



### **Selbsteinschätzung der experimentellen Kompetenzen**

*In der folgenden Unterrichtsreihe wirst du in hohem Maße durch Experimente und anhand von Experimenten gewonnenen Daten lernen. Mache dir daher bewusst, wie fit du im Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten bist, indem du die unten stehenden Fragen kritisch beantwortest:*

#### **Planung:**

Ich kann **keine / eine** Versuchsfrage formulieren, die das vorliegende Problem erfasst.

Ich kann meistens **keine / teilweise / vollständige** Lösungsstrategie entwickeln, die zu einem eindeutigen Ergebnis führt.

Ich kenne **wenige / viele** Messmethoden für quantitative Experimente.

#### **Durchführung:**

Ich beherrsche die grundlegenden Arbeitstechniken (z.B. Pipettieren, sicherer Versuchsaufbau, Umgang mit Glas- und Messgeräten) **teilweise/ sicher**.

Ich beachte die Sicherheitsregeln und Umweltbestimmungen **meist nur nach Aufforderung / größtenteils selbstständig / selbstständig**.

Während eines Experimentes ist mir **kaum/ teilweise / immer** die Bedeutung des jeweiligen Versuchsschrittes bewusst.

#### **Protokollführung/ Auswertung:**

Ich kenne die für ein Protokoll formal und inhaltlich vorgegebenen Kriterien **nicht / teilweise / vollständig**.

Ich dokumentiere meine Arbeitsergebnisse **unvollständig / vollständig** und **wähle selbstständig eine geeignete Darstellungsform / benötige eine Vorgabe zur Darstellung der Ergebnisse**.

Ich **vermische / trenne teilweise / trenne deutlich** zwischen Beobachtung und Erklärung.

Ich kann aus den gewonnenen Daten **selten / häufig / immer** sachlich relevante Schlussfolgerungen ziehen und ggf. weiterführende Fragestellungen entwickeln.

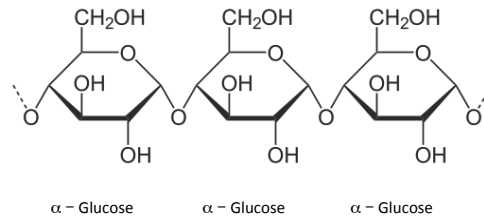
*Nun hast du dich mit deinem Leistungsstand auseinandergesetzt. Entscheide dich entsprechend für den Schwierigkeits- und Selbstständigkeitsgrad des ersten Experiments. Achte bei der Bewältigung der Aufgabe auf deine diagnostizierten Arbeitsfelder!*

*Gehe den Bogen im Anschluss nochmals durch und korrigiere deine Einschätzung.*

**Niveau: ★      Reaktionsspezifität von Amylase**

Du weißt bereits, dass Enzyme als Biokatalysatoren wirken und somit der Motor für alle Stoffwechselreaktionen in Zellen sind. Am Beispiel der Amylase verdeutlichst du nun die Reaktionsspezifität der Amylase, einem Verdauungsenzym.

In einem Vorversuch hast du erkannt, dass ungesüßtes Weißbrot (Hauptbestandteil: Stärke) nach einiger Zeit süß schmeckt. Stärke ist ein Polysaccharid:



Stelle eine Vermutung an, welche Reaktion die Amylase katalysiert. Berücksichtige den süßen Geschmackseindruck:

---



---

Führe nun das angegebene Experiment durch.

**Materialien/ Chemikalien:**

Wasserbad: Becherglas, Heizplatte, Thermometer; 3 Reagenzgläser, Pipetten  
 Glucoselösung, Stärkelösung, Amylaselösung, Jod-Kaliumiodidlösung (die Lösungen wurden von der Lehrkraft angesetzt), Glucoseteststäbchen

**Durchführung:**

- Bereite das Wasserbad (30°C) vor
- Gib in zwei Reagenzgläser je 4ml Stärkelösung und 2 Tropfen Jod-Kaliumiodidlösung und stelle beide Gläser in das Wasserbad
- Gib in eines der beiden Reagenzgläser 2ml Amylaselösung und beobachte die beiden Ansätze
- Fülle in das dritte Reagenzglas 4ml Glucoselösung und halte für 1s ein Glucoseteststäbchen hinein.
- Halte nun auch ein Glucoseteststäbchen in den Ansatz mit der Amylaselösung.
- Protokolliere deine Beobachtungen.

