

L1.9

Biochemie und Stoffwechsel – Biokatalyse

Molekulare Katalysatoren – Chemische Betrachtung von Aufbau und Funktion von Enzymen

Nach einer Idee von Dr. Maike Schnucklake



Enzyme spielen eine zentrale Rolle bei der Beschleunigung chemischer Reaktionen in Organismen. Mit diesem Material erhalten Ihre Schülerinnen und Schüler Einblicke in die Enzymatik, einschließlich Aufbau und Funktion von Enzymen sowie der verschiedenen Enzymklassen. Ein besonderer Fokus liegt auf der Regulation der Enzymaktivität unter unterschiedlichen Bedingungen. Die Schülerinnen und Schüler recherchieren online und erweitern ihre Medienkompetenz. Zudem wird die Kommunikationsfähigkeit gefördert, indem sie ihr Wissen in Gruppenarbeit oder Think-Pair-Share weitergeben. Eine abschließende Lernerfolgskontrolle prüft das Erlernte.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe:	11/12/13
Dauer:	8 Unterrichtsstunden (4 Doppelstunden)
Kompetenzen:	1. Fachkompetenz; 2. Erkenntnisgewinnungskompetenz; 3. Medienkompetenz
Inhalt:	Biokatalysatoren, Enzymatik, Enzyme, Coenzyme, Co-faktoren, Enzymregulation, allosterische & kompetitive Hemmung, Enzymaktivität

Fachliche Hinweise

Die Schülerinnen und Schüler erhalten ein weitreichendes Wissen rund um das Thema Enzymatik. In diesem Zusammenhang werden zunächst grundlegende Kenntnisse über den Aufbau und die Funktion von Enzymen erarbeitet.

Des Weiteren werden die verschiedenen Enzymklassen sowie die Regulation von Enzymen besprochen. Dabei wird auf die kompetitive sowie allosterische Hemmung im Detail eingegangen.

Zuletzt beleuchten die Lernenden die Enzymaktivität bei verschiedenen Bedingungen wie Temperatur, pH-Wert oder Substratkonzentration.

Die Lernerfolgskontrolle kann im Anschluss genutzt werden, um das in der Unterrichtseinheit erlernte Wissen abzufragen und so die einzelnen Schülerleistungen einzuschätzen.

Die Schülerinnen und Schüler ...

- beschreiben den molekularen Aufbau von Enzymen und erklären die Bedeutung des aktiven Zentrums für die katalytische Wirkung.
- erläutern mithilfe chemischer Modelle, wie Enzyme die Aktivierungsenergie senken und Reaktionen beschleunigen.
- analysieren die Wirkung von Temperatur, pH-Wert und Substratkonzentration auf die Reaktionsgeschwindigkeit und interpretieren entsprechende Grafiken und Daten.
- unterscheiden verschiedene Enzymklassen und ordnen Reaktionen geeigneten Reaktionstypen (z. B. Hydrolyse, Oxidation, Umlagerung) zu.
- erklären Mechanismen der kompetitiven und allosterischen Hemmung und wenden diese auf chemische Beispiele an.
- nutzen geeignete Recherchestrategien (z. B. Internetquellen) und erweitern dabei ihre Medienkompetenz.

Auf einen Blick

Molekulare Biokatalysatoren

- M 1** Molekularer Aufbau und katalytische Funktion von Enzymen
M 2 Enzymklassen und ihre chemischen Reaktionsmechanismen
M 3 Mechanismen der Enzymhemmung und Aktivitätssteuerung
M 4 Einfluss externer Faktoren auf die Reaktionsgeschwindigkeit enzymkatalysierter Prozesse
M 5 Einfluss der Substratkonzentration auf die Reaktionsgeschwindigkeit enzymkatalysierter Prozesse
M 6 Lernerfolgskontrolle – Enzyme als Biokatalysatoren

Benötigt: ☐ Internet

Erklärung zu den Symbolen

 Dieses Symbol markiert differenziertes Material. Wenn nicht anders ausgewiesen, befinden sich die Materialien auf mittlerem Niveau.
 leichtes Niveau  mittleres Niveau  schwieriges Niveau
 Zusatzaufgabe  Alternative

M 3 Mechanismen der Enzymhemmung und Aktivitätssteuerung



Grundsätzlich wird zwischen der reversiblen und der irreversiblen Enzymhemmung unterschieden. Während die reversible Hemmung umkehrbar ist, wird bei der irreversiblen Hemmung die dreidimensionale Struktur des Enzyms unwiderruflich verändert. Folglich passt das Substrat nicht mehr in das aktive Zentrum des Enzyms und eine Umsetzung kann nicht mehr stattfinden.

