

Name:	Datum:
-------	--------

# Katalyse

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Versuche zum Katalysatorprinzip/-eigenschaften</b>	
Versuch 1.1	Braunstein als Katalysator	2
Versuch 1.2	Welches Gas entsteht bei der Reaktion	4
<b>2</b>	<b>Versuche zur Hydrolyse von Stärke (Einsatz verschiedener Katalysatoren)</b>	<b>5</b>
Versuch 2.1	Nachweisreaktionen	5
Versuch 2.1.1	Nachweis von Stärke	5
Versuch 2.1.2	Nachweis von Zucker (Glucose, Maltose)	6
Versuch 2.2	Versuche zur Hydrolyse von Stärke	7
Versuch 2.2.1	Ohne Katalysator - Kochen von Stärke in Wasser	7
Versuch 2.2.2	Behandeln von Stärke mit Säure ( $H^+$ als Katalysator)	9
Versuch 2.2.3	Inkubation von Stärke Pankreatin und Speichel (enzymatische Hydrolyse, Enzym als Biokatalysator)	11
<b>3</b>	<b>Welche Rolle spielen die Reaktionsbedingungen?</b>	<b>13</b>
Versuch 3.1	Einfluss der Temperatur auf die saure Hydrolyse	13
Versuch 3.2	Enzymatische Hydrolyse	16
Versuch 3.2.1	Einfluss der Temperatur auf die Enzymaktivität	16
Versuch 3.2.2	Einfluss des pH-Wertes auf die Enzymaktivität	18
Lösungen	Lösungen zum Ansetzen	22
Material	Materialliste für 30 SchülerInnen bzw. 15 Zweiergruppen	23

Name:

Datum:

## 1. Versuche zum Katalysatorprinzip/-eigenschaften

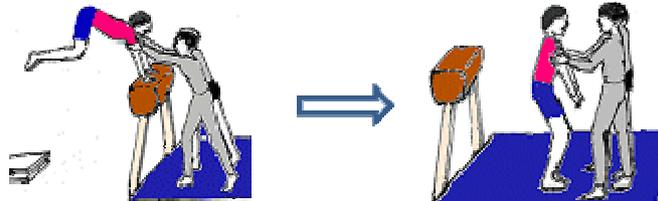


Abb. 1: Katalysatorprinzip: Wie die Hilfestellung beim Sprung über das Pferd

### 1.1 Braunstein als Katalysator

#### Geräte

3 Schnappdeckelgläser, Pinzette, kleine Plastischüssel, Papiertuch, Abfallgefäß

#### Materialien

Wasserstoffperoxid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ -Lösung, 3 %), Braunsteintablette (25 %  $\text{MnO}_2$  und 75 % Gips)

#### Sicherheits- und Entsorgungshinweise

Wenn du lange Haare hast, binde sie zusammen.

Wasserstoffperoxid ist ätzend. Trage Handschuhe und eine Schutzbrille!

#### Durchführung:

1. Fülle alle drei Schnappdeckelgläser etwa 1 cm hoch mit  $\text{H}_2\text{O}_2$ -Lösung aus der Tropfflasche.
2. Gib anschließend mit der Pinzette eine Braunsteintablette in das erste Schnappdeckelglas.
3. Warte eine Minute.

#### Was beobachtest du?

4. Tauche dieselbe Braunsteintablette nacheinander in zwei weitere Schnappdeckelgläser und beobachte, was passiert. Achte bei den Versuchen besonders darauf, ob eine Veränderung an der Braunsteintablette zu erkennen ist.

## Was beobachtest du?

---

---

Spüle die Braunsteintablette mit dest. Wasser ab und lege sie zum Trocknen auf das Papiertuch.

