

## Arbeitsblatt 1

# Chemisches Gleichgewicht

Frage 1: Worin unterscheiden sich die Abbildungen auf der Vorderseite von denen auf der Rückseite der Kärtchen?

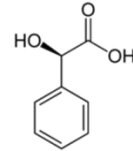
Frage 2: Welche Art von Reaktion wird ein Enzym katalysieren, das man als Racemase bezeichnet? Was ist ein Racemat?

### Vorbereitung:

Vier Personen bilden eine Gruppe.

Pro Gruppe gibt es 70 Kärtchen. Zu Beginn werden die Kärtchen so gelegt, dass das D-Isomer (siehe Abbildung) oben liegt, also sichtbar ist.

Jede Person nimmt eine der vier Rollen ein:



„Enzym“	MischerIn	ZeitwächterIn	SchrittführerIn
---------	-----------	---------------	-----------------

### Durchführung:

1. Zu Beginn liegen alle Moleküle in der D-Form vor (das bedeutet, alle Kärtchen liegen mit der D-Form nach oben am Tisch).
2. Die Moleküle bewegen sich in der Lösung (eine Person = „MischerIn“ mischt ständig die Kärtchen, ohne sie umzudrehen). Das „Enzym“ wandelt ein Molekül nach dem anderen in seine isomere Form um (eine Person dreht ein Kärtchen nach dem anderen um – aber ohne zu schauen, was das für ein Kärtchen ist)!
3. Der/die ZeitwächterIn unterbricht die Reaktion nach jeweils genau einer Minute. Alle Gruppenmitglieder sortieren und zählen aus, wie viele Moleküle in der D-Form (D-Isomer oben, also sichtbar) und wie viele Moleküle in der L-Form vorliegen.

Der/die SchrittführerIn übernimmt die Dokumentation und füllt folgende Tabelle aus:

Zeitpunkt	Anzahl von Molekülen der D-Form	Anzahl von Molekülen der L-Form
0		
1 Minute		
2 Minuten		
3 Minuten		
4 Minuten		

Das Spiel wird beendet, wenn zweimal hintereinander die Anzahl der L-Moleküle nicht mehr steigt – nun wurde wahrscheinlich der sogenannte „Gleichgewichtszustand“ erreicht.

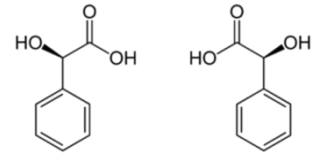
### Arbeitsauftrag zur Interpretation:

Beantworten Sie in Ihrer Kleingruppe folgende Fragen (der/die SchrittführerIn notiert einige Stichwörter, um die Ergebnisse vor der Klasse vorstellen zu können):

Wie hat sich die Anzahl der D-Moleküle verändert?	
Wie hat sich die Anzahl der L-Moleküle verändert?	
Wie würden Sie den „Gleichgewichtszustand“ beschreiben, und wie erklären Sie ihn (warum steigt die Anzahl der L-Moleküle nicht mehr)?	

## Hinweise für die Lehrperson zu Arbeitsblatt 1:

Pro Gruppe benötigt man siebzig Kärtchen, die auf der Vorder- bzw. Rückseite zwei spiegelbildlich isomere Moleküle aufgedruckt haben, z. B. D- und L-Mandelsäure.



Statt der Kärtchen können z.B. auch Legosteine als Modelle für die Moleküle verwendet werden. Dabei wird zu Beginn nur eine Form gebaut und auf den Tisch gestellt, das „Enzym“ baut um, indem es den kleinen Stein versetzt.



Es sollten etwa siebzig Moleküle vorliegen, da sonst die Schwankungen bei den Zählungen so groß sind, dass die SchülerInnen damit wenige Grundlagen für sinnvolle Interpretationen bekommen.

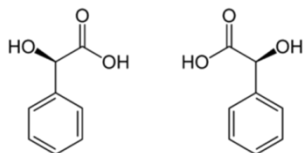
Die Fragen 1 und 2 sind relativ einfach zu beantworten:

1. Die Anzahl der D-Moleküle sinkt zuerst und pendelt sich dann bei etwa der Hälfte der Kärtchen ein.
2. Die Anzahl der L-Moleküle steigt zuerst und pendelt sich dann bei etwa der Hälfte der Kärtchen ein.

