

## Lehrerhandreichung zur Experimentiereinheit „Einfluss der Zuckerkonzentration auf die Hefeaktivität“






### Bestandteile der Experimentiereinheit:






Die Schüler:

- wenden eigenständig naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden (Beobachten, Vergleichen, Experimentieren) an.
- halten ihre Beobachtungen in mathematischen Darstellungen fest.
- befassen sich mit der Wirkungsweise von Enzymen.
- beschäftigen sich mit dem Einfluss der Substratkonzentration auf die Enzymaktivität und setzen sich mit der Michaelis-Menten-Kinetik auseinander.
- befassen sich mit den Möglichkeiten eines Weblogs zum Austausch über Experimente.

### 1. Zur Vorbereitung:

Stellen Sie zum Experimentieren für jede Gruppe (je 5-6 Personen) folgende Gerätschaften bereit:

-  1 großes Wasserbecken (50x20x30cm)
-  5 Messzylinder (a 100ml)
-  5 kleine Messbecher (a 100ml)
-  2 Thermometer
-  5 Rührstäbe

-  5 Trichter
-  5 Plastikpipetten
-  1 Stoppuhr
-  Hefe (pro Gruppe 10g)
-  Zucker (pro Gruppe 25g)

Zusätzlich benötigen Sie noch: Waage (Messgenauigkeit 1g) und Wasserkocher.

Achten Sie darauf, die Messzylinder vor dem Versuch sorgfältig mit Spülmittel zu entfetten.

---







Drucken Sie für die Schüler das Beobachtungsprotokoll und gegebenenfalls die Wissensboxen zum Versuch (Enzyme als Biokatalysatoren, Einfluss der Substratkonzentration auf die Enzymaktivität) aus.

Die Schüler können den Versuch mithilfe der Aufgabe und Videoanleitung im Kniffelix Blog selbstständig durchführen. Besitzen Sie im Klassenraum keinen Internetzugang, finden Sie die Durchführungsanleitung ebenso in dieser PDF.





## 2. Versuch:

-  Die Videoanleitung zum Versuch gibt es unter:  
<https://kniffelix.rz.tu-harburg.de/blog/2017/06/01/thats-sweet-einfluss-der-zucker-konzentration-auf-die-hefeaktivitaet/>
-  Zweck des Experiments ist es, zu untersuchen, wie hoch die Enzymaktivität bei unterschiedlicher Zuckerkonzentration (1g, 3g, 5g, 7g, 9g).
-  Während des Versuchs messen die Schüler das Volumen des Hefeschaums in den Messzylindern und ziehen daraus Rückschlüsse auf die Hefeaktivität.
-  Ihre Beobachtungen tragen die Schüler zunächst in eine Tabelle ein. Anschließend übertragen sie die Daten in ein Koordinatensystem.
-  Zum Schluss interpretieren die Schüler, ihre Ergebnisse im Hinblick auf die Michaelis-Menten-Kinetik.
-  Planen Sie am Ende Zeit zum Aufräumen und Spülen der Zylinder ein.

## 3. Besprechung der Ergebnisse:

Im Rahmen des Versuchs befassen sich die Schüler näher mit der Wirkungsweise von Enzymen und setzen sich mit der Michaelis-Menten-Kinetik auseinander. Näheres zu den Themen finden Sie und die Schüler in den Wissensboxen.

Neben Wärme benötigt Hefe Zucker, um aktiv zu werden. Ein Indiz für die Aktivität ist der Hefeschaum, der sich bei der enzymatischen Umwandlung von Zucker in Energie bildet. Die Michaelis-Menten-Kinetik befasst sich mit dem Einfluss der Substratkonzentration auf die Enzymaktivität. Sie besagt, dass sich die Enzymaktivität bis zu einem bestimmten Sättigungspunkt mit der Substratkonzentration erhöht. Tritt der Sättigungspunkt ein, bewirkt eine Erhöhung der Substratkonzentration keine Erhöhung der Enzymaktivität mehr.

Nach der Michaelis-Menten-Kinetik müsste sich bei der grafischen Darstellung der Experimentierergebnisse eine Sättigungskurve beobachten lassen. So müsste die Reaktionsgeschwindigkeit in den Messzylindern zunächst ansteigen und dann konstant bleiben.

Ihre Ergebnisse können die Schüler im Kniffelix Blog teilen und mit denen der anderen Versuchsgruppen vergleichen. Dabei können und sollen sie sich gern auch über abweichende Ergebnisse und mögliche Fehlerquellen beim Experimentieren austauschen.