## 1.2 Welches Gas entsteht bei der Reaktion?

### Geräte

2 Stative, 2 Klammern und Halterungen für Reagenzgläser, kurzes Reagenzglas mit seitlichem Ausgang zur Gasableitung, Gummistopfen, Schlauchstück, Holzspan, Streichhölzer, langes Reagenzglas mit seitlichem Ausgang, 100 mL Becherglas mit Wasser, Pinzette, 100 mL Abfallgefäß

### Materialien

Wasserstoffperoxid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ -Lösung, 3 %), Braunsteintablette (25 %  $\text{MnO}_2$  und 75 % Gips)

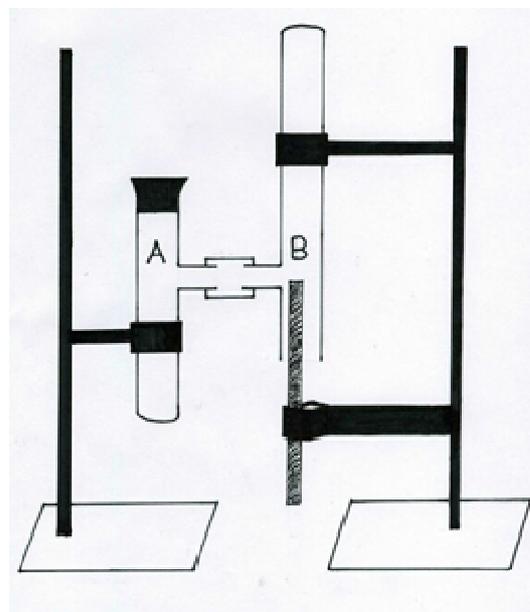
### Sicherheits- und Entsorgungshinweise

Wenn du lange Haare hast, binde sie zusammen.

Wasserstoffperoxid ist ätzend. Trage Handschuhe und eine Schutzbrille!

---

### Versuchsaufbau:



### Durchführung:

**Die Arbeitsschritte 1-3 sind bereits vorbereitet.**

1. Spanne das kurze Reagenzglas A mit der Halterung am Stativ ein.
2. Das lange Reagenzglas befestige mit der Öffnung nach unten am zweiten Stativ.

3. Verbinde die seitlichen Ausgänge der beiden Reagenzgläser mit Hilfe des Schlauchstücks.
4. Fülle nun mit der Tropfflasche etwa 2 mL  $\text{H}_2\text{O}_2$  (ca. 2 cm hoch) in das kurze Reagenzglas und verschließe es mit dem Gummistopfen.
5. Zünde den Holzspan mit einem Streichholz an. Entsorge das brennende Streichholz im bereit gestellten Wassergefäß. Puste die Flamme am Holzspan aus, er soll nur glimmen.
6. Halte den glimmenden Holzspan in das umgedrehte Reagenzglas, so dass sich die Glut direkt vor der Öffnung des seitlichen Ausganges befindet.
7. Gib dann die Braunsteintablette mit der Pinzette zum  $\text{H}_2\text{O}_2$  in das kurze Reagenzglas und verschließe es sofort wieder mit dem Stopfen.
8. Beobachte, was am glimmenden Holzspan geschieht.

**Was beobachtest du?**

---

---

---

**Wie kannst du deine Beobachtung erklären (was braucht Feuer, um zu brennen)?**

---

---

---

**Welches Gas ist entstanden?**

---

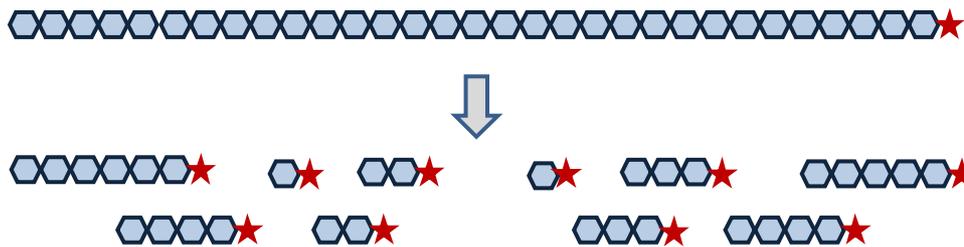
Name:

Datum:

## 2 Versuche zur Hydrolyse von Stärke (Einsatz verschiedener Katalysatoren für eine Reaktion)

*Hintergrundinformation:*

In der Stärke sind Zuckerbausteine (Glucose) zu langen Ketten verknüpft. Bei der Spaltung von Stärke (Hydrolyse) entstehen kürzere Bruchstücke. Die Kettenenden (★) sind mit Fehlings Reagenz nachweisbar.



