

Vortrag – Enzyme

Sebastian Kurfürst

<http://garbage-group.de/bio.html>
sebastian(at)garbage-group.de

1. Einführung
2. Reaktionsgeschwindigkeit chemischer Reaktionen
3. Enzyme – ein Biokatalysator
4. Aufbau
5. Substrat-, Wirkungs- und Milieuspezifität
6. Klassifikation
7. Enzymnomenklatur
8. Enzymhemmung
9. Regelung der Enzymaktivität

- Milliarden von biochemischen Reaktionen in menschlichem Körper
- z.B. Verbrennung von Glucose
- Bei Zimmertemperatur: recht langsam
- z.B. kann Glucose tagelang an der Luft liegen, ohne daß es zu einer nennenswerten Oxidation kommt
- Zellen in lebenden Organismen: nicht so viel Zeit
=> Wie beschleunigt man chemische Reaktionen?

3 Faktoren

1. Konzentration der Ausgangsstoffe

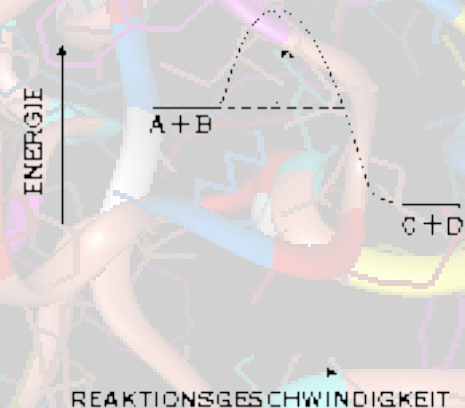
Je höher die Konzentration der Ausgangsstoffe, desto schneller können die Reaktionsprodukte gebildet werden.

2. Temperatur

Je höher die Temperatur, desto größer die Reaktionsgeschwindigkeit.

3. Aktivierungsenergie

Je niedriger die Aktivierungsenergie, desto größer die Reaktionsgeschwindigkeit (bei bestimmter Temperatur).



Möglichkeiten zur Beschleunigung der Reaktion:

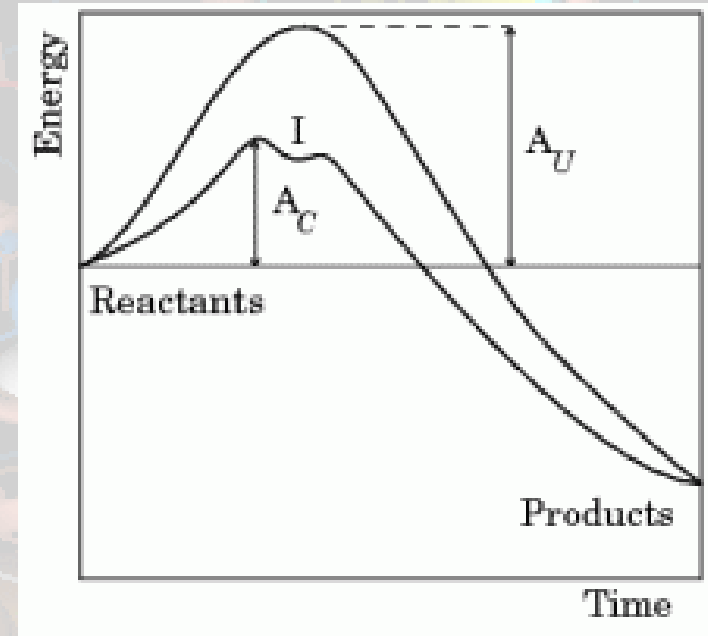
- Konzentration der Ausgangsstoffe erhöhen
 - Temperatur erhöhen
 - Aktivierungsenergie senken
- Problem: Temperatur in den Zellen kann nicht beliebig erhöht werden, da bei über 45°C Proteine denaturieren, und die Zelle somit stirbt. => Möglichkeit 1) und 2) nur sehr begrenzt möglich

