**Infotexte zu Bau und Funktion der direkt oder indirekt an der Proteinbiosynthese beteiligten Zellbestandteile**

**Bau und Funktion des Cytoplasmas und seine Rolle bei der Proteinbiosynthese**

Das Cytoplasma ist sozusagen die Grundsubstanz der Zelle. Es hat in etwa die Konsistenz eines Gels und füllt die Zelle aus. Die Organellen und weitere Zellbestandteile liegen in diese Grundsubstanz eingebettet.

Man unterscheidet beim Cytoplasma das Cytosol, die wässrige Lösung, vom Cytoskelett, einer Gruppe von Proteinen, welche dem Zellinneren Festigkeit und Form verleihen.

Das Cytoplasma besteht zu ca. 85 % aus Wasser. Die restlichen Bestandteile sind vor allem darin gelöste Proteine, Fette und Kohlenhydrate, DNA-Bausteine, die sogenannten Desoxyribonucleosidtriphosphate und die drei verschiedenen RNA-Arten m-RNA, r-RNA und t-RNA sowie deren Bausteine. Die RNA-Arten werden bei der Proteinbiosynthese benötigt. Kleinere anorganische und organische Moleküle wie z. B. Zwischenprodukte aus dem Kohlenhydratstoffwechsel finden sich ebenfalls im Cytoplasma.

Im Cytoplasma laufen alle Stoffwechselprozesse ab, die nicht in den Mitochondrien, dem ER oder den Dictyosomen ablaufen. Z. B. läuft der erste Teilprozess des zellulären Glucoseabbaus im Cytoplasma ab, daher finden sich dort auch die dafür benötigten Stoffe.

Der eher flüssige Anteil des Cytoplasmas, das Cytosol, ist von einem Netzwerk aus Proteinfäden = Proteinfilamente durchzogen. Diese Filamente oder auch Mikrotubuli sind unverzweigte Röhren aus Proteinen. Sie können sehr schnell an einer Stelle ab- und an einer anderen Stelle der Zelle wieder aufgebaut werden. Dadurch kann diese ihre Form verändern und die Organellen bzw. Zellbestandteile sich innerhalb der Zelle bewegen. Diese Funktion ist auch wichtig für den Transport der Proteinzwischenstufen zwischen den an Bau und Fertigstellung des Proteins beteiligten Bestandteilen. Die Mikrofilamente bilden dazu regelrecht feste Bahnen für den Transport von Vesikeln.

Durch den dynamischen Auf- und Abbau der Mikrofilamente entsteht auch eine Cytoplasmaströmung in den inneren Zellbereichen, die für eine gute Durchmischung des Cytoplasmas sorgt. Auf diese Weise sind alle Bereiche der Zelle gleichmäßig mit Energie und Baustoffen versorgt.

Für die Proteinbiosynthese bietet das Cytoplasma den Raum. Der zweite Schritt der Proteinbiosynthese, die Translation, bei der die Aminosäurekette gebildet wird, findet im Cytoplasma an den Ribosomen statt. Die für die Proteinherstellung benötigten Baustoffe wie die Aminosäuren, aber auch das energieliefernde Molekül ATP finden sich ebenfalls im Cytoplasma.

**Informationstext zum Endoplamatischen Retikulum (ER) und dessen Rolle bei der Proteinbiosynthese**

Das ER ist ein großes Hohlraumsystem, das die ganze Zelle wie ein Labyrinth durchzieht und einerseits mit der Kernmembran in Verbindung steht und andererseits in Richtung Zellmembran Stoffe mit den Dictyosomen des Golgi-Apparates austauscht.

Endoplasmatisches Retikulum heißt ins Deutsche übertragen „innerplasmatisches Netzwerk“, also ein Netzwerk im Zellplasma. So sieht das ER im elektronenmikroskopischen Bild auch aus. Das ER besteht aus miteinander verbundenen Röhren, Bläschen und flachen Säckchen, die von einer Membran umschlossen sind.

In vielen Bereichen des ER sind an der Außenseite der Membran Ribosomen angeheftet. Das ribosomentragende ER nennt man raues ER, das ER ohne Ribosomen wird glattes ER genannt.