*Zusatzinformation:*

In den nachfolgenden Versuchen kommen häufig zwei Abkürzungen vor:

- RG Reagenzglas
- RT Raumtemperatur, ~20 °C

### 2.1 Nachweisreaktionen

Damit du erkennen kannst, ob die Hydrolyse von Stärke erfolgreich war, musst du zwei Nachweisreaktionen durchführen. Es handelt sich um den Stärke- und den Zuckernachweis. Bei erfolgreicher Hydrolyse ist der Stärkenachweis negativ, während der Zuckernachweis positiv verläuft.

#### 2.1.1 Nachweis von Stärke

##### Geräte

2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, 1 Spatel

##### Materialien

Kartoffelstärke, Iod-Kaliumiodid-Lösung (0,1 M), dest. Wasser

##### Sicherheits- und Entsorgungshinweise

Wenn du lange Haare hast, binde sie zusammen.

Iod-Kaliumiodid-Lösung ist gesundheitsschädlich und umweltgefährlich. Trage Handschuhe und eine Schutzbrille.

##### Durchführung:

1. Fülle eine Spatelspitze Kartoffelstärke in ein Reagenzglas und gib 1-2 mL dest. Wasser dazu.

2. Schüttele das Reagenzglas damit sich die Stärke mit dem Wasser vermischen kann.
3. Fülle in das zweite Reagenzglas zum Vergleich nur dest. Wasser.
4. Gib in beide Reagenzgläser jeweils zwei Tropfen Iod-Kaliumiodid-Lösung.

### Was beobachtest du?

Probe	Beobachtung
<b>RG1:</b> dest. Wasser + Kartoffelstärke	
<b>RG2:</b> dest. Wasser	

### Wie kannst du Stärke nachweisen?

---



---

## 2.1.1 Nachweis von Zucker (Glucose, Maltose)

### Geräte

1 Becherglas (250 mL, dient als Wasserbad), Siedesteinchen, Reagenzglasständer, 2 Reagenzgläser, Heizplatte, Spatel, 100 mL Abfallgefäß für Fehling-Lösungen

### Materialien

destilliertes Wasser, Traubenzucker (Glucose), Fehlingsche-Lösung A (7 g Kupfersulfat-Pentahydrat in 100 mL dest. H<sub>2</sub>O lösen; CuSO<sub>4</sub> · 5 H<sub>2</sub>O), Fehlingsche-Lösung B (alkalische Kaliumnatriumtartrat-Lösung; 35 g Kaliumnatriumtartrat-Tetrahydrat und 10 g Natriumhydroxid in 100 mL dest. H<sub>2</sub>O lösen; KNaC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub> · 4 H<sub>2</sub>O; NaOH)

### Sicherheits- und Entsorgungshinweise

Wenn du lange Haare hast, binde sie zusammen.

Kupfersulfatlösung ist umweltgefährlich. Die Lösungen mit Fehling A und B werden nicht in den Abguss geschüttet, sondern in einem Abfallgefäß gesammelt.

Die Heizplatten werden sehr heiß. Verbrennungsgefahr!

Alkalische Kaliumnatriumtartrat-Lösung ist ätzend. Trage Handschuhe und eine Schutzbrille.

### Durchführung:

1. Stelle ein mit Wasser gefülltes Becherglas mit Siedesteinchen auf die Heizplatte und stelle die Heizplatte auf ca. 175 °C ein. Erhitze das Wasser bis kurz vor dem Sieden.
2. Fülle eine Spatelspitze Glucose in ein Reagenzglas und gib 1-2 mL dest. Wasser dazu.