=> Aktivierungsenergie senken

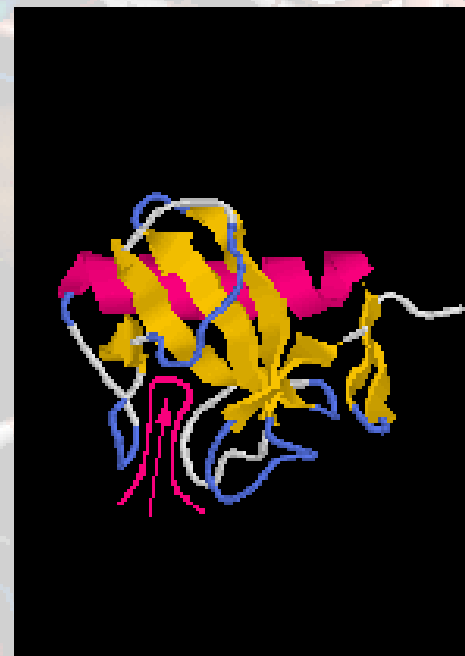
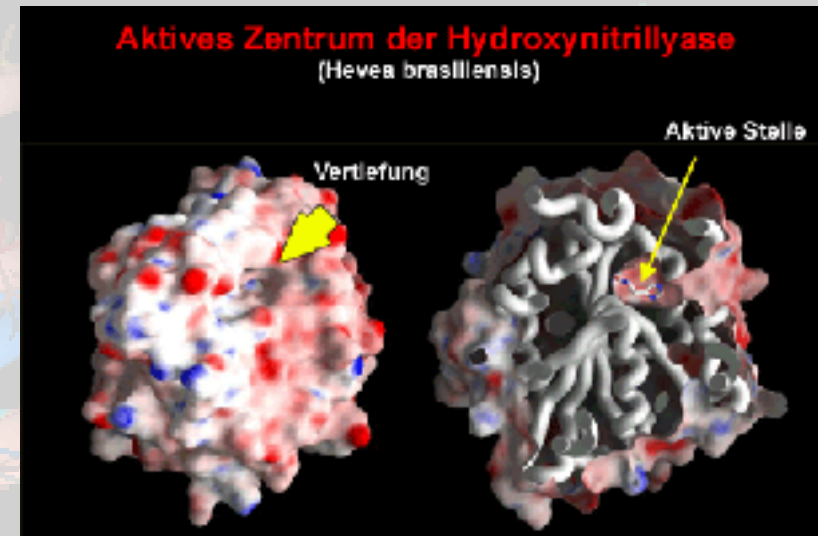
- Senkung der Aktivierungsenergie mit **Katalysatoren**

- Enzyme: **Biokatalysatoren**

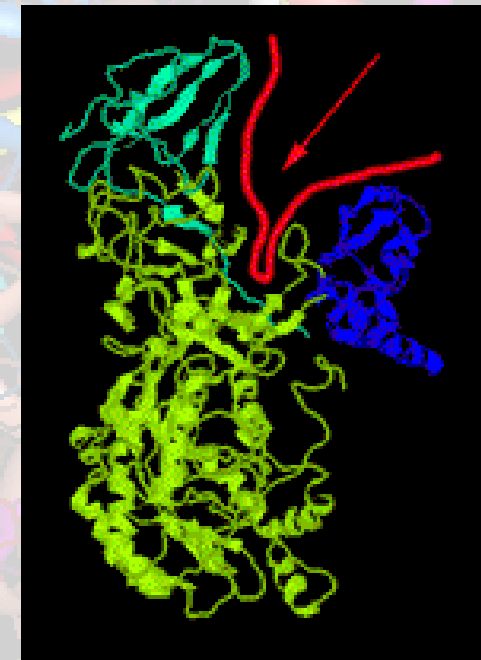
- => Reaktionen können im Körper unter normalem Druck und normaler Temperatur ablaufen



- Im Normalfall: Globuläre Proteine (eher kugelförmig)
- Wichtige Stelle eines Enzyms: aktives Zentrum
- Substrat: "Andocken" an aktivem Zentrum