Die Röhren des glatten ER sind Kompartimente/Räume in der Zelle, in denen chemische Reaktionen stattfinden, bei denen vor allem Lipid (Fett-)-Hormone wie z. B. die Sexualhormone oder auch das Hormon Adrenalin gebildet werden. Im glatten ER finden Entgiftungsreaktionen statt. Medikamente werden dort zu ungiftigen Stoffen abgebaut. Daher findet man in Leberzellen besonders viel glattes ER. Dieses ist auch an der Synthese neuer Membran beteiligt. In Muskelzellen dient es vor allem als Speicher von Calcium-Ionen, die für die Muskelkontraktion wichtig sind. Bei der Proteinbiosynthese spielt das glatte ER keine Rolle.

Das EPO-Protein ist ein Protein, das von den Nierenzellen nach der Produktion in die Blutbahn abgegeben wird. Bei der Herstellung unseres EPO ist daher das raue ER besonders wichtig. Nachdem das EPO-Protein an den Ribosomen des rauen ER hergestellt wurde (s. Text Ribosomen), gelangt es in das Innere des rauen ER. Dort liegt das EPO-Protein zunächst so vor, wie es am Ribosom gebildet wurde, als lange Aminosäure-Kette. In dieser Form ist das Protein jedoch nicht funktionsfähig. Es muss zuerst in eine typische dreidimensionale Form, die Tertiärstruktur, gefaltet werden.

Teilweise werden an die gebildeten Proteine noch weitere chemische Gruppen z. B. Zucker angehängt und damit das Protein verändert und funktionsfähig gemacht. Da diese Veränderungen (Modifikationen) des Proteins im ER, also nach der Translation stattfinden, spricht man von posttranslationaler Modifikation.

Ist das EPO-Protein im rauen ER bearbeitet worden, so wird es am Rand des ER, der zu einem Dictyosom zeigt, in ein Membranbläschen (Vesikel) verpackt und aus dem ER in das Cytoplasma ausgeschleust. Das Vesikel mit dem EPO-Protein wandert durch das Cytoplasma zu einem Dictyosom des Golgi-Apparates.

**Bau und Funktion des Golgi-Apparats – Dictyosom und dessen Funktion bei der Proteinbiosynthese**

Der Golgi-Apparat besteht aus hohlen, flachen Membransäckchen und membranumschlossenen Bläschen, den Golgi-Vesikeln. Die Membransäckchen liegen meist als Stapel im Cytoplasma. Diese Stapel werden Dictyosom genannt und bestehen aus 3–8 Membransäckchen. Die Gesamtheit aller Dictyosome (in menschlichen Zellen meist 4–6) und Golgi-Vesikel einer Zelle nennt man Golgi-Apparat.

Der Golgi-Apparat ist wichtig für den Stofftransport, vor allem für den Export von Stoffen aus der Zelle heraus.

Man kann an jedem Dictyosom zwei Seiten unterscheiden. Die dem ER zugewandte Seite ist meist nach innen gebogen wie eine Banane (konvex). Sie wird als cis-Seite bezeichnet. Hier werden die Vesikel, die vom ER kommen, in das Dictyosom aufgenommen. So also auch die Vesikel mit unserem EPO-Protein. Die ER-Vesikel tragen zu diesem Zweck bestimmte Erkennungsproteine auf der Oberfläche, an denen das Dictyosom erkennen kann, dass es sich um aufzunehmende ER-Vesikel handelt.

Ist das EPO-Protein im Dictyosom angekommen, wird es dort vor allem von anderen Proteinen sortiert und alle EPO-Proteine werden gesammelt. Das EPO-Protein wird also konzentriert. Manche Proteine werden im Dictyosom auch noch mal chemisch verändert.

Die Seite des Dictyosoms, die zur Zellmembran hinzeigt, ist nach außen gewölbt wie ein dicker Bauch (konkav). Sie wird trans-Seite genannt. Auf dieser werden die nun sortierten, konzentrierten und z. T. noch veränderten Proteine wieder in Vesikel verpackt und in Richtung Zellmembran auf die Reise geschickt.

Die Golgi-Vesikel verschmelzen mit der Zellmembran und geben das EPO-Protein nach außen ab (Sekretion).