3. Schüttele das Reagenzglas, damit sich die Glucose im Wasser lösen kann
4. Gib in das zweite Reagenzglas zum Vergleich nur dest. Wasser.
5. Nun gib in beide Reagenzgläser jeweils einen kräftigen Spritzer von Lösung A und B aus den Tropfflaschen dazu. Die Lösung soll tiefblau werden. Stelle die Reagenzgläser in das Becherglas auf der Heizplatte.

**Was beobachtest du?**

Probe	Beobachtung
RG1: dest. Wasser + Glucose	
RG2: dest. Wasser	

Wie kannst du Zucker wie Glucose  (oder Maltose ) nachweisen?

---

---

Name:

Datum:

## 2.2 Versuche zur Hydrolyse von Stärke

In den nachfolgenden Versuchen (2.1.1 - 2.1.3) werden verschiedene Möglichkeiten bzw. Katalysatoren untersucht, um die Stärke hydrolytisch abzubauen: Kochen in Wasser, Einsatz von Mineralsäuren als Beispiel für einen chemischen Katalysator und die Verwendung von Enzymen ( $\alpha$ -Amylasen im Speichel und im Pankreatin) als Beispiel für Biokatalysatoren.

### 2.1.1 Ohne Katalysator - Kochen von Stärke in Wasser

#### Geräte

2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Heizplatte, 2 x 250 mL Bechergläser eng, Siedesteine, Kunststoffpipette, Abfallgefäß

#### Materialien

aufgekochte Stärkelösung (1 %), Iod-Kaliumiodid-Lösung (0,1 M), dest. Wasser, Fehlingsche-Lösung A (7 g Kupfersulfat-Pentahydrat in 100 mL dest.  $H_2O$  lösen;  $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$ ), Fehlingsche-Lösung B (alkalische Kaliumnatriumtartrat-Lösung; 35 g Kaliumnatriumtartrat-Tetrahydrat und 10 g Natriumhydroxid in 100 mL dest.  $H_2O$  lösen;  $KNaC_4H_4O_6 \cdot 4 H_2O$ ; NaOH)

#### Sicherheits- und Entsorgungshinweise

Wenn du lange Haare hast, binde sie zusammen.

Iod-Kaliumiodidlösung ist gesundheitsschädlich und umweltgefährlich. Trage Handschuhe und eine Schutzbrille.

#### Durchführung:

1. Gib in das erste Reagenzglas mit der Kunststoff-Pipette 5 mL aufgekochte Stärkelösung und stelle es für 5 min in das heiße Wasserbad.
2. Nimm das Reagenzglas aus dem Wasserbad heraus und stelle es zum Abkühlen in ein Becherglas mit kaltem Wasser.
3. Gieße vorsichtig die Hälfte der Lösung aus Reagenzglas 1 in Reagenzglas 2.
4. Versetze Reagenzglas 1 mit 1-2 Tropfen Iod-Kaliumiodid-Lösung.
5. Gib in Reagenzglas 2 jeweils einen kräftigen Spritzer Fehling A und Fehling B und stelle es kurz in das heiße Wasserbad.

### Was beobachtest du?

Probe	Beobachtung	Stärke [+/-]	Glucose [+/-]
RG1: „Kochen“ + Iod-Kaliumiodid-Lösung			
RG2: „Kochen“ + Fehling A und B			

### War die Hydrolyse erfolgreich?

---



---

## 2.1.2 Behandeln von Stärke mit Salzsäure ( $H^+$ als Katalysator)

### Geräte

2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Heizplatte, 2 x 250 mL Bechergläser eng, Siedesteine, Kunststoffpipette, pH-Papier, Papiertuch, Glasstab, Abfallgefäß

### Materialien

Reagenzglas mit 40 mg Kartoffelstärke (Stärkeportionen bereits vorbereitet), Iod-Kaliumiodid-Lösung (0,1 M), Salzsäure (HCl 2 mol/L), Natronlauge (NaOH 2 mol/L), dest. Wasser, Fehlingsche-Lösung A (7 g Kupfersulfat-Pentahydrat in 100 mL dest.  $H_2O$  lösen;  $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$ ), Fehlingsche-Lösung B (alkalische Kaliumnatriumtartrat-Lösung; 35 g Kaliumnatriumtartrat-Tetrahydrat und 10 g Natriumhydroxid in 100 mL dest.  $H_2O$  lösen;  $KNaC_4H_4O_6 \cdot 4 H_2O$ ; NaOH)

### Sicherheits- und Entsorgungshinweise

Wenn du lange Haare hast, binde sie zusammen.

