

# Fragen Biochemie SS2007

## Teil 1

### - Hauptbestandteile lebender Zellen?

- Kohlenstoff (C)
- Wasserstoff (H)
- Sauerstoff (O)
- Stickstoff (N)
- Phosphor (P)
- Schwefel (S)

### - Was zeichnet Kohlenstoff als Grundbestandteil aus?

- Kohlenstoffatome (C) sind vierwertig, d.h. dass ein Kohlenstoffatom beispielsweise 4 Wasserstoffatome binden kann (Methan).
- Mit wenigen Ausnahmen bildet Kohlenstoff das Gerüst aller organischen Moleküle.
- Er kann sich und andere Atome zu Ketten und Ringen verbinden.
- Kohlenstoffatome können auch Doppelbindungen miteinander eingehen.

### - Unterscheidungsmerkmale pro- und eukaryontischer Zellen?

Prokaryonten	Eukaryonten
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 Reiche: Archaeobakterien Eubakterien inkl. Blaualgen (= Cyanobakt.)</li> <li>- Unterscheidung in Bau und Stoffwechsel</li> <li>- sehr klein (1-10µm)</li> <li>- kein Zellkern: genet. Information als ringförmiges DNA-Molekül + Plasmide</li> <li>- meist von Zellwand umgeben: bei Eubakterien aus Murein versch. Dicke (gram+, gram-) bei Archaeobakterien große Variabilität</li> <li>- Vermehrung durch Zellteilung (E. coli: 20 min)</li> <li>- anaerob oder aerob</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 Reiche: Protisten (Einzeller) Pilze (Fungi) Pflanzen (Plantae) Tiere (Animalia)</li> <li>- große Zellen (5-100µm)</li> <li>- Zellkern enthält genet. Information in Form von Chromosomen (DNA + Histone; Mensch: 23 Chromosomen und 10<sup>15</sup> Zellen)</li> <li>- Fähigkeit zur Differenzierung und Arbeitsteilung</li> <li>- flexible äußere Membran (Plasmalemma)</li> <li>- enthalten Organellen (Mitochondrien, ER, Vesikel, Chloroplasten)</li> <li>- hpts. aerob</li> </ul>

### - Warum haben sich Vielzeller aus Eukaryonten und nicht aus Prokaryoten entwickelt?

Eukaryonten besitzen die Fähigkeit zur Differenzierung und Arbeitsteilung, was die zentrale Eigenschaft von Vielzellern unterstützt, dass ihre Zellgruppen verschiedene Aufgaben übernehmen können.

– **Besonderheiten der wichtigsten Zellbestandteile und Organellen?**

- MITOCHONDRIEN:
  - x „Kraftwerk“ der Zelle: für Zellatmung und Energieumwandlung der Zelle zuständig, Anzahl/Zelle abhängig von Stoffwechselaktivität des Gewebe
- CHLOROPLASTEN:
  - x In der Thylakoidmembran sind die Elektronentransportkette, das Photosystem und eine ATP-Synthase
  - x Orte der Photosynthese in Pflanzen
  - x Grünfärbung durch Chlorophyll
  - x Die innere Membran umhüllt das Stroma (enthält Enzyme, Ribosomen, RNA und DNA)
- ENDOPLASMATISCHES RETIKULUM (ER):
  - x Transportsystem innerhalb der Zelle
  - x Stoffwechsel zwischen Kern und Cytoplasma
  - x an die ER-Membranflächen sind Enzyme gebunden (Stoffumwandlungen, zB. Abbau von Medikamenten, Herbiziden)
  - x raues ER: enthält gebundene Ribosomen, Ort der Proteinsynthese, steht in Verbindung mit der Kernhülle
  - x glattes ER: keine Ribosomen gebunden, für zB. Hormontransport und Glykogenspaltung
- GOLGI-APPARAT (Dictyosom):
  - x Dient der Sekretion von Zellprodukten (Proteine, Hormone)
  - x Prozessieren von Proteinen (Glykosylierung, Hydroxylierung, partielle Peptidspaltung, Methylierung)
  - x Bildung der Plasmamembran
- ZELLKERN (NUKLEUS):
  - x größtes Organell
  - x von Doppelmembran umgeben, die Kernporen enthält (Stoffaustausch mit dem Cytoplasma)
  - x enthält Kernmatrix (Karyoplasma), Nukleolus und Chromatin (Chromosomen)
  - x Steuerzentrale der Zelle: steuert Wachstum, Zellteilung, Stoffwechselvorgänge
  - x Nukleolus: reich an RNA, Proteinen, Bildungsort der Ribosomen
- CYTOSKELETT:
  - x dynamisches System, ständig im Umbau begriffen
  - x bestimmt die Lage der Zellorganellen (Verankerung)
  - x Stützfunktion
  - x Transportwege

– **Wozu brauchen Zellen Membranen?**

- Aerobe Prokaryonten: Enzyme der Atmungskette in Zellmembran
- Höhere Eukaryonten: Zellmembran von Schicht aus Mucopolysacchariden, Glycoproteinen und Glycolipiden (Glycocalix) umgeben
- für spez. Wechselwirkungen mit anderen Zellen (Zell-Zell-Erkennung, Entwicklung des Gewebes)
- Transport kleiner Moleküle durch besondere Membranproteine (integral oder peripher)
- Zellmembranen sind dynamische, fließende Strukturen, d.h. die meisten Lipid- und Proteinmoleküle können sich in der Membranebene bewegen
- Die Zellmembran und die in ihr eingebauten Enzyme steuern einen Großteil der biochemischen Prozesse

## Teil 2a

Kohlenhydrate:

### – Warum sind KH wichtige Biomoleküle und was sind ihre biologischen Funktionen ?

- Struktur: organische Verbindungen (Hydrate des Kohlenstoffs), Grundbausteine = Monosaccharide (zB. Glukose, Fruktose)
- Funktionen:
  - x Energielieferanten, Bestandteile anderer Stoffe (Nahrungsbestandteile)  
ATP = phosphoryliertes Zuckerderivat (enthält Ribose)  
Komponenten von Polysacchariden (Stärke, Glykogen,..)  
Bestandteile von zB. dem Grundgerüst von DNA und RNA, (Ribose, Desoxyribose; Rolle bei Speicherung u. Expression der genet. Information)
  - x Strukturelemente und Baustoffe zB. in Zellwänden (Bakterien, Pflanzen,..)
  - x Rolle in Verbindung mit Proteinen und Lipiden (zB. Glykoproteine)

