

SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

Auszug aus:

Biokatalyse / Enzymkatalyse - Enzyme beeinflussen die Reaktionsgeschwindigkeit

Das komplette Material finden Sie hier:

School-Scout.de



II.F.23

Energetik – chemisches Gleichgewicht – Kinetik

Biokatalyse – Enzyme beeinflussen die Reaktionsgeschwindigkeit

Ein Beitrag von Dr. Detlef Lubliner



Jede Farbe mit einer großen Anzahl verschiedener Stoffe für je große chemische Klassen. Die Geschwindigkeit der meisten Reaktionen sind an den jeweiligen Bedarf angepasst. Ein weicher Schaum (siehe S. 1) der Konzentration reaktionspezifische Katalysatoren, die Enzyme. Ihre Wirkungswerte bei der Herstellung der Abfallabgabe, ihre Typen und die Erfolge des Prozentsatzes der Temperatur sowie zentraler Bereiche sind angegeben. Diese Informationen sind, wobei werden Grundlagen zum Thema Reaktionsgeschwindigkeit und Katalyse erläutert und ein Beispiel einer Auswertung enthält. Zusätzlich haben sich Sachverhalte und Materialien zur anschließenden Darstellung von Inhalten der Frage.

KOMPETENZPROFIL

Klassische: S. 1

Operative: 8 (Drehzahländerung)

Kompetenzen: Durchführung und Auswertung von Experimenten, grafische Darstellung von Messergebnissen, Nutzung von Modellvorstellungen zum Verständnis von Stoffeigenschaften. Zusammenhänge in Gruppen

Theoretische Bereiche: Kinetische Messungen mit Enzymen, Senkung der Aktivierungsenergie, Substrat- und Wirkungsspezifität von Enzymen, pH-Wert, Temperaturabhängigkeit, Lagerung

Medien: Experimente, Arbeitblätter, Modelle, Abbildungen

II.F.23

Energetik – chemisches Gleichgewicht – Kinetik

Biokatalyse – Enzyme beeinflussen die Reaktionsgeschwindigkeit

Ein Beitrag von Dr. Detlef Eckebrecht



© Zhanna Danilova/Stock/Getty Images Plus

Jede Zelle stellt eine größere Anzahl verschiedener Stoffe her als große chemische Fabriken. Die Geschwindigkeiten der meisten Reaktionen sind an den jeweiligen Bedarf angepasst. Ein wesentlicher Grund dafür ist die Konzentration reaktionsspezifischer Katalysatoren, der Enzyme. Ihre Wirkungsweise bei der Herabsetzung der Aktivierungsenergie, ihre Typen und der Einfluss des pH-Werts und der Temperatur sowie unterschiedlicher Hemmstoffe sind Gegenstand dieser Unterrichtseinheit. Dabei werden Grundlagen zum Thema Reaktionsgeschwindigkeit und Katalyse reaktiviert und um biogen relevante Aspekte erweitert. Methodisch halten sich Schülerexperimente und Materialien zur selbstständigen Erarbeitung von Inhalten die Waage.

KOMPETENZPROFIL

| | |
|------------------------------|---|
| Klassenstufe: | Sek. II |
| Dauer: | 8 Unterrichtsstunden |
| Kompetenzen: | Durchführung und Auswertung von Experimenten, grafische Darstellung von Messergebnissen, Nutzung von Modelldarstellungen zum Schlüssel-Schloss-Prinzip, Zusammenarbeit in Gruppen |
| Thematische Bereiche: | Katalytische Wirksamkeit von Enzymen, Senkung der Aktivierungsenergie, Substrat- und Wirkungsspezifität von Enzymen, RGT-Regel, Hemmung der Enzymwirkung |
| Medien: | Experimente, Arbeitsblätter, Modelle, Abbildungen |

Hintergrundwissen

Das Thema „Reaktionsgeschwindigkeit und Katalyse“ kann im Schulunterricht aus der Perspektive der physikalischen Chemie und chemischen Industrie behandelt werden oder mit engem Bezug zur Biochemie und zur Biologie. Hier **können** – wenn auch in eher geringem Ausmaß – Aspekte aus der Alltagschemie und der chemischen Industrie eingebunden werden, wie z. B. das Thema „Enzyme in Waschmitteln“.

