

Umbau von Stoffen (6)

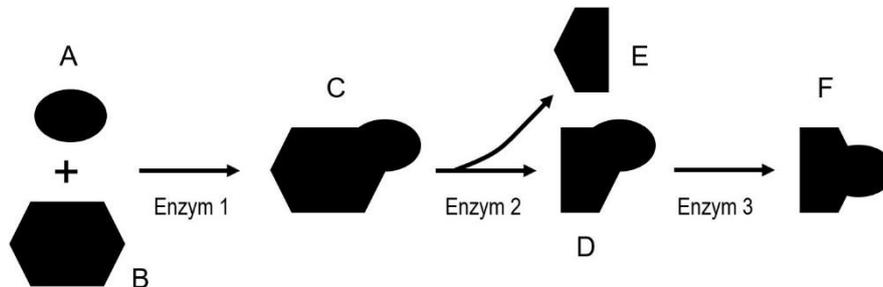
Regulierung von Enzymen: Endprodukthemmung

Aufgaben:

- 1 Beschreiben Sie die in B1 dargestellten Stoffumwandlungen in Worten unter Verwendung von Fachbegriffen (M1).
- 2 Skizzieren Sie eine modellhafte Skizze für Enzym 1 anhand der Angaben in M1 und entsprechend der Gestaltung der Zeichenobjekte in B1. Beschriften Sie die funktionellen Regionen des Modells. Entscheiden Sie dabei begründet, ob Stoff F dabei einen kompetitiven oder einen nicht-kompetitiven Hemmstoff darstellt.
- 3 In einer bestimmten Lebenssituation werden größere Mengen des Stoffs F (B1) in kurzer Zeit verbraucht, so dass seine Konzentration rasch abnimmt.
Beschreiben Sie in Worten, welche Folgen dies für das in B1 dargestellte System hat.
- 4 Weil das Endprodukt F als Hemmstoff für Enzym 1 dient, liegt ein Regelkreis vor.
Ergänzen Sie in B2 die Vorzeichen in den Kreisen, die Enzyme in den Kästen mit abgerundeten Ecken und die Stoffe der Reaktionskette in den Kästen mit kantigen Ecken (M2).
- 5 Beurteilen Sie anhand des Regelkreises (B2 in vervollständigter Form) die Richtigkeit der folgenden Aussagen:
 - a) Je mehr Endprodukt vorliegt, desto weniger Enzym 1 liegt vor.
 - b) Je mehr Zwischenprodukt D vorliegt, desto mehr Zwischenprodukt C liegt vor.
 - c) Je weniger Zwischenprodukt C vorliegt, desto mehr Zwischenprodukt D liegt vor.
 - d) Je weniger Endprodukt vorliegt, desto mehr Enzym 1 liegt in aktiver Form vor.
- 6 Eine Kinase ist ein Enzym, das eine Phosphatgruppe an ein Substrat koppelt. Die Phosphofruktokinase katalysiert die Phosphorylierung von Fruktose-1-Phosphat zu Fruktose-1,6-bisphosphat, das in der Glykolyse weiter umgewandelt wird. Dabei entsteht letztendlich ATP aus ADP und Phosphat. Sowohl ATP als auch ADP wirken als Effektoren für die Phosphofruktokinase.
Entscheiden Sie begründet, ob ATP bzw. ADP für die PFK als Aktivator bzw. als Inhibitor wirken.

M1 Endprodukt-Hemmung

Der Stoffauf-, -um- und -abbau in der Zelle erfolgt in der Regel über Reaktionsketten, an denen nacheinander mehrere Enzyme beteiligt sind. In vielen Fällen stellt das Endprodukt einen Hemmstoff für ein Enzym am Anfang der Reaktionskette dar (Endprodukt-Hemmung = Feedback-Hemmung). Dadurch wird ein Regelkreis gebildet, der dafür sorgt, dass bei genügend hoher Konzentration des Endprodukts die Reaktionskette gleich zu Beginn blockiert wird. B1 zeigt symbolhaft ein Beispiel für eine solche Reaktionskette.