Die reversible Hemmung läuft nach verschiedenen Mechanismen ab. Hierbei unterscheidet man die kompetitive sowie die allosterische Hemmung. Bei der kompetitiven Hemmung besitzt der Hemmstoff, der auch Inhibitor genannt wird, verglichen mit dem Substrat, eine ähnliche Molekülstruktur. Dadurch konkurrieren Inhibitor und Substrat um die Bindung an das Enzym. Bindet der Hemmstoff an das aktive Zentrum des Enzyms, wird es blockiert. Das eigentliche Substrat kann nicht mehr binden und demnach auch nicht mehr umgesetzt werden. Im Falle einiger Stoffwechselprozesse ist das Produkt einer Reaktion auch gleichzeitig der Hemmstoff. Sobald eine gewisse Menge des Produkts im Mechanismus vorliegt, wird das Enzym durch sogenannte negative Rückkopplung reguliert. Das Produkt wirkt als Inhibitor, sodass es nicht weiter produziert wird. Sinnvoll ist dies vor allem deshalb, da der Mechanismus so Rohstoffe und Energie sparen kann. Das Mengenverhältnis zwischen Substrat und Inhibitor hat Einfluss auf die Stärke der hemmenden Wirkung. Liegen viele hemmende Moleküle vor, ist die Wirkung stark. Wird die Konzentration des Substrats bei gleichbleibender Konzentration des Hemmstoffs deutlich erhöht, können die Substratmoleküle die aktiven Zentren ersetzen und die hemmende Wirkung wird unterbrochen.

Bei der allosterischen Hemmung hingegen unterscheiden sich die Molekülstrukturen von Substrat und Inhibitor. Das Enzym besitzt neben dem aktiven noch ein allosterisches Zentrum, an das der Inhibitor bindet. Dadurch verändert sich die räumliche Struktur des Enzyms und das Substrat kann nicht mehr am aktiven Zentrum binden. Diese Änderung der dreidimensionalen Struktur wird auch Konformationsänderung genannt. Die Umsetzung des Substrats findet nicht mehr statt. Die Stärke der Hemmung ist in diesem Fall unabhängig von der Substratkonzentration.

Aufgaben

1. **Nennen** Sie Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen der allosterischen und der kompetitiven Hemmung.
2. **Zeichnen** Sie für die allosterische Hemmung eine schematische Skizze, die die Substratumsatzung ohne Hemmstoff sowie den Vorgang der Hemmung zeigt.

Einfluss externer Faktoren auf die Reaktionsgeschwindigkeit enzymkatalysierter Prozesse

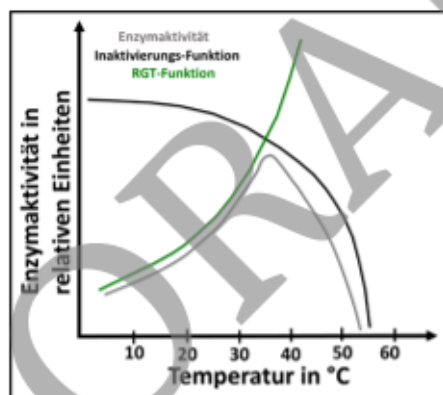
M 4



Die Enzymaktivität wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst – der Temperatur, der Substratkonzentration und dem pH-Wert. Die Reaktionsgeschwindigkeit ist ein Maß, das die Enzymaktivität darstellt und wird als pro Zeiteinheit vom Enzym umgesetzte Stoffmenge eines Substrats bezeichnet. Sie erhält das Symbol v .

Änderung der Temperatur

Die Abhängigkeit von der Temperatur lässt sich mithilfe zweier mathematischer Funktionen beschreiben. Steigt die Temperatur an, lässt sich zunächst eine Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit beobachten. Steigt die Temperatur noch weiter an, wird irgendwann ein Maximum erreicht. Bis zum Maximum wird nach der sogenannten RGT-Regel (Reaktions-Geschwindigkeits-Temperatur-Regel) die Reaktionsgeschwindigkeit der Reaktion um das Zweifache bis Dreifache erhöht, sobald die Temperatur um $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ansteigt. Durch die höhere Temperatur bewegen sich die Teilchen stärker und die Wahrscheinlichkeit nimmt zu, dass Enzymmoleküle und Substratmoleküle aufeinandertreffen und miteinander reagieren. Folglich steigt auch der Stoffumsatz. Diese Funktion wird jedoch von der Inaktivierungsfunktion überlagert, sobald das Maximum erreicht ist. Bei den meisten Enzymen liegt das Maximum bei einer Temperatur von $30\text{--}50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Temperaturen oberhalb des je nach Enzym individuellen Maximums führen dazu, dass das Enzym denaturiert. Hierbei wird die Tertiärstruktur der Enzyme zerstört, da die Bindungen zwischen den Aminosäureketten gebrochen werden. Dadurch wird die räumliche Struktur des Enzyms verändert. Das Substrat kann nicht mehr binden und die Reaktionsgeschwindigkeit sinkt auf null herab.



Enzymaktivität und Einfluss der Temperatur

© RAABE, erstellt von Dr. Maike Schnucklake