Grundlagen der Reaktionskinetik im engeren Sinne, also alle Aspekte des zeitlichen Ablaufs von Reaktionen, sollen hier nur knapp dargestellt werden. Zur Reaktionskinetik im weiteren Sinne bzw. der Makrokinetik gehören zusätzlich die Themen „Transportvorgänge“ und „Oberflächenphänomene“ (z. B. Stoffabscheidungen an Oberflächen, Katalyse und Diffusion). Aus diesem Bereich der Makrokinetik wird hier das Thema Katalyse mit dem Schwerpunkt der biologischen Katalysatoren im Vordergrund stehen.

Reaktionsgeschwindigkeit

Die Reaktionsgeschwindigkeit gibt an, wie viele Teilchen pro Zeit bei einer chemischen Reaktion umgesetzt werden. Zur Messung der Reaktionsgeschwindigkeit kann der Verbrauch eines Edukts oder die Bildung eines Produkts herangezogen werden, indem die zeitliche Änderung der Masse, des Volumens oder der Konzentration eines beteiligten Stoffes gemessen wird. Über die Reaktionsgleichung kann aus der zeitlichen Veränderung der gemessenen Größe zu einem Stoff auf die Geschwindigkeiten bezüglich der anderen Stoffe geschlossen werden.

Zur Ermittlung der Reaktionsgeschwindigkeit wird in der Regel eine Größe herangezogen, die einfach quantitativ bestimmt werden kann, wie z. B. das Volumen eines Gases, das bei der Reaktion entsteht, oder die Leitfähigkeit einer Lösung, wenn Ionen entstehen oder verbraucht werden. Auch Farbänderungen (Intensität oder Farbton) eignen sich zur Messung. Die Angabe der Reaktionsgeschwindigkeit kann bei der Entstehung eines Gases über den Quotienten $\Delta V/\Delta t$ erfolgen. Wird die Konzentrationsänderung eines Stoffes bestimmt, lautet der Quotient entsprechend $\Delta c/\Delta t$. Aus zwei Messungen in definiertem zeitlichem Abstand ergibt sich dann für die Produkte:

$$\bar{v} = \frac{c(t_2) - c(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta c}{\Delta t}$$

Für die Edukte wird das Vorzeichen geändert, damit die Geschwindigkeit \bar{v} trotz Abnahme der Größe einen positiven Wert erhält:

$$\bar{v} = -\frac{\Delta c}{\Delta t}$$

Bei diesen Angaben handelt es sich um die *mittlere Reaktionsgeschwindigkeit* im Zeitintervall $t_2 - t_1$. Die *momentane Reaktionsgeschwindigkeit* ist die Konzentrationsänderung für einen unendlich kurzen Zeitraum. Mathematisch erhält man sie durch die Bildung des Grenzwertes:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{dc}{dt}$$

Im Konzentrations-Zeit-Diagramm entspricht der Übergang von der mittleren zur momentanen Reaktionsgeschwindigkeit der Betrachtung der Steigung der Tangente an einem Punkt anstelle der Steigung der Sekante zwischen zwei Kurvenpunkten.

In homogenen Systemen, also solchen ohne Phasengrenze, findet man eine Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von den Konzentrationen der Edukte, bei heterogenen Systemen mit Pha-

sengrenze hängt die Reaktionsgeschwindigkeit auch von der Größe der Kontaktfläche zwischen den Phasen ab. Beides lässt sich mit der Kollisionstheorie (Stoßtheorie) erklären. Sie besagt, dass eine Reaktion nur dann stattfinden kann, wenn sich die Reaktionspartner treffen. Jedoch nicht jede Kollision führt zu einer Reaktion. Bei nicht kugelsymmetrischen Reaktionspartnern wie Enzymmolekülen liegt nur bei einem Bruchteil der Kollisionen eine geeignete räumliche Orientierung vor. Eine weitere wichtige Einschränkung besteht durch die für die Reaktion notwendige Aktivierungsenergie. Nur die Teilchen können reagieren, die genügend Energie in die Kollision mitbringen.

Eine Reihe von Fachbegriffen erleichtert die inhaltlich angemessene Kommunikation bezüglich des Baus von Enzymen:

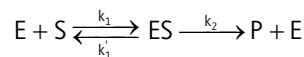
| | |
|-----------------------------|---|
| Holoenzym | Bezeichnung für das gesamte Enzym als funktionelle Einheit, wenn es aus Apoenzym und Coenzym besteht. |
| Apoenzym | Die Proteinkomponente eines Holoenzyms wird als Apoenzym bezeichnet. |
| Cofaktor | Hierunter werden alle nichtproteinogenen Bestandteile von Enzymen zusammengefasst, die für die katalytische Wirkung notwendig sind. Dabei kann es sich um ein Coenzym, ein Cosubstrat oder eine prosthetische Gruppe handeln. Andere Cofaktoren sind Metallionen (z. B. Eisen- oder Magnesiumionen), die häufig komplex in einem kleinen Molekül gebunden sind. |
| prosthetische Gruppe | Sie ist ein für die katalytische Wirkung notwendiger Bestandteil des Enzyms, der selbst kein Protein ist, aber dauerhaft kovalent mit dem Protein des Enzyms verbunden ist. |
| Coenzym | Der Begriff wird teilweise nicht klar vom Begriff „Cosubstrat“ getrennt bzw. synonym gebraucht. Ein Coenzym im engeren Sinn ist ein kleines Molekül mit einem Gerüst aus Kohlenstoffatomen, das temporär nicht kovalent an ein Enzym gebunden ist und an der katalytischen Wirkung beteiligt ist, ohne selbst das Substrat zu binden. |
| Cosubstrat | So werden meist kleine Moleküle bezeichnet, die temporär an das Enzym gebunden sind, in einer katalysierten Reaktion Atome oder funktionelle Gruppen von einem Substratmolekül binden und in einer weiteren Reaktion zyklisch regeneriert werden. Beispiele sind ADP und NAD ⁺ . |
| Bindungszentrum | Das ist der Teil eines Enzyms, an dem das passende Substratteilchen temporär bindet. In der Regel ist die Affinität des Bindungszentrums zum Substrat höher als die zum Produkt bzw. zu den Produkten. Das Enzym wird durch das Ablösen des Produktes wieder frei. |
| aktives Zentrum | Das aktive Zentrum im Bindungszentrum des Enzyms katalysiert aufgrund seiner bestimmten Beschaffenheit und der bestimmten Lage des Substratmoleküls eine bestimmte chemische Reaktion. |

Die Wirkung von Katalysatoren beruht auf der Verringerung der für die Reaktion notwendigen Aktivierungsenergie. Dies führt dazu, dass bereits Teilchen mit einer geringeren Geschwindigkeit zur Reaktion fähig sind. Darin unterscheiden sich anorganische Katalysatoren und solche mit Proteinanteil nicht. Enzyme werden entsprechend ihres Aufbaus in unterschiedliche Gruppen eingeteilt. Gemeinsam ist allen Enzymen, dass sie zumindest teilweise aus einem Proteinmolekül bestehen. Die vorstehende kurze Übersicht stellt die wichtigsten Begriffe zusammen.

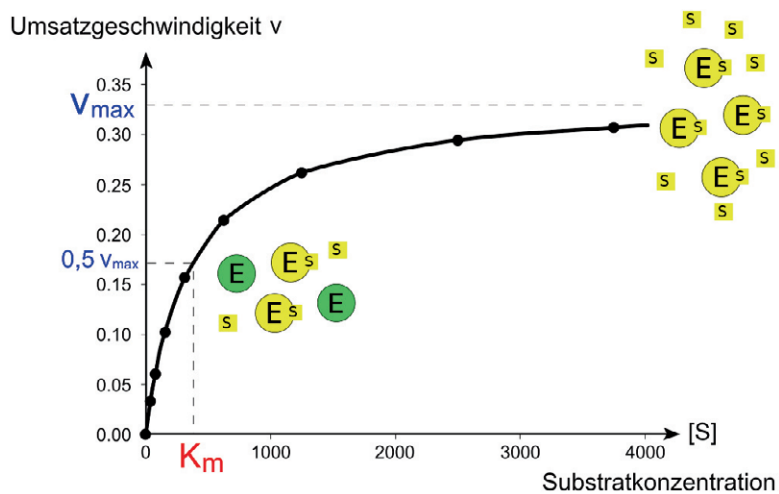
Bei der Einteilung nach den katalysierten Reaktionstypen erkennt man die Art der Reaktion am Namen, wie z. B. bei Hydrolasen, die Bindungen hydrolytisch lösen, oder Ligasen, die an der Bildung von kovalenten Bindungen zwischen Molekülen beteiligt sind.

Enzymkinetik

Der Ablauf einer enzymkatalysierten Reaktion lässt sich in zwei Phasen unterteilen, im ersten Schritt die Anlagerung eines Substratmoleküls oder -ions an das aktive Zentrum des Enzyms (Bildung des Enzym-Substrat-Komplexes) und im zweiten Schritt die Bildung des Produktes unter Freiwerden des Enzyms. Teilweise erfolgt eine Rückreaktion, die Dissoziation des Substrat-Enzym-Komplexes. Aus der Hin- und der Rückreaktion entsteht ein Gleichgewicht, das mit dem Massenwirkungsgesetz beschrieben werden kann.