Die Frage 3 ist schwieriger zu beantworten: Im „Gleichgewichtszustand“ zerfallen gleich viele L-Moleküle wie wieder gebildet werden. Damit scheint nach außen nichts mehr zu geschehen, obwohl ständig D-Moleküle in L-Moleküle umgewandelt werden und umgekehrt.

Die folgende Infobox kann als Hilfefkarte an Gruppen gegeben werden, die nicht wissen, was ein Racemat ist:

### Infobox:

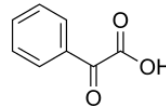
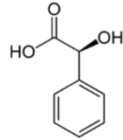
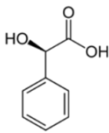


D-Mandelsäure-Moleküle (in der Abbildung links) und L-Mandelsäure-Moleküle sind spiegelbildlich isomer: Sie haben die gleiche Anzahl an Atomen, die gleiche Summenformel, die gleichen Seitengruppen an den gleichen C-Atomen, aber sie haben an einem C-Atom die Bindungspartner in spiegelbildlicher Weise angeordnet. Man nennt solche spiegelbildlichen Moleküle auch **Enantiomere** und die 1:1-Mischung aus den beiden Stoffen (aus der L-Form und der D-Form) nennt man **Racemat**.

## Arbeitsblatt 2

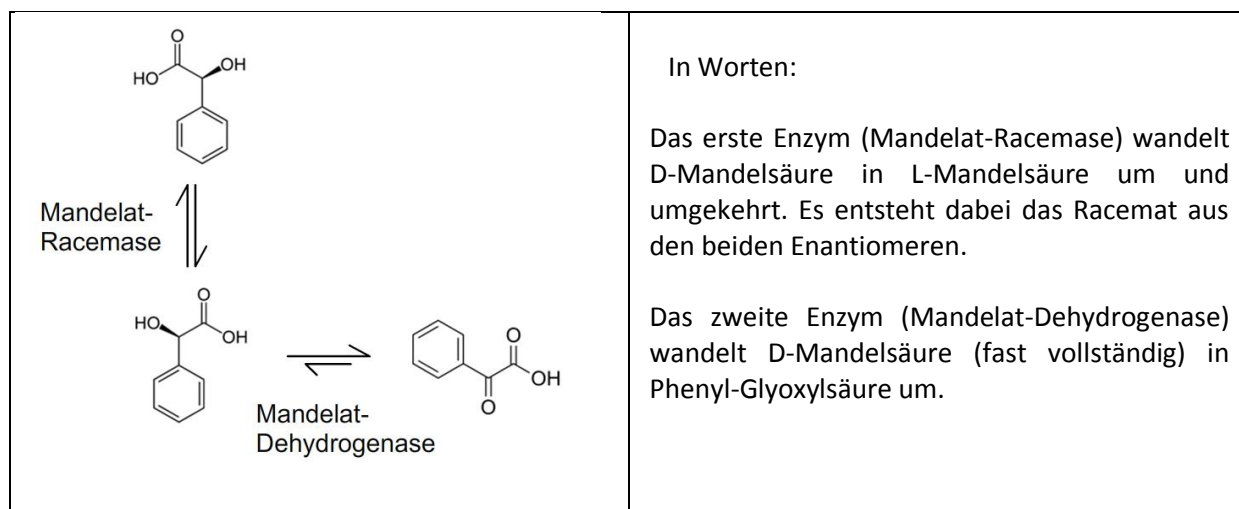
### Gekoppelte Reaktionen und chemisches Gleichgewicht

Bei den folgenden Reaktionen kommen drei unterschiedliche Arten von Molekülen vor:



D-Mandelsäure-Molekül, L-Mandelsäure-Molekül, Phenyl-Glyoxylsäure-Molekül.