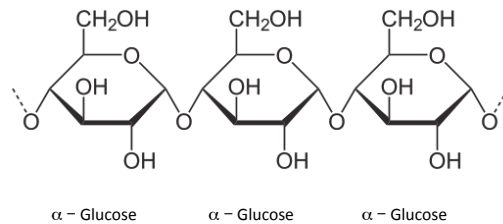
**Aufgaben:**

1. Gib die Bedeutung der einzelnen Versuchsschritte und Bedingungen an. Achte dabei auch besonders auf die Funktion des Ansatzes ohne Amylaselösung und des 4. Schrittes.
2. Werte deine Versuchsergebnisse aus und beziehe deine Vermutung mit ein.
3. Recherchiere die Formel und die Eigenschaften von Maltose.

## Niveau: ★★      Reaktionsspezifität von Amylase

Du weißt bereits, dass Enzyme als Biokatalysatoren wirken und somit der Motor für alle Stoffwechselreaktionen in Zellen sind. Am Beispiel der Amylase verdeutlichst du nun die Reaktionsspezifität der Amylase, einem Verdauungsenzym.

In einem Vorversuch hast du erkannt, dass ungesüßtes Weißbrot (Hauptbestandteil: Stärke) nach einiger Zeit süß schmeckt. Stärke ist ein Polysaccharid:



Stelle eine Vermutung an, welche Reaktion die Amylase katalysiert. Berücksichtige den süßen Geschmackseindruck:

Plane nun ein Experiment zur Reaktionsspezifität der Amylase auf der Basis deiner Vermutung.

### *Materialien/ Chemikalien:*

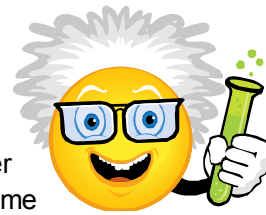
Wasserbad: Becherglas, Heizplatte, Thermometer; 3 Reagenzgläser, Pipetten  
 Glucoselösung, Stärkelösung, Amylaselösung, Jod-Kaliumiodidlösung (die Lösungen wurden von der Lehrkraft angesetzt), Glucoseteststäbchen

### *Aufgaben:*

1. Plane ein eindeutiges Experiment und zeige die Planung vor der Durchführung deiner Lehrkraft (zwecks Sicherheit).
2. Werte deine Versuchsergebnisse aus. Diskutiere, ob das Ergebnis bereits eindeutig ist, oder ob du deine Durchführung nochmals verändern musst (evtl. hinsichtlich der konstanten und variablen Versuchsparameter). Du kannst nun auch deine Durchführung mit der vorgegebenen Versuchsdurchführung vergleichen.
3. Überprüfe deine Vermutung.
4. Recherchiere die Formel und die Eigenschaften von Maltose.

## EXPERIMENT TEMPERATURABHÄNGIGKEIT DER AMYLASE

Im vorangegangenen Experiment hast du die Reaktionsspezifität von Enzymen am Beispiel der Amylase untersucht. Nun wenden wir uns der Temperaturabhängigkeit von Enzymen zu. Du weißt bereits, dass Enzyme Biokatalysatoren sind, die die Aktivierungsenergie chemischer Reaktionen senken. Im Fall der Amylase wird die Aktivierungsenergie so weit gesenkt, dass die Reaktion bei Körpertemperatur schnell genug abläuft.



### **Aufgaben:**

1. Stelle eine Hypothese (begründete Vermutung) auf, inwiefern sich Temperaturen von 10°C bis 60°C auf die Amylase-Aktivität auswirken.



Hilfe 1a: Infokarte Brownsche Molekularbewegung  
Hilfe 1b: Infokarte Denaturierung

2. Plane zu deiner Hypothese ein Experiment und begründe die einzelnen Versuchsschritte. Zeige die Planung vor der Durchführung deiner Lehrkraft (zwecks Sicherheit).



Hilfe 2: Impulsfragen zum geplanten Experiment

3. Werte deine Versuchsergebnisse graphisch aus.



Hilfe 3a: Abhängige und unabhängige Variable im Achsendiagramm  
Hilfe 3b: Verschiedene Typen von Achsendiagrammen

4. Beurteile, ob du mit deinem Experiment die Hypothese verifizieren oder falsifizieren kannst.



Hilfe 4: Infokarte Verifizierung vs Falsifikation

5. Recherchiere den Zusammenhang von RGT-Regel und Enzymaktivität.

### **Tipp zur Vorgehensweise:**

Versuche zunächst, das Experiment ohne Hilfe zu planen. Du kannst dich dabei an dem Experiment zur Reaktionsspezifität von Amylase orientieren.

Falls du nicht weiterkommst, kannst du die angegebenen Hilfekarten bei der Lehrkraft einsehen.