Die Bildung des Produktes, also die Folgereaktion des Enzym-Substrat-Komplexes, ist eine Reaktion erster Ordnung. Die komplexe theoretische Bearbeitung der Zusammenhänge wurde von Leonor Michaelis (1875–1949) und Maud Menten (1879–1960) geleistet. Trägt man die Reaktionsgeschwindigkeit in einem Diagramm gegen die Substratkonzentration auf, so erhält man eine Hyperbel. Eine Erhöhung der Substratkonzentration führt bei geringen Anfangskonzentrationen zu einer starken Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit, bei mittlerer Konzentration weniger und schließlich bei einem Grenzwert zu keiner weiteren Erhöhung. Die Maximalgeschwindigkeit v_{\max} ist dann erreicht. Danach kann eine weitere Erhöhung der Substratkonzentration zu einem Sinken der Reaktionsgeschwindigkeit führen, weil sich eventuell Substratmoleküle bei der Anlagerung an das Enzym gegenseitig behindern. Die Substratkonzentration, bei der die halbmaximale Geschwindigkeit $\frac{1}{2} v_{\max}$ vorliegt, wird als Michaelis-Menten-Konstante K_M bezeichnet (siehe Abbildung). Sie ist ein Maß für die Affinität der Substratmoleküle zu den entsprechenden Enzymmolekülen.



© Matthias M/wikimediacommons cc by SA 3.0

Der Vergleich von Michaelis-Menten-Konstanten zeigt, dass Werte im Bereich von mehreren Zehnerpotenzen auftreten.

| Enzym | Substrat | K_M -Wert in mol/l |
|------------------------|--|----------------------|
| Katalase | Wasserstoffperoxid | $2,5 \cdot 10^{-2}$ |
| Hexokinase | Glucose | $1,5 \cdot 10^{-2}$ |
| Glutamat-Dehydrogenase | Glutamat | $1,2 \cdot 10^{-4}$ |
| Lysozym | Peptidoglycane (Makromoleküle mit Protein- und Kohlenhydratanteil) | $6,0 \cdot 10^{-6}$ |

Eine andere Möglichkeit zur Beschreibung der Wirksamkeit eines Enzyms ist die maximale Wechselzahl. Sie gibt an, wie viele Substratmoleküle von einem Enzymteilchen höchstens pro Sekunde umgesetzt werden.

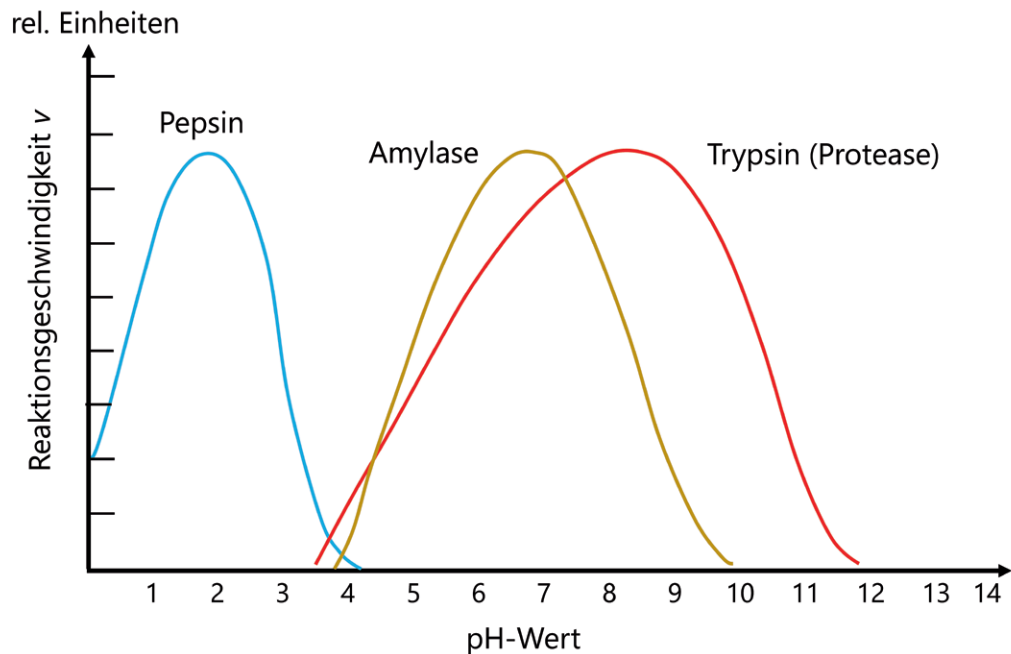
| Enzym | Substrat | maximale Wechselzahl in Anzahl pro s |
|----------------------|----------------------|--------------------------------------|
| Katalase | Wasserstoffperoxid | 10 000 000 |
| Acetylcholinesterase | Acetylcholin | 25 000 |
| Lactatdehydrogenase | Lactose | 1000 |
| Chymotrypsin | Proteine | 100 |
| DNA-Polymerase | Desoxyribonukleotide | 15 |
| Lysozym | Peptidoglycane | 0,5 |

