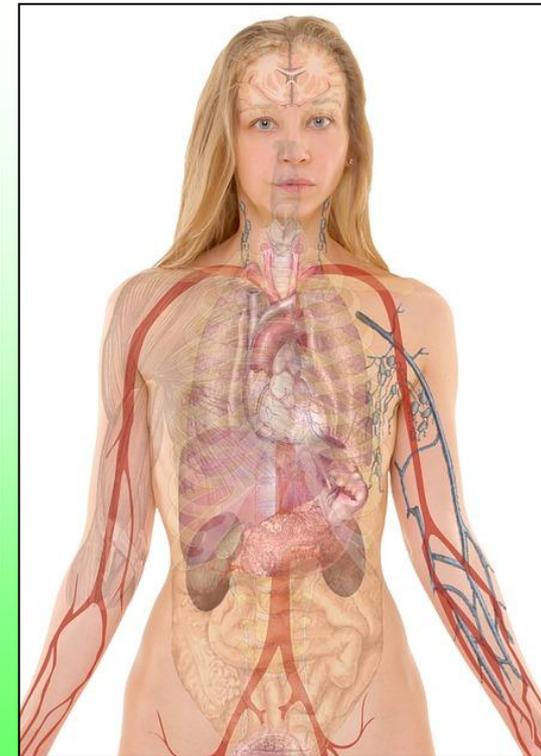
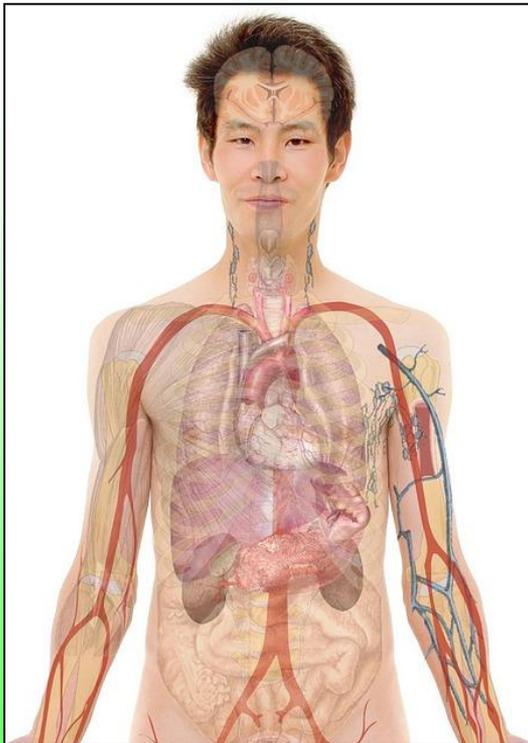


Enzyme (Teil 1)

Aminosäuren, Aufbau, Eigenschaften & Funktion

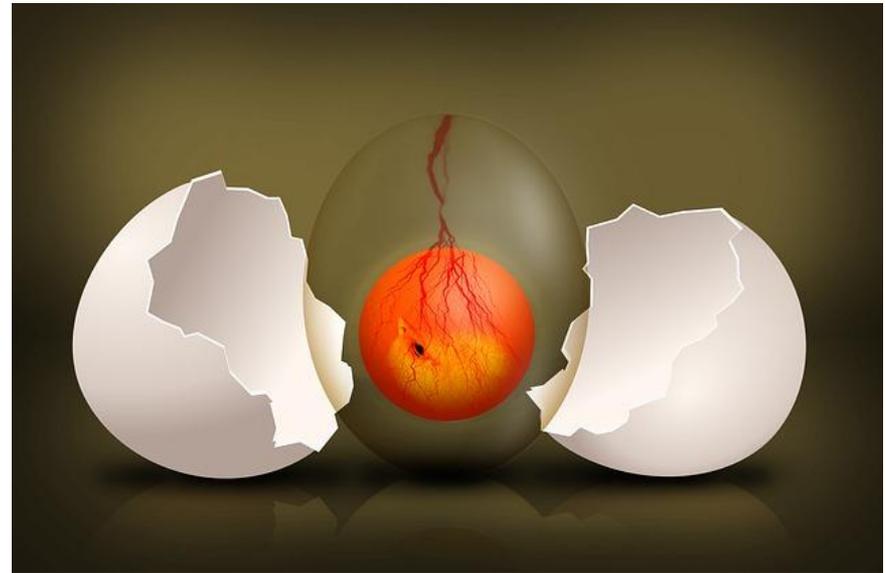
Mag. Gerald Trutschl



1. Einführung

2. Aufbau:

- Aminosäuren
- Peptidbindung
- Primärstruktur
- Sekundärstruktur
- Tertiär- und
Quatärstrukturen



3. Arten von Enzymen

4. Prinzipieller Aufbau

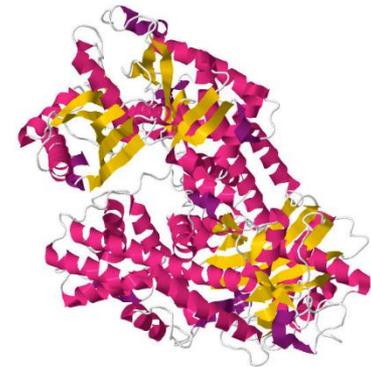
Was ist ein Enzym?

