

## Aufgaben

### A Enzymreaktionen

- **A1** Von Säugetieren ausgeschiedener Harnstoff wird von Mikroorganismen abgebaut. Sie verfügen dazu über das Enzym Urease. Der Ablauf der Reaktion lässt sich über die Messung der Leitfähigkeit der Lösung beobachten. Erläutern Sie unter Verwendung von Material 1 diese Messmethode.
  
- **A2** In einem Versuch wurden Harnstofflösungen unterschiedlicher Ausgangskonzentration  $c_0$  mit jeweils der gleichen Menge Urease versetzt. Nach 3 Minuten wurde jeweils die Leitfähigkeit der Lösung gemessen. Die Ergebnisse sind in Material 2 angegeben. Stellen Sie die Werte grafisch dar und erläutern Sie den Kurvenverlauf.
  
- **A3** In einer weiteren Versuchsreihe wurde wie im Versuch in Aufgabe 2 verfahren, jedoch wurde zusätzlich zu allen Ansätzen jeweils die gleiche Menge eines weiteren Stoffes (Methylharnstoff) zugesetzt (siehe Material 3). Die Ergebnisse sind ebenfalls in Material 3 dargestellt. Vergleichen Sie die in Material 2 und 3 wiedergegebenen Versuchsergebnisse und erklären Sie die Unterschiede.
  
- **A4** Erläutern Sie die in Material 4 modellhaft dargestellten Varianten der Hemmung von Enzymreaktionen und ordnen Sie eines der in Material 4 dargestellten Modelle zur Hemmung von Enzymreaktionen begründet der in Aufgabe 3 geklärten Wirkung von Methylharnstoff (Material 3) zu.

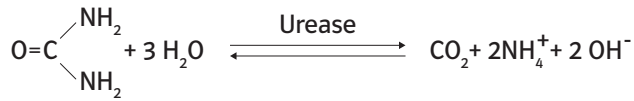
### B Der Energiestoffwechsel an Beispielen von Pflanzen und Tieren

Samenpflanzen bringen Früchte hervor, in denen sich Samen befinden. In den Samen wiederum ruht jeweils ein Embryo, also ein Lebewesen der nächsten Generation. Der Embryo (*Keimling*) ernährt sich so lange von Vorräten aus dem Samen, bis er selbst Blätter gebildet hat, die Fotosynthese ermöglichen.

- **A5** Erklären Sie die unterschiedlichen Nährstoffgehalte (Material 6) in den Bestandteilen des Sojabohnensamens (Material 5).
  
- **A6** Während des Keimens reduziert sich der Stärkegehalt des Samens. Stellen Sie in einem einfachen Schema die Teilschritte der Energiebereitstellung für die Keimungsvorgänge aus dem Kohlenhydrat Stärke im Sojabohnensamen dar.
  
- **A7** Bevor ein Insekt an einem kühlen Morgen zum Flug startet, beobachtet man ein mehr oder weniger langsames Flügelschlagen. Interpretieren Sie dieses Verhalten im Zusammenhang mit Material 7.