Kupfersulfatlösung ist umweltgefährlich. Die Lösungen mit Fehling A und B werden nicht in den Abguss geschüttet, sondern in einem Abfallgefäß gesammelt.

Die Heizplatten werden sehr heiß. Verbrennungsgefahr!

Alkalische Kaliumnatriumtartrat-Lösung, Salzsäure und NaOH sind ätzend. Trage Handschuhe und eine Schutzbrille.

### Durchführung:

1. Gib in das erste Reagenzglas mit Stärke mit Hilfe der Kunststoff-Pipette 2 mL HCl.
2. Ermittle den pH-Wert der Lösung mit dem pH-Papier (Vergleich mit der Farbskala).

3. Stelle es nun für 5 min in das heiße Wasserbad (ca. 90 °C).
4. Nimm das Reagenzglas aus dem Wasserbad heraus und stelle es zum Abkühlen in ein Becherglas mit kaltem Wasser.
5. Überprüfe erneut den pH-Wert mit dem pH-Papier.

**Hat sich der pH-Wert während des Kochens verändert?**

---

**Wurde die Säure (der Katalysator) während des Versuches verbraucht?**

---

6. Neutralisiere nun die Lösung mit NaOH (ca. 2 mL, so dass das pH-Papier die Farbe für pH7 auf der Skala zeigt).
7. Gieße vorsichtig die Hälfte der Lösung aus Reagenzglas 1 in Reagenzglas 2.
8. Versetze Reagenzglas 1 mit 1-2 Tropfen Iod-Kaliumiodid-Lösung.
9. Gib in Reagenzglas 2 jeweils einen kräftigen Spritzer Fehling A und Fehling B und stelle es kurz in das heiße Wasserbad.

**Was beobachtest du?**

Probe	Beobachtung	Stärke [+/-]	Glucose [+/-]
RG1: HCl-Probe + Iod-Kaliumiodid-Lösung			
RG2: HCl-Probe + Fehling A und B			

**War die Hydrolyse erfolgreich?**

---



---

### 2.1.3 Inkubation von Stärke mit Pankreatin und Speichel (enzymatische Hydrolyse, Enzym als Biokatalysator)

#### Geräte

4 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Heizplatte, 2 x 250 mL Bechergläser eng, Siedesteine, Kunststoffpipette, Abfallgefäß

#### Materialien

aufgekochte Stärkelösung (1 %), Iod-Kaliumiodid-Lösung (0,1 M), Speichel, Pankreatin-Aufschlammung (0,5 % - Pankreatin der Fa. Merck), dest. Wasser, Fehlingsche-Lösung A (7 g Kupfersulfat-Pentahydrat in 100 mL dest. H<sub>2</sub>O lösen; CuSO<sub>4</sub> · 5 H<sub>2</sub>O), Fehlingsche-Lösung B (alkalische Kaliumnatriumtartrat-Lösung; 35 g Kaliumnatriumtartrat-Tetrahydrat und 10 g Natriumhydroxid in 100 mL dest. H<sub>2</sub>O lösen; KNaC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub> · 4 H<sub>2</sub>O; NaOH)

#### Sicherheits- und Entsorgungshinweise

Wenn du lange Haare hast, binde sie zusammen.

Kupfersulfatlösung ist umweltgefährlich. Die Lösungen mit Fehling A und B werden nicht in den Abguss geschüttet, sondern in einem Abfallgefäß gesammelt.

Die Heizplatten werden sehr heiß. Verbrennungsgefahr!

Alkalische Kaliumnatriumtartrat-Lösung ist ätzend. Trage Handschuhe und eine Schutzbrille.

