

G8 Abituraufgaben Chemie Enzyme

2011/C1

1 Der Wirkstoff Ibuprofen hemmt ein membrangebundenes Enzym A (Prostaglandin-H₂-Synthase), das die Umwandlung von Arachidonsäure zu einer Verbindung katalysiert, deren Folgeprodukte für Entzündungsreaktionen verantwortlich sind.

Arachidonsäure ist Bestandteil aller Zellmembranen und wird direkt von der Zellmembran über einen Kanal zum Reaktionszentrum des Enzyms A geleitet. Die Wirkung von Ibuprofen beruht darauf, dass es den Kanal des Enzyms reversibel blockiert.

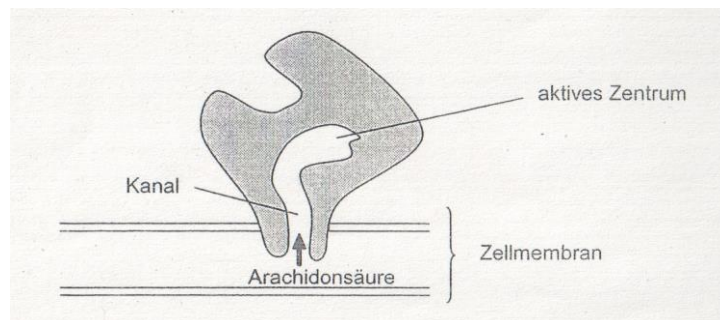


Abb. 3: Stark schematisierte Darstellung einer Zellmembran mit Enzym A (Prostaglandin-H₂-Synthase)¹

2.1 Die folgende Abbildung zeigt die Strukturformeln von Arachidonsäure und Ibuprofen

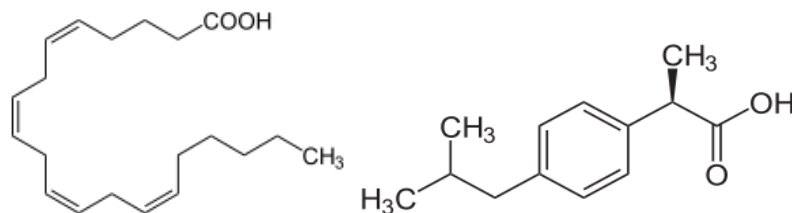


Abb. 4: Strukturformeln von Arachidonsäure (links) und Ibuprofen (rechts)

Diskutieren Sie das Löslichkeitsverhalten von Arachidonsäure und Ibuprofen in Wasser und leiten Sie aus dem Ergebnis eine Aussage über die Polarität des Kanals ab! [6 BE]

2.2 In einer Versuchsreihe wird die Anfangsgeschwindigkeit der Umsetzung von Arachidonsäure durch das Enzym A in Abhängigkeit von ihrer Konzentration bestimmt. In einer weiteren Versuchsreihe wird bei sonst gleichen Bedingungen dem Versuchsansatz Ibuprofen zugesetzt. Stellen Sie die zu erwartenden Messergebnisse beider Versuche in einem

¹ o. V.: *Amino acid sequence for human cyclooxygenase-1.*

<http://www.bio.davidson.edu/COURSES/genomics/aspirin/cox1aa.html>,

3 verändert nach: L. Stryer: *Biochemie*. Spektrum-Verlag, Heidelberg 2003, 5. Aufl., S. 363

Diagramm graphisch dar!

[6 BE]

Abbildungen:

1 verändert nach: P. Karson et al.; *Karlsons Biochemie und Pathobiochemie*. Thieme-Verlag, Stuttgart 2005, 15. Aufl., S. 566

2011/C2

3 Auf der Kaugummiverpackung ist der Warnhinweis „Enthält eine Phenylalaninquelle.“ aufgedruckt. Dieser Hinweis betrifft Personen, die unter der Erbkrankheit Phenylketonurie leiden, da ihnen das Enzym Phenylalaninhydroxylase fehlt. Dieses Enzym baut beim gesunden Menschen Phenylalanin zu Tyrosin ab.

Beschreiben und skizzieren Sie die Wirkung der Phenylalaninhydroxylase mithilfe einer Modellvorstellung und erklären Sie das Phänomen der Substratspezifität eines Enzyms! [7 BE]

4 Kaugummidragees sind mit Carnaubawachs überzogen. Hauptbestandteil dieses Waxes sind Verbindungen, die mit folgender Formel wiedergegeben werden können:

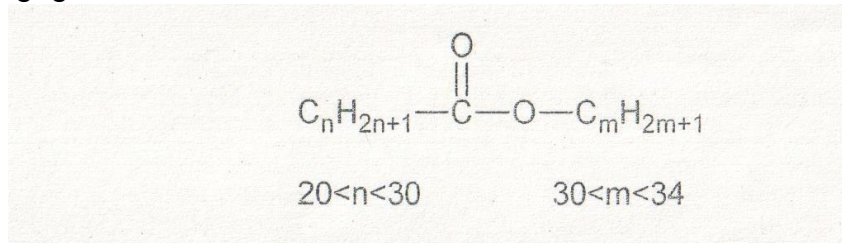


Abb. 2: Allgemeine Formeln von Bestandteilen des Carnaubawaxes

Carnaubawachs kann die Durchfeuchtung von Kaugummidragees verhindern. Begründen Sie diesen Befund! [4 BE]

2012/B2

Blut hat vielfältige Aufgaben, so dient es zum Beispiel als Transportmittel für Atemgase und Nährstoffe. Es enthält Antikörper, die an der Abwehr von Krankheitserregern beteiligt sind, und andere Proteine sowie freie Aminosäuren.