# Klausur Energiestoffwechsel (2)

## Materialien

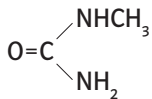


### 1 Chemische Vorgänge beim Harnstoff-Abbau

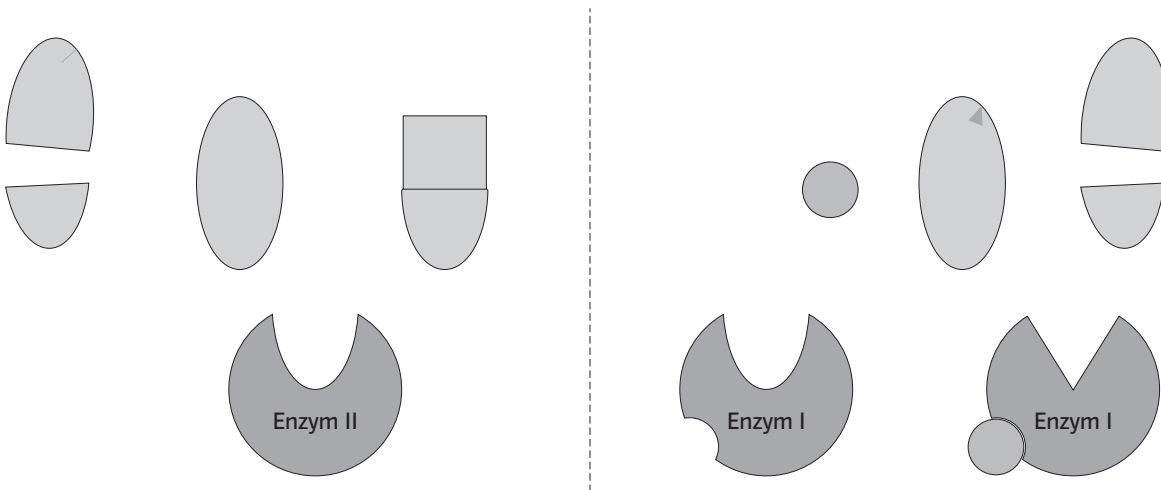
Anfangskonzentration Harnstoff (mmol/l)	4,0	8,0	12	16	20	24	30
Leitfähigkeit nach 3 min (mS)	3,9	7,0	9,2	10,2	10,7	10,9	11,0

### 2 Messwerte zum enzymatischen Harnstoff-Abbau

Anfangskonzentration Harnstoff (mmol/l)	4,0	8,0	12	16	20	24	30
Anfangskonzentration N-Methylharnstoff (mmol/l)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Leitfähigkeit nach 3 min (mS)	2,0	5,2	7,9	9,5	10,5	10,9	10,9



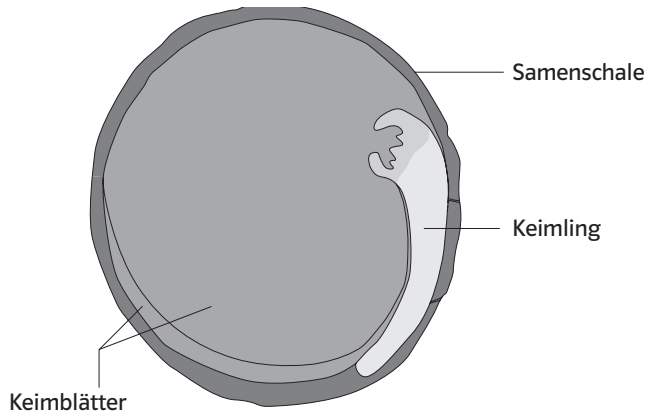
### 3 Versuch mit Zusatzstoff



### 4 Modelldarstellungen zur Hemmung von Enzymreaktionen

# Klausur Energiestoffwechsel (3)

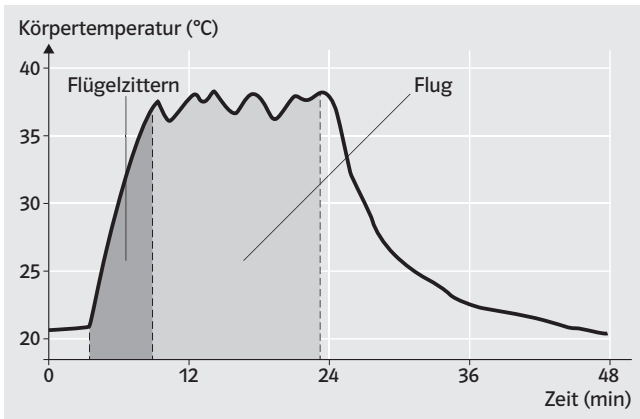
## Materialien



5 Aufbau des Samens der Sojabohne

	Gesamtanteil	Protein	Fett	Kohlenhydrate
Keimblätter	90	45	24	31
Samenschale	8	10	2	88
Keimling	2	43	12	45