### **Hilfe 1a: Infokarte Brownsche Molekularbewegung**

Als brownsche Bewegung (oder brownsche Molekularbewegung) wird die vom schottischen Botaniker Robert Brown im Jahr 1827 wiederentdeckte Wärmebewegung von Teilchen in Flüssigkeiten und Gasen bezeichnet. Dabei beschreibt jedes Atom oder Molekül eine Bewegung, deren Intensität temperaturabhängig ist. ( )

Brown beobachtete unter dem Mikroskop, wie Pollen in einem Wassertropfen unregelmäßig zuckende Bewegungen machten. Ursprünglich und gleichzeitig irrtümlich nahm Brown an, dass dies ein Hinweis auf die Lebenskraft sei, die lange Zeit von Wissenschaftlern als existent vermutet wurde (siehe organische Chemie). Diesen Effekt konnte er aber letzten Endes in weiteren empirischen Experimenten auch an eindeutig unbelebten Staubkörnern beobachten. ( )

Quelle: [http://de.wikipedia.org/wiki/Brownsche\\_Bewegung](http://de.wikipedia.org/wiki/Brownsche_Bewegung) (Stand: 08.09.2013)

### **Hilfe 1b: Infokarte Denaturierung**

Sowohl durch chemische Einflüsse, wie zum Beispiel Säuren, Salze oder organische Lösungsmittel, als auch durch physikalische Einwirkungen, wie hohe oder tiefe Temperaturen oder auch Druck, können sich die Sekundär- und Tertiärstruktur und damit auch die Quartärstruktur von Proteinen ändern, ohne dass sich die Reihenfolge der Aminosäuren (Primärstruktur) ändert. Dieser Vorgang heißt Denaturierung und ist in der Regel nicht umkehrbar, das heißt der ursprüngliche dreidimensionale räumliche Aufbau kann ohne Hilfe nicht wiederhergestellt werden. Bekanntestes Beispiel dafür ist das Eiklar im Hühnerei, das beim Kochen fest wird, weil sich der räumliche Aufbau der Proteinmoleküle geändert hat. Der ursprüngliche flüssige Zustand kann nicht mehr hergestellt werden. Das Wiederherstellen des ursprünglichen Zustandes des denaturierten Proteins heißt Renaturieren.

Menschen denaturieren durch Kochen ihre Speisen, um sie leichter verdaulich zu machen. Durch die Denaturierung ändern sich die physikalischen und physiologischen Eigenschaften der Proteine, wie zum Beispiel beim Spiegelei, das durch die Hitze in der Pfanne denaturiert wird. Auch hohes Fieber kann aufgrund der zu hohen Körpertemperatur körpereigene Proteine denaturieren. Diese Proteine können dann ihre Aufgaben im Organismus nicht mehr erfüllen, was für den Menschen lebensgefährlich werden kann. Einige Proteine der roten Blutkörperchen denaturieren beispielsweise bereits bei 42 °C. Das Fieber hat eigentlich aber eine schützende Funktion, nicht eine zerstörende. Denn die hohe Temperatur beim Fieber soll Eindringlinge und Fremdkörper, sogenannte Antigene, zerstören und unschädlich machen. Diese Antigene denaturieren meist schon bei geringeren Temperaturen als die körpereigenen Proteine. ( )

Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Protein#Denaturierung> (Stand: 08.09.2013)

## Hilfe 2: Impulsfragen zum geplanten Experiment

Deckst du den geforderten Temperaturbereich mit einer sinnvollen Anzahl an Versuchsansätzen ab?

Ist ein Kontrollansatz notwendig?

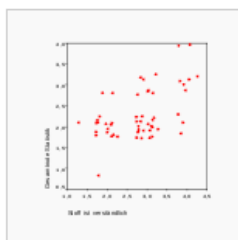
## Hilfe 3a: Abhängige und unabhängige Variable im Achsendiagramm

In den Naturwissenschaften wird eine veränderliche oder zumindest anfangs noch nicht numerisch bestimmte physikalische Größe oder Zahl als Variable bezeichnet.

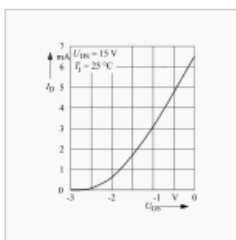
In einem wissenschaftlichen Experiment wird eine willkürlich veränderliche Stellgröße als unabhängige Variable, vom Versuchsleiter gezielt verändert und die Auswirkungen dieser Manipulationen auf eine Messgröße, die abhängige Variable, gemessen.

Diese Abhängigkeit lässt sich in einem Achsendiagramm veranschaulichen. Im rechtwinkligen Koordinatensystem wird die abhängige Variable üblicherweise auf der Y-Achse aufgetragen.