1 Die im Blutserum enthaltenen Proteine werden in der medizinischen Diagnostik mittels Elektrophorese in fünf Fraktionen aufgetrennt. Das Serum wird auf dem Trägermaterial in der Nähe des Minus-Pols aufgetragen. Ein typisches Trennergebnis ist in folgender Abbildung dargestellt.

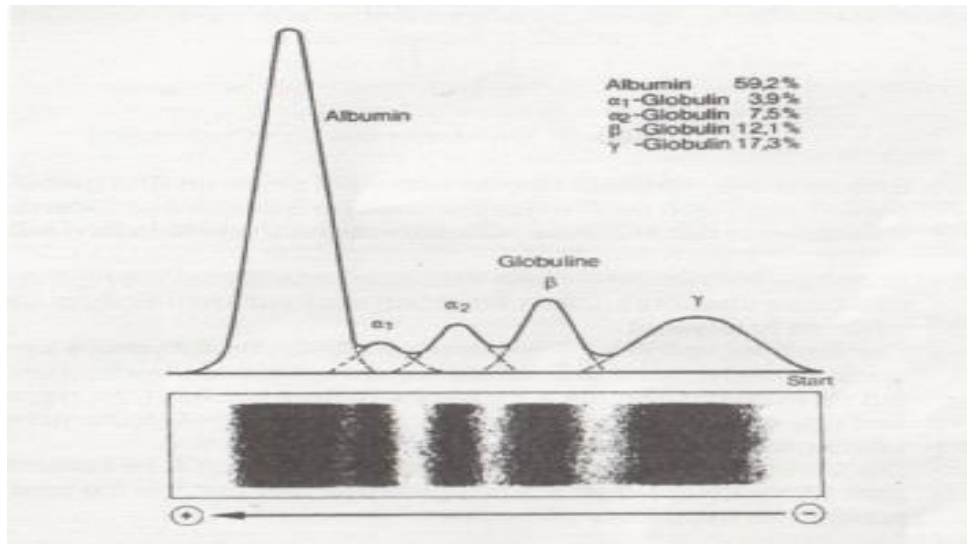


Abb. 1: Ergebnis der Elektrophorese einer menschlichen Serumprobe¹

Abbildungen und Tabellen:

- 1.1 Leiten Sie aus dem Versuchsergebnis Informationen über die Teilchen ab, welche die mit „Albumin“ und „ β -Globulin“ bezeichneten Proteinfractionen bilden, und begründen Sie Ihre Aussage! [6 BE]
- 1.2 Bei der Elektrophorese von Blutserum lassen sich zwischen α_2 - und β -Bande micellenartige Partikel nachweisen. Die Partikel bestehen zum Beispiel aus Cholesterin, das von einer Hülle umgeben ist.

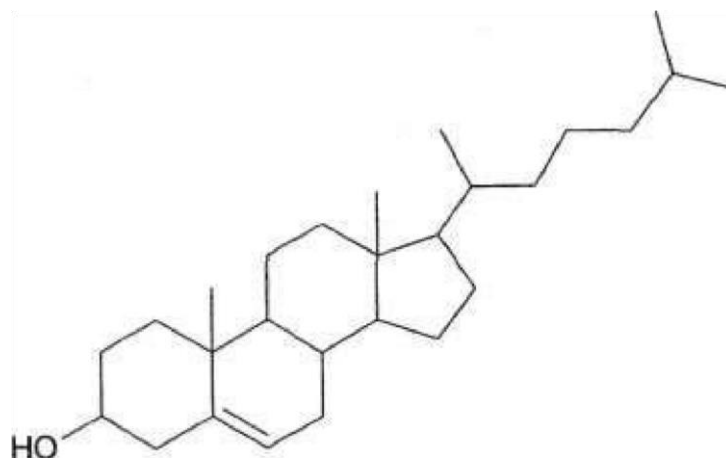


Abb. 2: Strukturformel von Cholesterin

Erläutern Sie, weshalb Cholesterin nicht direkt im Blut gelöst transportiert wird, und stellen Sie dar, welche Struktur und Orientierung die Bausteine in der Hülle der micellenartigen Partikel haben müssen! [6 BE]

- 1.3 In den roten Blutkörperchen wird Kohlenstoffdioxid in Hydrogencarbonat-Ionen überführt. Diese Reaktion wird von dem Enzym Carboanhydrase katalysiert.