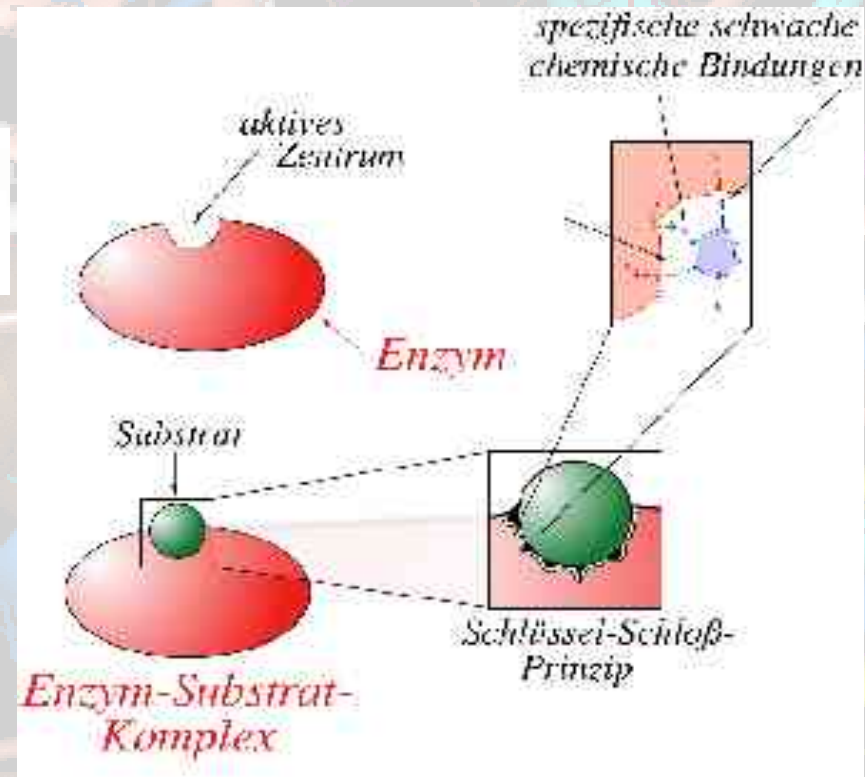


Ribonuklease



Urease

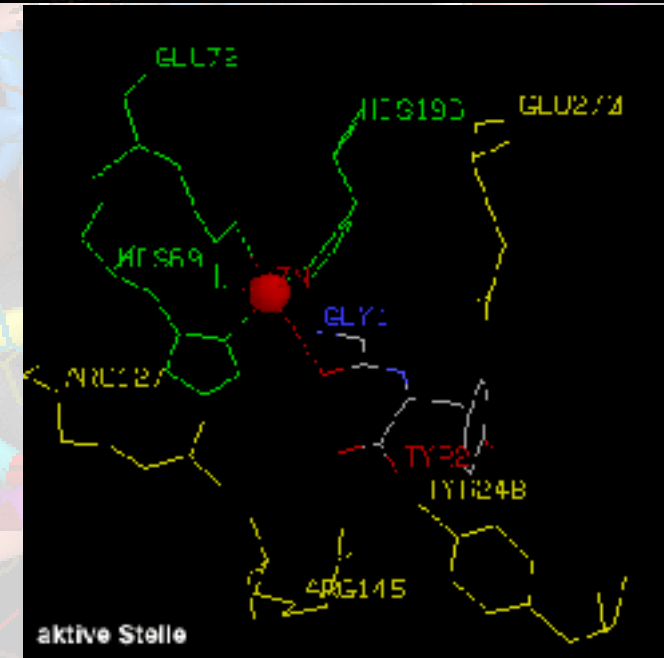
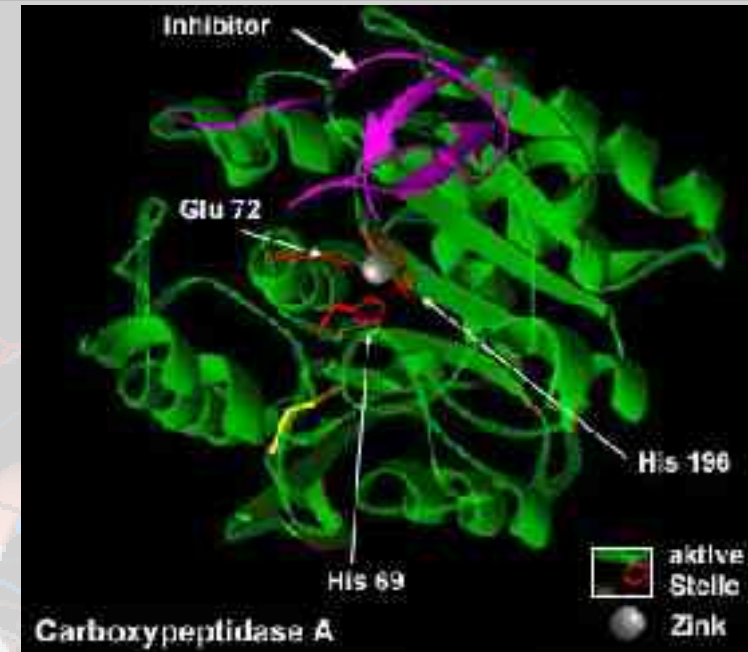
- Schlüssel-Schloss-Prinzip (für nur 1 Stoff oder einige, einander ähnliche Stoffe)
- **Enzyme substratspezifisch**
- => Bildet den Enzym-Substrat-Komplex