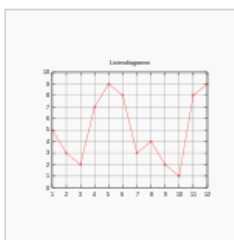
## Hilfe 3b: Verschiedene Typen von Achsendiagrammen



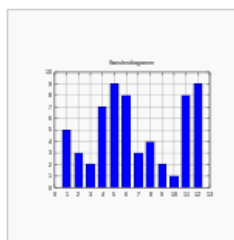
Punktdiagramm



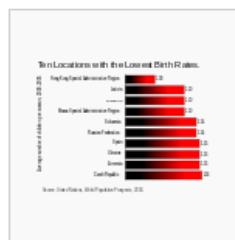
Liniendiagramm (bei  
erkennbarer  
Gesetzmäßigkeit)



Liniendiagramm (bei  
streuenden Werten)



Säulendiagramm



Balkendiagramm

Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Diagramm> (Stand: 08.09.2013)

#### **Hilfe 4: Infokarte Verifizierung vs Falsifikation**

In der Wissenschaftstheorie versteht man unter der Verifizierung einer Hypothese den Nachweis, dass diese Hypothese richtig ist. Logischer Empirismus und Positivismus gehen davon aus, dass solche Nachweise führbar seien. Im Rahmen des kritischen Rationalismus (K. Popper) wird argumentiert, dass es Verifikation nicht gibt. Allgemeine Gesetzesaussagen können nur wahr, aber unverifiziert sein oder mit Beschreibungen von Sachverhalten, die der Aussage widersprechen, falsifiziert werden, sich also als ungültig herausstellen. Zum Verständnis ein Beispiel, das Karl Popper anführt: Angenommen, die Hypothese lautet: „Alle Schwäne sind weiß“, so trägt das Finden zahlreicher weißer Schwäne nur dazu bei, dass die Hypothese beibehalten werden darf. Es bleibt stets die Möglichkeit bestehen, einen andersfarbigen Schwan zu finden. Tritt dieser Fall ein, so ist die Hypothese widerlegt. Solange aber kein andersfarbiger Schwan gefunden wurde, kann die Hypothese weiterhin als nicht widerlegt betrachtet werden. ( )

Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Verifizierung> (Stand: 08.09.2013)

DIAGNOSE-AUFGABE „KIWI-JOGHURT“



**Tanja** erzählt den Klassenkameraden auf dem Pausenhof, dass ihr Kiwi-Joghurt heute richtig fies bitter geschmeckt hat. Jeden Morgen steht ihre Mutter um 6:30 Uhr auf und mischt frisches Kiwi-Püree unter einen fettarmen Naturjoghurt. Heute hat Tanja verschlafen, weshalb der Joghurt 30 Minuten länger als sonst auf dem Tisch stand. Als sie dann noch schnell ihr Frühstück einnehmen wollte, schmeckte der Joghurt „total bitter“ und war nicht mehr zu genießen.



**Sabine** fasst sich an den Kopf und sagt:

„Sie hätte es doch einfach in den Kühlschrank stellen können.“



Und Chemie-Ass **Heiko**, der morgens immer nach eigener Aussage „stundenlang im Bad braucht“, fügt hinzu:

„Man kann das Kiwipüree bestimmt auch pasteurisieren.“

1. Stelle Hypothesen auf, die das Phänomen erklären könnten.
2. Plane zu einer deiner Hypothesen ein Experiment und begründe die einzelnen Versuchsschritte.
3. Führe den Versuch durch und fertige ein ausführliches Versuchsprotokoll an.
4. Beurteile, ob Du mit deinem Experiment die Hypothese verifizieren oder falsifizieren kannst.

Tipp zur Vorgehensweise:

Versuche zunächst, das Experiment ohne Hilfe zu planen. Falls du nicht weiterkommst, suche Parallelen zum Amylase-Experiment und stelle diese tabellarisch gegenüber.