Zusatzinformation:

Eine weitere wichtige Funktion der Dictyosomen ist die Produktion von Lysosomen. Das sind Golgi-Vesikel, die einen bestimmten Stoff, das Lysozym enthalten. Lysozym ist ebenfalls ein Protein. Diese Lysosomen werden aber nicht aus der Zelle exportiert, sondern wandern wieder zurück in die Zelle. Sie dienen dem Abbau von zerstörtem Zellmaterial. Auch in unserem Immunsystem spielt das Lysozym eine Rolle. Immunzellen können es dafür verwenden, eingedrungene Fremdkörper wie z. B. Bakterien abzutöten.

**Bau und Funktion der Mitochondrien und ihre Funktion bei der Proteinbiosynthese**

Mitochondrien sind kleine kugelförmige bis längliche Organellen und ca. 1 µm groß, also ca. 10-mal kleiner als der Zellkern.

Das Besondere an ihnen ist ihr Aufbau, der sich von anderen Organellen deutlich unterscheidet. Das fängt schon mal damit an, dass jedes Mitochondrium gleich von zwei Membranen umgeben ist.

Die äußere Membran umschließt das Mitochondrium und grenzt es zum Cytoplasma ab. In dieser gibt es Kanäle, die den Austausch von Molekülen und Ionen zwischen dem Cytoplasma und dem Innern des Mitochondriums erlauben.

Die innere Membran ist sehr stark aufgefaltet und bildet daher Membranstapel im Innern des Mitochondriums.

In diesen Stapeln, den Cristae, läuft der letzte Schritt des zellulären Nährstoffabbaus ab. Man nennt diesen Zellatmung, da dabei Sauerstoff verbraucht wird und sowohl Wasser als auch ein energiereiches Molekül, das ATP, entstehen. ATP ist die „Energiewährung“ der Zelle. Das Mitochondrium ist also das „Kraftwerk der Zelle“.

Die innere Mitochondrienmembran ist deshalb so stark gefaltet, damit mehr Platz im Innern ist. Da in dieser Membran die Zellatmung abläuft, kann das Mitochondrium umso mehr ATP herstellen, je mehr innere Membran es hat.

Der Innenraum innerhalb der inneren Mitochondrienmembran wird Matrix genannt. In der Matrix laufen weitere Stoffwechselreaktionen zum Ab- und Aufbau von Nährstoffen (Kohlenhydrate, Fette und Proteine) ab.

Eine weitere Besonderheit der Mitochondrien ist, dass diese Organellen eigenes Erbgut enthalten. Die Mitochondrien-DNA trägt einige Gene, die den Bauplan für Proteine tragen, die das Mitochondrium selbst braucht. D. h. das Mitochondrium produziert seine Proteine selbst. Dazu hat es auch Ribosomen. Das Mitochondrium ist also selbst fast schon aufgebaut wie eine kleine Zelle.

Einen ganz ähnlichen Aufbau zeigen die Chloroplasten der Pflanzenzellen.

Mit der Proteinbiosynthese haben Mitochondrien direkt nichts zu tun. Sie bilden aber aus Nährstoffen durch Stoffwechselprozesse die chemische Speicherform von Energie, das ATP. Dieses wird wiederum bei der Proteinbiosynthese benötigt. Das Mitochondrium ist also über die Bereitstellung von ATP indirekt an der Proteinbiosynthese beteiligt.

**Informationstext zu den Ribosomen und deren Rolle bei der Proteinbiosynthese**

Die Ribosomen sind die **Orte der Proteinherstellung**. Hier wird also unser EPO-Protein gebildet. Sie werden in den Nucleoli des Zellkerns gebildet und bestehen aus einer bestimmten Form von Erbgut, der **ribosomalen RNA (r-RNA)** und aus **Proteinen**. Die r-RNA und die Proteine geben den Ribosomen ihre spezielle Form. Nach ihrer Synthese im Zellkern verlassen sie diesen und wandern ins Cytoplasma. Hier können sie entweder frei vorliegen, oder sich an die Außenseite des Endoplasmatischen Reticulums (ER) anheften. An den freien Ribosomen werden vor allem Proteine gebildet, die im Cytoplasma der Zelle bleiben. An den ER-gebundenen Ribosomen entstehen vor allem Proteine, die aus der Zelle exportiert werden, um woanders im Körper zu wirken. Unser EPO-Protein wird also an ER-gebundenen Ribosomen hergestellt. Die Ribosomen sind sehr kleine Zellbestandteile, sie sind ungefähr um den Faktor 1000 kleiner als der Zellkern. Daher sind sie im Lichtmikroskop auch nicht zu erkennen.