Der Einfluss von Medikamenten auf die Carboanhydrase kann mit einer Versuchsreihe veranschaulicht werden. Bei allen Versuchen werden 0,5 ml Pufferlösung mit 1 ml Säure-Base-Indikator-Lösung angefärbt und ggf.

¹ R.F. SCHMIDT, G. THEWS: *Einführung in die Physiologie des Menschen*. Springer-Verlag, Heidelberg, 1976, S. 323

mit Zusätzen versetzt (vgl. Tab. 1). Die Medikamenten-Lösungen haben jeweils die gleiche Konzentration.

Die Versuche werden jeweils durch Zugabe von 5 ml kohlensäurehaltigem Mineralwasser (3 °C) gestartet und die Zeit bis zum Farbumschlag des Indikators gemessen.

Tab. 1: Durchführung und Ergebnisse ausgewählter Versuche mit Carboanhydrase

Ansatz	weitere Zusätze	Beobachtung
A	keine	Farbumschlag nach 7 s
B	0,1 ml Carboanhydrase-Lösung	Farbumschlag sofort
C	0,1 ml Carboanhydrase-Lösung, 0,1 ml Medikament-1-Lösung	Farbumschlag nach 5 s
D	0,1 ml Carboanhydrase-Lösung, 0,1 ml Medikament-2-Lösung	Farbumschlag sofort
E	0,1 ml Carboanhydrase-Lösung, 0,1 ml Medikament-3-Lösung	Farbumschlag nach 5 s

1.3.1 Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die Bildung von Hydrogen carbonat aus Kohlenstoffdioxid in wässriger Lösung! [3 BE]

1.3.2 Interpretieren Sie die Versuchsergebnisse der Ansätze A, B und C! [6 BE]

1.3.3 Der Wirkstoff von Medikament 1 gehört zur Gruppe der Sulfonamide.

Bei der Suche nach Medikamenten, welche die Carboanhydrase beeinflussen, wurden weitere Sulfonamide (Acetazolamid, Sulfamethoxazol) auf ihre Wirksamkeit hin untersucht (Ansatz D und E).

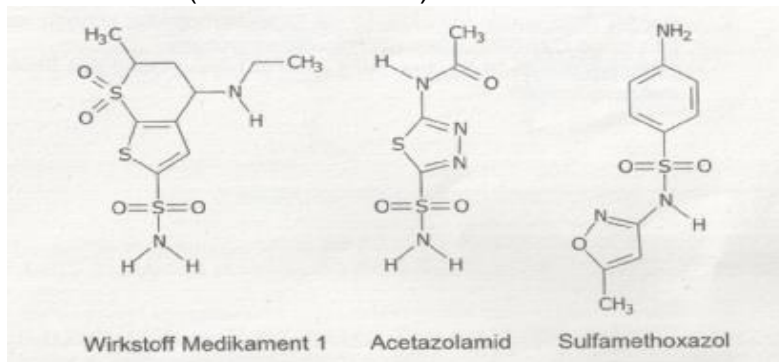


Abb. 3: Strukturformeln der Wirkstoffe der Medikamente 1-3

Ordnen Sie den Medikamenten 2 und 3 den jeweils enthaltenen Wirkstoff zu und begründen Sie die Zuordnung! [4BE]

2 Die Geschwindigkeit enzymkatalysierter Reaktionen hängt unter anderem vom pH-Wert des Mediums ab. Damit alle lebenswichtigen Reaktionen ausreichend schnell ablaufen können, muss der pH-Wert des Blutes konstant auf 7,4 gehalten werden.

2.1 In der Tabelle 2 sind die pKs-Werte der Aminosäure Phenylalanin angegeben.

Tab. 2: pKs-Werte der Aminosäure Phenylalanin

Name	pK _s der COOH-Gruppe	pK _s der NH ₃ ⁺ Gruppe
Phenylalanin	1,83	9,13

Beurteilen Sie, ob Phenylalanin (2-Amino-3-phenylpropansäure) Bedeutung für die Pufferung des Blutes haben kann! [3 BE]

2.2 Vergleichen Sie die Löslichkeit von Phenylalanin bei pH = 0, pH = 12 und am isoelektrischen Punkt (pH = 5,48) unter Mitverwendung von Strukturformeln! [6 BE]

3 Das Enzym Carboanhydrase wurde im Labor einer teilweisen Säurehydrolyse unterzogen. Aus dem Hydrolysat können unter anderem Dipeptide abgetrennt werden.

Bei der Röntgenstrukturanalyse der Dipeptidmoleküle können verschieden lange C,N-Bindungen nachgewiesen werden.

Erläutern Sie diese Beobachtung unter Mitverwendung von Strukturformelausschnitten! [6 BE]

2013/B1

1.3 Am Ende seiner Entwicklung produziert der Seidenspinner das Enzym Cocoonase, das Seidenleim abbaut und so das Schlüpfen aus dem Kokon erleichtert.