Aus der Stoßtheorie lässt sich ableiten, dass einfach gebaute Substratmoleküle häufiger in passender Orientierung auf das aktive Zentrum eines Enzyms treffen als komplexe. Die Affinität wird aber auch von der Effektivität des aktiven Zentrums beim Anziehen von Substratmolekülen bestimmt und von der Absenkung der Bindungskräfte durch die Produktbildung, die für das Freiwerden des Enzyms für die nächste Reaktion entscheidend ist.

Einflüsse von Temperatur und pH-Wert

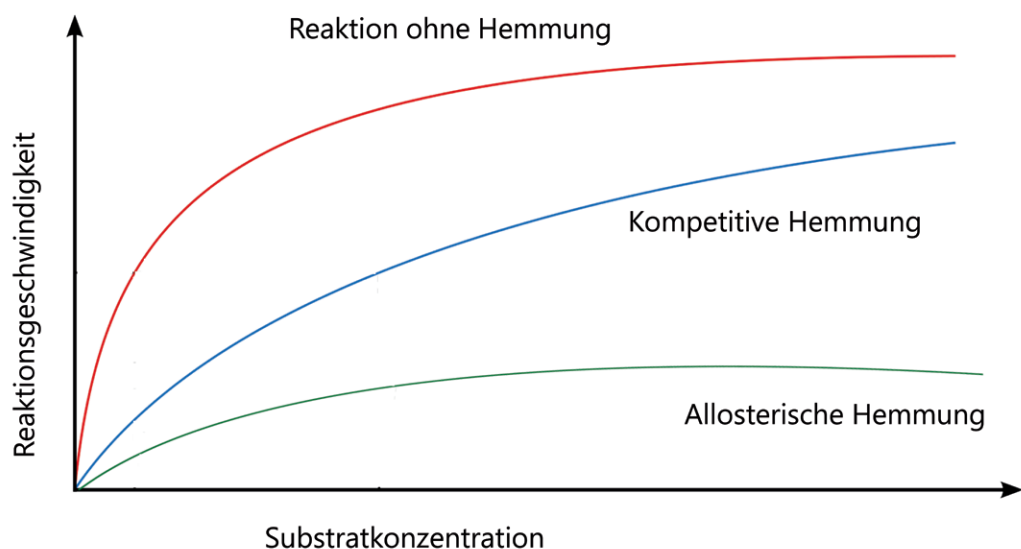
Der Anteil der Teilchen, die mindestens eine bestimmte Geschwindigkeit haben und damit genug kinetische Energie, steigt mit der Temperatur. Hieraus erklärt sich die auf Erfahrungswerte beruhende Reaktionsgeschwindigkeit-Temperatur-Regel (RGT-Regel), die besagt, dass die Reaktionsgeschwindigkeit bei einer Temperaturerhöhung um 10 °C auf etwa das Doppelte ansteigt. Diese Regel gilt bei Reaktionen in Lebewesen nur eingeschränkt. Der Steigerungsfaktor kann bei Enzymreaktionen zwischen 1,4 und 4 betragen, allerdings nur im physiologisch verträglichen Bereich zwischen der Gefriertemperatur von Wasser und etwa 40 °C. Oberhalb dieser Temperatur führen Schwingungen in den Makromolekülen zum Aufbrechen von Bindungen, die für die Tertiärstruktur der Proteinmoleküle verantwortlich sind. Diesen Vorgang bezeichnet man als Denaturierung. In thermophilen Bakterien findet man Enzyme, die bei Temperaturen bis nahe 100 °C funktionsfähig sind. Amylase im Mundspeichel des Menschen ist relativ temperaturstabil. Sie eignet sich nicht zum experimentellen Nachweis der Denaturierung bei Temperaturen zwischen 40 und 60 °C, da das Enzym weitgehend funktionsfähig bleibt, während die Entfärbung der mit Iod-Kaliumiodid versetzten Stärkelösung durch Zerstörung des Komplexes eintritt.