Erwartungshorizont: Diagnose-Aufgabe Kiwi		
<b>Beschreibung des Phänomens ohne Interpretation:</b> Kiwi-Püree in Naturjoghurt schmeckte nach einer halben Stunde bitter.		
Klare <b>Fragestellung:</b> z. B. Wie wirken sich unterschiedliche Temperaturen auf den Geschmack von Kiwi-Jogurt aus?		
<b>Hypothese (begründet):</b> Ich vermute, dass Kiwi-Jogurt nach 30 min bei Zimmertemperatur anders schmeckt als wenn es im Kühlschrank gestanden hat, oder vorher gekocht wurde. Grund dafür könnte sein, dass in den Kiwis Enzyme sind und Enzymreaktionen temperaturabhängig sind.		
<b>Unabhängige Variable:</b> Temperatur, Kiwi-Püree, Kiwi-Püree gekocht, Kiwi-Püree bei Zimmertemperatur <b>Abhängige Variable:</b> Geschmack („Bitterkeit“) Weitere <b>Variablen</b> (konstant halten) <ul style="list-style-type: none"> <li>- in den verschiedenen Versuchsansätzen werden gleiche Mengen der identischen Ausgangsmaterialien verwendet</li> <li>- Inkubationszeit</li> <li>- Luftdruck</li> <li>- Lichtverhältnisse</li> </ul>		
<b>Nullproben:</b>		
<b>Material:</b> Gefäße, Thermometer, Hitze- bzw. Kältequellen, Pürierer, 2-3 Kiwis, fettarmer Naturjoghurt, Messer, Waage		
<b>Versuchsaufbau:</b> hinreichend beschriftete Abbildung		
<b>Durchführung:</b> Die Versuchsschritte sind vollständig begründet und in der richtigen Reihenfolge. Eine mögliche Schülerlösung: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Erstelle ein Kiwipüree aus 2-3 frischen Kiwi und verteile es gleichmäßig auf 3 Ansätze, A, B und C.</li> <li>2. Ansatz A stellt man für 1 Stunde in den Kühlschrank.</li> <li>3. Ansatz B wird bei Zimmertemperatur 1 Stunde inkubiert.</li> <li>4. Ansatz C wird pasteurisiert.</li> <li>5. Füge jedem Ansatz 100 g fettarmen Joghurt hinzu, und stelle Ansatz A wieder in den Kühlschrank.</li> <li>6. Teste und protokolliere den Geschmack im Abstand von 5 Minuten.</li> </ol>		
relevante Beobachtungen sind vollständig protokolliert		

MATERIAL ZUR ENZYMHEMMUNG

AM 1:

***STORYBOARD*** ***Kompetitive Hemmung***

Aufgabe: Entwerft einen möglichen Sprechertext zum Film und entwickelt eine passende szenische Darstellung.

1.

---

---

---

---

2.

---

---

---

---

3.

---

---

---

---

4.

---

---

---

---

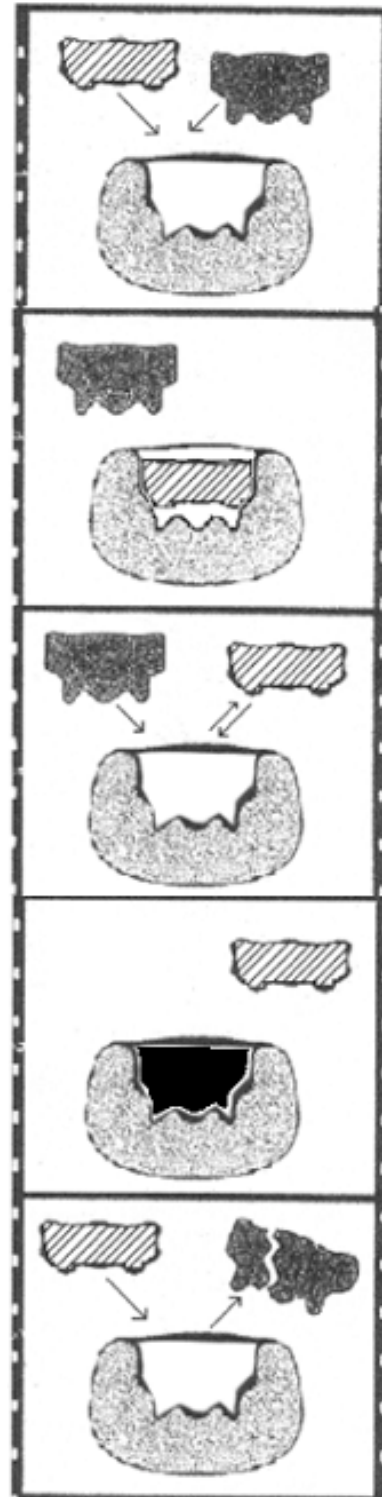
5.

---

---

---

---



***STORYBOARD Nicht kompetitive (allosterische ) Hemmung***

Aufgabe: Entwerft einen möglichen Sprechertext zum Film und entwickelt eine passende szenische Darstellung.

1.

---

---

---

---

2.

---

---

---

---

3.

---

---

---

---

4.