### – Aufbau, Einteilung und Charakteristika

- Aufbau aus:
  - x Kohlenstoff
  - x Wasserstoff
  - x Sauerstoff

MONOSACCHARIDE	durch Hydrolyse nicht mehr spaltbar (1 Zuckermolekül)
DISACCHARIDE	durch Hydrolyse in zwei Monosaccharidmoleküle spaltbar (2 Zuckermoleküle)
OLIGOSACCHARIDE POLYSACCHARIDE	durch Hydrolyse in viele Monosaccharidmoleküle spaltbar

### • Monosaccharide – Charakteristika:

- x Aldose: Carbonylgruppe am Anfang der Kohlenstoffkette
- x Ketose: Carbonylgruppe innerhalb der Kohlenstoffkette (meist am C2)
- x Chiralität: Bei Zuckern die C-Atome mit 4 verschiedenen Substituenten besitzen  
Je nach dem, ob die Hydroxy-Gruppe am zweitletzten C-Atom nach rechts oder links schaut, unterscheidet man zwischen D- und L-Formen  
D-Glycerinaldehyd = Grundkörper aller Kohlenhydrate der D-Reihe  
In der Natur dominieren bei den Kohlenhydraten die D-Formen.
- x Ringbildung: In Lösung sind Zucker größtenteils nicht in Kettenform vorhanden, sondern bilden durch kovalente Bindung der Carbonyl-Gruppe mit einer Hydroxy-Gruppe innerhalb der Kohlenstoffkette zyklische Strukturen (energieärmere fünf- oder sechsgliedrige Ringe -> stabiler)  
Die Ringbildung ist möglich für Zucker, bei denen am Kohlenstoffatom mit der Carbonyl-Gruppe eine Kette von 3 oder mehr C-Atomen hängt.
- x Anomere: Beim Ringschluss entsteht ein neues asymmetrisches C-Atom (hat 4 verschiedene Substituenten).  
Schaut die Hydroxygruppe am C1-Atom nach unten, so spricht man von einer  $\alpha$ -Konfiguration, andernfalls von einer  $\beta$ -Konfiguration.  
 $\alpha$ - und  $\beta$ -Konfiguration gehen leicht ineinander über (Mutarotation).

- Disaccharide – Charakteristika:
    - x Disaccharide werden durch Verknüpfung von zwei Monosacchariden (glykosidische Bindung) gebildet.
  - Oligosaccharide – Charakteristika:
    - x bestehen aus 3-12 Monosacchariden
    - x besteht aus Galaktose, Glukose, Fructose,
    - x kommt in Pflanzen vor, wird aus Zuckerrübenmelasse gewonnen
    - x sind Bestandteile von Glykoproteinen (zB. Integrale Membranproteine, viele sezernierte Proteine)
    - x Glykoproteine enthalten bis zu fünf verschiedene Zuckereinheiten, die über viele Sorten glykosidischer Bindungen miteinander verbunden sind
  - Polysaccharide – Charakteristika
    - x Durch glykosidische Verknüpfung vieler Monosaccharide (>12)
    - x Funktionen: Speicher und Gerüstfunktion
    - Glykogen und Stärke sind Speicherformen
    - Cellulose ist ein wesentlicher Bestandteil der Pflanzenzellwände
    - > Grundbaustein = Glukose
- **Wichtigste Vertreter der Mono,-Di- und Polysaccharide**
- Monosaccharide:
    - x Wichtige Hexosen: Glukose, Galaktose, Fruktose
    - x Wichtige Pentosen: Ribose, Desoxyribose
  - Disaccharide:
    - x Maltose (Malzzucker)
    - x Cellobiose
    - x Lactose (Milchzucker)
    - x Saccharose (Rohrzucker)
  - Polysaccharide:
    - x Cellulose
    - x Hemicellulose
    - x Stärke
    - x Glykogen
    - x Chitin

## **Teil 2b**

Lipide:

- **Ungefähre Struktur und Eigenschaften von Lipiden**
- Aufbau aus:
    - x Fettsäuren Verknüpfung über Esterbindung
    - x Glycerin
  - Eigenschaften:
    - x gut in organischen Lösungsmitteln, nicht aber in Wasser löslich (lipophil, hydrophob)!
    - x Nahrungsbestandteil (Energieförderanten, essentielle Fettsäuren, Resorption fettlös. Vitamine)
    - x Baustoffe (zB. in Zellmembranen, Körperfett, mechan. und thermischer Schutz)

- x Lipoproteine: Assoziation von Lipiden + Proteinen (Membranen, Zellorganellen)
- **Unterscheidung gesättigte – ungesättigte Fettsäuren**

