

4.5 Reaktionsgeschwindigkeiten kann man über entstehende Ionen messen



40 MIN

Material

Urease-Suspension (1 Spatelspitze auf 10 ml Wasser, gut rühren), 1%ige Harnstoff-Lösung, Handmessgerät mit Leitfähigkeitselektrode (z. B. Phywe Artikel-Nr.: 47066-00), Becherglas, Magnetrührer mit Rührfisch, Pipette, Spatel

Fachlicher Hintergrund

Ändert sich durch eine Enzymreaktion die Ionenkonzentration einer Lösung, so kann der Ablauf der Reaktion durch Messung der Leitfähigkeit verfolgt werden. Die Änderung der H_3O^+ -Konzentration wirkt sich sehr stark auf die Leitfähigkeit aus, da die spezifische Leitfähigkeit von H_3O^+ und OH^- besonders hoch ist.

Didaktischer Hintergrund

Chemische Reaktionen entziehen sich in den meisten Fällen der direkten Beobachtung. Ausnahmen sind z. B. Farbänderungen oder Gasentwicklung. Die Untersuchung der Leitfähigkeitsänderung bei der enzymatischen Harnstoffzersetzung kann Lernenden den Reaktionsablauf besonders gut deutlich machen, da eine dem Reaktionsfortschritt entsprechende Veränderung des Messwerts zu beobachten ist.

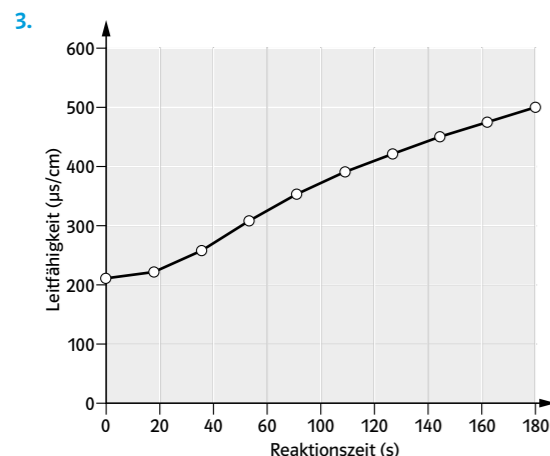
Die Vorstellung zur Geschwindigkeit chemischer Reaktionen (umgesetzte Stoffmenge pro Zeit) kann von der mechanischen Geschwindigkeit (zurückgelegte Wegstrecke pro Zeit) hergeleitet werden. Die Änderung der Reaktionsgeschwindigkeit im Reaktionsverlauf lässt sich mit dem Teilchenmodell verdeutlichen.

Hinweise

Durch die Verwendung eines Rührers mit Heizplatte kann auch die Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit untersucht werden. Zur Messwernerfassung werden Computerprogramme angeboten, die eine kontinuierliche Messung und die grafische Darstellung der Messwerte erlauben. Dieses Experiment kann auch verwendet werden, um die kompetitive Hemmung zu betrachten. Als Hemmstoff kann dazu Thioharnstoff zugesetzt werden.

Lösungen

- Da bei der enzymatischen Harnstoffspaltung Ionen entstehen, ändert sich die Leitfähigkeit bzw. Stromstärke im Reaktionsverlauf. Das kann diese Messmethode erfassen.
- Mögliches Versuchsergebnis siehe Abb. 1. (Hinweis: Wird die Leitfähigkeit mit Spannung an 2 Elektroden einfach gemessen, ist sie u. a. von der Fläche der Elektroden und deren Abstand abhängig. Deshalb können die gemessenen Werte von der Musterlösung abweichen. Auch die Menge zugegebenen Enzyms beeinflusst die Geschwindigkeit. Der prinzipielle Kurvenverlauf ergibt sich aber immer.)



1 Messergebnisse (Beispiel)

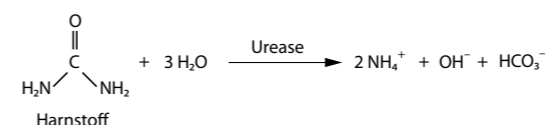
- Die Leitfähigkeit der Lösung steigt an. Die Zunahme der Leitfähigkeit (Entstehung von Ionen) mit der Zeit ist ein Maß für die Reaktionsgeschwindigkeit. Im ersten Schritt lagert sich ein Harnstoff-Molekül an ein Urease-Molekül an, wobei ein Enzym-Substrat-Komplex ausgebildet wird. Erst nach dem Zusammentreffen von Enzym und Substrat kann der Harnstoff gespalten werden, sodass Ionen entstehen. Nach einer kurzen Anlaufphase sind alle Enzyme von Substrat besetzt. Die maximale Umsatzgeschwindigkeit und damit die Sättigungsphase der Kurve ist erreicht.

