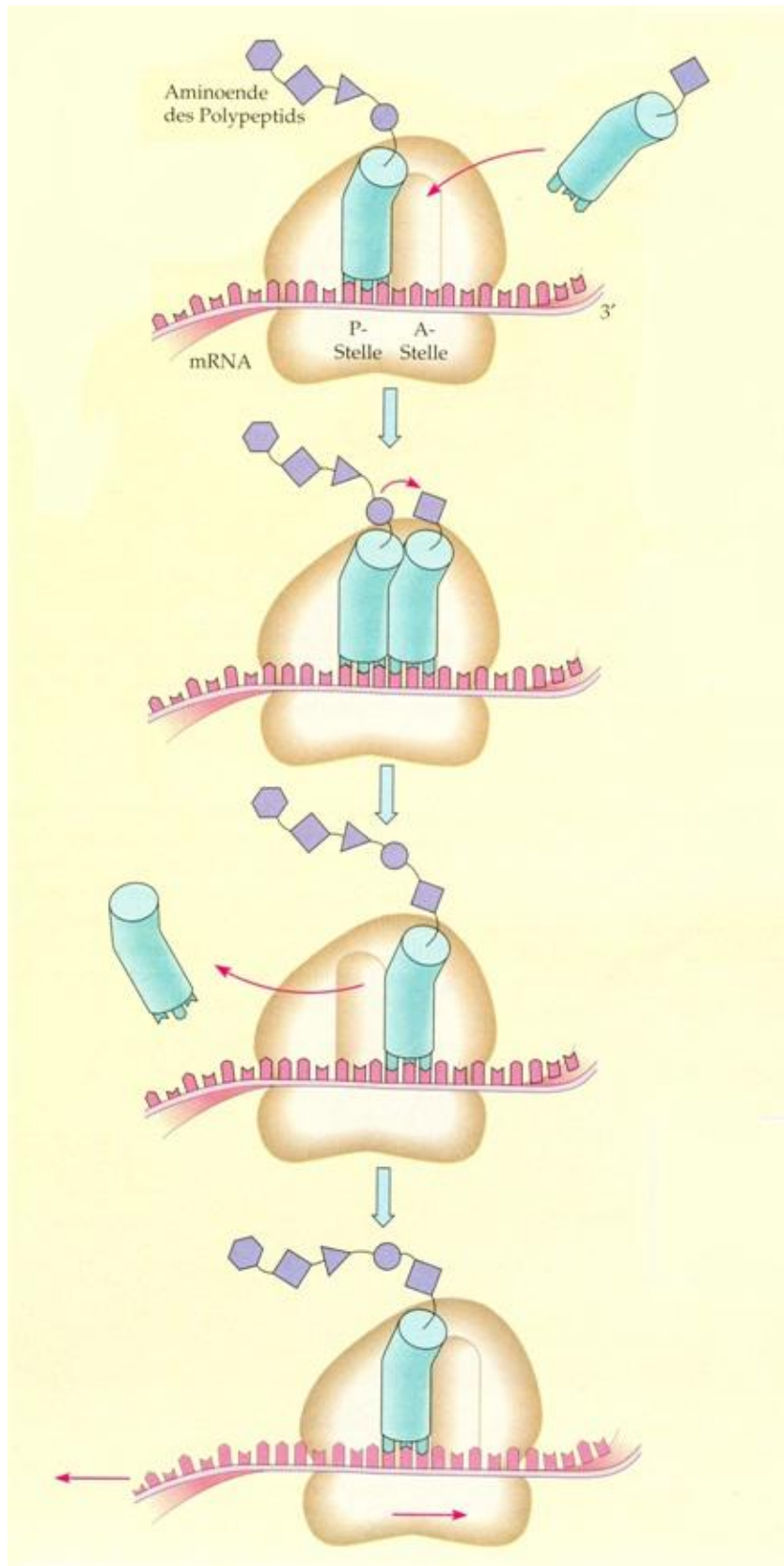


Abbildung 11: Elongationszyklus der Translation³²

³² Vgl. Neil A. Capell, Biologie, S. 339

5.2.5. Termination

Die Termination ist das letzte Stadium der Translation. Die Elongation wird solange fortgesetzt bis ein Stop- oder Terminationscodon (UAA, UAG und UGA) an die A-Stelle des Ribosoms rückt. Sofort besetzt ein Protein, das als Freisetzungsfaktor oder Release-Faktor bezeichnet wird, die A-Stelle. Dieser Freisetzungsfaktor trennt die Polypeptidkette von der letzten tRNA ab. Das Ribosom setzt die fertige Polypeptidkette und die mRNA frei und zerteilt sich wieder in seine große und kleine Untereinheit.³³