Im Folgenden wird die Kopplung zweier Reaktionen beschrieben:



#### Aufgabe:

Sammeln Sie Möglichkeiten, wie Sie die gekoppelten Reaktionen mit der Simulation aus dem ersten Arbeitsblatt nachspielen könnten!

Erstellen Sie für Ihre Gruppe eine genaue schriftliche Anleitung, mit der die obige gekoppelte Reaktion simuliert wird (der Lehrperson zeigen)! Führen Sie die Simulation durch und halten Sie die Ergebnisse fest!

Hinweise:

- Welcher Teil der Reaktion wurde bereits in der ersten Simulation angesprochen?
- Welches der beiden „Enzyme“ „darf schauen“ (muss schauen können), welches nicht?

**Zusatzfrage:** Begründen Sie, warum die Ausbeute an Phenyl-Glyoxylsäure sinkt, wenn man die Mandelat-Racemase entfernt! Formulieren Sie Ihre Argumente schriftlich!

## Hinweis für die Lehrperson zu Arbeitsblatt 2:

Eine Idee für die Modifikation des Spiels für das Beispiel gekoppelter Reaktionen: Immer wenn gestoppt und gezählt wird, wird die Hälfte der Moleküle des D-Moleküls entfernt (falls man mit Legosteinen spielt, kann man die beiden Bausteine trennen und so das Molekül umbauen und für die Racemase unkenntlich machen). Die Racemase wird nun öfter die im Überschuss vorhandene L-Form in ein D-Molekül umwandeln als umgekehrt, da mehr L-Moleküle als D-Moleküle auf dem Tisch liegen.

Wenn man nach der Entfernung eines Teils der Moleküle ohne weitere Störungen weiterspielt, wird sich das Gleichgewicht neu einstellen, wieder mit etwa gleich vielen D- und L-Molekülen. Dies kann man wieder mit einer Tabelle dokumentieren, die ähnlich wie in Arbeitsblatt 1 aufgebaut ist.

Die **Zusatzfrage** ist für Gruppen gedacht, die schneller fertig sind. Sie kann von den SchülerInnen zuerst in den Kleingruppen diskutiert werden, aber danach ist es wichtig, dass die SchülerInnen die Argumente in einer schlüssigen Form zu Papier bringen.

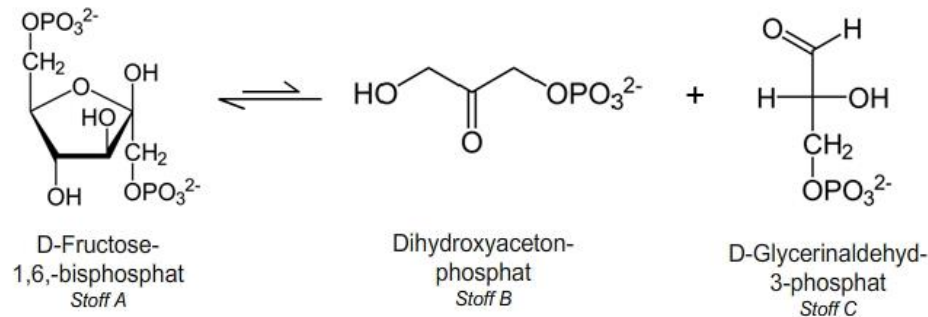
Eine Argumentationslinie wäre: Zu Beginn liegt im Racemat ein Gemisch aus D- und L-Mandelsäure vor. Wenn die Reaktion ohne Mandelat-**Racemase** durchgeführt wird, so wird durch die Mandelat-Dehydrogenase nur die von Anfang an vorliegende D-Mandelsäure in Phenyl-Glyoxylsäure umgewandelt. Nicht umgewandelt wird die von Anfang an in diesem Gemisch enthaltene L-Mandelsäure.

Ist die Racemase dagegen im Reaktionsgemisch enthalten, so liefert sie durch die Umwandlung von L-Mandelsäure in D-Mandelsäure ständig D-Mandelsäure nach, die wieder weiter in Phenyl-Glyoxylsäure umgewandelt und damit dem Zugriff der Racemase (D-Mandelsäure wird wieder zu L-Mandelsäure) entzogen wird.