Insbesondere bei den Verdauungsenzymen findet man solche, die in ihrem Bau und ihrer Wirksamkeit an unterschiedliche pH-Werte angepasst sind. Nur in einem bestimmten pH-Bereich weist das Bindungszentrum bzw. das aktive Zentrum die wirksame Form auf. Ursache dafür sind bestimmte Reste von Aminosäuren im Proteinmolekül, die je nach Angebot Protonen anlagern oder abgeben. Solche Carboxylat- oder Aminogruppen sind am Aufbau der Tertiärstruktur beteiligt. Je nach Grad der Protonierung ändern sich die Anziehungskräfte zwischen unterschiedlichen Bereichen im Proteinmolekül.



Regelung der Reaktionsgeschwindigkeit und die Wirkung von Inhibitoren

Die Produktion von Enzymmolekülen ist mit erheblichem Energie- und Stoffaufwand verbunden. Für prokaryotische Zellen sind unterschiedliche Mechanismen der bedarfsgesteuerten Regulation der Enzymproduktion beschrieben, z. B. unter den Stichworten *Substratinduktion* und *Endprodukt-repression*. Eine weitere, meist schneller wirkende Steuerung der Reaktionsgeschwindigkeit enzymkatalysierter Reaktionen erfolgt über die Beeinflussung der Effektivität der Enzymwirkung. Dabei werden verschiedene Mechanismen unterschieden.



Folgende Tabelle enthält eine Übersicht über die wichtigsten Mechanismen, bei denen andere Stoffe als das Substrat Einfluss auf die Reaktionsgeschwindigkeit haben.

| Bezeichnung | Wirkungsweise |
|--|--|
| kompetitive Hemmung | Der Hemmstoff ist dem Substrat in der Weise ähnlich, dass er ebenfalls am aktiven Zentrum des Enzyms binden kann. Substrat und Hemmstoff konkurrieren um das aktive Zentrum des Enzyms. Je höher die Konzentration des Substrats ist, desto geringer ist die Wirkung des Hemmstoffs. Der Enzym-Hemmstoff-Komplex dissoziiert wieder, die hemmende Wirkung am Enzym entfaltet sich nur temporär. |
| nicht kompetitive Hemmung allosterische Hemmung | Der Hemmstoff bindet nicht am aktiven Zentrum des Enzyms und konkurriert damit nicht mit den Substratmolekülen. Der Hemmstoff weist keine Ähnlichkeit mit dem Substrat auf. Es bindet am Enzym an eine Bindungsstelle außerhalb des aktiven Zentrums. Dies führt zu einer Veränderung des aktiven Zentrums, sodass die Affinität zum Substrat sinkt bzw. eine Bindung nicht mehr erfolgen kann. Da in diesem Fall ein Teil der Enzymmoleküle keine Bindung zu Substratteilchen eingeht, wird die maximale Reaktionsgeschwindigkeit auch bei hohen Substratkonzentrationen nicht erreicht. |
| Hemmung durch Schwermetallionen | Schwermetallionen können die Tertiärstruktur von Proteinmolekülen verändern, indem sie mit Carboxylatgruppen von Aminosäureresten reagieren oder Disulfidbrücken zerstören und selbst Bindungen mit dem Schwefel eingehen. Betroffene Enzymmoleküle verlieren irreversibel ihre ursprüngliche Form und dadurch meist auch ihre katalytische Wirkung. Auch in diesem Fall ist die Reaktionsgeschwindigkeit bei allen Substratkonzentrationen geringer als ohne diesen Hemmstoff. |
| allosterisches Enzym | Bei allosterischen Enzymen kann ein Effektor zu einer Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit oder zu einer Verringerung führen. Eine Veränderung der Geschwindigkeit tritt dadurch ein, dass ein Effektorteilchen reversibel am allosterischen Zentrum des Enzyms bindet und die Affinität oder Bindungsmöglichkeit des Substrats am aktiven Zentrum des Enzyms verändert. Ein positiver Modulator führt zu einem geringeren K_M -Wert, ein negativer zu einem höheren. Der Kurvenverlauf im Konzentrations-Geschwindigkeits-Diagramm ist sigmoid. Allosterische Regulation findet man auch beim Trägermolekül Hämoglobin, dessen Affinität zu Sauerstoff durch Effektoren erhöht oder gesenkt werden kann. |