Ein Enzym besteht aus Proteinen (Eiweiß) und ermöglicht chemische Reaktionen im Körper, die ohne dem Enzym viel langsamer und bei viel höheren Temperaturen sonst ablaufen würden. Enzyme sind Biokatalysatoren ohne die das Leben auf der Erde nicht möglich wäre.

Der „Bauplan“ jedes Enzyms ist in der DNA im Zellkern der tierischen und pflanzlichen Zelle gespeichert.

Welche Eigenschaften besitzt ein Enzym?

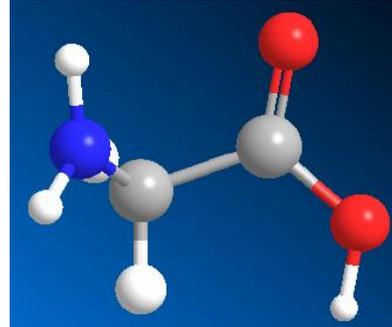
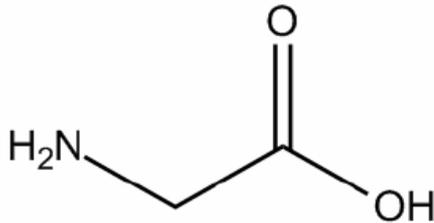
- substratspezifisch (nur 1 Substrat kann reagieren)
- reaktionsspezifisch (katalysiert nur 1 Reaktionstyp)
- besitzen ein aktives Zentrum (Ort der Reaktion)
- werden nicht verbraucht während d. Reaktion
- kann in der Aktivität beeinflusst werden
- haben ein pH u. Temperatur Optimum
- setzen Aktivierungsenergie herab



2. Aufbau der Enzyme

L Aminosäuren

Alpha-Aminocarbonsäuren:



- Aminosäuren stellen die kleinste Baueinheit der Enzyme dar. Es sind im Prinzip Alpha-Aminosäuren.
- es gibt 20 proteinogene Aminosäuren
- durch Kondensation entstehen Peptide => Proteine

2. Aufbau der Enzyme

L Aminosäuren

Die 20 proteinogenen Aminosäuren

Kettenförmige unpolare Aminosäuren:

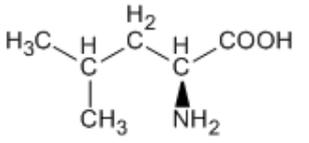
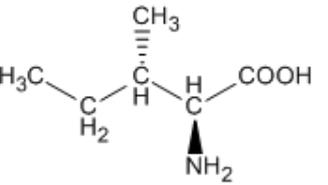
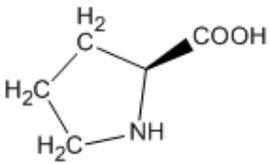
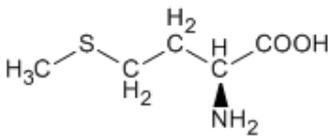
Strukturformel & Namen	Besondere Merkmale	Physiolog. Bedeutung
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} \quad \text{COOH} \\ \quad \diagdown \quad / \\ \quad \text{C} \\ \quad \\ \quad \text{H}_2 \end{array}$ <p>Glycin</p>	<p>3-Letter Code: Gly α-Helix-Brecher optisch inaktiv</p>	<ul style="list-style-type: none"> > inhibitorischer Neurotransmitter > süßer Geschmack > Biosynthese von HÄM und Kreatin > glycogene AS: wird zu Pyruvat abgebaut
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{COOH} \\ \quad \diagdown \quad / \\ \quad \text{C} \\ \quad \\ \quad \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Alanin</p>	<p>3-Letter Code: Ala α-Helix-Bildner optisch aktiv</p>	<ul style="list-style-type: none"> > glycogene AS: wird zu Pyruvat abgebaut
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{C}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Valin</p>	<p>3-Letter Code: Val β-Faltblatt-Bildner optisch aktiv essentiell</p>	<ul style="list-style-type: none"> > glycogene AS: Abbau zu Succinyl-CoA

2. Aufbau der Enzyme

L Aminosäuren



Kettenförmige unpolare Aminosäuren:

 <p>Leucin</p>	<p>3-Letter Code: Leu α-Helix-Bildner optisch aktiv essentiell</p>	<ul style="list-style-type: none"> > ketogene AS: Abbau zu Acetyl-CoA > Aufbau/Erhalt von Muskelzellen
 <p>Isoleucin</p>	<p>3-Letter Code: Ile β-Faltblatt-Bildner optisch aktiv (2 chirale Zentren) essentiell</p>	<ul style="list-style-type: none"> > ketogene und glycogene AS: Abbau zu Succinyl-CoA und Acetyl-CoA
 <p>Prolin</p>	<p>3-Letter Code: Pro α-Helix-Brecher β-Faltblatt-Brecher</p>	<ul style="list-style-type: none"> > glycogene AS: Abbau zu α-Ketoglutarat > Biosynthese von Kollagen
 <p>Methionin</p>	<p>3-Letter Code: Met α-Helix-Bildner optisch aktiv essentiell</p>	<ul style="list-style-type: none"> > glycogene AS > Methylgruppenspender > für Translation benötigt (Start)