B1

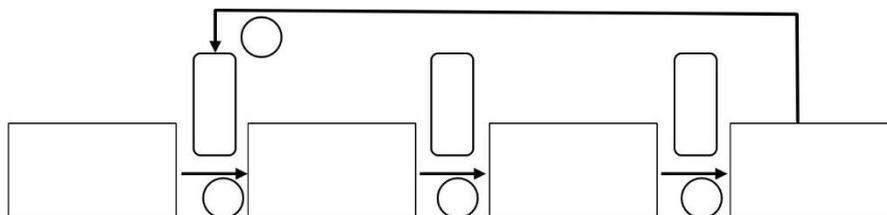
M2 Regelkreis

Ein Regelkreis sorgt durch negative Rückkopplung für die Aufrechterhaltung eines Soll-Zustands. Dabei wird die Einwirkung eines Bestandteils auf einen anderen Bestandteil des Regelkreises durch mathematische Vorzeichen gekennzeichnet:

- Plus bedeutet: je mehr, desto mehr bzw. je weniger, desto weniger.
- Minus bedeutet: je mehr, desto weniger bzw. je weniger desto mehr.

Das Produkt der Vorzeichen im gesamten Regelkreis ist Minus.

B2 zeigt das Grundschemata für einen Regelkreis mit Endprodukt-Hemmung durch den Stoff F auf das Enzym 1, bezogen auf das Beispiel von B1.



B2

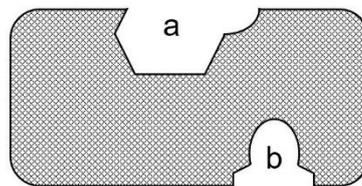
Hinweise für die Lehrkraft:

Der LehrplanPLUS nennt die Endprodukthemmung nicht explizit. Der Regelkreis wurde im eA-Kurs bei der hormonellen Steuerung thematisiert (steht zwar nicht bei den Inhalten, aber bei den Kompetenzen). Dieses Vorwissen kann bei der Regelung enzymatischer Tätigkeit angewendet werden. Auch wenn es manche Literaturstelle nahe legen mag, verzichten Sie auch hier auf den Begriff „allosterische Hemmung“, weil der Begriff „allosterisch“ im LehrplanPLUS nicht vorkommt.

- 1 Enzym 1: Zusammenfügung der Edukte (Substrate) A und B zum Zwischenprodukt C
Enzym 2: Spaltung von C in das Zwischenprodukt D und das Abfallprodukt E
Enzym 3: Umformung von D in das Endprodukt F

2

Enzym 1:



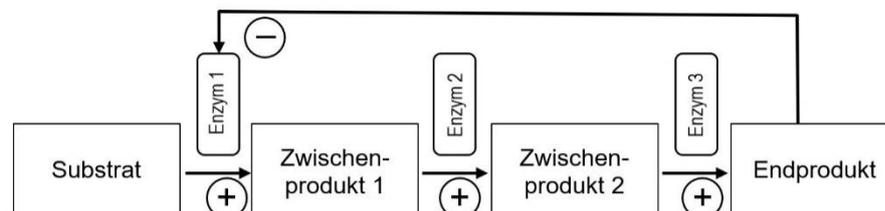
a: Bindungsstelle für die beiden Substrate A und B

b: Bindungsstelle für den nicht-kompetitiven Hemmstoff F

Stoff F muss ein nicht-kompetitiver Hemmstoff sein, weil er völlig anders gestaltet ist als die Edukte A und B.

- 3 Bei geringer Konzentration des Stoffes F sind nur wenige oder keine Exemplare von Enzym 1 durch den Hemmstoff F besetzt. Weil (fast) alle Moleküle von Enzym 1 aktiv sind, wird mehr Zwischenprodukt C erzeugt und dadurch letztendlich mehr Endprodukt F.

4



Hinweis: Streng genommen müsste man ganz links „Substrate“ formulieren, weil in der ersten Reaktion zwei Substrate zusammen geführt werden; das gleiche gilt für die Formulierung „Zwischenprodukt 2“. Der Lösungsvorschlag ist hier aber in einer allgemeineren Form gehalten, die keine Auskunft über die Anzahl der Stofftypen bei jedem Schritt gibt.

- 5 a) falsch, weil der Hemmstoff die Anzahl der Enzym-Moleküle insgesamt nicht beeinflusst
b) falsch, denn je mehr D vorliegt, desto mehr F liegt vor, desto stärker die Hemmung von Enzym 1, desto weniger C liegt vor
c) richtig
d) richtig

6 Wenn genügend ATP vorhanden ist, ist es sinnvoll, die Glykolyse zu drosseln, damit nicht überflüssiges ATP erzeugt wird. ATP sollte deshalb als Inhibitor wirken.

Umgekehrt sollte ADP als Aktivator wirken, weil eine hohe Konzentration an ADP auf ATP-Mangel hindeutet.

Hinweis: Auf die PFK noch weitere Stoffe als Effektoren wie z. B. AMP als Aktivator oder Phosphoenolpyruvat (PEP) als Inhibitor.

Thomas Nickl, August 2024, Januar 2025