Der Begriff Schwermetall wird nicht einheitlich definiert. Unabhängig von der Festlegung über die Atommasse oder die Dichte werden hier einige wenige Metalle genannt, die zweifellos in diese Gruppe gehören. Im Kontext Schwermetalle und Proteine gehören zu den Meistgenannten Eisen, Kupfer, Blei und Chrom. Manche Schwermetallionen sind funktional notwendiger Bestandteil der prosthetischen Gruppe von Proteinen. Ein Beispiel sind Eisenionen, die in der Häm-Gruppe des Hämoglobins komplex gebunden sind. Die Ionen vieler anderer Schwermetalle wie Kupfer, Blei und Chrom wirken jedoch als Umweltgifte, die Organismen u. a. dadurch schädigen, dass sie Proteinstrukturen verändern.

Hinweise zur Didaktik und Methodik

Relevanz des Themas

Aus fachlicher Perspektive bietet es sich an, die unterrichtsrelevanten Themengebiete „Reaktionsgeschwindigkeit“ und „Naturstoffe“ zu verbinden, indem man die Geschwindigkeit enzymkatalysierter Reaktionen behandelt. Die Bereiche Hemmung und Giftwirkung weisen enge Bezüge zur Alltagswelt der Schülerinnen und Schüler auf und sind gesellschaftlich relevant, wie das Beispiel der umweltschädigenden Wirkung vieler Schwermetalle zeigt.

Festigung und Vertiefung

Die Grundlagen zu den Themen „Reaktionsgeschwindigkeit“ und „Stoßtheorie“ gelten uneingeschränkt auch für Enzymreaktionen. Deren Anwendung bei der Behandlung des Themas „Enzyme“ fördert bei den Schülerinnen und Schülern die Erkenntnis, dass Gelerntes sich als fruchtbar beim Verstehen neuer Kontexte erweisen kann. Außerdem eignet sich ein Thema mit erweiternden Aspekten besser zur Festigung von Gelerntem als eine reine Wiederholung. Dies gilt für die Themen „Reaktionsgeschwindigkeit“ und „Katalyse“ ebenso wie für den Zusammenhang zwischen der Struktur und den Eigenschaften von Proteinmolekülen.

Enzyme als fächerverbindendes Thema

Die Schülerinnen und Schüler verfügen in der Regel über Alltagsvorstellungen zum zeitlichen Aspekt von chemischen Reaktionen im Zusammenhang mit Lebewesen. Im Bereich von Verdauung erfahren sie, dass Nährstoffe aus der Nahrung je nach Art in Minuten bis Stunden für den Körper verfügbar sind. Der Vergleich homoiothermer und poikilothermer Wirbeltiere bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit bei verschiedenen Körpertemperaturen ist ihnen aus dem Biologieunterricht bekannt, ebenso wie prinzipielle Wirkung von Verdauungsenzymen im Verdauungstrakt.

Ziel dieser Unterrichtseinheit ist es, das Verständnis von Grundlagen zum Thema „Geschwindigkeit chemischer Reaktionen“ zu festigen, zu erweitern und mit neuen Kenntnissen zu den spezifischen Eigenschaften von Enzymen als spezielle Katalysatoren zu verknüpfen. Dabei werden rein biologische Themen nur insoweit berührt, als sie die Bedeutung der hier erworbenen Kenntnisse und Vorstellungen deutlich machen. Damit sind die Inhalte propädeutisch für die Behandlung von Grundlagen der Stoffwechselphysiologie im Biologieunterricht, setzen sie aber weder voraus noch ersetzen sie sie.

Auf einen Blick

Ab = Arbeitsblatt, Sv = Schülerversuch

Vorbemerkung

Die GBU für die verschiedenen Versuche finden Sie auf der **CD 78**.







1. Stunde

Thema: Grundlagen der Katalyse

Sv: Versuch zur katalytischen Zersetzung von Wasserstoffperoxid

Dauer: **Vorbereitung:** 5 min **Durchführung:** 10 min

Chemikalien:

- Wasserstoffperoxid ($w = 5\%$)  
- Mangandioxid (Braunstein)  
- rohe Kartoffel

Geräte:

- Reagenzglasständer mit 3 weiten Reagenzgläsern
- Spatel Messer
- Glimmspan Schutzbrille