1.3.1 Erklären Sie mithilfe einer Modellvorstellung, weshalb die Cocoonase den Abbau von Seidenleim, nicht jedoch den Abbau von Fibroin katalysiert! [4 BE]

1.3.2 Die Textilindustrie versucht Cocoonase, die aus gentechnisch veränderten Bakterien gewonnen wird, als Mittel zum Entbasten der Seide einzusetzen. Zur Untersuchung des Enzyms wird folgende Versuchsreihe durchgeführt:

Ansatz	1	2	3	4	5	6
Masse Seidenleim in g	10	10	10	10	10	10
pH-Wert	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
Gesamtvolumen in ml	100	100	100	100	100	100
Volumen Cocoonaselösung in ml	10	10	10	10	10	10
Reaktionszeit in min (gemessen ab Zugabe der Cocoonaselösung)	20	20	20	20	20	20

Nach Ablauf der Reaktionszeit werden jeweils 10 ml aus den Reaktionsansätzen entnommen und die Konzentration an gelösten Aminosäuren bestimmt. Jeder einzelne Versuchsansatz wird fünfmal wiederholt. Erläutern Sie, auf welche Fragestellung dieses Experiment eine Antwort geben soll, und begründen Sie, warum jeder Versuchsansatz mehrfach wiederholt wird! [5 BE]

2013/B2

1.2 Um den Gehalt an LDL-Partikeln zu verringern, kann medikamentös die Synthese von Cholesterin beeinflusst werden. Hierzu werden häufig Medikamente aus der pharmakologischen Klasse der Statine eingesetzt, die auf das Enzym HMG-CoA-Reduktase wirken. Das folgende Diagramm zeigt die Abhängigkeit der Aktivität der HMG-CoA-Reduktase von der Substratkonzentration mit und ohne Zusatz eines Statins.

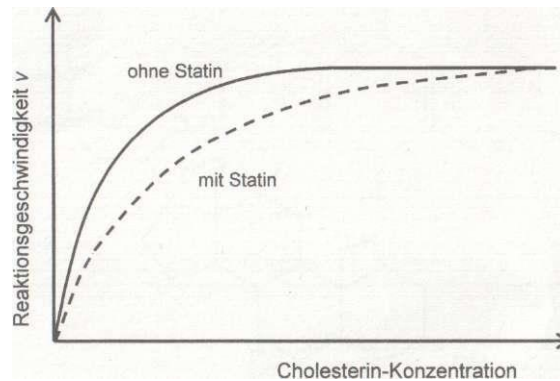


Abb. 2: Abhängigkeit der Aktivität der HMG-CoA-Reduktase von der Cholesterin-Konzentration mit und ohne Zusatz eines Statins

- 1.2.1 Leiten Sie aus dem Diagramm die Wirkungsweise von Statin ab und begründen Sie Ihre Aussage mithilfe einer Modellvorstellung! [5 BE]
- 1.2.2 Das Enzym HMG-CoA-Reduktase arbeitet in Leberzellen bei 41 °C. Begründen Sie, wie sich die Aktivität dieses Enzyms in einem Experiment bei einer Temperaturverringerung auf 31 °C bzw. einer Temperaturerhöhung auf 81 °C verändert! [4 BE]

2015/A1

- 1 Kuhmilch besteht zu über 80 % aus Wasser. Zudem enthält sie etwa 3,4 % Proteine. Der überwiegende Anteil davon gehört zu den Caseinen, die in der Milch große Micellen bilden. Eine besondere Rolle spielt dabei das Kappa-Casein.

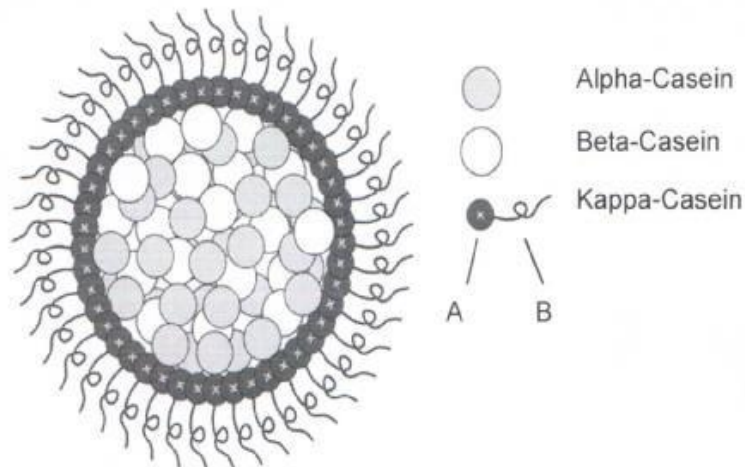


Abb. 1: Modellhafte Darstellung des Querschnitts durch eine Caseinmicelle¹

- 1.1 Bei der Quarkherstellung wird das Enzym Chymosin aus Kälbermägen zur Milch gegeben. Es spaltet den mit B gekennzeichneten Teil des Kappa-Caseins ab. Nach kurzer Zeit flockt das gesamte Casein aus und kann abgeschöpft werden.