---

---

---

---

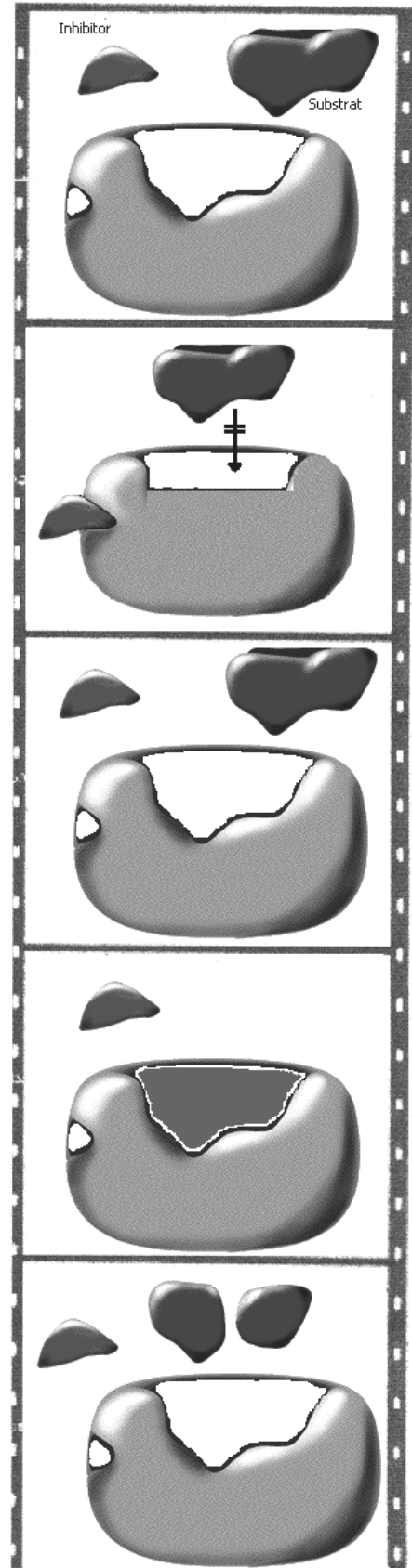
5.

---

---

---

---

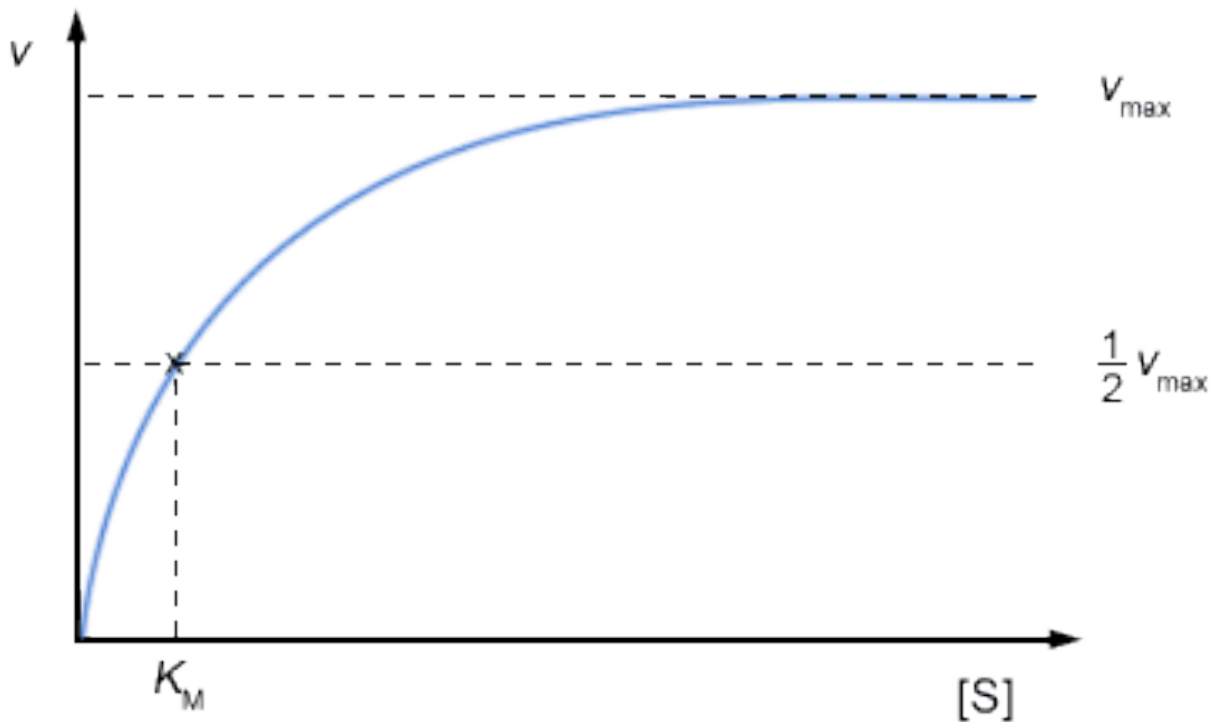


NIVEAU ★★

**DIAGNOSE: KANNST DU DEIN FACHWISSEN ÜBER DIE  
 ENZYMKINETIK UND DIE WIRKUNG VON INHIBITOREN VERNETZEN?**

**Aufgabenstellung:**

- 1) Beschreibe kurz das vorliegende Diagramm.
- 2) Zeichne in das vorgegebene Diagramm den entsprechenden Verlauf bei Anwesenheit eines a) kompetitiven und b) nicht kompetitiven (allosterischen) Inhibitors und begründe deinen Lösungsvorschlag. *Anmerkung: Die anfängliche Enzymkonzentration ist in allen drei Fällen gleich!*