Die Ribosomen sind aus **zwei Untereinheiten** aufgebaut, einer großen und einer kleinen. Das ist deshalb so praktisch, da sie dadurch bei der Herstellung von Proteinen die m-RNA zwischen den beiden Untereinheiten einklemmen können.

Wir erinnern uns noch mal kurz: Die m-RNA ist eine Kopie eines Abschnittes der DNA, also eines Gens. Darauf ist die Bauanleitung für das Protein gespeichert (s. Text Zellkern).

Haben sich die große und die kleine Ribosomenuntereinheit mit der m-RNA zu einem Komplex zusammengefunden, so werden mithilfe der Ribosomenproteine die Bausteine des Proteins, die **Aminosäuren**, in der richtigen Reihenfolge aneinandergehängt. Die Reihenfolge der verschiedenen Aminosäuren wird von der m-RNA (und damit letztendlich von dem entsprechenden Gen in der DNA) bestimmt. Diesen Vorgang nennt man **Translation**. Das Ergebnis ist eine lange Kette aus Aminosäuren, die ein bisschen wie eine Perlenkette aussieht. Funktionsfähig ist das Protein in dieser Form aber noch nicht.

Dazu wird es schon während seiner Synthese in das Endoplasmatische Retikulum (ER) abgegeben.

**Informationstext zum Zellkern (Karyon oder Nucleus) und dessen Rolle bei der** **Proteinbiosynthese**

Der Zellkern ist in tierischen Zellen mit 3–15 µm (1µm = 1/1000 mm) das größte Organell. Er ist von einer Zellkernmembran umschlossen. Diese grenzt das Karyoplasma im Innern des Kerns vom Cytoplasma, das die Zelle ausfüllt, ab und schützt das im Zellkern liegende Erbgut.

Die **Kernmembran oder Kernhülle** besteht aus einer Doppelmembran und ist von zahlreichen Kernporen durchzogen. Durch diese können energieliefernde Moleküle und Baustoffe in den Zellkern eindringen. Werden im Rahmen der Proteinbiosynthese von einzelnen Abschnitten des Erbgutes, den Genen, Kopien hergestellt, so nennt man diese Kopien messenger-RNA (m-RNA). Da die Proteine nicht im Zellkern, sondern im Cytoplasma hergestellt werden, muss die m-RNA den Zellkern verlassen. Dies geschieht ebenfalls durch die Kernporen.

Im Innern des Kerns kann man ein oder mehrere dunklere bzw. dichtere Bereiche erkennen. Diese Bereiche nennt man **Nucleolus** (Einzahl) bzw. Nucleoli (Mehrzahl). Im Nucleolus wird eine spezielle Form von RNA, die ribosomale RNA (r-RNA) hergestellt und zusammen mit Proteinen zu den beiden Ribosomenuntereinheiten zusammengefügt. Die Nucleoli sind also Ribosomenfabriken. Die fertigen Ribosomenuntereinheiten verlassen den Kern ebenfalls durch die Kernporen.

Ansonsten ist der Zellkern mit **Kernplasma** (Karyoplasma) ausgefüllt. Das Kernplasma ist eine wässrige Lösung in der sich Nähr- und Baustoffe für die Synthese von Kernbestandteilen befinden. Der Hauptbestandteil des Kernplasmas ist jedoch das Erbgut der Zelle. Man nennt es **Chromatin.** Das Chromatin besteht aus DNA, einem strickleiterförmigen Molekül, welches die Erbinformation trägt und Proteinen, die die DNA mehr oder weniger stark aufwickeln, ähnlich wie einen Wollfaden. Während einer Zellteilung ist die DNA besonders stark aufgewickelt, dann kann man sie in Form von Chromosomen erkennen.