je mehr gesättigte Fettsäuren vorhanden sind, desto härter ist das Fett  
je mehr ungesättigte Fettsäuren am Aufbau beteiligt sind, desto weicher ist es (Öle = Fette die bei Raumtemperatur flüssig sind: sie enthalten mehr als 2/3 ein- oder mehrfach ungesättigte Fettsäuren)  
Eine gesättigte Fettsäure ist eine Fettsäure, die keine Doppelbindungen zwischen C-Atomen aufweist. Die gesättigten Fettsäuren bilden eine sogenannte homologe Reihe.  
Ungesättigte Fettsäuren besitzen eine Doppelbindung und mehrfach ungesättigte Fettsäuren haben zwei oder mehrere Doppelbindungen zwischen den Kohlenstoffatomen der Kette.
- **Was sind Triglyceride und was sind ihre Funktionen?**
  - Speisefette bestehen überwiegend aus Triglyceriden (Triacylglyceriden):
    - x jeweils ein Molekül Glycerin ist mit drei Fettsäuren verbunden
  - Meist sind in Triglyceriden verschiedene Fettsäuren enthalten (gemischte Glyceride)
  - Tierische Triglyceride weisen eher kurzkettige, gesättigte Fettsäuren auf und sind bei Raumtemperatur fest
  - Pflanzliche Triglyceride besitzen eher langkettige und ungesättigte Fettsäuren
  - Mobilisierung durch Spaltung (Lipasen) in Glycerin und Fettsäuren
- **Komponenten u. wichtige Eigenschaften von Biomembranen**
  - Lipide bilden Doppellamelle „self assembly“
  - Funktionen:
    - x Barrierefunktion: Abgrenzung, Beschränkung des Stoffaustausches -> Membran ist semipermeabel (= halbdurchlässig), d.h. bestimmte Stoffe (kleine Moleküle) können passieren, andere nicht
    - x Formgebung
    - x Stoffaustausch und Transport zwischen den Zellen
    - x Leitungsfunktion (zB. Nervenzellen: Leitung von elektr. Membranströmen)
  - periphere Proteine: lose angelagert
  - integrale Proteine: durchdringen Lipid-Doppelschicht
  - die extrazelluläre Seite ist oft glykosyliert (Träger der Antigenität)
  - sind Ladungsträger
  - wichtige Transportfunktionen
  - Tunnelproteine: durchdringen die Lipidschicht für Transport von Stoffen (zB. Ionen) unter Energieaufwand
  - Rezeptoren (= "Antennen") zur Kontaktaufnahme mit Botenstoffen wie Hormonen, auch zB. Viren docken dort an
  - Strukturproteine: verfestigen die Membran
  - Transportproteine (Carrier): Lipoproteine
  - enzymatische Aktivitäten

## **Teil 2c**

- **Bestandteile, Aufbau und wichtigste Funktionen von Nukleotiden**
  - Funktionen:

- x in Nukleinsäuren:
    - Träger der Erbsubstanz (DNA)
    - Synthesevorlagen (mRNA)
    - Proteinsynthesemaschinen (tRNA, rRNA)
  - x andere Funktionen:
    - Träger chemischer Energie (ATP)
    - Bestandteile von Enzymen (Coenzym A, NAD, FAD)
    - Signalmoleküle (cAMP)
  - Aufbau von Nukleotiden:
    - x Purin- oder Pyrimidinbase
    - x Pentose (DNA: D-2-Desoxyribose, RNA: D-Ribose)
    - x einen oder mehrere Phosphatreste
- **Worin unterscheiden sich die Nukleotide von DNA und RNA?**
- Es gibt 3 Unterschiede:
    - DNA besteht aus dem Zucker D-Desoxyribose, RNA aus D-Ribose
    - In RNA kommt als eine Pyrimidinbasis statt Thymin Uracil vor
    - RNA liegt fast immer als Einzelstrang vor
- **Warum kann ATP als Energielieferant dienen?**
- chemische Arbeit: ATP überträgt seine endständige P-Gruppe auf ein Substrat 1. Damit wird dieses Substrat energiereicher und kann somit - energetisch aktiviert – mit einem weiteren Substrat 2 reagieren. Da die Phosphatgruppe nur zur energetischen Aktivierung des Substrats 1 dient, wird sie nach erfolgter Reaktion wieder abgespalten.
  - mechanische Arbeit als Bewegungsarbeit: Die Flexibilität des Cytoskeletts wird durch sog. Motorproteine gewährleistet, deren Bewegungsenergie aus der Phosphorylierung stammt.
  - mechanische Arbeit als Transportarbeit: Die Phosphorylierung eines Pumpenproteins der Membran zu dessen energetischer Aktivierung, somit kann es Arbeit zum Transport von Teilchen entgegen eines bestehenden Konzentrationsgefälles verrichten
  - ATP kann als aufladbare Zell"batterie" gedeutet werden.
  - durch energieliefernde Stoffwechselreaktionen kann aus ADP und freiem Phosphat ATP synthetisiert werden
- **Aufbau und Struktur der DNA, was versteht man unter DNA-Sequenz?**
- DNA ist die Verknüpfung von Nukleotiden zu einer Kette mit einem Rückgrat aus Zucker (Desoxyribose, über Phosphatgruppen verknüpft). Variabel ist die Sequenz der vier Basen (A,C,G,T), ihre Reihenfolge nennt man DNA-Sequenz oder auch Primärstruktur, sie stellt die Erbinformation dar. Die DNA formt durch Basenkomplementarität eine rechtsgewundene Doppelhelix mit Durchmesser 2 nm.
- **Organisation des Genoms: Unterschiede Pro- zu Eukaryonten**
- Bei Eukaryonten ist die Erbinformation in den Chromosomen der Zellkerne enthalten, bei Prokaryonten liegt sie als ringförmiger DNA-Strang vor. Bei Eukaryonten beginnt die DNA-Replikation an mehreren Stellen gleichzeitig.
- **Was wird unter Basenkomplementarität verstanden und welche Auswirkungen hat diese auf die DNA-Replikation?**
- Die Basen zweier DNA-Einzelstränge paaren sich als DNA-Doppelstrang. Diese Paarung ergibt sich dadurch, dass eine Base mit einer bestimmten anderen Wasserstoffbrücken ausbildet. (Adenin

komplementär zu Thymin bzw Uracil, Guanin komplementär zu Cytosin). Dieses Phänomen ermöglicht die DNA-Replikation, da dadurch einfach aus Einzelsträngen Komplementärstränge geschaffen werden können, welche den ursprünglichen Strang replizieren.

#### – **Wichtige Stufen der DNA-Synthese (Replikation)**

vereinfacht 3 Schritte:

1. Entwindung (durch Helicase) der DNA und Stabilisierung der Einzelstränge (durch Gyrase)
2. DNA-Polymerase: Synthese eines komplementären DNA-Stückes in 5′-3′-Richtung am Führungsstrang, ansetzend an kurzes RNA-Stück (von Primase)
3. am Gegenstrang: Synthese von Okazaki-Fragmenten (ca. 1000 bp) in 5′-3′-Richtung und deren Verbindung (durch Ligase) diskontinuierliche Synthese
4. DNA-Replikation ist semikonservativ
5. DNA-Polymerasen können Korrektur lesen, (3′ 5′ Exonukleaseaktivität). Eukaryonten: Replikation beginnt an mehreren Stellen gleichzeitig. Bakterien (zB. E.coli): haben oft spez. Startpunkt (origin)

### **Teil 3a**

#### – **RNA: welche Arten von RNA gibt es und was sind deren Funktionen?**

- mRNA (messenger RNA, Boten-RNA): überträgt Information aus dem Zellkern zu den Ribosomen (Abschrift des Gens)
- tRNA (transfer RNA): transportiert Aminosäuren zu den Ribosomen wo die Proteinsynthese stattfindet.
- rRNA (ribosomale RNA): bildet zusammen mit einem Proteinanteil die Ribosomen

#### – **Was versteht man unter Genexpression?**

Unter Genexpression versteht man die Vorgänge der DNA-Replikation, der Transkription und der Translation, welche zur Protein-Synthese führen.