---

#### Durchführung:

1. Fülle in alle vier Reagenzgläser mit der Kunststoff-Pipette jeweils 5 mL aufgekochte Stärkelösung.
2. Gib die Reagenzgläser 1 und 2 jeweils 2 mL Speichel. Beide Reagenzgläser werden kurz geschüttelt. Warte 5 Minuten.
3. In die Reagenzgläser 3 und 4 fülle mit der Kunststoffpipette jeweils 2 mL Pankreatin-Aufschlammung und schüttle sie kurz. Warte 5 Minuten.
4. Versetze nun die Reagenzgläser 1 und 3 mit jeweils 1-2 Tropfen Iod-Kaliumiodid-Lösung. Nachdem die Reagenzgläser geschüttelt wurden, stelle sie für etwa 5 Minuten zur Seite.
5. Gib in die Reagenzgläser 2 und 4 jeweils einen kräftigen Spritzer Fehling A und Fehling B und stelle sie kurz in das heiße Wasserbad.

### Was beobachtest du?

Probe	Beobachtung	Stärke [+/-]	Glucose [+/-]
RG1: „Speichel“ + Iod-Kaliumiodid-Lösung			
RG2: „Speichel“ + Fehling A und B			
RG3: „Pankreatin“ + Iod-Kaliumiodid-Lösung			
RG4: „Pankreatin“ + Fehling A und B			

### Welche enzymatische Hydrolyse war erfolgreich?

---



---

Fasse deine Ergebnisse der Versuche 2.2.1 bis 2.2.3 in der Übersichtstabelle zusammen:

Hydrolyseweg	Versuch	Stärke (Iodlösung) [+/-]	Zucker (Fehling) [+/-]	Hydrolyse erfolgt [+/-]
Kochen in Wasser (ohne Katalysator)	2.2.1			
Zusatz von Mineralsäuren (Katalysator: Säure)	2.2.2			
Zusatz von Speichel (Katalysator: Enzym)	2.2.3			
Zusatz von Pankreatin (Katalysator: Enzym)	2.2.3			

Name:

Datum:

### 3 Welche Rolle spielen die Reaktionsbedingungen?

In den folgenden Versuchen (3.1 - 3.2.2) soll der Temperatur- und pH-Einfluss auf die unterschiedlichen Katalysatoren (Salzsäure, Pankreatin-Amylase, Speichel-Amylase), die bei der Stärkehydrolyse zum Einsatz kommen, untersucht werden.

#### 3.1 Einfluss der Temperatur auf die saure Hydrolyse

##### Geräte

8 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Heizplatte, 4 x 250 mL Bechergläser eng (4 Wasserbäder: 0, 20, 40 und 90 °C), Siedesteine, Kunststoffpipette, pH-Papier, Glasstab, Papiertuch, Abfallgefäß

##### Materialien

Reagenzglas mit 40 mg Kartoffelstärke (Stärkeportionen bereits vorbereitet), Iod-Kaliumiodid-Lösung (0,1 M), Salzsäure (HCl 2 mol/L), Natronlauge (NaOH 2 mol/L), dest. Wasser, Eis, Fehlingsche-Lösung A (7 g Kupfersulfat-Pentahydrat in 100 mL dest. H<sub>2</sub>O lösen; CuSO<sub>4</sub> · 5 H<sub>2</sub>O), Fehlingsche-Lösung B (alkalische Kaliumnatriumtartrat-Lösung; 35 g Kaliumnatriumtartrat Tetrahydrat und 10 g Natriumhydroxid in 100 mL dest. H<sub>2</sub>O lösen; KNaC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub> · 4 H<sub>2</sub>O; NaOH)

##### Sicherheits- und Entsorgungshinweise

Wenn du lange Haare hast, binde sie zusammen.

Kupfersulfatlösung ist umweltgefährlich. Die Lösungen mit Fehling A und B werden nicht in den Abguss geschüttet, sondern in einem Abfallgefäß gesammelt.