4.5 Reaktionsgeschwindigkeiten kann man über entstehende Ionen messen

Wie Sie gelernt haben, erhöhen Enzyme die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen von Ausgangsstoffen zu bestimmten Produkten. Viele Enzyme tun dies z. B. in unserem Körper, ohne dass wir es bemerken. Die Geschwindigkeit der Reaktionen ist nicht immer gleich hoch. Eine Reihe unterschiedlicher Bedingungen kann sie beeinflussen. Im Folgenden sollen Sie den Ablauf einer bestimmten Enzymreaktion experimentell verfolgen. Dies gelingt durch eine Abstimmung von geeigneter Reaktion und passendem Messverfahren.

Die Reaktion

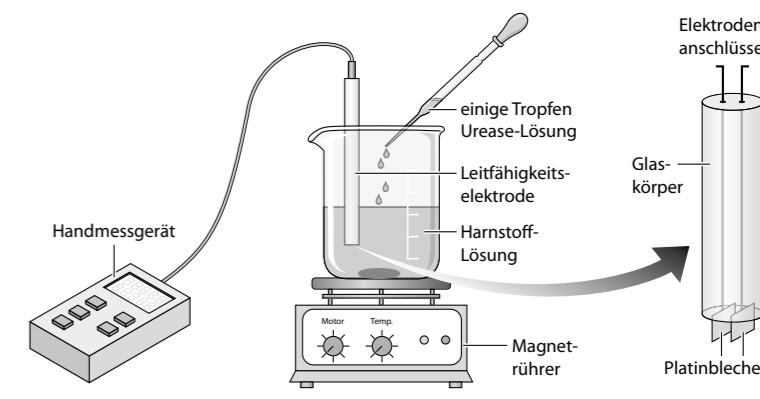
Alle Säugetiere scheiden Harnstoff aus und entsorgen so überflüssigen Stickstoff aus dem Körper. Bestimmte Bakterien können Harnstoff enzymatisch unter Wasseranlagerung in Kohlenstoffdioxid und Ammoniak spalten, die dann zu Ammonium-Ionen, Hydroxid- und Hydrogencarbonat-Ionen weiterreagieren. Aus der Gesamtreaktion gewinnen die Bakterien Energie.



Dazu verfügen die betreffenden Bakterien über das Enzym Urease. Dieses Enzym kann durch geeignete Trennverfahren aus einer Bakterienkultur isoliert und als Pulver aufbewahrt werden, ohne seine katalytische Wirkung zu verlieren. Diese entfaltet sich jedoch erst in wässriger Umgebung.

Das Messverfahren

Mit dieser Anordnung kann die Leitfähigkeit einer Lösung bestimmt werden. Die Leitfähigkeitselektrode besteht aus zwei Platinblechen in einem bestimmten Abstand zueinander. Geladene Teilchen (Ionen) zwischen den Blechen transportieren Ladungen und schließen so den Stromkreis. Die Stromstärke ist bei konstanter Spannung ein Maß für die Leitfähigkeit der Lösung.



1 Messverfahren zur Bestimmung der Leitfähigkeit

Aufgaben

- Erklären Sie mithilfe der Reaktionsgleichung, warum sich gerade diese Messmethode für diese Enzymreaktion eignet.
- Bauen Sie den Versuch entsprechend der Abb. 1 auf und füllen Sie so viel Harnstoff-Lösung in das Becherglas, dass die Elektrode vollständig in die Lösung eintaucht. Passen Sie beim Anstellen des Rührers darauf auf, dass die Elektrode nicht vom Rührfisch berührt wird. Geben Sie mit einer Pipette 4 Tropfen Urease-Lösung in das Gefäß und notieren Sie dann 3 Minuten lang im Abstand von 20 Sekunden die Leitfähigkeit.
- Stellen Sie die Beobachtungen im nebenstehenden Koordinatensystem (Abb. 2) grafisch dar. Beschriften Sie dazu auch die Achsen.
- Deuten Sie Ihre Beobachtungen. Gehen Sie dabei auf den Begriff Reaktionsgeschwindigkeit ein.

2 Messergebnisse der Leitfähigkeitsuntersuchung