6 Nährstoffanteile im Samen der Sojabohne in %



7 Körpertemperatur eines Insekts

## Lösungen zur Klausur

- A1** Bei der hydrolytischen Spaltung von Harnstoff entstehen Ionen, die die Leitfähigkeit der Lösung erhöhen. Die Leitfähigkeit kann als Maß dafür verwendet werden, wie viel Harnstoff umgesetzt wurde. Die Leitfähigkeit lässt sich ermitteln durch Eintauchen zweier Elektroden, an die eine konstante Spannung angelegt ist. Die gemessene Stromstärke ist ein Maß für die Leitfähigkeit der Lösung.
- A2** Grafische Darstellung siehe Abb.1. Die Kurve für die Leitfähigkeit steigt zuerst mit steigender Substratkonzentration stark an. Der Anstieg wird zunehmend geringer, bis sich die Leitfähigkeit einem Grenzwert von 11 mS annähert und dann trotz höherer Harnstoffkonzentration nicht weiter ansteigt. Der Kurvenverlauf zeigt, dass die Erhöhung der Substratkonzentration zuerst die Reaktionsgeschwindigkeit erhöht. Ursache ist die erhöhte Wahrscheinlichkeit, dass ein Substratmolekül sich an das aktive Zentrum des Enzyms anlagern kann. Bei höheren Konzentrationen treffen Harnstoffmoleküle immer häufiger auf besetzte Enzymmoleküle, bis schließlich eine Erhöhung der Substratkonzentration nicht mehr zu einer schnelleren Umsetzung führen kann.
- A3** Bei niedrigen Harnstoffkonzentrationen führt der zugegebene Methylharnstoff zu einer deutlichen Verringerung der Reaktionsgeschwindigkeit (Zunahme der Leitfähigkeit). Bei größeren Harnstoffkonzentrationen nimmt der Effekt ab. Bei hohen Harnstoffkonzentrationen wird die gleiche Reaktionsgeschwindigkeit erreicht wie ohne Methylharnstoffzugabe. Dies ist typisch für eine kompetitive Hemmung. Auch die Ähnlichkeit der Struktur von Harnstoff und Methylharnstoff stützt diese Annahme. Die beiden Stoffe konkurrieren um das aktive Zentrum der Urease. Bei hohen Harnstoffkonzentrationen nimmt der hemmende Effekt ab, da viele Substrateilchen und wenig Hemmstoff vorhanden sind.
- A4** Modell A stellt die kompetitive Hemmung dar: zwei ähnliche Moleküle, die an das aktive Zentrum des Enzyms binden können, aber nur eines verändert wird. Genau diese Bedingungen sind im Beispiel von Aufgabe 3 erfüllt. Bei Modell B ist die allosterische Hemmung dargestellt: Ein Effektor (als Kreis dargestellt) verändert die Form des Enzyms so, dass das Substrat nicht am aktiven Zentrum binden kann. Nur Enzyme ohne Hemmstoffkontakt verändern das Substrat. Hierbei wird auch bei hohen Substratkonzentrationen nicht die Reaktionsgeschwindigkeit ohne Hemmstoff erreicht. Dies passt nicht zum Beispiel in Aufgabe 3.
- A5** Der kleine Keimling enthält viel Proteine und Kohlenhydrate. Die Proteine ermöglichen als Enzyme beim Keimen unter Verwendung der Kohlenhydrate (Zucker, Stärke) eine hohe Stoffwechselaktivität beim Wachsen. Die großen Keimblätter enthalten viel Kohlenhydrate und Fette, die als Stoff- und Energievorräte für den Keimling dienen. Die Samenschale besteht im Wesentlichen aus Kohlenhydraten, die auf dicke Zellwände aus Cellulose schließen lassen.
- A6** individuelle Lösung. Die Darstellung sollte Stärkespaltung, Glykolyse Citronensäurezyklus und Atmungskette enthalten.
- A7** Beim Flügelzittern ist die Flugmuskulatur aktiv. Bei der Bereitstellung der Bewegungsenergie wird auch Wärme erzeugt. Dadurch laufen Enzymreaktionen schneller ab. Oberhalb von ca. 35 °C kann der Stoffwechsel genügend Energie für das Fliegen bereitstellen.