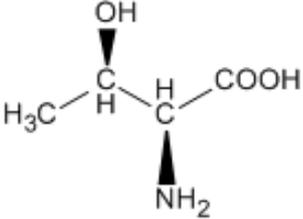
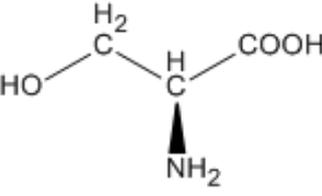
2. Aufbau der Enzyme

L-Aminosäuren



forstschule.at

Polare ungeladene Aminosäuren:

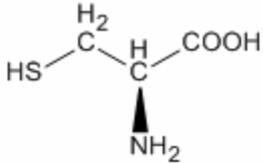
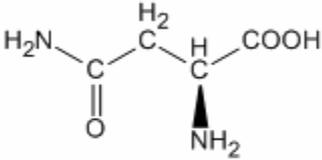
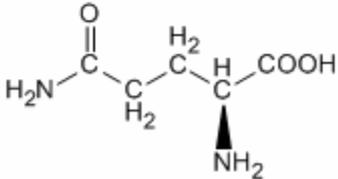
Strukturformel & Namen	Besondere Merkmale	Physiolog. Bedeutung
 <p>Threonin</p>	<p>3-Letter Code: Thr optisch aktiv (2 chirale Zentren) essentiell</p>	<p>> glycogene AS: Abbau zu Succinyl-CoA > wird in Pflanzen aus L-Aspartat metabolisiert</p>
 <p>Serin</p>	<p>3-Letter Code: Ser optisch aktiv</p>	<p>> glycogene AS Abbau zu Pyruvat</p>

2. Aufbau der Enzyme

L Aminosäuren



Polare ungeladene Aminosäuren:

 <p>Cystein</p>	<p>3-Letter Code: Cys optisch aktiv bedingt essentiell</p>	<p>> glycogene AS Abbau zu Pyruvat > Wichtiges Redoxmittel (-SH Gruppe kann S-S Disulfidbrücke bilden)</p>
 <p>Asparagin</p>	<p>3-Letter Code: Asn optisch aktiv</p>	<p>> glycogene AS: Abbau zu Oxalacetat</p>
 <p>Glutamin</p>	<p>3-Letter Code: Gln optisch aktiv</p>	<p>> glycogene AS: Abbau zu α-Ketoglutarat</p>

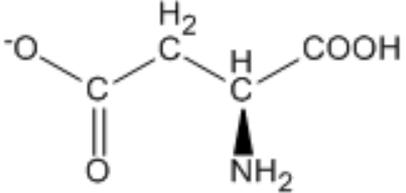
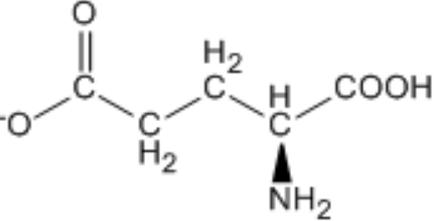
2. Aufbau der Enzyme

L Aminosäuren



forstschule.at

Negativ geladene Aminosäuren:

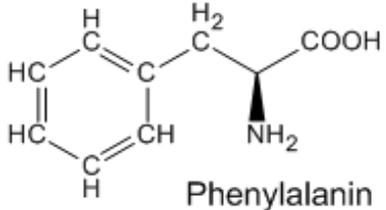
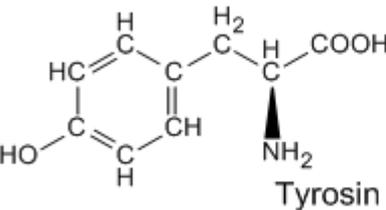
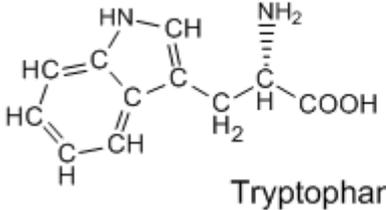
Strukturformel & Namen	Besondere Merkmale	Physiolog. Bedeutung
 <p style="text-align: center;">Aspartat</p>	<p>3-Letter Code: Asp β-Faltblatt-Brecher optisch aktiv sauer</p>	<p>> glycogene AS: Abbau zu Oxalacetat > ZNS: Neurotransmitter</p>
 <p style="text-align: center;">Glutamat</p>	<p>3-Letter Code: Glu β-Faltblatt-Brecher optisch aktiv sauer</p>	<p>> glycogene AS: Abbau zu α-Ketoglutarat > ZNS: Neurotransmitter</p>