### Arbeitsblatt 3

## Verständnisaufgaben zum Gleichgewicht

Die Fructose-1,6-bisphosphat-Aldolase katalysiert folgende Reaktion:



1. Zu Beginn der Reaktion gibt es das Enzym und 8000 Moleküle des Stoffes A. Zu Beginn gibt es keine Moleküle der Stoffe B und C. Dann läuft die Reaktion einige Zeit. Angenommen, nach Einstellung des Gleichgewichts liegen 300 Moleküle des Stoffes B vor.

Geben Sie an, wie viele Moleküle der Stoffe A und C im Gleichgewicht vorhanden sind!

- a) 4000 Moleküle A und 4000 Moleküle C
- b) 300 Moleküle A und 300 Moleküle C
- c) 7400 Moleküle A und 300 Moleküle C
- d) 7700 Moleküle A und 300 Moleküle C
- e) 300 Moleküle A und 7400 Moleküle C

2. Nehmen Sie Stellung zu folgender Aussage: „Wenn sich das Gleichgewicht einmal eingestellt hat, reagiert kein Molekül A mehr zu den Molekülen B und C“.

3. Nachdem sich das obige Gleichgewicht eingestellt hat, entfernt man B-Moleküle (das kann durch eine weitere Reaktion sein).

Beurteilen Sie, ob die folgenden Aussagen richtig oder falsch sind:

	richtig	falsch
In dem Moment, in dem man B-Moleküle entfernt, ist das System nicht mehr im Gleichgewicht.		
Es kann sich danach kein neues Gleichgewicht einstellen.		
Es wird so lange ein Ausgleich stattfinden, bis wieder gleich viele Moleküle von B und C vorhanden sind.		
Die Anzahl der B-Moleküle wird nach dem Entfernen eines Teils der Substanz B wieder zunehmen.		
Die Anzahl der A-Moleküle wird nach dem Entfernen eines Teils der Substanz B zunehmen.		
<b>NUR, wenn das Gleichgewicht im Unterricht auch mathematisch behandelt wurde:</b>	richtig	falsch
Bis sich ein neues Gleichgewicht eingestellt hat, gilt $v_{\text{hin}} > v_{\text{rück}}$		
Nach Neueinstellung des Gleichgewichts ist die neue Gleichgewichtskonstante kleiner als die alte.		

### Hinweis für die Lehrperson zu Arbeitsblatt 3

Die Aufgaben in Arbeitsblatt 3 wurden angelehnt an: Barke, H.-D. (2006). Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen. Berlin: Springer. S 152. Eine der Änderungen, die vorgenommen wurde, ist die Beispielreaktion, die angegeben wird. Eine zweite Änderung betrifft die Angabe der Teilchenzahl.

Die Aufgabe mit dem Entfernen des Stoffes B aus dem Reaktionsgemisch entspricht den realen Gegebenheiten in den Zellen. Es stellen sich ständig „Fließgleichgewichte“ ein, da die Stoffe weiter reagieren oder aus den Zellen entfernt werden. Auch die in Beispiel 3 angeführte Reaktion ist im Stoffwechsel nicht „isoliert“:

Die Spaltung des Fructose-1,6-Bisphosphats ist unter Standardbedingungen sehr ungünstig ( $\Delta G_0 = +24$  kJ/mol; siehe Cornish-Bowden. (1981). Thermodynamic Aspects of Glycolysis. Biochemical Education, 9(4)) und würde nicht ablaufen. Durch die niedrigen Konzentrationen der beteiligten Stoffe ist die reale Gibbs-Energie allerdings deutlich niedriger und durch die schnelle Weiterreaktion beider Reaktionsprodukte wird das Gleichgewicht, das auf der Seite des Fructose-1,6-Bisphosphats liegt, ständig gestört. Dadurch wird ständig Dihydroxyaceton-Phosphat und D-Glyceraldehyd-3-Phosphat nachgebildet und wieder weiter im Stoffwechsel verarbeitet. Diese Reaktion ist einer der Schritte der Glycolyse, eines wichtigen Stoffwechselwegs, der die Ausgangsstoffe für den Citratzyklus bereitstellt. In der umgekehrten Richtung ist die gleiche Reaktion ein Schritt in der Gluconeogenese (Aufbau von Glucose).