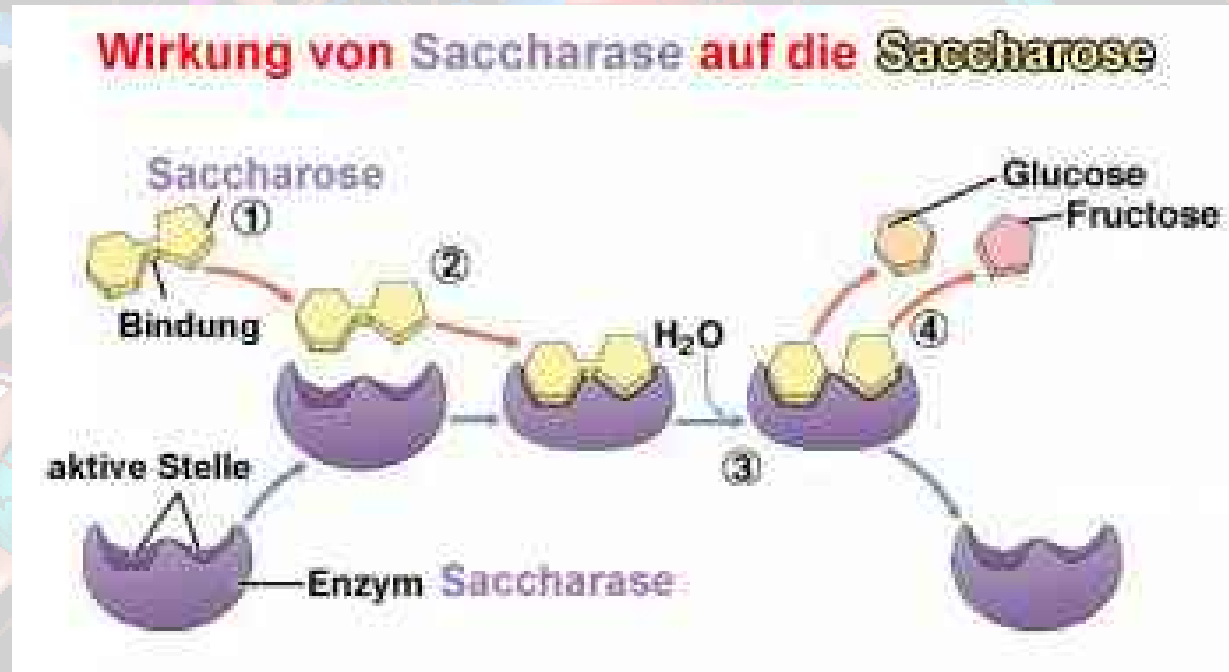
Stärke $\xrightarrow{\text{Amylase}}$ r. x. Maltose