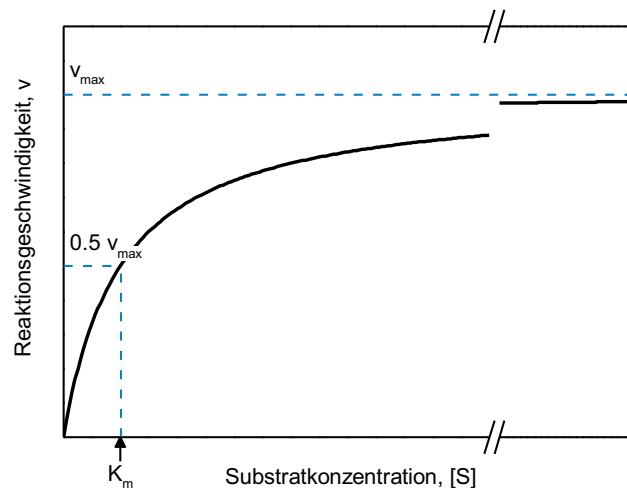


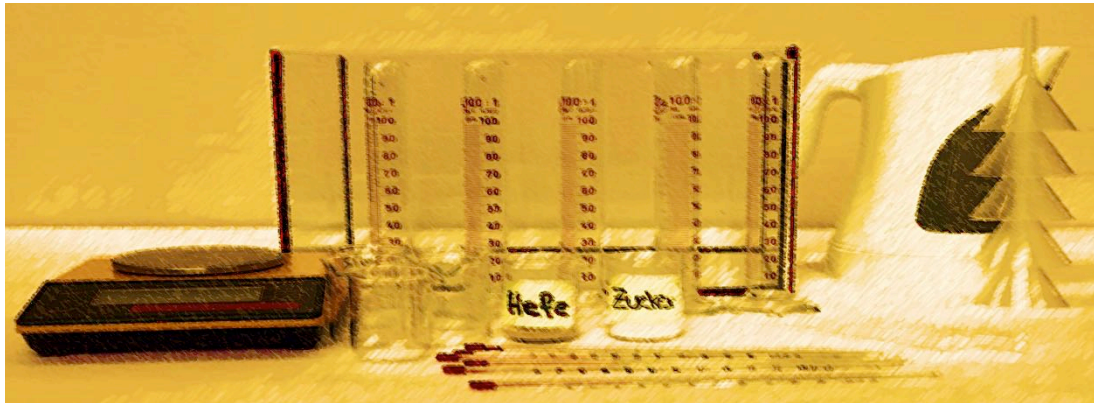
Abb.: Michaelis-Menten-Kinetik

Mögliche Ursachen für abweichende Versuchsergebnisse:

- F** **Messzylinder wurden im Vorfeld nicht ausreichend entfettet:** Durch das Fett im Zylinder wird die Schaumentwicklung gehemmt.
- F** **Asynchrone Versuchsdurchführung:** Um die Versuchsergebnisse miteinander vergleichen zu können, müssen die Reaktionen in den Messzylindern zeitgleich ablaufen. Aus diesem Grund müssen die Hefe-Zucker-Gemische gleichzeitig in die Messzylinder gegeben und umgerührt werden. Ebenso müssen die Schaumwerte zeitgleich abgelesen werden.
- F** **Keine konstante Temperatur im Wasserbecken:** Kühlt sich die Temperatur im Wasserbecken während der Versuchsdauer ab, verfälscht das die Ergebnisse.
- F** **Osmotischer Stress:** Ein Rückgang der Hefeaktivität bei steigender Zuckerkonzentration könnte auf osmotischen Stress zurückzuführen sein. Zucker bindet Wasser. Eine zu hohe Zuckerkonzentration kann eine Dehydrierung der Hefezelle hervorrufen. Ist die Zuckerkonzentration außerhalb der Zelle sehr hoch, verliert die Hefezelle aufgrund der Diffusion zunehmend Wasser, um die Wasserkonzentration außerhalb der Zelle auszugleichen.