#### – **Wie wird DNA in mRNA übersetzt: Prinzip und wichtigste Schritte der Transkription.**

- RNA-Polymerasen von Eukaryonten:
  - Aufbau aus vielen Untereinheiten
  - manche UE werden von allen 3 Polymerasen genutzt
  - Bindung an DNA durch größte UE
  - Bindung der Nukleotide durch zweitgrößte UE
  - die drittgrößte UE übernimmt eine Stabilisierungsfunktion
- Transkription:
  - Start am Promoter
  - zusätzliche Transkriptionsfaktoren nötig
  - im Bereich von –29 bis –34 liegt die TATA-Box
  - sonst wenige gemeinsame Strukturen eukaryontischer Promotoren
- Eukaryonten enthalten „unterbrochene“ Gene bestehend aus:
  - × Introns: nicht-kodierende Sequenz zwischen 2 Exons
  - × Exons: kodierende Sequenzen, die in mRNA übersetzt werden und für Teile des Proteins kodieren
- Introns beginnen, enthalten und enden mit spezifischen Sequenzen
- kleine mit Proteinen assoziierte RNA-Moleküle (snRNPs) binden die mRNA und bilden große

- Komplexe (Spleißosomen)
- beim Spleißen entstehen intermediäre Lassostrukturen

– **Unterschiede Pro- und Eukaryonten**

Prokaryonten	Eukaryonten
Gene sind in Operons zusammengefaßt.	einzelne Gene
Eine mRNA kann das Transkript für mehrere Gene enthalten (polycistronisch).	Eine mRNA enthält das Transkript nur eines Gens (monocistronisch).
Transkription und Translation sind gekoppelt. Das Transkript wird schon während der Transkription translatiert. Prokaryotische mRNA wird ko-transkriptionell translatiert -> kein Zellkern!	Transkription und Translation sind nicht verbunden. Transkription erfolgt im Kern, Translation im Cytosol (Cytoplasma) -> ermöglicht kompliziertere Regulation der Genexpression
Genregulation findet über die Transkriptionsrate statt.	Genregulation findet nicht nur über die Transkriptionsrate statt, sondern kann auch über RNA-Processing, RNA-Stabilität und RNA-Translatierbarkeit realisiert werden.
nur eine RNA-Polymerase (mehrere Untereinheiten)synthetisiert mRNA, tRNA, rRNA	besitzen 3 Typen von RNA-Polymerasen: I: in Nukleoli: transkribiert rRNA –Gene II: im Kernplasma: synthetisiert mRNA III: im Kernplasma: synthetisiert tRNA
Wenig oder keine Modifikation der mRNA	Umfangreiche Processierung der mRNA (zB. Splicing)  Promotoren enthalten TATA-Box und andere Elemente, die von Transkriptionsfaktoren erkannt werden

– **Was versteht man unter einem Gen und was ist ein Operon?**

Ein Gen ist ein Teilstück der DNA, welches bei der Transkription kopiert wird. Ein Operon ist im Fall von Bakterien, die Zusammenfassung von Genen (Promoter, Operator + assoziierte Strukturgene)

– **Transkriptionsregulation: wozu findet diese statt und welche Mechanismen gibt es?**

Die Transkriptionsregulation ist dazu da, um die Transkription der RNA je nach Notwendigkeit häufiger oder seltener durchzuführen. Bei Eukaryonten gibt es die Mechanismen:

- lac-Operon – Repression durch Glukose (Katabolit-Repression)  
Katabolit-Repression: Glukose wird bevorzugt verwertet, bei Anwesenheit von Glukose wird u.  
a. das lac-Operon abgeschaltet  
Glukose vermindert cAMP-Spiegel  
bei wenig Glukose steigt der cAMP-Level, cAMP bindet an CAP
- trp-Operon – ein reprimierbares System  
Prinzip: Bindung von Tryptophan an den Repressor erhöht die Affinität des Repressors zum



- Operator -> Repressor bindet und stoppt die Transkription
- Gene für die Synthese von Tryptophan als Operon organisiert
- Komplex aus Repressorprotein (TrpR) und Tryptophan bindet fest an den Operator -> Bindung der RNA-Polymerase an den Promoter wird verhindert