#### Zu den Aufgabenstellungen:

Einige SchülerInnen werden bei Aufgabenstellung 1 die Antwort 3 plausibel finden. Sie übersehen, dass aus einem Molekül A ein Molekül B **UND** ein Molekül C werden. Die richtige Antwort 4 kann aber von den SchülerInnen, die sie gegeben haben, meist gut begründet werden. Danach ist den meisten SchülerInnen klar, warum Antwort 4 richtig ist.

Die Frage 2 zielt auf ein tieferes Verständnis des chemischen Gleichgewichts. Wenn man nur sieht, dass sich nach außen hin die Menge der Stoffe nicht mehr verändert, dann kann man leicht dazu verführt werden, dieser Aussage zuzustimmen. SchülerInnen, die verstanden haben, dass auf der molekularen Ebene ständig weiter Hin- und Rückreaktion stattfinden, werden die Aussage begründet ablehnen können.

Folgende Antworten zu Beispiel 3 wären fachlich angemessen:

In dem Moment, in dem man B-Moleküle entfernt, ist das System nicht mehr im Gleichgewicht.	richtig	
Es kann sich danach kein neues Gleichgewicht einstellen.		falsch
Es wird so lange ein Ausgleich stattfinden, bis wieder gleich viele Moleküle von B und C vorhanden sind.		falsch
Die Anzahl der B-Moleküle wird nach dem Entfernen eines Teils der Substanz B wieder zunehmen.	richtig	
Die Anzahl der A-Moleküle wird nach dem Entfernen eines Teils der Substanz B zunehmen.		falsch
<b>NUR, wenn das Gleichgewicht im Unterricht auch mathematisch behandelt wurde:</b>		
Bis sich ein neues Gleichgewicht eingestellt hat, gilt $v_{\text{hin}} > v_{\text{rück}}$	richtig	
Nach Neueinstellung des Gleichgewichts ist die neue Gleichgewichtskonstante kleiner als die alte.		falsch

Mit folgender Abschätzung soll einem Einwand zur Aufgabenstellung 1 zuvor gekommen werden: Was soll die Angabe: 8000 Moleküle? In der Chemie rechnet man mit Mol, man gibt nicht die Anzahl von Molekülen in einem Rechenbeispiel an! Aber vielleicht ist das ja doch sinnvoll, wenn man über biologische Systeme, über Enzyme und Zellen spricht. Die Anzahl der Moleküle in Körperzellen, in Bakterienzellen oder gar in den Mitochondrien ist gar nicht so unfassbar groß, wie man annehmen würde. Eine kleine Bakterienzelle besitzt ein Volumen von etwa  $1 \mu\text{m}^3$ .

$$1 \mu\text{m}^3 = (10^{-6}\text{m})^3 = 10^{-18} \text{m}^3 = 10^{-15} \text{L}$$

Nimmt man an, ein Stoff liegt in der Konzentration von  $10^{-3} \text{mol/L}$  vor - eine Größenordnung, die im Stoffwechsel immer wieder vorkommt - so gilt für die Stoffmenge (und daraus folgend für die Anzahl der Moleküle) dieses Stoffes in einer Zelle:

$$10^{-3} \text{mol/L} \times 10^{-15} \text{L} = 10^{-18} \text{mol}$$

$$10^{-18} \text{mol} = 6,022 \times 10^5 \text{ Moleküle dieses Stoffes}$$

In einer Zelle gibt es von diesem Stoff also ungefähr 600 000 Moleküle. Das ist gar nicht mehr so unvorstellbar viel.