## Versuch: That's sweet! - Einfluss der Zuckerkonzentration auf die Hefeaktivität

### Materialien:

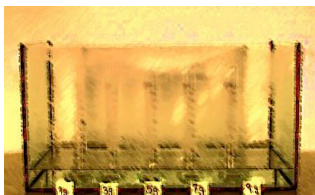


- |   |  |  |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> 1 großes Wasserbecken (50x20x30cm)         | <input type="checkbox"/> 5 Trichter    | <input type="checkbox"/> Stoppuhr                |
| <input type="checkbox"/> 5 Messzylinder mit einem Volumen von 100ml | <input type="checkbox"/> 5 Pipetten    | <input type="checkbox"/> Wasser und Wasserkocher |
| <input type="checkbox"/> 5 kleine Messbecher                        | <input type="checkbox"/> 5 Rührstäbe   | <input type="checkbox"/> 10g Hefe                |
|   | <input type="checkbox"/> 2 Thermometer | <input type="checkbox"/> 25g Zucker              |
|   | <input type="checkbox"/> 1 Waage       |  |

### Versuchsvorbereitung und -aufbau



1. Be a Team! Bildet eine Gruppe von 7-8 Personen.



2. Befüllt das große Wasserbecken mit 35°C heißem Wasser bis zu einer Höhe von 5-10 cm. Stellt eure Standzylinder in das Wasserbecken.



3. Befüllt eure Messzylinder mithilfe der Pipetten mit 20ml Wasser.



4. Wiegt fünfmal 2g Hefe ab und mischt sie jeweils mit 5g Zucker.



5. Verteilt folgende Aufgaben in eurer Gruppe:



Der **Zeitwächter** guckt auf die Uhr und sagt alle 30 Sekunden Bescheid.



Der **Temperaturwächter** kontrolliert die Temperaturen in den Messzylindern und versuchen sie konstant zu halten.



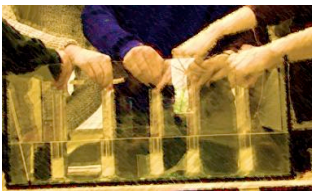
Die fünf **Protokollanten** beobachten jeweils einen Messzylinder. Immer wenn der Zeitwächter Bescheid gibt, notieren sie den Wert ihres Messzylinders.

Der mögliche **Beobachter** beobachtet die Zusammenarbeit in der Gruppe und kann während der Versuchsdurchführung auf mögliche Auffälligkeiten des Versuches achten und diese notieren.

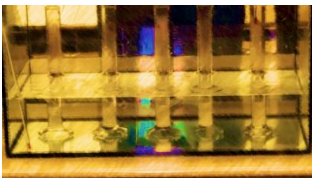
## Versuchsdurchführung



1. Get started! Nutzt die Trichter, um das Hefe-Zucker-Gemisch in die Messzylinder zu geben. Achtet darauf, dass ihr das Gemisch alle **gleichzeitig** in die Zylinder gebt und es **nicht** die Wand des Zylinders berührt!



2. Die Protokollanten rühren für 10 Sekunden die Mischungen in den Messzylindern um. Der Zeitwächter gibt ein Startsignal vor und ruft nach 10 Sekunden Stopp. Mit dem Stoppsignal hören alle auf zu rühren und der Zeitwächter beginnt, die Zeit zu stoppen.



3. Jetzt gibt der Zeitwächter für 10 Minuten alle 30 Sekunden das Signal zu abmessen und die Protokollanten notieren ihre Beobachtungen im Beobachtungsbogen. Während des Experiment achtet der Temperaturwächter auf eine gleichbleibende Temperatur.

## Versuch: That's sweet! - Einfluss der Zuckerkonzentration auf die Hefeaktivität

### Beobachtungsprotokoll

Zeit in Sekunden	Volumen in Milliliter bei 1g	Volumen in Milliliter bei 3g	Volumen in Milliliter bei 5g	Volumen in Milliliter bei 7g	Volumen in Milliliter bei 9g
30					
60					
90					
120					
150					
180					
210					
240					
270					
300					
330					
360					
390					
420					
450					
480					
510					
540					
570					
600					