Erläutern Sie, weshalb die Caseinmicellen vor Enzym-Zugabe wasserlöslich sind, und beschreiben Sie, wie die enzymatisch unterstützte Veränderung der Kappa-Caseinmoleküle zum Ausflocken der Proteine aus der Milch führt!

[7 BE]

1.2 Es wurde nach Alternativen zur Verwendung von Chymosin gesucht. Abbildung 2 zeigt das Ergebnis der Untersuchung zweier Proteasen, die ebenfalls zum Ausflocken der Caseine in der Milch verwendet werden können. Hierbei wurden gleiche Mengen von Enzym A aus einem Schimmelpilz und Enzym B aus der Wilden Artischocke verwendet.

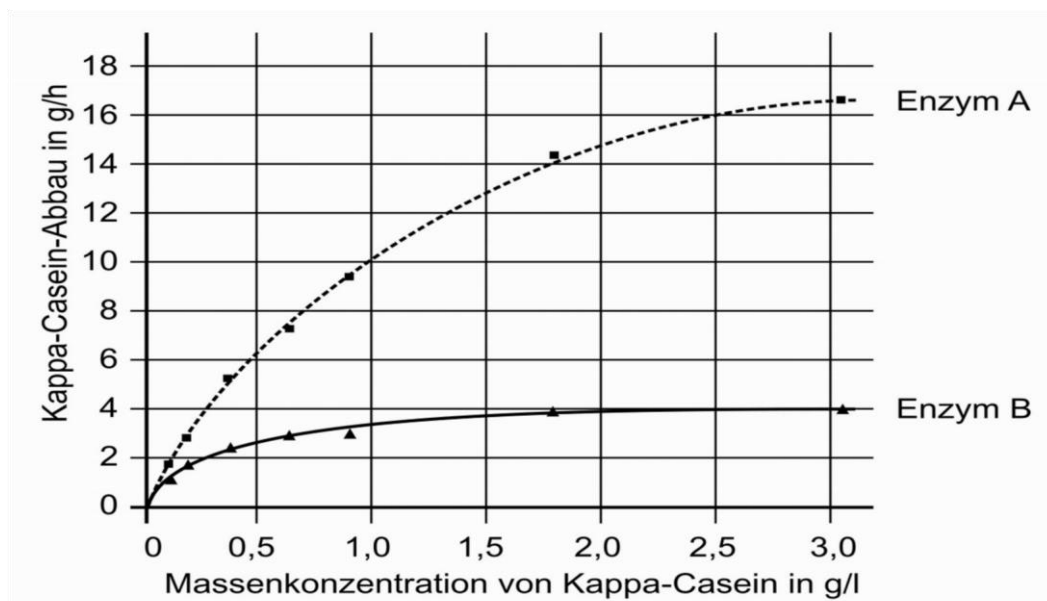


Abb. 2: Abhängigkeit der Enzymaktivität der Enzyme A und B von der Kappa-Casein-Massenkonzentration²

Vergleichen Sie die Abbaugeschwindigkeit der Enzyme A und B bei einer Kappa-Casein-Massenkonzentration von 2,5 g/l und erklären Sie die Auswirkung einer Konzentrationserhöhung des Kappa Caseinum 0,5 g/l auf die Aktivität der beiden Enzyme! [6 BE]

Abbildungen und Tabellen:

¹ verändert nach: C. Phadungath: *Casein micelle structure: a concise review*. In: *Songklanakarinn Journal of Science and Technology* (2005) 27, S. 201-212

² verändert nach: J. Ageltos et al.: *Fluorescein thiocarbamoyl-kappa-casein assay for the specific testing of milk-clotting proteases*. In: *Journal of Dairy Science* (2006) 89, S. 3770-3777, S. 3774

³ Milchbestandteile können auch zur Herstellung von Hautcremes verwendet werden. Dazu wird z. B. Lecithin aus der Milch durch das Enzym Phospholipase A1 enzymatisch gespalten. In mehreren Versuchsreihen wurde die Abhängigkeit der Enzymaktivität von der Temperatur und dem pH-Wert der Lösung untersucht.

Das folgende Diagramm zeigt die Untersuchungsergebnisse:

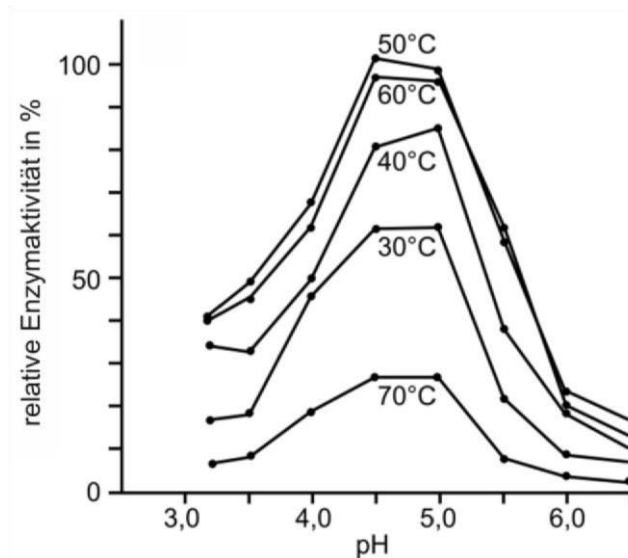


Abb. 5: Abhängigkeit der Enzymaktivität der Phospholipase A1 von pHWert und Temperatur³