Die **DNA** ist in viele Abschnitte mit unterschiedlichen Funktionen unterteilt. Manche dieser Abschnitte enthalten die Bauanleitung für ein bestimmtes Protein. Diese Abschnitte nennt man Gene. In der DNA unserer Zellen gibt es also einen Abschnitt, ein Gen, welcher die Information für den Bau des EPO-Proteins trägt. Man nennt diesen Abschnitt daher *epo-Gen.*

Soll das Protein EPO hergestellt werden, so wird diese Bauanleitung des *epo-Gens* kopiert. Die Synthese des Proteins findet nämlich im Cytoplasma statt und die DNA als Speicherform aller Erbinformationen ist viel zu wertvoll, um den Zellkern zu verlassen. Sie könnte dabei ja Schaden nehmen.

Also ist der erste Schritt der EPO-Synthese das Kopieren des *epo-Gens.* Diesen Schritt nennt man **Transkription**. Es entsteht dabei die epo-m-RNA. Die **m-RNA** ist ein der DNA sehr ähnliches Molekül, sieht aus wie eine längs halbierte Strickleiter (hat also nur einen Strang), enthält aber nicht die gesamte Erbinformation, sondern nur die Bauanleitung für ein Protein, in diesem Fall für das Protein EPO. Die epo-m-RNA verlässt den Zellkern durch die Kernporen und befindet sich danach im Cytoplasma.

Alle Zellen eines Organismus verfügen über dieselbe DNA. Aber die unterschiedlichen Zelltypen verwenden unterschiedliche Gene. Das epo-Gen ist also in jeder Zelle vorhanden, aber nur in speziellen Zellen der Niere ist es auch aktiv und wird zu einer m-RNA kopiert und damit auch das EPO-Protein gebildet.

# Hilfskarten für die abgestufte Hilfe 1

# Hilfskarte Zellkern Bauteile

* Kernhülle ist eine Doppelmembran.
* Die Kernmembran hat Poren.
* Im Karyoplasma sind Nähr- und Baustoffe gelöst.
* Das Chromatin ist das Erbgut, es besteht aus DNA und Proteinen.
* Die Nucleoli bestehen aus r-RNA und Proteinen.
* DNA ist ein strickleiterförmiges Molekül. Es ist im Zellkern auf Proteine aufgewickelt.
* Die DNA ist in Abschnitte unterteilt.
* m-RNA ist ähnlich aufgebaut wie DNA, aber nur ein Einzelstrang (wie eine längs halbierte Strickleiter).

# Hilfskarte Zellkern Funktionen

* Die Kernmembran schützt das Erbgut.
* Kernmembran grenzt Cyto- und Karyoplasma voneinander ab.
* Durch die Poren können Baustoffe und energieliefernde Moleküle in den Zellkern ein- und die fertige m-RNA und Ribosomen-Untereinheiten aus dem Zellkern heraus.
* Die DNA ist die Speicherform für die Informationen zum Bau der Proteine.
* Die Proteine im Chromatin dienen zum Aufwickeln der DNA, vor allem bei der Zellteilung.
* Ein Gen ist ein DNA-Abschnitt, der die Information für den Bau eines Proteins trägt.
* Die m-RNA ist eine Kopie eines Gens. Sie verlässt den Zellkern durch die Kernporen.
* Den Prozess des Kopierens eines Gens von der DNA zur m-RNA nennt man Transkription.
* Die Nucleoli sind die Orte der Ribosomensynthese.

# Hilfskarte Ribosom Bauteile

* besteht aus r-RNA und Proteinen
* besteht aus einer großen und einer kleinen Untereinheit
* kann frei im Cytoplasma liegen
* kann an das raue ER gebunden sein

# Hilfskarte Funktion Ribosom

* r-RNA und Proteine geben dem Ribosom die richtige Struktur/Form.
* Große und kleine Untereinheit klemmen die m-RNA zwischen sich ein.
* Proteine der Ribosomen hängen die Aminosäuren in der richtigen Reihenfolge aneinander, sodass eine Aminosäurekette entsteht. Die Information dafür liefert die m-RNA = Translation.
* Die Aminosäurekette ist noch kein funktionsfähiges Protein.
* Freie Ribosomen bilden Proteine, die in der Zelle bleiben.
* ER-gebundene Ribosomen bilden Proteine für den Export.