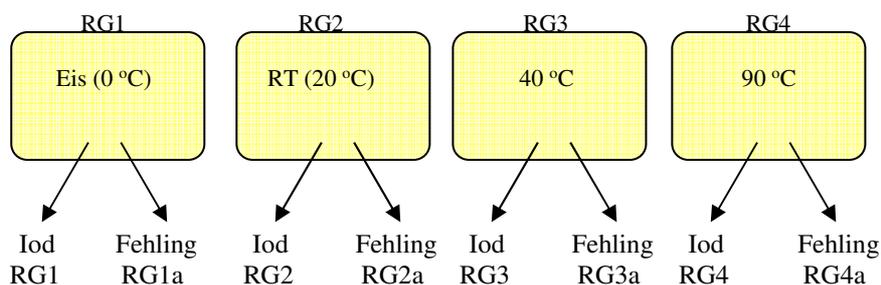
Die Heizplatten werden sehr heiß. Verbrennungsgefahr!

Alkalische Kaliumnatriumtartrat-Lösung, Salzsäure und NaOH sind ätzend. Trage Handschuhe und eine Schutzbrille.

##### Durchführung:

Dieser Versuch besteht aus vier Teilversuchen, bei denen eine *Versuchsbedingung* (die Temperatur des Wasserbades: 0, 20, 40, 90 °C) geändert wird, während alle anderen Bedingungen (Reaktionszeit, Konzentration und Volumen der Säure, Stärkemenge) konstant gehalten werden. Die zu beobachtenden Unterschiede können so auf die Temperatur zurückgeführt werden, weil ja sonst nichts verändert worden ist.

D.h. die Durchführung in allen vier Teilversuchen ist gleich. Variiert wird nur die Temperatur des Wassers. Das Schema verdeutlicht die Vorgehensweise.



1. Gib in das erste Reagenzglas mit Stärke mit Hilfe der Kunststoff-Pipette 2 mL Salzsäure und stelle es für 5 min in ein mit **Eis** gefülltes Becherglas.
2. Nimm das Reagenzglas aus dem Eis heraus.
3. Neutralisiere die Lösung mit NaOH und kontrolliere mit dem pH-Papier, indem du mit Hilfe des Glasstabes einen Tropfen der Lösung auf das pH-Papier tupfst (gib etwa 2 mL NaOH dazu bis das pH-Papier die Farbe für pH7 auf der Skala zeigt).
4. Gieße vorsichtig die Hälfte der Lösung aus Reagenzglas 1 in Reagenzglas 1a.
5. Versetze Reagenzglas 1 mit 1-2 Tropfen Iod-Kaliumiodid-Lösung. Schüttle das Reagenzglas vorsichtig.
6. Gib in Reagenzglas 1a jeweils einen kräftigen Spritzer Fehling A und Fehling B und stelle es, nachdem du es geschüttelt hast, kurz in das heiße Wasserbad.

### Was beobachtest du?

Probe	Beobachtung	Stärke [+/-]	Glucose [+/-]
RG1: „Eis“ + Iod-Kaliumiodid-Lösung			
RG1a: „Eis“ + Fehling A und B			

7. Wiederhole die Arbeitsschritte 1-6 mit den Reagenzgläsern 2 und 2a. Lass aber zu Beginn die Stärkelösung mit Salzsäure für 5 min bei Raumtemperatur (**RT, 20 °C**) stehen.

### Was beobachtest du?

Probe	Beobachtung	Stärke [+/-]	Glucose [+/-]
RG1: „20 °C“ + Iod-Kaliumiodid-Lösung			
RG1a: „20 °C“ + Fehling A und B			

8. Wiederhole die Arbeitsschritte 1-6 mit den Reagenzgläsern 3 und 3a. Stelle aber zu Beginn die Stärkelösung für 5 min in ein auf **40 °C temperiertes Wasserbad**. Bevor du Arbeitsschritt 3 durchführst, kühle die Lösung kurz in einem, mit kaltem Wasser gefüllten Becherglas ab.

Was beobachtest du?