2. Aufbau der Enzyme

L Aminosäuren



Aromatische Aminosäuren:

Strukturformel & Namen	Besondere Merkmale	Physiolog. Bedeutung
 <p>Phenylalanin</p>	3-Letter Code: Phe optisch aktiv Extinktionsmaxima: 260 & 272nm essentiell	> glycogene & ketogene AS: Abbau zu Acetyl-CoA & Fumarat > benötigt für: Adrenalin, Noradrenalin, Dopamin, Melanin
 <p>Tyrosin</p>	3-Letter Code: Tyr optisch aktiv Extinktionsmaxima: 276 nm bedingt essentiell	> glycogene & ketogene AS: Abbau zu Acetyl-CoA & Fumarat > benötigt für: Tyroxin (T3,T4), Adrenalin, Noradrenalin
 <p>Tryptophan</p>	3-Letter Code: Trp optisch aktiv Extinktionsmaxima: 282 nm essentiell	> glycogene & ketogene AS: Abbau zu Acetyl-CoA & Pyruvat > benötigt für: Serotonin, Melatonin

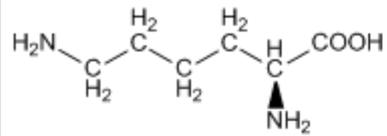
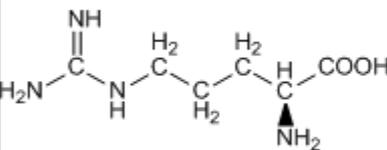
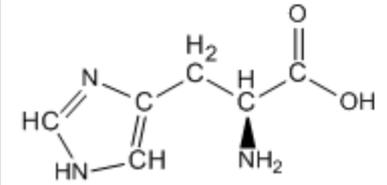
2. Aufbau der Enzyme

L Aminosäuren



forstschule.at

Aminosäuren mit positiv geladener Seitenkette:

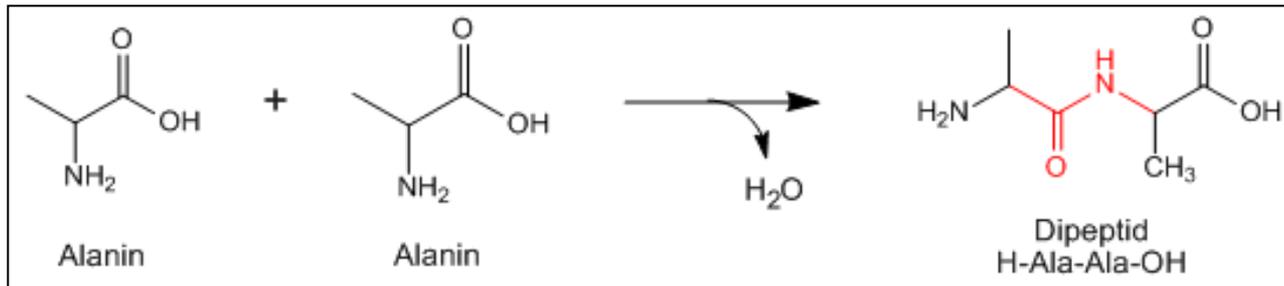
Strukturformel & Namen	Besondere Merkmale	Physiolog. Bedeutung
 <p>Lysin</p>	<p>3-Letter Code: Lys optisch aktiv essentiell basisch</p>	<p>> ketogene AS: Abbau zu Acetyl-CoA > funktionelle AS im Ubiquitin</p>
 <p>Arginin</p>	<p>3-Letter Code: Arg optisch aktiv basisch</p>	<p>> glycogene AS: Abbau zu α-Ketoglutarat > Ausgangsstoff für: Stickstoffmonoxid NO</p>
 <p>Histidin</p>	<p>3-Letter Code: His optisch aktiv essentiell schwach basisch</p>	<p>> glycogene AS: Abbau zu α-Ketoglutarat > kommt sehr oft im akt. Zentrum von Enzymen vor</p>

2. Aufbau der Enzyme

└ Peptidbindung

Peptidbindung:

Durch Kondensation (Wasserabspaltung) entsteht zw. zwei Aminosäuren eine Peptidbindung. Die **rot** gekennzeichneten Atome liegen alle in einer Ebene.



Je nachdem, wie viele Aminosäuren verknüpft werden, spricht man von Di-, Tri- und Tetra-Peptiden, bzw. von Oligopeptiden (unter 10 Aminosäuren) oder von Polypeptiden. Generell werden Ketten mit mehr als 10 Peptidbindungen als Peptide und Ketten mit mehr als 100 Peptidbindungen als Proteine bezeichnet.