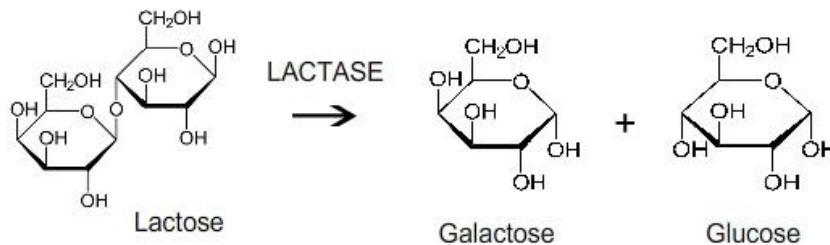
Wenn die Wasserstoffionenkonzentration bei einem pH-Wert von 7 in diesem Licht betrachtet wird, so kommt man auf  $10^{-22} \text{mol}$  – das sind ganze 60 Teilchen in einer Zelle.

Ein zweiter Vorteil der Zahlen gegenüber dem Mol ist, dass sie leichter mit dem vorgeschlagenen Spiel zur Deckung gebracht werden können. Sind im Spiel 50 Moleküle vorhanden, so sind es in diesem Beispiel 8000 – da können SchülerInnen leicht Analogieschlüsse ziehen. Mit der Angabe der Stoffmengen tun sie sich schwerer – da ist vielen Lernenden nicht automatisch klar, dass es dabei auch um Teilchenzahlen geht!

## Versuch 1

### Substratspezifität der Lactase

Lactose (= Milchzucker) ist ein Disaccharid und besteht aus einer Einheit Glucose und einer Einheit Galaktose. Die Enzyme, die in der Lage sind, Lactose in Glucose und Galaktose zu zerlegen, heißen Lactasen.



**Infobox:** Eine weit verbreitete und gut bekannte Erkrankung ist die Lactoseintoleranz. Menschen mit Lactoseintoleranz müssen beim Konsum von Milch und Milchprodukten vorsichtig sein. Wenn eine Person Milch „verträgt“, so besitzt sie Lactasen, die die Lactose bereits im Dünndarm spalten. In diesem Fall wird sie problemlos aufgenommen und im Stoffwechsel weiter verarbeitet. Bei Menschen mit Lactoseintoleranz findet diese Aufspaltung nicht statt, eine größere Menge Lactose gelangt in den Dickdarm und dann kommt es durch Abbauprodukte der dort ansässigen Mikroorganismen zu Beschwerden.

Die vollständige Verdauung von Lactose kann auch bei lactoseintoleranten Menschen ermöglicht werden, wenn sie das Enzym Lactase in Tablettenform zu sich nehmen. Im folgenden Versuch werden solche Tabletten für die Verdauung von Lactose im Reagenzglas getestet.

#### Benötigte Materialien und Mengen

3 Stück 100mL Bechergläser  
Vollmilch (50 mL)  
Lactose (1 Kaffeelöffel)  
Saccharose (1 Kaffeelöffel)  
Wasser (100 mL)  
Lactase (z.B. Lactrase®; erhältlich in der Apotheke)  
Glucose-Teststreifen

#### Versuchsaufbau

Vollmilch (50 mL), Lactose-Lösung (1 Teelöffel/50 mL) und Saccharose-Lösung (1 Teelöffel/50 mL) werden in separate 100 mL Bechergläser gefüllt. Die Ausgangskonzentration an Glucose wird in allen drei Ansätzen mittels Glucose-Teststreifen gemessen. Danach wird der Inhalt je einer Kapsel Lactrase® zugegeben, und es wird gut umgerührt (sehr sauber arbeiten!). Nach einer Inkubationszeit von 3-5 Minuten werden die Bechergläser erneut umgerührt und anschließend mittels Glucose-Teststreifen untersucht (Teststreifen kurz in die Lösung halten).

#### Auswertung

Anhand der Glucose-Teststreifen ist gut erkennbar, dass sich sowohl in der Milch als auch in der Lactose-Lösung nach der Zugabe des Enzyms Lactase das Monosaccharid Glucose gebildet hat. Testet man hingegen die Saccharose-Lösung auf ihren Glucosegehalt, fällt dieser Test negativ aus. Die Lactase ist nicht in der Lage, Saccharose zu spalten. An diesem Beispiel wird die Substratspezifität von Enzymen sichtbar.