### **Teil 3b**

- **Welches Prinzip liegt der Proteinbiosynthese zugrunde?**  
Der Proteinbiosynthese liegt das Prinzip der Übersetzung der mRNA in Aminosäuren, welche ein Protein bilden, zugrunde.
- **Welche Komponenten werden für die Biosynthese von Proteinen benötigt?**
  - benötigt werden u.a.:
    - x mRNA
    - x Aminosäuren
    - x tRNA-Moleküle
    - x Ribosomen
    - x Energie (ATP, GTP)
- **Was versteht man unter dem genetischen Code?**
  - Übersetzungsvorschrift: ein Codon (Basen-Triplett = drei Nukleotide) steht für eine der 20 proteinogenen Aminosäuren. Die Nukleotidsequenz trägt also eine Information, die die Bildung der Aminosäuresequenz determiniert.
  - Es gibt auch noch Start und Stoppsignale, die den Beginn- bzw. das Ende einer Proteinkette initiieren
  - Dieser Code ist universell, gilt also für alle Lebewesen (Ausnahmen Mitochondrien, Chloroplasten).
- **Wie kann der 4-Buchstaben-Code der Nucleinsäuren in den 20-Buchstaben-Code der Aminosäuren übersetzt werden?**  
Mit der tRNA (transfer RNA) = Hilfsmoleküle („Übersetzer“):
  - tragen die Aminosäuren in energiereicher Bindung
  - Vermittlung des Übergangs von der „Basensprache“ in die „Aminosäurensprache“
  - in jeder Zelle gibt es 20 verschiedene tRNA-Typen (für jede Aminosäure je eine)
  - die passende Aminosäure ist am 3' Ende gebunden
  - die Wechselwirkung des Anticodons mit dem komplementären Codon der mRNA ist spezifisch
- **Führen sie die wichtigsten Stufen der Translation an und erläutern sie diese kurz**
  - Initiation: Erkennung des Startcodons auf mRNA, tRNA wird über diesem ausgerichtet
  - Elongation: Nach und nach werden einzelne tRNAs, die die entsprechenden Aminosäuren gebunden haben, entlang der mRNA angelagert, gleichzeitig werden die Aminosäuren durch ein Enzym (Peptidtransferase) zu einer Peptidkette verknüpft und von der tRNA gelöst, welche sich daraufhin vom mRNA löst
  - Termination: Durch Stoppcodon, Lösung der Peptidkette, Freisetzung von mRNA und leerer tRNA, Zerfall des Ribosoms

- **Was sind die Hauptunterscheidungsmerkmale zwischen Pro- und Eukaryonten bei der Proteinbiosynthese**
  - Prinzip ist dasselbe
  - Eukaryonten besitzen größere Ribosomen
  - mehr Proteine sind an der Translation beteiligt (zB. sind ca. 13 Initiationsfaktoren erforderlich)
  - Unterschiede hauptsächlich bei der Initiation der Translation:
    - x Initiator-tRNA hat Methionin und nicht Formylmethionin gebunden
    - x Startcodon bei Eukaryonten ist immer AUG: das am nächsten zum 5' Ende der mRNA liegende AUG wird als Startstelle ausgewählt
    - x die kleine Ribosomen-UE lagert sich an das 5' Cap der mRNA an und bewegt sich nach 3' entlang bis zum ersten AUG-Codon
    - x das an die kleine UE gebundene Anticodon der Met-tRNA paart mit dem AUG-Codon
  
- **Welche Rolle spielen tRNAs und Ribosomen bei der Translation?**
  - sie beginnt mit der ATP-getriebenen Aktivierung der Aminosäuren durch Aminoacyl-tRNA-Synthetasen
  - die mRNA erkennt das Anticodon einer tRNA, nicht die gebundene Aminosäure
  - die Proteinsynthese erfolgt in den Ribosomen vom Amino (N)- zum Carboxyl (C)- Ende, wobei die mRNA in 5' 3' Richtung übersetzt wird

### **Teil 3c**

- **Wie werden extrazelluläre Proteine aus der Zelle ausgeschleust und worin bestehen die maßgeblichen Unterschiede zwischen Pro- und Eukaryonten?**
  - Proteine werden folgendermaßen ausgeschleust:
    - x Im Cytoplasma erschaffen, besitzen sie eine Signalsequenz, welche das Protein (+Ribosom) zu seinem Bestimmungsort lenkt.
    - x Im Endoplasmatischen Retikulum wird diese entfernt, das Protein kann sich falten und wird glykosyliert
    - x Im Golgi-Apparat werden die Proteine schließlich modifiziert und sortiert, zur Ausscheidung bestimmte Proteine werden in Vesikel verpackt, die dann mit der Plasmamembran verschmelzen
  - Der maßgebliche Unterschied zwischen Prokaryonten und Eukaryonten ist der, dass bei Prokaryonten Proteine, die nicht für das Cytosol bestimmt sind, von Ribosomen, welche an die Plasmamembran gebunden sind, synthetisiert werden. Die Signalsequenz lenkt das Ribosom zur Plasmamembran und spezielle Proteine verhindern die Faltung der neuerschaffenen Proteine.
  
- **Welche charakteristischen Eigenschaften zeichnen Aminosäuren aus und wodurch unterscheiden sich die 20 proteinogenen Aminosäuren?**
  - = Bausteine der Proteine: 20 Aminosäuren
  - = chirale Moleküle:
    - x optisch aktive Substanzen, verhalten sich wie Bild und Spiegelbild, links- und rechtshändige Form (in Proteinen nur L-Aminosäuren)
    - x Voraussetzung für Chiralität: an ein C-Atom sind 4 verschiedene Substituenten gebunden
  - Aminosäuren liegen im neutralen pH-Bereich als Zwitterionen vor (negativ geladene Carboxy-Gruppe, positiv geladene Amino-Gruppe)
  - 20 von Nukleinsäuren kodierte Aminosäuren sind Bestandteile von Proteinen in allen