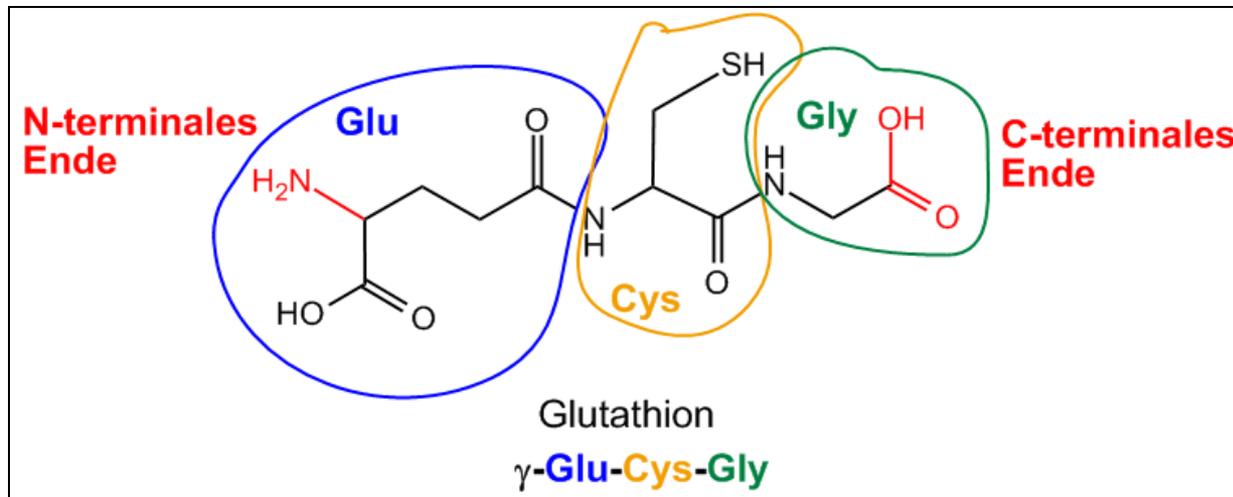
2. Aufbau der Enzyme

└ Peptidbindung

Primärstruktur:

Als Primärstruktur bezeichnet man die Sequenz einer Peptid/ Proteinkette. Sie wird im ein- oder drei- Buchstabencode angegeben und laut Konvention vom N-Terminalen Ende in Richtung des C-terminalen Endes notiert.

Bsp.: Tripeptid Glutathion



Sekundärstruktur:

Aufgrund der starren Struktur der Atome die in der Peptidbindung sitzen, und der Reste an einer Aminosäure, ergeben sich sterische (räumliche) Hinderungen weshalb in einer Peptidkette bestimmte Muster vorzugsweise eingenommen werden.

Man unterscheidet prinzipiell zwischen:

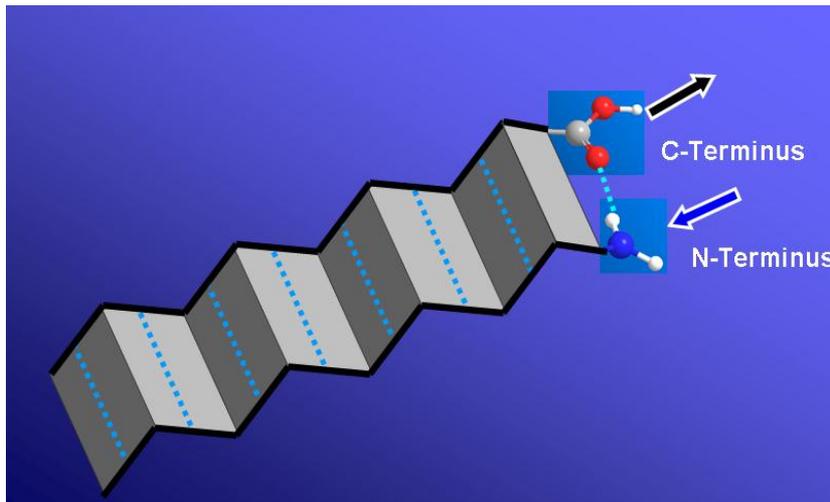
- beta-Faltblatt
- alpha-Helix

2. Aufbau der Enzyme └ Strukturen

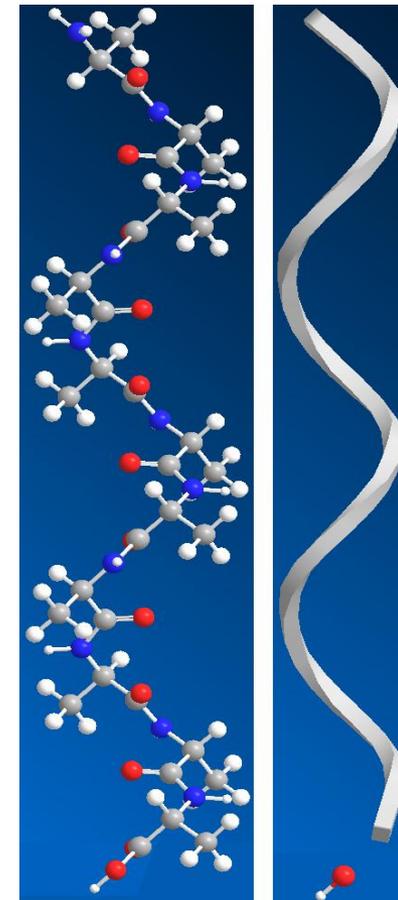


forstschule.at

➤ Beta-Faltblatt:



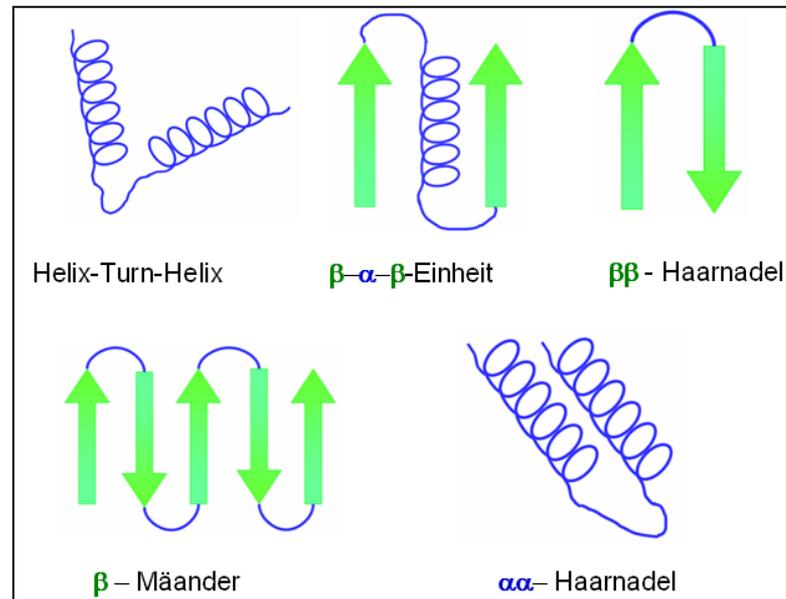
Alpha-Helix:



Supersekundärstrukturen

- Dabei werden Helices und Faltblätter untereinander mit Turns oder Loops verbunden sodass, Überstrukturen entstehen. Sie können als Zwischenebene von Sekundär und Tertiärstruktur angesehen werden.

Beispiele:

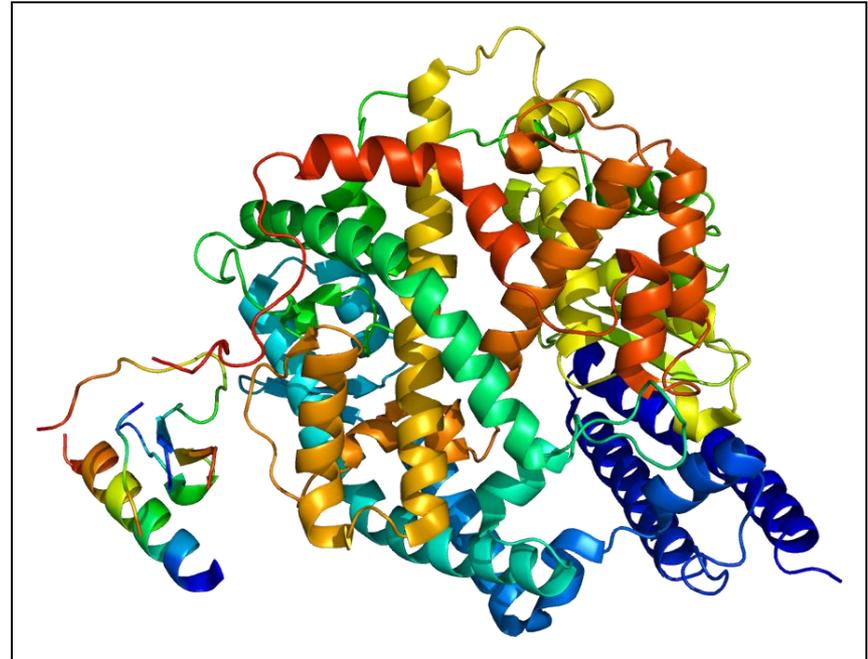


2. Aufbau der Enzyme

└ Struktur

Tertiärstruktur:

- Die gesamte Anordnung aller Atome innerhalb einer Polypeptidkette wird als Tertiärstruktur bezeichnet. Die Tertiärstruktur ist die Gesamtstruktur der Kette in dreidimensionaler Form.
- Wird durch Röntgenstrukturanalyse oder durch 3D-Kernmagnetresonanz-Spektroskopie (3D-NMR) ermittelt.