Cellulose $\xrightarrow{\text{Amylase}}$ keine Reaktion

- Alle 3 im aktiven Zentrum befindlichen Reste: polare Gruppen, die H-Brücken bilden können.
- Substrat: wird über H-Brücken "festgehalten"
- Aktive Zentren bestehen also aus bestimmten polaren Resten
- katalytische Wirkung: gleichzeitige Einwirkung verschiedener polarer Gruppen auf eine Bindung, Atom oder Atomgruppe
- Kofaktoren helfen bei dieser Destabilisierung des Substrats



Enzym: ganz bestimmte Wirkung auf Substrat:
Wirkungsspezifität



Enzyme **substratspezifisch** und **wirkungsspezifisch**

Enzyme benötigen bestimmte Umgebung, um wirksam zu werden: **milieuspezifisch**

- dies sind Parameter, die primär nichts mit der eigentlichen Reaktion zu tun haben, z.B. aktivierende, hemmende oder vergiftende Einflüsse

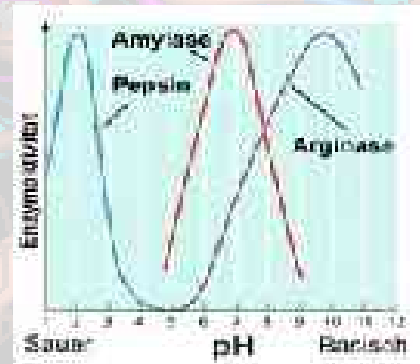
- **pH-Wert**

extreme Eingriffe: irreversible Denaturierung

kleine Änderungen: innerhalb von 1-2 pH-Einheiten

Enzymaktivität reversibel von 0 auf Maximum steuerbar.

- Amylase: pH-Wert vom 7 Optimum



- **Temperatur**

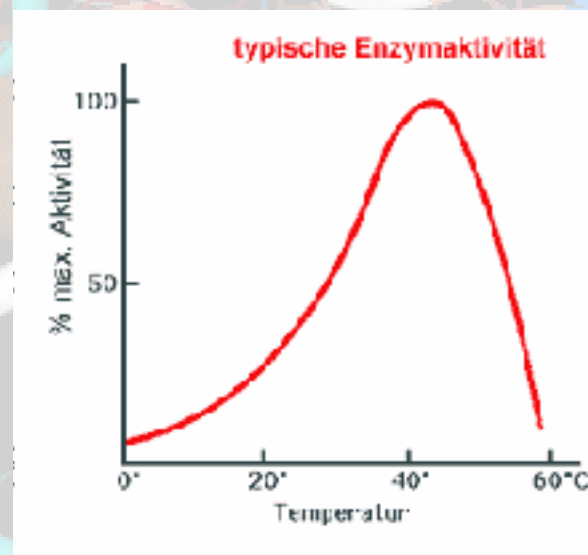
- Temperatur-Optimum

- Im Normalfall: ab 50 °C: irreversible Hitzedenaturierung

- jedes Enzym: charakteristisches Temperatur-Optimum

- Mensch: im allgemeinen T-Optima um 40 °C

- thermophile Bakterien und Blaualgen: leben in vulkanischen Bezirken oder in kochenden Geysiren => Enzyme höheres T-Optimum