## Lebensformen

- alle in Proteinen vorkommenden Aminosäuren gehören zur L-Reihe
  - Unterschiede in der Art des Restes (Seitenkette) hinsichtlich dessen
    - x Größe
    - x Gestalt
    - x Ladung
    - x Wasserstoffbindungsfähigkeit
    - x chemischer Reaktivität
  - weitere, selten vorkommende Aminosäuren: hpts. Zwischenstufen des Stoffwechsels
- **Was versteht man unter Primär-, Sekundär-, Tertiär- und Quartärstruktur von Proteinen?**
- 1) Primärstruktur = Reihenfolge (Sequenz) der Aminosäuren in der Peptidkette:
    - welche Aminosäuren sind in welcher Reihenfolge in der Polypeptidkette enthalten
    - die Länge der so aufgebauten Peptidkette
    - ein Protein besitzt eine präzise definierte Aminosäuresequenz, die von einem Gen bestimmt wird
  - 2) Sekundärstruktur
    - räumliche Struktur von nicht benachbarten Aminosäuren einer Kette
    - ergibt sich aus regelmäßigen Wasserstoffbrücken zwischen den Peptidbindungen selbst:
      - x Wechselwirkung zwischen CO- und NH-Gruppen der Hauptkette,
      - x Seitenketten sind nicht an Bindungen beteiligt
    - folgende Sekundärstruktur-Motive können sich bilden:
      - x  $\alpha$ -Helix: schraubenförmige Anordnung einer Kette
      - x  $\beta$ -Faltblatt: Wasserstoffbrücken zwischen zwei gegenüber liegenden Kettenbereichen
      - x unregelmäßige Bereiche
  - 3) Tertiärstruktur = tatsächliche räumliche Struktur des Proteins
    - die chemischen Eigenschaften der Seitenkettenreste bedingen eine genau vorgegebene spezifische dreidimensionale Struktur
    - enthält Bereiche unterschiedlicher Sekundärstrukturen ( $\alpha$ -Helices,  $\beta$ -Faltblatt)
    - physiologische Umgebungsfaktoren sind wichtig (pH-Wert, Temperatur)!
    - erst die Tertiärstruktur verleiht dem Protein Funktion (globulär, fadenförmig; Strukturprotein oder Enzym)
  - 4) Quartärstruktur = Zusammenschluß von gefalteten Peptidketten (Untereinheiten) zu höheren Aggregaten
    - Zusammenhalt durch intermolekulare nicht-kovalente, meist hydrophobe Wechselwirkungen
    - die Untereinheiten können identisch sein
    - Zusammensetzung aus verschiedenen Untereinheiten ist auch möglich
    - Zusammenschluß der Untereinheiten zu einer Funktionseinheit
- **Welchen Einfluss hat die Aminosäuresequenz auf die Faltung eines Proteins?**
- Die Faltung der Polypeptidkette hängt von den Eigenschaften der Seitenketten der Aminosäuren ab.
  - Die meisten Proteine falten sich von selbst in ihre „richtige“ Form
  - Die Sequenz eines Proteins ist wichtig für:
    - x Vorhersage für Faltung und damit 3D-Struktur (Struktur wiederum unerlässlich für Funktion)
  - es kommen folgende Bindungen zum Tragen:
    - x Wasserstoffbrückenbindungen: zwischen den Seitenketten oder zwischen der Peptidkette und polaren Gruppen der Seitenketten

- x Disulfid-Brücken: entstehen zwischen zwei SH-Gruppen von Cysteinen ,sind unabhängig vom pH-Wert des Außenmediums, aber temperaturabhängig
- x Hydrophobe Wechselwirkungen: (van der Waals'sche Kräfte): v.a. im Inneren des Proteins wirksam
- x Ionische Wechselwirkungen: zwischen positiv und negativ geladenen Gruppen

### Teil 3d

#### - Welche typischen Eigenschaften und Funktionen haben Enzyme?

- Eigenschaften:
  - x sind biologische Katalysatoren
  - x besitzen hohe Spezifität für das Substrat und die katalysierte Reaktion
  - x fast alle bekannten Enzyme sind Proteine (Ausnahme: katalytisch aktive rRNAs: Self splicing)
  - x ihre Aktivität ist regulierbar:
- Funktionen:
  - x Binden Substratmoleküle (-> Enzym-Substrat-Komplex), (Substrat = Substanz die umgesetzt wird)
  - x erniedrigen die Aktivierungsenergie einer chemischen Reaktion -> Reaktion kann mit höherer Geschwindigkeit ablaufen
  - x die Reaktionsgeschwindigkeit erhöht sich mind. um Faktor  $10^6$   
aber: Reaktionsgleichgewicht wird nicht verschoben  
(Hin- und Rückreaktion werden um denselben Faktor beschleunigt)
  - x Enzyme beschleunigen die Einstellung des Reaktionsgleichgewichts
  - x Enzyme gehen unverändert aus der katalysierten Reaktion hervor

#### - Wie ist ein Enzym aufgebaut?

Aktives bzw. katalytisches Zentrum	Substratbindungsstelle -> räumliche Struktur maßgeblich! (katalytische Umsetzung des Substrates)
Cofaktor bzw.Coenzym	nötig für enzymatische Aktivität (bei einigen Enzymen) 1. Prosthetische Gruppe: fest ans Enzym gebunden 2. Coenzym: nicht fest verbunden, geht nicht unverändert aus Reaktion; entweder Metallionen oder organische Moleküle sind nicht Katalysatoren
Apoenzym	Proteinanteil des Enzyms
Holoenzym	Enzym + Cofaktor
Isoenzym	katalysieren dieselbe Reaktion, haben aber anderer molekularen Aufbau; können innerhalb derselben Zelle vorkommen
Multienzymkomplex	mehrere Enzyme als Funktionseinheit, Reaktionsfolge ohne fassbare Zwischenprodukte

– **Was ist das aktive Zentrum und was ist dessen Funktion?**

- dort erfolgt Anlagerung des Substrats
- ist meist höhlen- oder spaltenförmig (das Substrat muß eine geeignete Gestalt haben um zu passen)
- Die spezifische Bindung erfolgt nach dem Schlüssel-Schloß-Prinzip:
  - x Schloß = aktives Zentrum (AS-Seitenketten!!)
  - x Schlüssel = Substrat (+ Coenzym)
- Substrate werden durch viele schwache Kräfte ans Enzym gebunden

– **Wie werden Enzyme charakterisiert (Km, vmax)?**

- V (Katalysegeschwindigkeit) variiert mit Substratkonzentration (S)
  - x Enzym E bildet mit Substrat S einen Komplex ES
  - x nach der Umsetzung zerfällt der Komplex zu Enzym E und Produkt P
  - x die Rückreaktion E+P -> ES ist zu Beginn vernachlässigbar und kann unberücksichtigt bleiben
- Michaelis Konstante (Km): Substratkonzentration bei Halbsättigung, je kleiner umso höher ist die Affinität des Enzyms zum Substrat
- Vmax: Maximale Katalysegeschwindigkeit
- V steigt bis alles Enzym als ES vorliegt = die Reaktionsgeschwindigkeit V ist maximal = Vmax  
Es gilt die Michaelis-Menten-Gleichung:

$$v = \frac{V_{\max} \times [S]}{K_m + [S]}$$

– **Wie kann die Enzymaktivität reguliert werden?**

Die Enzymaktivität ist abhängig von Temperatur und pH-Wert. Sie kann auch durch gewisse Mechanismen gehemmt werden.