## Versuch 2

### Was frisst die Hefe?

#### Versuchsaufbau für den Demonstrationsversuch:

#### Benötigte Materialien und Mengen

Erlenmeyerkolben (300 mL) mit engem Hals (wegen des Luftballons)  
Rührknochen  
Magnetrührplatte  
Wasserbad  
Luftballon  
Bäckerhefe frisch  
Saccharose (5 g)

#### Durchführung



Die Bäckerhefe (etwa ein Viertel des Hefewürfels) wird im Erlenmeyerkolben mit 50 mL Wasser versetzt. Der Kolben mit Hefe und Wasser wird nun in ein handwarmes Wasserbad (ca 30-40°C) gestellt und die Hefe durch langsames Rühren auf der Magnetührplatte suspendiert. Sobald keine Klümpchen mehr sichtbar sind, kann die Saccharose (5 g) zugegeben werden. Um übermäßige Schaumbildung zu vermeiden, setzt man ca. 5 Tropfen Speiseöl zu. Der Erlenmeyerkolben wird nun mit einem Luftballon verschlossen. Schon nach kurzer Zeit ist eine Blasenbildung im Kolben zu erkennen, und gleich darauf beginnt sich der Ballon durch das entstehende  $\text{CO}_2$  aufzublähen.

#### Arbeitsauftrag für weiterführende Untersuchungen:

Wie könnten Sie den Versuch variieren oder verändern, wenn Sie testen wollen, ob die Hefe auch noch andere Zucker vergärt? Schreiben Sie hier Ihre Planung auf!

**Hilfetipp, wenn es keine Ideen gibt:** Was geschieht, wenn man im Ansatz alles gleich lässt, aber einen anderen Zucker zugibt, z. B. Lactose? Wie stellt man fest, dass ein Zucker nicht vergoren wird? Und falls die Hefe die Lactose nicht vergärt - hilft ihr vielleicht eine Kapsel mit Lactase?

## Versuch 3

### Empfindliche Proteine

#### 1. Denaturierung von Proteinen

Welche Stoffe können Proteine denaturieren? Warum?

Proteine haben eine komplizierte räumliche Struktur, die leicht zerstört werden kann („Denaturierung der Proteine“). Beim Eiklar kann man diese Veränderung sehen: Wenn Eiklar z. B. erhitzt wird, wird es weiß und „fest“.

**Materialien:** Pipette mit Eiklar

Mikrotiterplatte mit folgenden Stoffen (in dieser Reihenfolge):

Salz, Zucker (Saccharose), Citronensäure, Essig,  
dest. Wasser, Ethanol, Kupfersulfatlösung

**Durchführung:** Geben Sie mehrere Tropfen der Eiklarprobe zu den Teststoffen und beobachten Sie, was geschieht!

**Interpretation:** Finden Sie Erklärungen dafür, warum die Proteinketten ihre räumliche Struktur ändern!

#### 2. Empfindliche Katalase

Katalasen sind Enzyme, die am Abbau von Wasserstoffperoxid beteiligt sind.

Katalasen sind allgegenwärtig. Besonders eindrucksvoll ist ein Experiment mit geriebenen, rohen Erdäpfeln. Der durch die Zersetzung des Wasserstoffperoxids entstehende Schaum wird durch die Stärke stabilisiert.

**Materialien:**

Erdäpfel, Wasserstoffperoxid (10%-ig oder niedriger), Wasser  
Mikrotiterplatte, Küchenreibe, Teller, Pipette

**Durchführung:**

Der Erdapfel wird mit der Küchenreibe über dem Teller gerieben. Von diesem Erdäpfelbrei wird eine Spatelspitze in eine Vertiefung der Mikrotiterplatte gegeben. Es werden fünf Tropfen Wasser hinzugefügt, und es wird vorsichtig gerührt. Dann werden drei Tropfen Wasserstoffperoxid zugegeben. Es dauert einige Sekunden, bis die Reaktion beginnt. Es entsteht ein weißer Schaum, der die Vertiefung bald ausfüllt und übersteigt.