M 1 (Ab) Die Wirkung von Katalysatoren

2./3. Stunde

Thema: Enzyme – Katalysatoren mit speziellen Eigenschaften

M 2 (Ab) Enzyme sind Spezialisten – ein Mystery




4. Stunde

Thema: Temperatureinfluss und RGT-Regel

Sv: Stärkeabbau bei unterschiedlichen Temperaturen

Dauer: **Vorbereitung:** 10 min **Durchführung:** 25 min

Chemikalien:

- Amylozelösung ($w = 5\%$) Eiswürfel
- Iod-Kaliumiodid-Lösung (Lugol'sche Lösung) 
- Amylase-Lösung (Spatelspitze Pankreatin in 100 ml Wasser)  

Geräte:

- Pipette 5 Thermometer
- kleines Becherglas Gasbrenner
- Stift zum Beschriften der Reagenzgläser Reagenzglasklammer
- eine Stoppuhr pro Person Schutzbrille
- 5 Wasserbäder mit Reagenzglasständern oder 5 große Bechergläser
- Reagenzglasständer mit 6 Reagenzgläsern



M 3 (Ab) Der Einfluss der Temperatur auf Enzymreaktionen

5. Stunde

Thema: Enzymreaktionen und pH-Wert

Möglicher Zusatzversuch:





Sv: Einfluss des pH-Wertes auf die Enzymwirkung von Amylase

Dauer: **Vorbereitung:** 10 min **Durchführung:** 25 min

Chemikalien: Amylozelösung ($w = 1\%$) Citronensäure ($c = 0,1\text{ mol/l}$)

Iod-Kaliumiodid-Lösung (Lugol'sche **Lösung**) 

Amylase-Lösung (Spatelspitze Pankreatin in 100 ml)  

Na_2HPO_4 -Lösung ($c = 0,2\text{ mol/l}$)

Geräte: 4 Bechergläser (100 ml) eine Stoppuhr pro Person

Reagenzglasständer mit 8 weiten Reagenzgläsern

skalierte Pipetten oder Messzylinder 10 ml bzw. 20 ml

Stift zum Beschriften der Reagenzgläser

M 4 (Ab) Enzyme und pH-Wert

6. Stunde

Thema: Anwendungsgebiete für Enzyme

M 5 (Ab) Enzymreaktionen in Industrie und Technik

7. Stunde

Thema: Hemmungen von Enzymreaktionen

Möglicher Zusatzversuch:



Sv: Hemmung des Harnstoff-Abbaus

Dauer: **Vorbereitung:** 10 min **Durchführung:** 20 min

Chemikalien: Harnstofflösung ($w = 1\%$) demin. oder dest. Wasser

konzentrierte Kupfersulfatlösung   

Methylharnstofflösung ($w = 1\%$)

Ureaselösung (Spatelspitze pro 10 ml Wasser)

Geräte: 4 kleine Bechergläser Gerät zur Leitfähigkeitsmessung

Magnetrührer mit Magnetrührstab Pipette

Computer und Software zur Aufzeichnung und Darstellung der Messwerte

M 6 (Ab) Hemmung von enzymkatalysierten Reaktionen

8. Stunde

Thema: Lernzielkontrolle zum Thema Enzymreaktionen

M 7 (Ab) Aufgaben: Enzyme und Reaktionsgeschwindigkeit

SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

Auszug aus:

Biokatalyse / Enzymkatalyse - Enzyme beeinflussen die Reaktionsgeschwindigkeit

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](https://school-scout.de)



II.F.23

Energetik – chemisches Gleichgewicht – Kinetik

Biokatalyse – Enzyme beeinflussen die Reaktionsgeschwindigkeit

Ein Beitrag von Dr. Detlef Eckbrecht



Jede Wäsche mit einer großen Anzahl verschmierter Stoffe hat zu große chemische Schäden. Die Geschwindigkeit der reinen Reaktionen sind an den jeweiligen Bedarf angepasst. Ein weiches Wasser (kaltes Wasser) ist die konzentrierte reaktionsgeschwindigkeit. Bei Regen: Die Reaktionsgeschwindigkeit ist die Abkühlungsrate, ihre Typen sind die Einfluss des pH-Wertes und der Temperatur sowie zentraler Bereich. Die Temperatur ist ein wichtiger Faktor. Dabei werden Grundlagen zum Thema Reaktionsgeschwindigkeit und Katalyse erläutert und ein Anwendungsbeispiel gegeben. Schließlich haben sich Schadstoffe und Metalle an unterschiedlichen Stellen der Wäsche zu finden.

KOMPETENZPROFIL:

Klassische: I, II, III

Operative: I, II, III

Komplexe: I, II, III

Therapeutische Bereiche: I, II, III

Medien: I, II, III