– **Welche Typen der Hemmung gibt es?**

- Irreversible Hemmung:
  - x Inhibitor bindet fest ans aktive Zentrum -> Enzym ist unbrauchbar und muß neu hergestellt werden  
zB. Giftgase: hemmen Acetylcholinesterase (Enzym das bei Weiterleitung von Nervenimpulsen wichtige Rolle spielt)  
Inaktivierung eines Enzyms der bakteriellen Zellwandsynthese durch Penicillin
- Reversible Hemmung:
  - x Inhibitor kann sich wieder vom Enzym ablösen
    - Kompetitiv:  
Inhibitoren binden am aktiven Zentrum und konkurrieren mit dem Substrat  
Hemmstoff ähnelt in seiner chem. Struktur dem Substrat, wird jedoch meist nicht umgesetzt
    - nicht-kompetitiv:  
Inhibitoren binden an einer anderen Stelle des Enzyms (nicht am aktiven Zentrum) und hemmen die Enzymaktivität über Konformationsänderung
- Substrathemmung:
  - x tritt auf bei sehr hohen Substratkonzentrationen
  - x überschüssiges Substrat wird tlw. unspezifisch gebunden
  - x dadurch kann der Zugang zum aktiven Zentrum blockiert werden
  - x die max. Geschwindigkeit nach Michaelis-Menten kann nicht erreicht werden

- Endprodukthemmung: („Rückkopplungshemmung“, Feedback inhibition)
  - x = Regelkreis, der dafür sorgt, daß die Synthese eines Produkts eingestellt wird, sobald genügend von ihm vorhanden ist
- **Nach welchen Kriterien werden Enzyme eingeteilt?**
  - Einteilung der Enzyme nach Art der katalysierten Reaktion in 6 Hauptklassen
  - Einteilung der Enzyme der 6 Hauptklassen in Untergruppen je nach umgesetztem Substrat, beteiligtem Coenzym oder Akzeptor
    1. Oxidoreduktasen: katalysieren Elektronentransfer-Reaktionen
    2. Transferasen: Gruppenübertragende Enzyme
    3. Hydrolasen: katalysieren hydrolytische Spaltungen
    4. Lyasen: katalysieren Abspaltung von Gruppen nach nicht-hydrolytischem Mechanismus
    5. Isomerasen: katalysieren Umlagerungen innerhalb eines Moleküls
    6. Ligasen: knüpfen Bindungen unter ATP-Spaltung

## Teil 4

- **Was sind die Grundschrirte beim aeroben Abbau von Nahrungsstoffen?**

3 Stufen:

I) große Makromoleküle werden in Untereinheiten zerlegt: kein Energiegewinn

II) Untereinheiten werden zu wenigen einfachen Einheiten (zB. Acetyl-CoA) abgebaut: nur geringer Energie- (ATP) Gewinn, diese einfachen Einheiten spielen eine zentrale Rolle im Stoffwechsel

III) vollständige Oxidation von Acetyl-CoA zu H<sub>2</sub>O und CO<sub>2</sub> durch Citratzyklus und Atmungskette (oxidative Phosphorylierung): hoher ATP-Gewinn durch Übertragung von Elektronen auf O<sub>2</sub>
- **Wozu dient die Glykolyse, wo läuft sie ab und wie hoch ist ihre Energieausbeute?**
  - Reaktionsfolge zur Spaltung von Glukose (C<sub>6</sub>) in 2 Moleküle Pyruvat (C<sub>3</sub>)
  - Umwandlung erfolgt in 10 Stufen
  - im Cytosol (Cytoplasma)
  - läuft unter aeroben und anaeroben Bedingungen gleich ab
  - Energiegewinn am Ende der Glykolyse: 2 ATP/ Glukosemolekül
  - im tierischen Organismus kann die Glykolyse in weitem Umfang rückwärts durchlaufen werden -> Gluconeogenese: aus Zwischenprodukten des Stoffwechsels können wieder Zucker aufgebaut werden
- **Wo wird im Vergleich zwischen aerobem und anaerobem Glukose-Abbau mehr Energie gewonnen? Wo sind die grundlegenden Unterschiede?**

Beim anaeroben Glukoseabbau werden nur 2 ATP gewonnen, beim aeroben ganze 36.

  - Unterschiede:
    - beim aeroben Abbau tritt das Pyruvat in die Mitochondrien ein, wo es zu H<sub>2</sub>O und CO<sub>2</sub> oxidiert wird. Das O<sub>2</sub> dient also als Elektronen-Akzeptor bei der Wiedergewinnung von NAD<sup>+</sup> (Atmungskette)
    - beim anaeroben Abbau bleibt das Pyruvat im Cytoplasma und wird zu Lactat oder Ethanol umgewandelt und durch Gärung ausgeschieden. Dadurch wird NAD<sup>+</sup> zurückgewonnen.

- **Welche Bedeutung hat der Citratzyklus im Stoffwechsel?**
  - Gewinn von Reduktionsäquivalenten (NADH, FADH<sub>2</sub>)
  - Acetyl-CoA überträgt Acetyl-(C2) Rest auf Oxalacetat (C4-Verbindung) -> Citrat (C6) entsteht
  - Citrat wird nun in einem Zyklus wieder zu Oxalacetat abgebaut -> durch hpts. Oxidationsreaktionen, bei denen Wasserstoff freigesetzt wird -> dabei werden Reduktionsäquivalente (NADH/H<sup>+</sup>) gewonnen
  
- **Was versteht man unter Atmungskette und was ist deren Prinzip?**
  - letzte Stufe im Katabolismus
  - Atmungskette ist an die innere mitochondriale Membran gebunden
  - Mitochondrium = Kraftwerk der Zelle:  
hier wird unter Sauerstoff-Verbrauch Energie (ATP) gewonnen durch die Oxidation von NADH/H<sup>+</sup> und FADH<sub>2</sub>
  - der e<sup>-</sup>-Transport von NADH auf O<sub>2</sub> erfolgt stufenweise über 3 Enzymkomplexe der Atmungskette
  - dabei werden Protonen durch die Membran nach außen gepumpt
  - dieser Protonengradient wird zur ATP-Synthese genutzt durch die ATP-Synthase
  - die ATP-Synthase ist reversibel und kann auch durch ATP-Spaltung Protonen aus der Matrix pumpen
  