**Arbeitsauftrag für weiterführende Untersuchungen:** Sammeln Sie Belege dafür, dass es sich bei dieser Reaktion des Erdäpfelbreis um eine enzymkatalysierte Reaktion handelt!

### Hinweise für die Lehrperson zu Versuch 3:

**Zu 1. Denaturierung von Proteinen:** Die Proteine ändern ihre Struktur, die langen Ketten verfangen sich ineinander, gutes Video dazu auf YouTube: „Protein Denaturation“ von John Munro).

**Zu 2. Katalase:** Wasserstoffperoxid entsteht durch Abbauprozesse im Stoffwechsel. Es ist ein Stoff, der in hohen Konzentrationen schädigend für die Zellen sein kann. Katalasen sind für die "Entschärfung" dieses gefährlichen Stoffes zuständig. Dies geschieht über die Zersetzung von zwei Molekülen Wasserstoffperoxid zu einem Molekül Sauerstoff und zwei Molekülen Wasser.

Es gibt mehrere Möglichkeiten, Belege dafür zu sammeln, dass es sich um eine enzymkatalysierte Reaktion handelt. Zuerst sollte man zeigen, dass das Wasserstoffperoxid nur mit Wasser nicht diese Reaktion zeigt, um auszuschließen, dass dies die Ursache der Reaktion sein kann. Dann kann man versuchen, das Enzym zu deaktivieren. Dies kann durch Erhitzen oder durch Zugabe von Chemikalien geschehen. Wenn Stoffe zugegeben werden, die ein Enzym denaturieren können, sollte sich kein Schaum bilden.



**Abbildung zu Versuch 3: Mikrotiterplatte mit folgenden Versuchsansätzen:**

**erste Reihe:** Erdäpfelbrei mit Wasser, zweimal

**zweite Reihe:** Erdäpfelbrei mit Zucker, Erdäpfelbrei mit Essig (denaturiert das Enzym)

**dritte Reihe:** Erdäpfelbrei mit Speisesoda, Erdäpfelbrei mit Kupfersulfat (denaturiert das Enzym)

jeweils Zugabe von drei Tropfen Wasserstoffperoxid 10%

## Versuch 4

### Gummibärchen verdauen

#### Demonstrationsversuch

Der folgende Versuch demonstriert die hydrolytische Spaltung von Gelatine. Gelatine ist ein Geliermittel, das aus einem Gemisch von tierischen Proteinen besteht. Als Quelle für Proteasen wird in diesem Versuch das in der Apotheke erhältliche Präparat „Wobenzym“ verwendet. „Wobenzym“ ist eine Mischung aus verschiedenen Proteasen, darunter auch Trypsin. Als Gelatinequelle wird in diesem Versuch ein Gummibärchen verwendet. Natürlich kann auch reine Gelatine, wie sie zum Backen verwendet wird, genutzt werden.

#### Materialien und Geräte:

2 Bechergläser (100 mL), Mörser, Papierfilter

Wobenzym Dragees (2 Stück), Gummibärchen oder Gelatine, Wasser (75 mL)

#### Versuchsaufbau

Zwei Dragees "Wobenzym" werden in einem Mörser zerkleinert und in einem Becherglas mit 75 mL Wasser versetzt. Unter Rühren wird das erhaltene Pulver in Wasser gelöst. Feste, unlösliche Bestandteile werden durch Filtration mittels eines Papierfilters abgetrennt und verworfen. In das nun klare, leicht gelbliche Filtrat wird ein Gummibärchen gegeben. Als Negativkontrolle wird ein zweites Becherglas mit Wasser gefüllt und ebenfalls mit einem Gummibärchen versetzt. Beide Gläser werden nun über Nacht bei Raumtemperatur stehen gelassen.



Die beiden Ansätze: Gummibärchen mit Enzym und in Wasser



Nach einem Tag: Ein Gummibärchen wurde verdaut, das Gummibärchen im Wasser ist nur stark aufgequollen