 Abb.: [www.chemgapedia.de](http://www.chemgapedia.de)

NIVEAU ★

**DIAGNOSE: KANNST DU DEIN FACHWISSEN ÜBER DIE  
ENZYMKINETIK UND DIE WIRKUNG VON INHIBITOREN VERNETZEN?**

**Aufgabenstellung:**

- 1) Beschreibe kurz das vorliegende Diagramm für die Reaktion ohne Inhibitor.
- 2) Ordne den anderen beiden Kurvenverläufen den richtigen Hemmtyp zu (a) kompetitiv; b) nicht kompetitiv) und begründe deine Entscheidung. *Anmerkung: Die anfängliche Enzymkonzentration ist in allen drei Fällen gleich!*

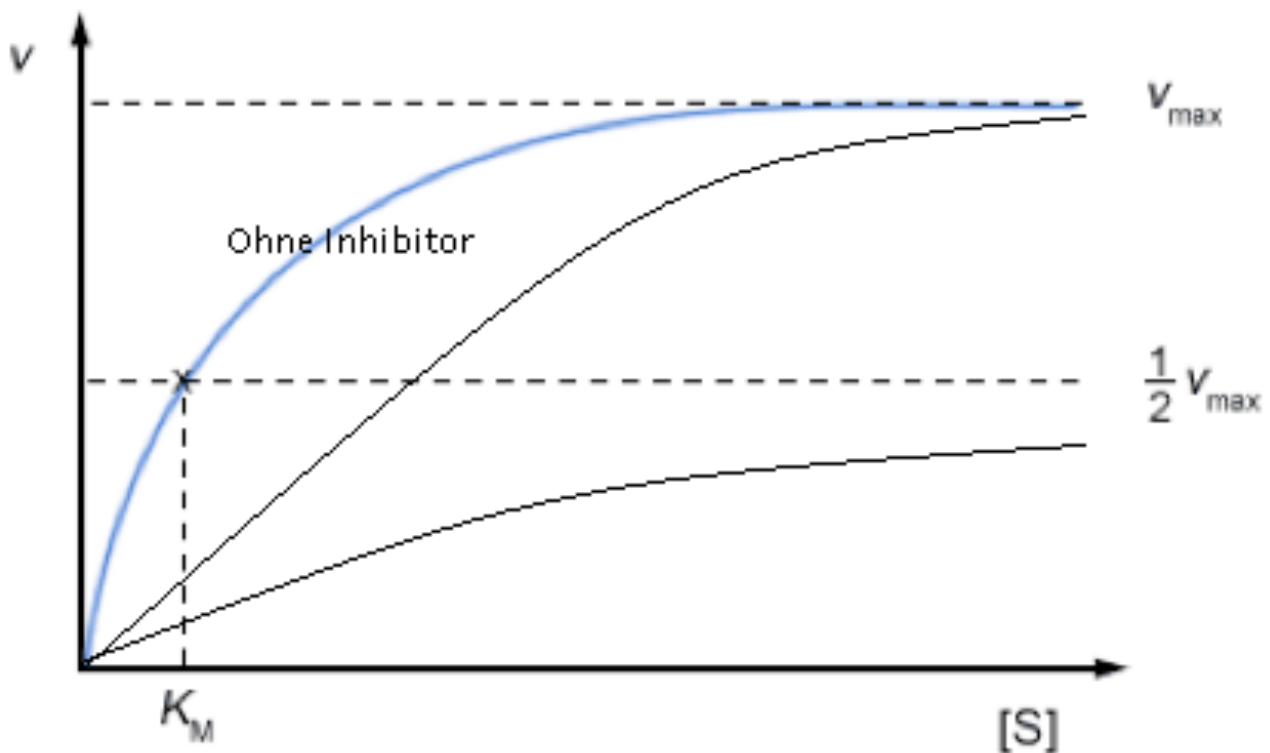


Abb.: [www.chemgapedia.de](http://www.chemgapedia.de), verändert

EXPERIMENT ENZYMHEMMUNG

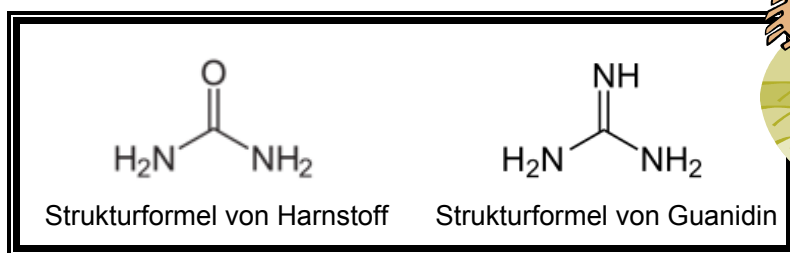


Gärtner Knoll ist verzweifelt. Seine Pflanzen benötigen ständig neuen Harnstoffdünger, der den nötigen Stickstoff für ihr gutes Gedeihen beinhaltet. Diesen kauft er ausschließlich im Fachgeschäft seines Vertrauens. Die Düngerpreise stiegen in den letzten Jahren zwar kontinuierlich an, die Düngewirkung verbesserte sich jedoch nicht.

Die Bodenbakterien in Knolls Blumenerde spalten den Harnstoff mit Hilfe des Enzyms *Urease* in Ammoniak und Kohlenstoffdioxid. Dabei entweichen 15-35% des im Ammoniak enthaltenen Stickstoffs in die Luft und gehen daher als Dünger für die Pflanzen verloren.

Der verzweifelte Gärtner Knoll fragt seinen guten Kumpel Zwiebelmann um Rat. Es muss doch eine Lösung für dieses Problem geben!

Zwiebelmann lacht und fertigt folgende Skizze für Knoll an...



...Dazu sagt er: „Du musst bloß *Guanidin* unter deine Blumenerde mischen, dann bist du dein Problem los!“

Der verdatterte Gärtner Knoll steht ratlos mit der Skizze in der Hand da.



**AUFGABEN:**

- Formuliere eine geeignete Versuchsfrage.
- Stelle eine Hypothese auf, mit der du Zwiebelmanns Tipp erklären kannst.