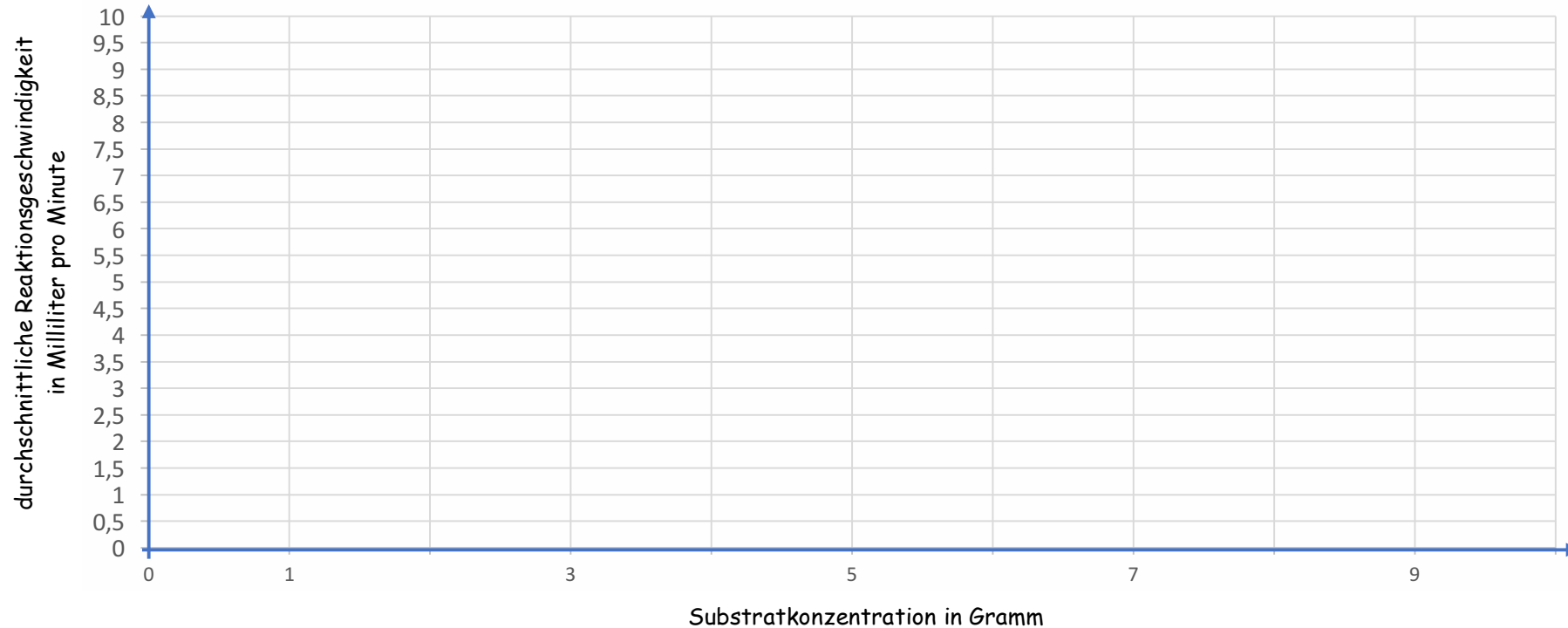
## Versuch: That's sweet! - Einfluss der Zuckerkonzentration auf die Hefeaktivität

Errechne die durchschnittliche Reaktionsgeschwindigkeit der Hefe bei den verschiedenen Substratkonzentrationen.

Konzentration	1g	3g	5g	7g	9g
durchschnittliche <i>Geschwindigkeit</i>	ml/min	ml/min	ml/min	ml/min	ml/min

Visualisiere deine Berechnungen in dem untenstehenden Koordinatensystem.

**Hefeaktivität bei verschiedener Zuckerkonzentration**



Legende:  1g Zucker  3g Zucker  5g Zucker  7g Zucker  9g Zucker  
Farbe Farbe Farbe Farbe Farbe



## Enzyme als Biokatalysatoren

Enzyme ermöglichen den Ablauf unserer Lebensprozesse. Sie zählen zur Stoffgruppe der Proteine und werden auch Eiweiße genannt. Proteine kommen in den Zellen aller Lebewesen vor. Sie bestehen aus einer einzelnen oder aus mehreren miteinander verknüpften **Aminosäureketten**. In unserem Körper üben Proteine eine Vielzahl von Funktionen aus und beschleunigen den Ablauf von Stoffwechselreaktionen. Daher werden Enzyme auch als **Biokatalysatoren** bezeichnet.

**Katalysatoren beeinflussen die Geschwindigkeit einer Reaktion, indem sie die Aktivierungsenergie der zu reagierenden Teilchen herabsetzen (Abb. 1).** Als Aktivierungsenergie bezeichnet man die Energie, die eingesetzt werden muss, um einen energetisch höhergelegenen **Übergangszustand** zu erreichen, damit überhaupt eine Reaktion stattfindet.