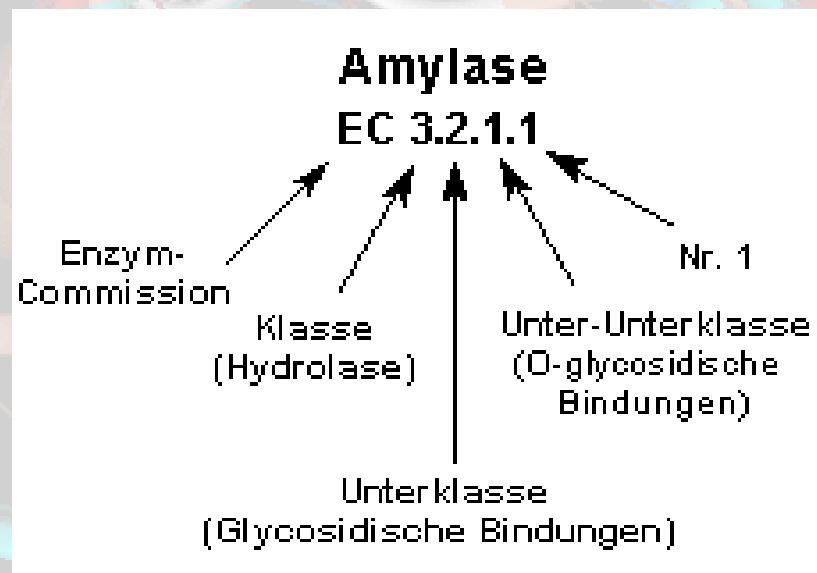


- Aktivatoren / Gifte
 - unterstützen oder hemmen die Katalysatorwirkung des Enzyms
 - “Schalter” des Enzyms
- Redoxlage
- Umgebung der Zellen wichtig, z.B.:
 - in oder an Membranen fixiert
 - in der löslichen Phase des Cytoplasmas

Klassifikation der Enzyme

Enzymklasse x.x.x.x	Bemerkung	Beispiele
1 Oxidoreduktasen	Enzyme, die Redoxreaktionen katalysieren	Katalase
2 Transferasen	Enzyme, die den Transfer einer Atomgruppe katalysieren z. B. ein Phosphatrest	Hexokinase transferiert ein Phosphatrest von ATP auf Glucose
3 Hydrolasen	Enzyme, die eine Hydrolyse katalysieren	Amylase, Urease, Chymotrypsin, Trypsin, Carboxypeptidase
4 Lyasen	Enzyme, die Additionsreaktionen kleiner Moleküle an Doppelbindungen katalysieren.	Citratsynthase stellt Citronensäure her.
5 Isomerasen	Enzyme, die die Umwandlung in das Isomere des Substrats katalysieren.	Phosphoglucoisomerase wandelt Glucose-6-Phosphat in Fructose-6-Phosphat um.
6 Ligasen	Enzyme, die Verbindungen zwischen kleinen Molekülen knüpfen, um größere zu bilden.	DNA-Ligase repariert DNA.

- Endung: -ase
- nach Substrat benannt (Saccarose – **Saccarase**)
- wenn Name zu lang: Abkürzung (z.B. ADH = Alkoholdehydrogenase)
- für einige Enzyme: Beibehaltung des Trivialnamens (z.B. Pepsin oder Lysozym)
- Codesystem für Enzyme entwickelt