³ verändert nach: Sankyo Lifetech Company Ltd (Hrsg.): *Novel phospholipase A1, process for its preparation and the use thereof*. Patentschrift EP 0 575 133 B2, Tokyo 1993

3.1 Erläutern Sie die dargestellte Abhängigkeit der Enzymaktivität vom pH

Wert der Lösung bei einer Temperatur von 30 °C anhand einer Modellvorstellung! [7 BE]

3.2 Zeichnen Sie ein vollständig beschriftetes Diagramm der Abhängigkeit der Enzymaktivität von der Temperatur bei pH = 4,5! [4 BE]

2015/A2

2.3 Polyamide können enzymatisch gespalten werden. Forscher haben hierzu eine Polyamidase aus dem Bakterium *Nocardia farcinica* isoliert und deren Eigenschaften untersucht. Das Enzym weist ein Temperaturoptimum von ca. 60 °C und ein pH-Optimum zwischen 10 und 11 auf.

2.3.1 Beschreiben Sie eine Versuchsreihe, mit der das pH-Optimum eines Enzyms ermittelt werden kann! [4 BE]

2.3.2 In einer weiteren Versuchsreihe wurde festgestellt, dass das genannte Enzym neben Polyamiden auch Polyurethane abbauen kann. Eine Spaltung von Polyethen (PE) fand dagegen nicht statt.

Stellen Sie unter Mitverwendung von Strukturformelausschnitten eine begründete Hypothese auf, die beide Beobachtungen erklärt! [8 BE]

2016/C1

3.1 In einem Experiment mit zwei Versuchsreihen wirken α - und β -Amylase in getrennten Ansätzen auf Stärkekleister ein. Hierbei wird die Viskosität (Zähflüssigkeit) des Stärkekleisters in Abhängigkeit von der Einwirkzeit gemessen. Die Ergebnisse sind in folgenden Diagrammen dargestellt:

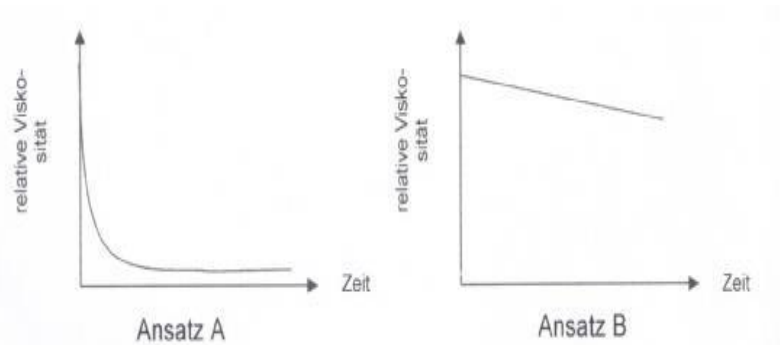


Abb. 4: Viskosität von Stärkekleisterproben, die in getrennten Ansätzen mit α - bzw. β -Amylase behandelt wurden¹

Ordnen Sie den Ansätzen die Enzyme α - und β -Amylase zu und begründen Sie Ihre Zuordnung! [5 BE]

Abbildungen und Tabellen:

¹ verändert nach: O. Hoffmann-Ostenhof: *Enzymologie*. Springer Verlag Berlin, 2013, S. 234

3.2 Acarbose wirkt als Hemmstoff auf das Enzym α -Amylase.

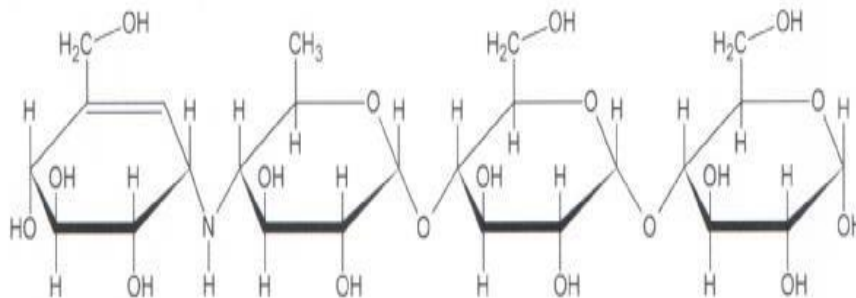


Abb. 5: Strukturformel der Acarbose

Stellen Sie eine Hypothese zur Wirkungsweise der Acarbose auf und skizzieren Sie ein Diagramm, das die Enzymaktivität von α -Amylase in Abhängigkeit der Substratkonzentration mit und ohne Acarbose zeigt! [8 BE] **2016/C2**

1.3 Eine weitere Proteinfaser ist Elastin. Das Enzym Elastase katalysiert den Abbau von Elastinfasern. In einem Experiment wird die Aktivität der Elastase in Abhängigkeit von der Substratkonzentration bestimmt:

Tab. 1: Relative Enzymaktivität der Elastase in Abhängigkeit von der Substratkonzentration²

Substratkonzentration in $\mu\text{mol/l}$	58,3	116,7	233,3	291,7	583,3
relative Enzymaktivität	0,24	0,46	0,72	0,79	0,88

1.3.1 Skizzieren Sie anhand der Daten aus Tabelle 1 ein beschriftetes

Diagramm und erläutern Sie den Kurvenverlauf! [9 BE]

1.3.2 In einer weiteren Versuchsreihe wird die Enzymkonzentration halbiert.

Skizzieren Sie den entsprechenden Kurvenverlauf in das Diagramm von 1.3.1 und begründen Sie den veränderten Kurvenverlauf! [4 BE]

2017/A1

- 3 Der Abbau von PHB (Polyhydroxybuttersäure) durch Bakterien wird durch das Enzym PHB-Depolymerase katalysiert. Die folgende Abbildung zeigt die Abhängigkeit der Aktivität der PHB-Depolymerase von der Temperatur.

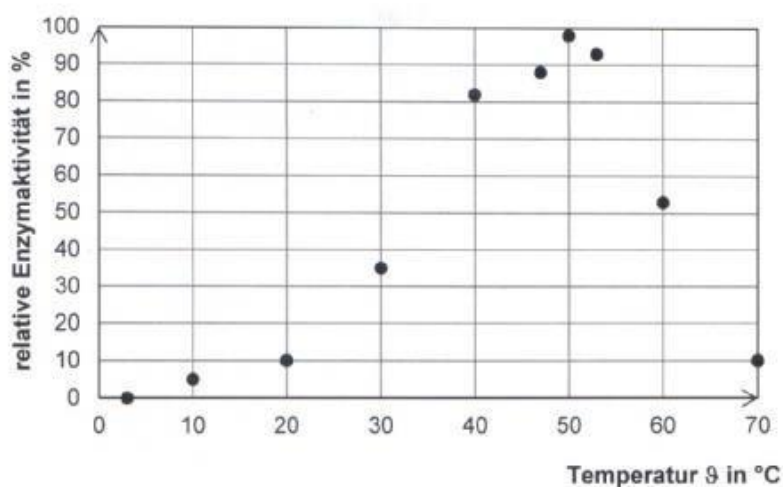


Abb. 3: Temperaturabhängigkeit der Enzymaktivität von PHB-Depolymerase aus *Rhodospirillum rubrum*²

3.1 Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen der PHB-Depolymerase-Aktivität und der Temperatur im Bereich von 10 °C bis 40 °C auf Teilchenebene. [5 BE]

3.2 In einer Versuchsreihe wird der Einfluss von gelösten Salzen auf die Aktivität einer PHB-Depolymerase überprüft.

Tab.: Beeinflussung der Aktivität von PHB-Depolymerase aus *Penicillium expansum* durch verschiedene Chloride³

Salz	Aktivität in %
Quecksilber(II)-chlorid	18
Calciumchlorid	91

Planen Sie die Durchführung einer solchen Versuchsreihe und erläutern Sie das in der Tabelle dargestellte Ergebnis für Quecksilber(II)-chlorid mithilfe einer Modellvorstellung. [11 BE]

- 4 Die Herstellungskosten von PHB liegen momentan noch über denen von erdölbasierten Kunststoffen. Deshalb wird v. a. in den USA an kostengünstigen Herstellungsmöglichkeiten geforscht. Die PHB produzierenden Bakterienstämme werden dabei in Medien aus nachwachsenden Rohstoffen wie Zuckerrohr- oder Maissirup vermehrt. Bewerten Sie die Verwendung von PHB als Alternative für einen erdölbasierten Kunststoff bei ähnlicher technischer Eignung unter Abwägung zweier gesellschaftlich relevanter Werte wie Umweltschutz, Gesundheit, Wohlstand, Würde des Menschen, Bildung, Sicherheit oder Fortschritt. [6 BE]

¹ verändert nach: W. M. Pachekoski; J. A. Marcondes Agnelli; L. P. Belem: *Thermal, mechanical and morphological properties of poly(hydroxybutyrate) and polypropylene blends after processing*. In: *Material Research* (2009) 2

² verändert nach: R. Handrick, S. Reinhardt, P. Kimmig, D. Jendrossek: *The "Intracellular" Poly(3-Hydroxybutyrate) (PHB) Depolymerase*

of Rhodospirillum rubrum is a Periplasm-Located Protein with Specificity for Native PHB and with Structural Similarity to Extracellular PHB Depolymerases <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC523223>, zuletzt aufgerufen am 25.5.2016 ³

V. Gowda U. S., S. Shivakumar: *Poly(β -hydroxybutyrate) (PHB) depolymerase PHAZ_{Pen} from Penicillium expansum: purification, characterization and kinetic studies* <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4624153>, zuletzt aufgerufen am

25.5.2016

2017/A2

2.2 Medikamente zur Behandlung von Verdauungsbeschwerden enthalten heutzutage oft Enzyme aus Reispilzen. Sie haben Medikamente mit Enzymen aus der Bauchspeicheldrüse von Schweinen weitestgehend ersetzt. Viele Enzyme der Pilze sind im Gegensatz zu diesen Verdauungsenzymen sehr säurestabil und können auch im menschlichen Magen wirken.