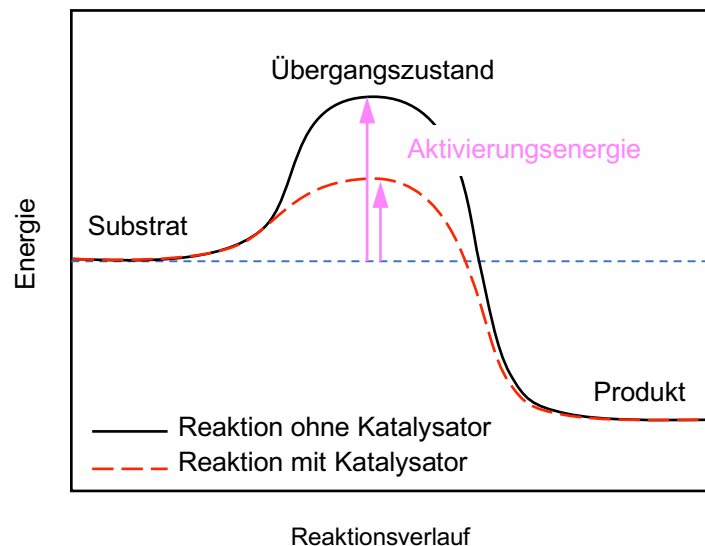


Abb. 1: Verringerung der Aktivierungsenergie durch einen Katalysator zur Erreichung eines Übergangszustands.

Um die Aktivierungsenergie herabzusetzen, bindet ein Enzym ein Molekül, das sogenannte **Substrat**, an sich. Die „Andockstelle“ wird als **aktives Zentrum** bezeichnet. Enzyme sind **substratspezifisch**. Das bedeutet, dass nur ein bestimmtes Substrat im aktiven Zentrum gebunden werden kann. Enzym und Substrat passen zusammen, wie der Schlüssel zu einem Schloss. Man spricht daher vom **Schlüssel-Schloss-Prinzip**.

Zusammen bilden Enzym und Substrat den **Enzym-Substrat-Komplex**. Im aktiven Zentrum werden Substratmoleküle gespalten oder miteinander verknüpft. Infolgedessen entstehen ein oder mehrere **Produkte**. Enzyme sind **wirkungsspezifisch**. Das bedeutet, dass Substrate immer auf die gleiche Weise zu den gleichen Produkten umgesetzt werden. Nach der Umsetzung trennen sich Enzym und Produkt(e) wieder voneinander. Das **Enzym** wird bei der Umsetzung **nicht verbraucht** und steht **unverändert** weiteren Reaktionen zur Verfügung.



## Quellen:

Dieses Dokument wurde im Rahmen einer Kooperation zwischen dem Oberstufenprofil Ökosystemforschung von Olaf Zeiske an der Goethe Schule Harburg und Kinderforscher an der TUHH erstellt. Die Inhalte beruhen auf Stundenmitschriften unter Verwendung der Schulbücher:

Baron et al. (2010): Genetik. Grüne Reihe: Materialien für den Sekundarbereich II Biologie. 7. Auflage. Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg.

Philipp et al. (2010): Ökologie. Grüne Reihe: Materialien für den Sekundarbereich II Biologie. 6. Auflage. Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg.

## Nützliche Links zum Thema:

[www.sofatutor.com/biologie/videos/enzyme-bau-und-wirkungsweise](http://www.sofatutor.com/biologie/videos/enzyme-bau-und-wirkungsweise)  
(zuletzt abgerufen am 19.04.2017)

[www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/biologie-abitur/artikel/enzyme](http://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/biologie-abitur/artikel/enzyme)  
(zuletzt abgerufen am 19.04.2017)

[www.chemie.de/lexikon/Enzym.html](http://www.chemie.de/lexikon/Enzym.html)  
(zuletzt abgerufen am 19.04.2017)



## Einfluss der Substratkonzentration auf die Enzymaktivität

Die Konzentrationen an Substraten und Enzymen in einer Zelle beeinflussen die Geschwindigkeit der Produktbildung. Das liegt daran, dass ein gebildeter **Enzym-Substrat-Komplex** auch wieder zerfallen kann, ohne, dass es zu einer Produktbildung kommt. Die Bildung eines Produktes und der Zerfall des Enzym-Substrat-Komplexes stehen in Konkurrenz zueinander. Ist die Substratkonzentration niedrig, arbeitet ein Enzym mit einer verringerten Reaktionsgeschwindigkeit. **Je höher die Substratkonzentration ist, desto häufiger treffen Enzym und Substrat aufeinander, so dass die Produktbildung gegenüber dem Zerfall des Enzym-Substrat-Komplexes überwiegt.** Demnach läuft die Umsetzung der Substrate bei einer hohen Substratkonzentration schneller ab als bei einer niedrigen Konzentration.