Unterbindung der Enzymwirksamkeit

Reversible Hemmung

Irreversible Inaktivierung

Kompetitive Hemmung

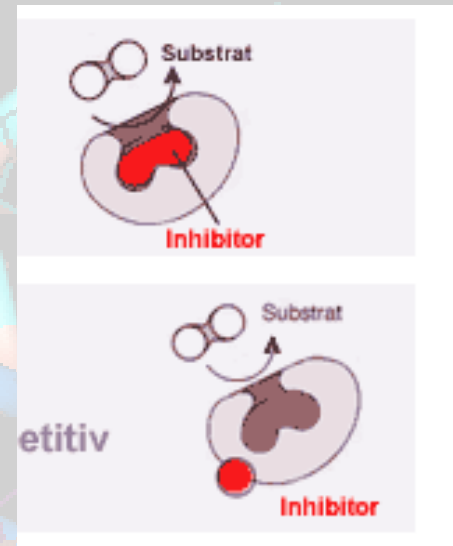
Unkompetitive Hemmung

Nichtkompetitive Hemmung

Partiell-nichtkompetitive Hemmung

Kompetitive Hemmung

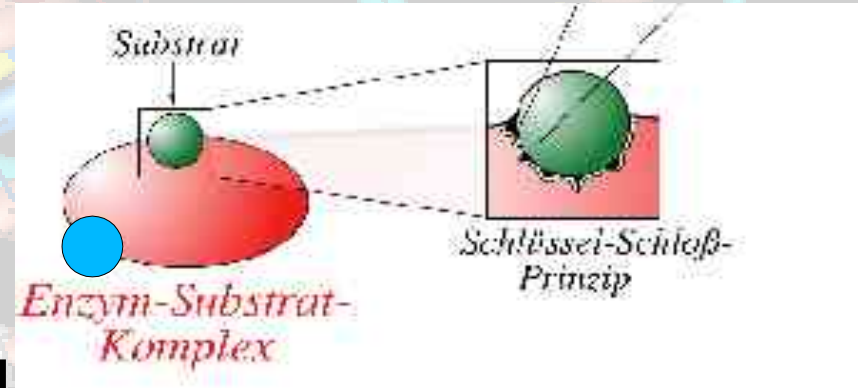
1. Substrat und Hemmstoff binden beide in das aktive Zentrum des Enzyms.
2. Substrat und Hemmstoff binden an verschiedenen Stellen im Enzym, jedoch führt die Bindung des einen zu einer Konformationsänderung, welche die Bindung des anderen verhindert.



Hemmstoff ist nicht vom Enzym umsetzbar =>
stoppt Enzymarbeit
ausreichend hohe Hemmstoff-Konzentration
nötig

2. Unkompetitive Hemmung

Hemmstoff bindet an Enzym-Substratkomplex, nicht an das freie Enzym; verhindert Umsetzung des Substrates zum Produkt



3. Nichtkompetitive Hemmung

Hemmstoff bindet sowohl an das freie Enzym als auch an den Enzym/Substrat-Komplex



4. Partiell-nichtkompetitive Hemmung

Hemmstoff bindet auch an das freie Enzym und an den Enzym/Substrat-Komplex

Umsatz des Substrates jedoch nicht vollständig verhindert, sondern nur verzögert.