Angiotensin I converting enzyme 2

https://en.wikipedia.org/wiki/Angiotensin-converting_enzyme_2#/media/File:Protein_ACE2_PDB_1r42.png

(Autor: Emw <https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Emw>)

Tertiärstruktur:

Damit sich die Tertiärstruktur ausbilden kann sind unterschiedliche Wechselwirkungen aktiv im Enzym:

Wechselwirkungen:

- Ionische Wechselwirkungen bzw. elektrostatische WW
- Wasserstoffbrückenbindungen
- Hydrophobe (apolare) Wechselwirkungen
- Disulfid- Brücken



Quatärstruktur:

- Sie tritt auf, wenn mehrere Peptidketten eine übergeordnete Struktur bilden. Die Ursachen für diese Struktur sind die gleichen nicht-kovalenten Wechselwirkungen, die auch für die Tertiärstrukturen verantwortlich sind.

2. Aufbau der Enzyme

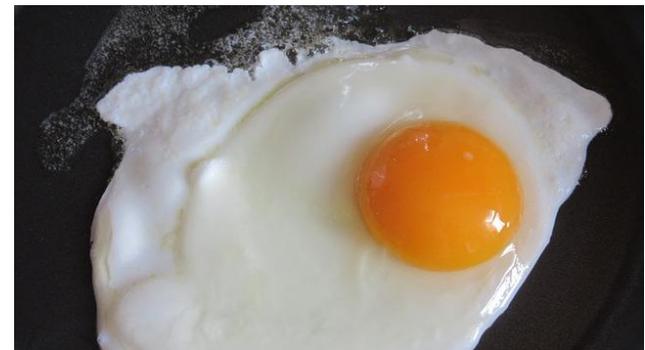
└ Struktur

Denaturierung:

Enzyme haben ein Temperaturoptimum und ein pH-Optimum, wo ihre Effektivität am höchsten ist. Allerdings nimmt durch äußere Einflüsse wie etwa zu hohe Temperatur das Enzym dauerhaft Schaden. Es verliert dabei seine Struktur und auch seine biologische Funktion! Es ist denaturiert. (Bsp.: Spiegelei, Eiweiß flockt aus)

Denaturierung durch:

- hohe Temperatur (meist weit unter 100°C)
- zu geringer/zu hoher pH-Wert
- mechanische Kräfte
- Organische Lösungsmittel
- Oxidationsmittel
- Salze (z.B.: Calciumthiocyanat)



3. Arten von Enzyme

└ Enzymklassen

- Jedes Enzym kann nur 1 Art von Reaktion katalysieren. Daher erfolgt die Einteilung der Enzyme nach Art der Reaktion.

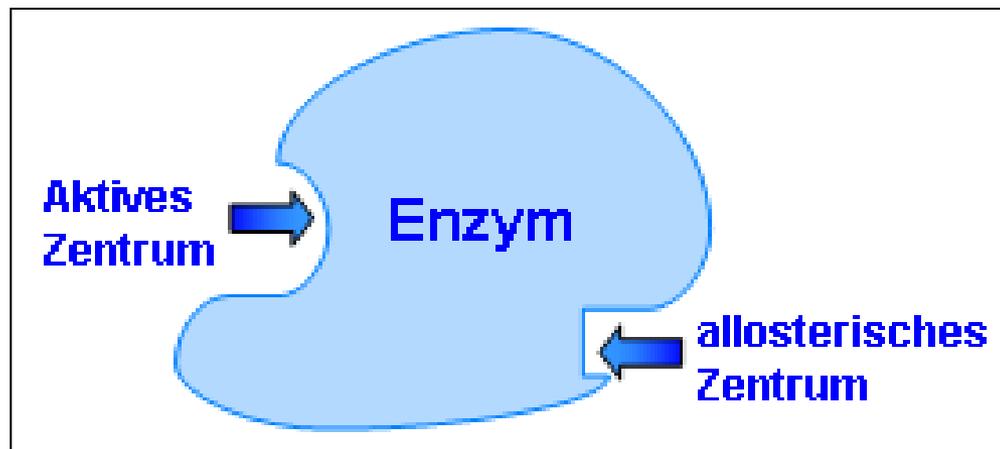
Enzymklasse	Chemische Reaktion
Oxidoreduktasen	Elektronenübertragungen, z.B.: Laktat-Dehydrogenase
Transferasen	Übertragung funktioneller Gruppen z.B.: Alaninamino-Transferase
Hydrolasen	Hydrolytische Spaltungen & Kondensation, z.B.: Peptidase
Isomerasen	Änderung v. Bindungsverhältnissen, z.B.: Epimerase
Lyasen	Atombindungsänderungen, z.B.: Fumarase
Ligasen	Ausprägung von Elektronenbindungen zw. Molekülen z.B.: Pyruvat-Carboxylase