- **Wie sind ATP-Synthese und Atmungskette gekoppelt? Wo findet die oxidative Phosphorylierung statt?**
  - Oxidation und Phosphorylierung sind gekoppelt über einen Protonengradienten an der inneren Mitochondrienmembran
  - die bei der Übertragung der Elektronen zum Sauerstoff freigesetzte Energie wird dazu benützt um Protonen (H<sup>+</sup>) aus der mitochondrialen Matrix hinauszupumpen  
-> dabei wird eine protonenmotorische Kraft erzeugt (pH- und Spannungsgradient)  
-> ATP entsteht wenn die Protonen durch einen Enzymkomplex in die mitochondriale Matrix zurückfließen
  - ATP-Synthese und Atmungskette sind gekoppelt über einen Protonengradienten an der inneren Mitochondrienmembran. Die oxidative Phosphorylierung findet in der mitochondrialen Matrix statt.
  
- **Wie funktioniert die ATP-Synthase?**

Die ATP-Synthase funktioniert in der Weise, dass Protonen (H<sup>+</sup>) durch einen Enzymkomplex in die mitochondriale Matrix zurückfließen, wo die Reaktion  $ADP + P + H^+ \rightarrow ATP + H_2O$  stattfindet. Die ATP-Synthase ist reversibel und kann auch durch ATP-Spaltung Protonen aus der Matrix pumpen.

## **Teil 5**

- **Was versteht man unter Photosynthese, aus welchen zwei Phasen besteht diese und wo finden diese in grünen Pflanzen statt?**
  - durch Bakterien (Cyanobakterien), Algen und grüne Pflanzen
  - Umwandlung von Sonnenenergie in chemische Energie
  - CO<sub>2</sub> wird zu Glukose reduziert: jedes C-Atom eines Kohlendioxidmoleküls nimmt dabei 2 Wasserstoffatome auf (Reduktion durch H-Aufnahme)
  - in Pflanzen läuft die Photosynthese in den Chloroplasten ab, bei photosynthetisierenden

- Bakterien in Einstülpungen der Plasmamembran
- läuft in 2 Phasen ab:
  - × Lichtreaktion: aus Lichtenergie werden energiereiche Moleküle gebildet -> in den Grana
  - × Dunkelreaktion: diese werden dann zum Aufbau von Zucker verwendet (Lichtunabhängig!) -> im Stroma
- **Wie erfolgt die Umwandlung von Licht- in chemische Energie, wodurch wird Licht adsorbiert?**
  - die eingestrahnten Photonen werden von Chlorophyll adsorbiert: dabei wird ein  $e^-$  auf ein höheres Energieniveau gehoben
  - der Chloroplast ist der Ort der Photosynthese
  - die Lichtenergie regt im Chlorophyll ein Elektron an
  - Photonenfluß -> Elektronenfluß -> Protonengradient -> ATP
  - die ATP-Synthese erfolgt durch einen ATP-Synthase-Komplex
  - die ATP-Erzeugung wird sowohl bei der Photophosphorylierung als auch bei der oxidativen Phosphorylierung von einem  $H^+$ -Gradienten getrieben
  - die Produkte der Lichtreaktion (ATP und NADPH) befinden sich nun schon im Stroma, wo die folgende Dunkelreaktion stattfindet!
- **Was erfolgt in der Dunkelreaktion, in welche Schritte kann diese unterteilt werden, was ist deren Endprodukt?**
  - in Bakterien wird  $CO_2$  durch Diffusion aufgenommen
  - in Pflanzen erfolgt die  $CO_2$  – Aufnahme durch die Stomata (Spaltöffnungen)
  - $CO_2$  wird in eine Hexose umgewandelt
  - der Einbau von  $CO_2$  in Kohlenhydrate erfolgt über den Calvin-Zyklus
  - Calvin-Zyklus: verläuft in 3 Schritten:
    1. carboxylierende Phase: Einbau von  $CO_2$  in einen C5-Akzeptor
      - > instabile C6-Verbindung entsteht
      - > zerfällt rasch in 2 C3-Verbindungen
    2. reduzierende Phase: Reduktion von 2 C3-Körpern unter ATP-Verbrauch zu einem C6-Zucker
    3. regenerierende Phase: Wiedergewinnung des C5-Akzeptors

## **Teil 6**

- **Welche Art der Signalerkennung gibt es?**
  - Übertragung extrazellulärer Signale ins Zellinnere
  - Umwandlung extrazellulärer Signale in zellinterne Signale
  - Signalverstärkung und Vermittlung einer spezifischen Zellantwort
- **Wodurch unterscheidet sich die Erkennung hydrophober von hydrophilen Signalmolekülen?**
  - hydrophobe Signal-Moleküle (zB. Steroide) dringen direkt in die Zelle ein und binden intrazelluläre Rezeptoren
  - hydrophile Signal-Moleküle binden an Zelloberflächenrezeptoren



- **Wie erfolgt die Umwandlung von extrazellulären in intrazelluläre Signale?**
  - durch Bindung des Hormons an seinen passenden Rezeptor verändert sich dessen Struktur
  - dadurch wird ein G-Protein (GTP-bindendes Protein) aktiviert
  - das stimulierte G-Protein aktiviert die Adenylat-Cyclase, wodurch cAMP als intrazellulärer Botenstoff („second messenger“) gebildet wird
  
- **Was versteht man unter „second Messenger“ und was ist deren Funktion?**
  - extrazelluläre Signale werden in intrazelluläre umgewandelt
  - dienen der Verstärkung des ursprünglichen extrazellulären Signals („primary messenger“)
  - 3 Klassen:
    - x zyklische Nukelotide (zB. cAMP, cGMP)
    - x IP3 (Inositoltriphosphat) und DAG (Diacylglycerol)
    - x Calcium-Ionen
  
- **Wie kommt es zur Verstärkung von Signalen?**

Second messenger dienen als intrazelluläres Signal der Verstärkung des ursprünglichen extrazellulären Signals, indem sie Proteinkinasen aktivieren, die ihrerseits Proteine durch Phosphorylierung aktivieren/hemmen.