=> allgemeinsten Fall der Enzymhemmung, die anderen Hemmtypen sind Spezialfälle

Irreversible Inaktivierung

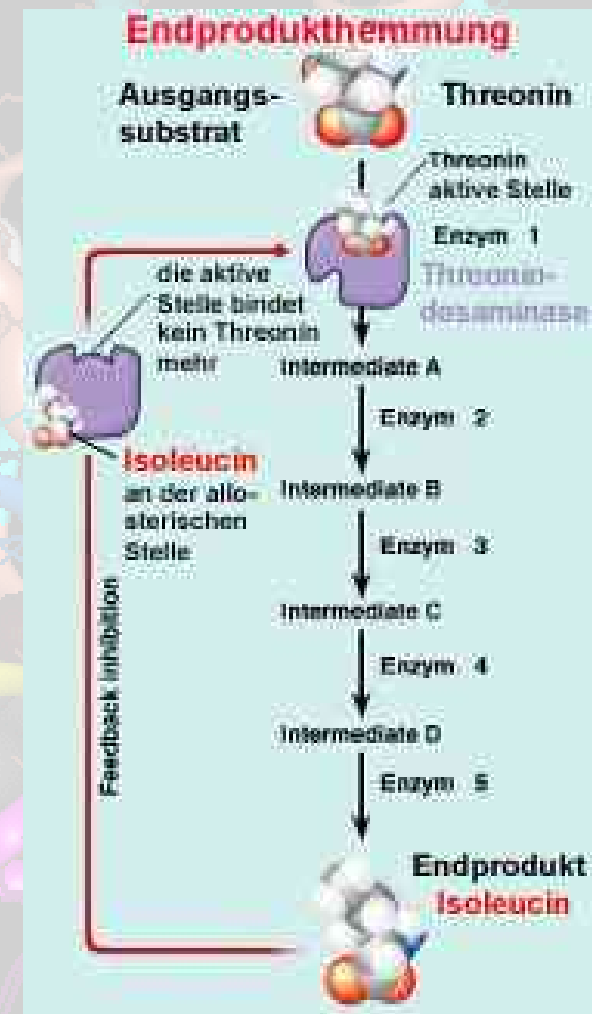
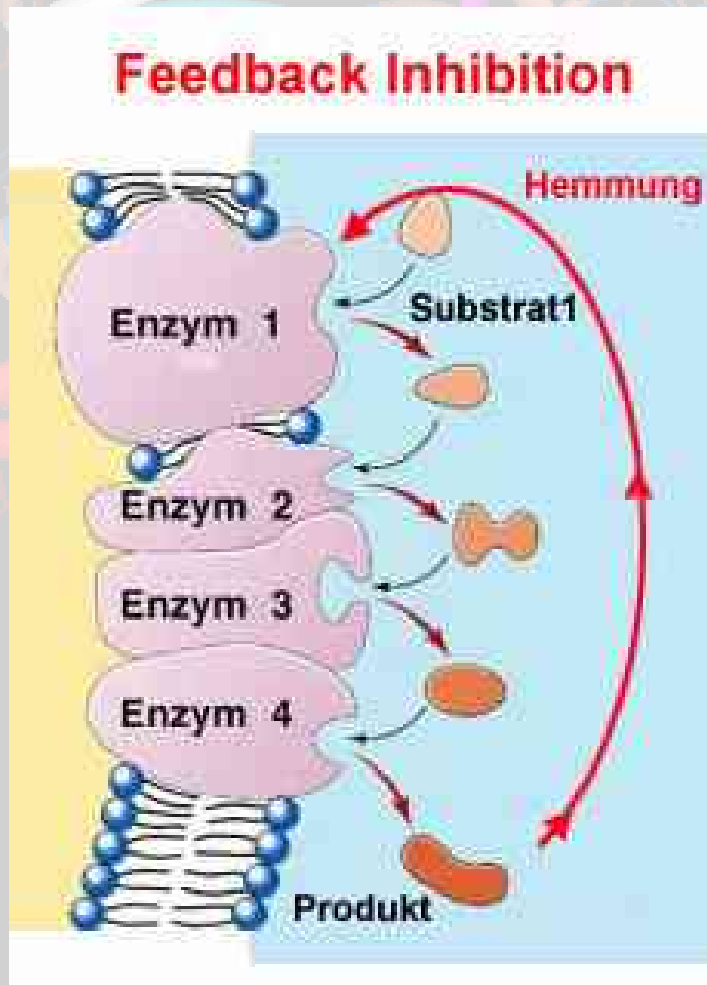
- Enzym wird durch einen fest an der aktiven Stelle gebundenen Hemmstoff blockiert

Beispiele

- Alkylphosphate (z. B. Sarin, in Insektiziden vorhanden) binden sich dauerhaft an die Acetylcholinesterase, welches sonst für Weiterleitung von Nervenimpulsen sorgt
=> Organismen sterben an Lähmung der Organfunktion
- Enzyme, die für ATP-Gewinnung wichtig sind: lassen sich durch Cyanid-Ionen (CN^- ; Zynakali) irreversibel hemmen
- viele Enzyme durch Schwermetalle gehemmt (z.B. durch Blei)

Regelung der Enzymaktivität: Endprodukthemmung

Spezialfall der nichtkompetitiven Hemmung, dadurch regelt sich der Stoffwechsel (z.B. Zellatmung)



Man findet Enzyme überall in der Zelle und im transzellulären Raum, z.B. in den Verdauungsorganen. Man schätzt, daß eine Leberzelle ca. 50 Millionen Enzymmoleküle enthält. Bis heute kennt man mehr als 2000 Enzyme.

http://www.imb-jena.de/image_library/PROTEINS/proteins/1sdg

<http://www.zum.de/Faecher/Materialien/beck/bs11-12.htm>

<http://www.chemieunterricht.de/dc2/katalyse/>

<http://www.egbeck.de/skripten/bs11-15.htm>



**Vielen Dank fürs
Zuhören!**