4. Aufbau von Enzymen

└ schematischer Aufbau

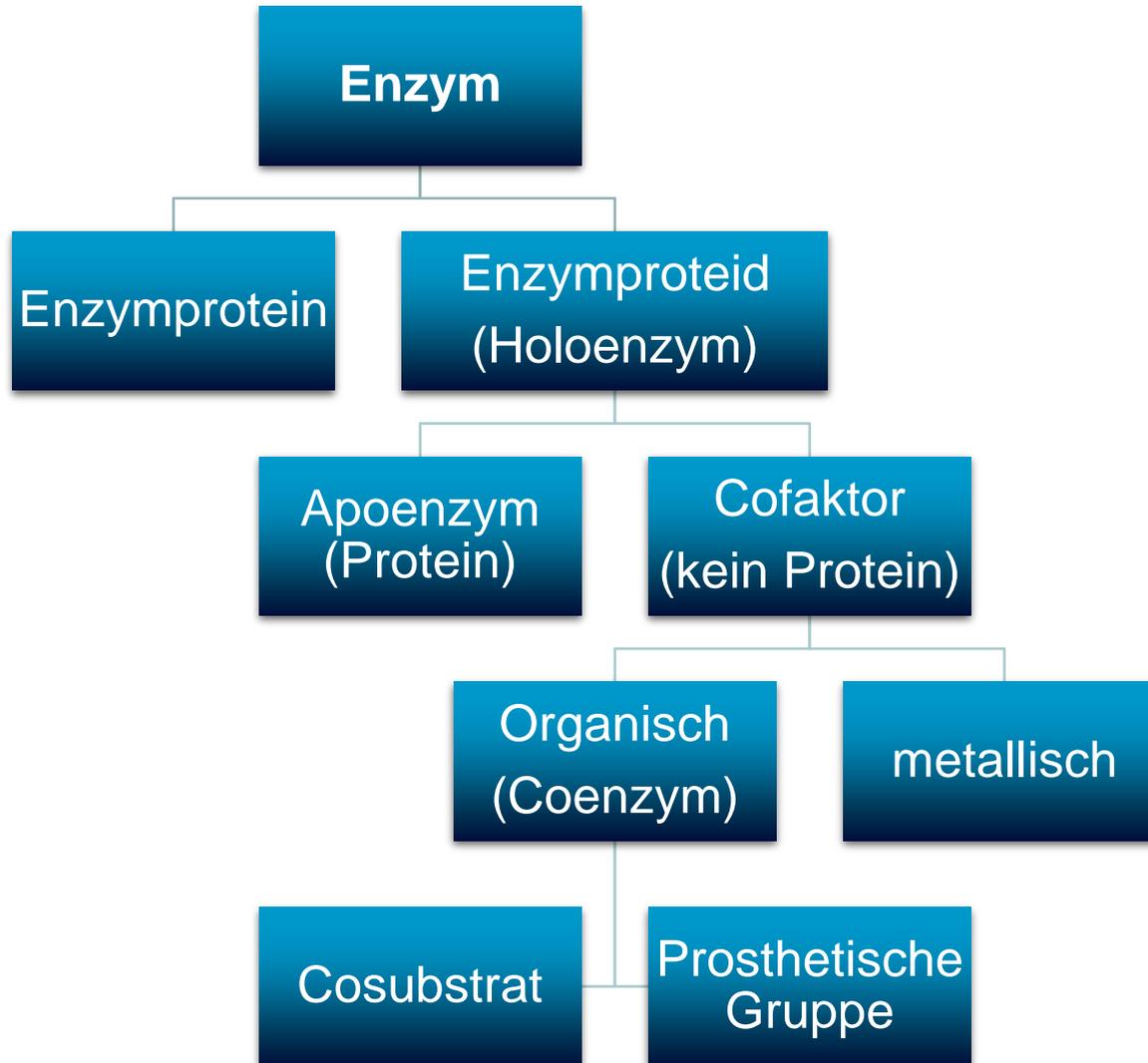
Ein Enzym besteht aus 2 speziellen Zentren dem:

- Aktiven Zentrum (Ort der Reaktion)
- Allosterisches Zentrum (Aktivitätssteuerung des Enzyms)



4. Aufbau von Enzymen

└ Enzymprotein und Holoenzym



4. Aufbau von Enzymen

└ schematischer Aufbau



forstschule.at

Cofaktor:

Der Cofaktor ist der nicht proteinogene Anteil eines Holoenzym.

Coenzyme:

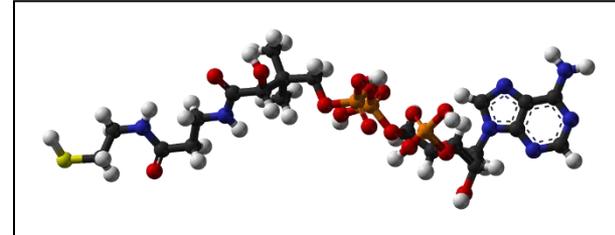
Ein Coenzym ist eine organische niedermolekulare Verbindung die nicht, kovalent an das Enzym gebunden ist.

Bsp.: Coenzym A:

Prosthetische Gruppen:

Sind organische Verbindungen die kovalent an das Enzym gebunden sind. Als Beispiel wäre das Häm zu nennen. Es ist über Histidin im Protein kovalent gebunden.

www.forstschule.at



Coenzym A

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cf/Coenzyme-A-3D-balls.png> (Autor: *Benjah-bmm27*)