Erklären Sie anhand einer Modellvorstellung den Wirkungsverlust der Schweineproteasen im sauren Milieu des Magens. [6 BE]

- 3 Der Reispilz *Aspergillus oryzae* bildet ein Enzym, welches Herzgiftglykoside, wie zum Beispiel Digilanid A, hydrolytisch spaltet. Die gleiche Wirkung wird dem Enzym Elaterase zugeschrieben. Das folgende Diagramm zeigt das Ergebnis der enzymatischen Spaltung von Digilanid A mit dem Enzym Elaterase. In einem analogen Experiment soll die Wirksamkeit des Pilzenzyms mit der Elaterase verglichen werden.

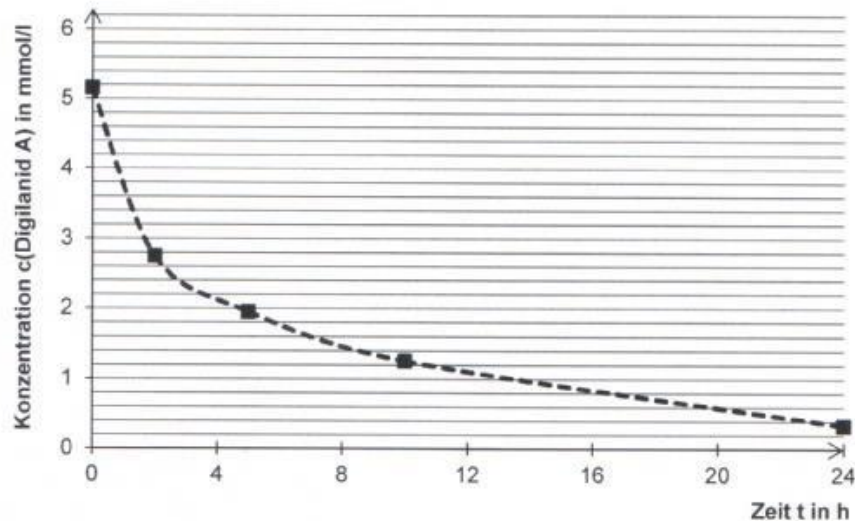


Abb. 2: Verlauf der Hydrolyse von Digilanicid-A mit Elaterase¹

Ermitteln Sie mithilfe der Abbildung 2 die mittlere Reaktionsgeschwindigkeit der Hydrolyse von Digilanicid A im Zeitraum von 24 Stunden und planen Sie ein Experiment, um die Wirksamkeit des Pilzenzyms im Vergleich zur Elaterase zu untersuchen. [8 BE]

Abbildungen und Tabellen:

¹ verändert nach: P. R. Enslin, S. Rehm: *Die enzymatische Hydrolyse von Herzgiftglykosiden durch Elaterase*. In: *Hoppe-Seyler's Zeitschrift für physiologische Chemie*. (1956)1-2, S. 97–101

2018/C2

3 Neben Speicherproteinen befinden sich im Eiklar auch biologisch aktive Eiweißstoffe wie z.B. das antibakteriell wirksame Enzym Lysozym.

Lysozym spaltet das Polymer Murein in der bakteriellen Zellwand und löst diese damit auf. Dabei werden nur die β -1,4-glycosidischen Bindungen zwischen den Murein-Bausteinen N-Acetylmuraminsäure (NAM) und N-Acetylglucosamin (NAG) gespalten:

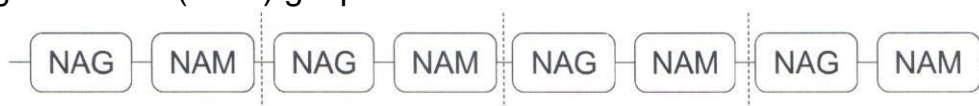


Abb. 5: Schematischer Ausschnitt aus einem Murein-Molekül. Die Stellen, an denen das Enzym Lysozym Murein spaltet, sind durch gestrichelte Linien gekennzeichnet.

Erklären Sie, inwiefern die beschriebene Arbeitsweise von Lysozym charakteristisch für Enzyme ist. [4 BE]

2019 A1

3 Ananas enthält das proteinspaltende Enzym Bromelain. Setzt man beim Abkühlen einem Wackelpudding frische Ananas zu, so wird die Gelatine nicht richtig fest.

- 3.1 Beschreiben Sie anhand einer Modellvorstellung die Wirkungsweise von Bromelain. [5 BE]
- 3.2 Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, weshalb Ananas-Stücke aus Konservendosen im Gegensatz zu frischer Ananas das Erstarren der Gelatine nicht verhindern. [4 BE]