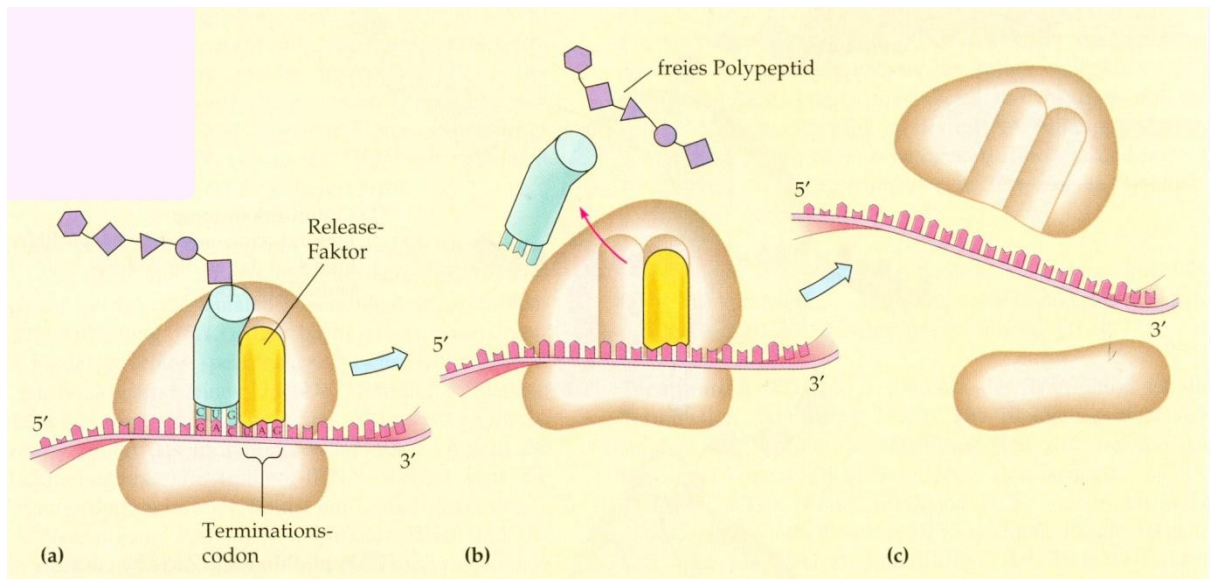


Abbildung 12: Termination der Translation³⁴

5.2.6. Vom Polypeptid zum Protein

Während und nach seiner Synthese beginnt sich die Polypeptidkette räumlich zu falten. Sie bildet dabei die für das funktionierende Protein typische Konformation aus. Unter Umständen müssen noch andere „posttranslationale Modifikationen“ durchgeführt werden, damit das Protein seine Aufgaben in der Zelle erfüllen kann. Bestimmte Polypeptide werden zum Beispiel durch das Anheften von Zucker, Lipiden, Phosphatgruppen oder anderen Komponenten modifiziert.³⁵

³³ Vgl. Neil A. Capell, Biologie, S. 338

³⁴ Vgl. Neil A. Capell, Biologie, S. 340

³⁵ Vgl. Neil A. Capell, Biologie, S. 338 und 339

Literaturverzeichnis

Bauersachs: <http://www.guidobauersachs.de/genetik/transk.html>, Aufruf vom 21.05.2011

Capell, Neil A.: Biologie, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag GmbH, 1997

Chemgaroo:

http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/5/bc/vlus/gen_protein.vlu/Page/vsc/de/ch/5/bc/gen_protein/genet_code.vscml.html, Aufruf vom 21.05.2011

Jülich Forschungszentrum: http://www2.fz-juelich.de/portal/lw_resource/datapool/pages/pdp_90/Marienhagen-Bausteine-des-Lebens.pdf, Aufruf vom 13.05.2011

Lebensmittellexikon: <http://www.lebensmittellexikon.de/e0000060.php>, Aufruf vom 21.05.2011

Schuler, Walter W.: <http://www.walter-w-schuler.com/1.html>, Aufruf vom 21.05.2011

Wikipedia: <http://de.wikipedia.org/wiki/Peptid#Polypeptide>, Aufruf vom 21.05.2011

Wikipedia: <http://de.wikipedia.org/wiki/Desoxyribonukleins%C3%A4ure>, Aufruf vom 21.05.2011

Wikipedia: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:DNA_simple2.svg?uselang=de, Aufruf vom 21.05.2011

Wikipedia: <http://de.wikipedia.org/wiki/Ribonukleins%C3%A4ure>, Aufruf vom 21.05.2011

Wissenschaft online: <http://www.wissenschaft-online.de/abo/lexikon/bio/2870>, Aufruf vom 13.05.2011

Zentrale für Unterrichtsmedien: <http://www.zum.de/Faecher/Materialien/beck/13/bs13-4.htm>, Aufruf vom 21.05.2011

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Polypeptid	4
Abbildung 2: Aufbau und Form der DNA	5
Abbildung 3: Unterschied zwischen RNA und DNA	6
Abbildung 4: "Sonnendarstellung" des genetischen Codes	7
Abbildung 5: Initiation der Transkription	9
Abbildung 6: Elongation	10
Abbildung 7: RNA-Prozessierung	11
Abbildung 8: Transfer-RNA	12
Abbildung 9: Ribosom	13
Abbildung 10: Initiation der Translation	14
Abbildung 11: Elongationszyklus der Translation	15
Abbildung 12: Termination der Translation	16