Harnstoff wird mit Hilfe des Enzyms *Urease* in Ammoniak und Kohlenstoffdioxid gespalten. Da Ammoniak in wässrigen Lösungen alkalisch reagiert, kann die Reaktivität der *Urease* mit dem pH-Meter verfolgt werden:



- Beschreibe in Grundzügen eine sinnvolle Versuchsdurchführung zur Überprüfung des Hemmtyps.
- Gib das zu erwartende Ergebnis für den Fall 1), dass *Guanidin* ein kompetitiver Inhibitor und für den Fall 2), dass *Guanidin* ein nicht kompetitiver (allosterischer) Inhibitor ist, an.

## Versuch: Hemmung der Urease mit Guanidin

Zeitbedarf: 45 min

### Materialien:

Harnstofflösung (2%), Guanidinlösung (1%), Ureaselösung (0,2%), aqua dest., pH-Meter, 3 Messpipetten, 3 Pipettierhilfen, 8 große Reagenzgläser, Stoppuhr

### Durchführung:

- Stelle aus der 2%-igen Harnstofflösung Lösungen von 0,5%, 1% und 1,5% her und gib jeweils 10 ml in je zwei Reagenzgläser.
- Für die Versuchsreihe a) gibt man in die 4 Reagenzgläser mit den unterschiedlichen Lösungen je 5 ml Wasser, für die Versuchsreihe b) gibt man in jedes Reagenzglas 5 ml der Guanidinlösung.
- Gib 1 ml der Ureaselösung in das Reagenzglas mit der 0,5%-igen Harnstofflösung aus Versuchsreihe a) und verfolge mit dem pH-Meter über 3 min den pH-Wert. Notiere alle 20s den pH-Wert.
- Wiederhole den vorherigen Schritt mit den restlichen 7 Ansätzen.

Beobachtung: Notiere die Messergebnisse in der Tabelle

	pH-Werte der Harnstofflösungen von							
	Versuchsreihe a)				Versuchsreihe b)			
Zeit	0,5%	1%	1,5%	2%	0,5%	1%	1,5%	2%
20s								
40s								
60s								
80s								
100s								
120s								
140s								
160s								
180s								

### Aufgaben:

- 1) Vergleiche die vorgegebene Durchführung mit deinen Überlegungen.
- 2) Trage die Größe der pH-Wert-Änderung zwischen der zweiten und dritten Minute in Abhängigkeit von der Substratkonzentration für beide Versuchsreihen in ein geeignetes Diagramm ein.
- 3) Beantworte anhand der grafischen Auswertung die Versuchsfrage und überprüfe deine Hypothesen.