Dies gilt jedoch nur solange, bis die **maximale Reaktionsgeschwindigkeit ( $v_{\max}$ ) eines Enzyms** erreicht ist. Sind **alle aktiven Zentren** durch einen Substratüberschuss bereits durchgängig **besetzt**, kommt es zu einer **Sättigung**. Die **Reaktionsgeschwindigkeit** bleibt von da an **konstant**.

Sind die Enzyme mit Substraten gesättigt, bewirkt eine Erhöhung der Substratkonzentration also keine Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit mehr. Die maximale Reaktionsgeschwindigkeit ist erreicht. Diese Beziehung zwischen der Enzym- und Substratkonzentration wird in der **Michaelis-Menten-Gleichung** beschrieben:

$$v = \frac{v_{\max} \cdot [S]}{K_m + [S]}$$

$v$	= Reaktionsgeschwindigkeit
$v_{\max}$	= maximale Reaktionsgeschwindigkeit
$[S]$	= Substratkonzentration
$K_m$	= Michaelis-Menten-Konstante

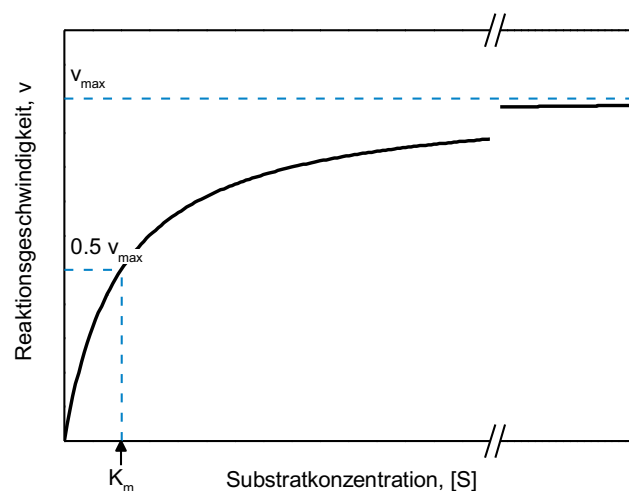


Abb.: Michaelis-Menten-Kinetik



Die maximale Reaktionsgeschwindigkeit variiert je nach Enzymart. **Nach der Michaelis-Menten-Kinetik entspricht die Michaelis-Menten-Konstante der Substratkonzentration, bei der die halbmaximale Reaktionsgeschwindigkeit erreicht ist.** Liegt eine niedrige Michaelis-Menten-Konstante vor, so wird die halbmaximale Reaktionsgeschwindigkeit schon bei einer niedrigen Substratkonzentration erreicht. Je geringer der Wert für die Michaelis-Menten-Konstante ist, desto höher ist die Neigung des Enzyms, das Substrat an sich zu binden. Man spricht von einer hohen **Substrataffinität** des Enzyms.

### Quellen:

Dieses Dokument wurde im Rahmen einer Kooperation zwischen dem Oberstufenprofil Ökosystemforschung von Olaf Zeiske an der Goethe Schule Harburg und Kinderforscher an der TUHH erstellt. Die Inhalte beruhen auf Stundenmitschriften unter Verwendung der Schulbücher:

Baron et al. (2010): *Genetik*. Grüne Reihe: Materialien für den Sekundarbereich II Biologie. 7. Auflage. Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg.

Philipp et al. (2010): *Ökologie*. Grüne Reihe: Materialien für den Sekundarbereich II Biologie. 6. Auflage. Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg.

### Nützliche Links zum Thema:

[wiki.zum.de/wiki/Biokatalyse/Abhängigkeit\\_der\\_Enzymaktivität\\_von\\_der\\_Substratkonzentration](http://wiki.zum.de/wiki/Biokatalyse/Abhängigkeit_der_Enzymaktivität_von_der_Substratkonzentration)

(zuletzt abgerufen am 19.04.2017)

[www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/biologie-abitur/artikel/michaelis-konstante](http://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/biologie-abitur/artikel/michaelis-konstante)

(zuletzt abgerufen am 19.04.2017)

[www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/michaelis-menten-gleichung/7573](http://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/michaelis-menten-gleichung/7573)

(zuletzt abgerufen am 19.04.2017)

[www.bio-kompakt.de/stoffwechsel/enzyme/abhaengigkeit-der-enzymwirkung](http://www.bio-kompakt.de/stoffwechsel/enzyme/abhaengigkeit-der-enzymwirkung)

(zuletzt abgerufen am 19.04.2017)