# Hilfskarte ER Bauteile

* besteht aus einem System aus Röhren, Vesikeln und flachen Säckchen
* Röhren, Säckchen und Vesikel sind von Membran umschlossen
* hängt mit der Kernmembran zusammen
* hat über Vesikel Kontakt mit dem Golgi-Apparat
* Das glatte ER ist ohne Ribosomen.
* Das raue ER hat an der Außenseite Ribosomen.

# Hilfskarte ER Funktion

* Durch die Membranen entstehen vom Cytoplasma getrennte Reaktionsräume (Kompartimente).
* Vom Kern kann die m-RNA direkt zum rauen ER gelangen.
* Export-Proteine werden von den Ribosomen des rauen ER direkt ins ER hinein gebildet.
* Im ER werden die Proteine gefaltet und posttranslational modifiziert und damit funktionsfähig gemacht.
* Die fertigen Proteine werden in Vesikel verpackt und zum Golgi-Apparat transportiert.
* Das glatte ER ist ein Reaktionsraum für die Synthese von Lipid-Hormonen und Membran.

# Hilfskarte Golgi-Apparat Bau

* besteht aus hohlen, flachen Membransäckchen und Golgi-Vesikeln
* immer 3–8 Membransäckchen bilden einen Stapel = Dictyosom
* ER-zugewandte Seite ist konvex = cis-Seite
* zellmembranzugewandte Seite ist konkav = trans-Seite
* Dictyosomen bilden in Richtung Zellinneres Lysosomen,

# Hilfskarte Golgi-Apparat Funktion

* An der cis-Seite werden Vesikel mit Protein vom rauen ER kommend in das Dictyosom aufgenommen.
* Im Dictyosom werden die Proteine sortiert, konzentriert und z. T. noch mal modifiziert.
* An der trans-Seite werden die Proteine wieder in Vesikel verpackt und zur Zellmembran gebracht, wo sie nach außen abgegeben werden.
* Lysosomen enthalten das Protein Lysozym, welches Zelltrümmer und eingedrungene Fremdkörper abbauen kann.

# Hilfskarte Cytoplasma Bau

* Grundsubstanz der Zelle, wie ein Gel, füllt die Zelle aus
* Cytosol: wässrige Lösung aus 85 % Wasser, Proteinen, Fetten, Kohlenhydraten, DNA-Bausteinen, m-,r- und t-RNA, kleine anorganische und organische Moleküle
* Cytoskelett: Netzwerk aus Proteinfilamenten/Mikrofilamenten, durchzieht das Cytosol,

können sich dynamisch auf- und abbauen

# Hilfskarte Cytoplasma Funktion

* Cytosol ist der Raum und liefert Baustoffe und energiereiche Moleküle für die Proteinsynthese an den Ribosomen = Translation.
* Mikrofilamente bilden Bahnen für den Transport von Vesikeln innerhalb der Zelle.
* Dynamischer Auf- und Abbau der Mikrofilamente führt zur Cytoplasmabewegung im Innern der Zelle, dadurch werden alle Stoffe gleichmäßig in der Zelle verteilt, die Zelle kann ihre Form verändern und Organellen in der Zelle bewegen.

# Hilfskarte Mitochondrien Bau

* von Doppelmembran umgeben
* innere Membran stark aufgefaltet, bildet Membranstapel im Mitochondrium = Cristae
* Innenraum innerhalb der inneren Membran ist die Matrix.
* hat eigene DNA
* hat eigene Ribosomen

# Hilfskarte Mitochondrium Funktion

* Äußere Membran grenzt Mitochondrium von Cytoplasma ab.
* In der inneren Membran findet die Zellatmung statt, unter Sauerstoffverbrauch entsteht das energieliefernde Molekül der Zelle = ATP.
* Mitochondrien sind die Kraftwerke der Zelle, sie liefern Energie in Form von ATP.
* Durch die Auffaltung der inneren Membran kann mehr Zellatmung ablaufen.
* In der Matrix laufen Stoffwechselreaktionen zum Ab- und Aufbau von Nährstoffen ab.