Probe	Beobachtung	Stärke [+/-]	Glucose [+/-]
RG1: „40 °C“ + Iod-Kaliumiodid-Lösung			
RG1a: „40 °C“ + Fehling A und B			

9. Wiederhole die Arbeitsschritte 1-6 mit den Reagenzgläsern 4 und 4a. Stelle aber zu Beginn die Stärkelösung für 5 min in ein **kochendes Wasserbad (~90 °C)**. Bevor du Arbeitsschritt 3 durchführst, kühle die Lösung kurz in einem, mit kaltem Wasser gefüllten Becherglas ab.

Was beobachtest du?

Probe	Beobachtung	Stärke [+/-]	Glucose [+/-]
RG1: „kochendes Wasserbad“ + Iod-Kaliumiodid-Lösung			
RG1a: „kochendes Wasserbad“ + Fehling A und B			

Welche Hydrolyse war erfolgreich, d. h. bei welcher Temperatur muss die Hydrolyse mit Mineralsäuren durchgeführt werden?

---



---

Name:

Datum:

### 3.2: Enzymatische Hydrolyse

#### 3.2.1 Einfluss der Temperatur auf die Enzymaktivität

##### Geräte

4 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Heizplatte, 4 x 250 mL Bechergläser eng (4 Wasserbäder: 0, 20, 40 und 90 °C), Siedesteine, Kunststoffpipette, Abfallgefäß

##### Materialien

aufgekochte Stärkelösung (1 %), Pankreatin-Aufschlammung (0,5 % - Pankreatin der Fa. Merck), Speichel, dest. Wasser, Eis, Fehlingsche-Lösung A (7 g Kupfersulfat-Pentahydrat in 100 mL dest. H<sub>2</sub>O lösen; CuSO<sub>4</sub> · 5 H<sub>2</sub>O), Fehlingsche-Lösung B (alkalische Kaliumnatriumtartrat-Lösung; 35 g Kaliumnatriumtartrat-Tetrahydrat und 10 g Natriumhydroxid in 100 mL dest. H<sub>2</sub>O lösen; KNaC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub> · 4 H<sub>2</sub>O)

##### Sicherheits- und Entsorgungshinweise

Wenn du lange Haare hast, binde sie zusammen.

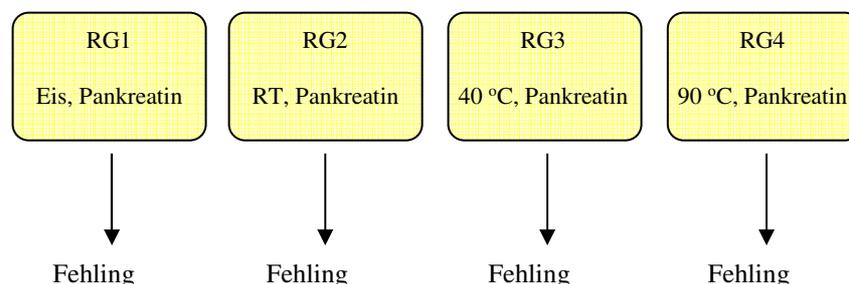
Kupfersulfatlösung ist umweltgefährlich. Die Lösungen mit Fehling A und B werden nicht in den Abguss geschüttet, sondern in einem Abfallgefäß gesammelt.

Die Heizplatten werden sehr heiß. Verbrennungsgefahr!

Alkalische Kaliumnatriumtartrat-Lösung ist ätzend. Trage Handschuhe und eine Schutzbrille.

##### Durchführung:

Auch dieser Versuch besteht, wie Versuch 3.1, aus vier Teilversuchen, bei denen eine Bedingung (die Temperatur des Wasserbades: 0, 20, 40, 90 °C) geändert wird, während alle anderen Bedingungen konstant gehalten werden. Untersucht wird hierbei der Temperatureinfluss auf das Enzym für die enzymatische Hydrolyse. Das Schema verdeutlicht die Vorgehensweise.



1. Gib in Reagenzglas 1 mit Hilfe der Kunststoff-Pipette 2 mL Pankreatin-Aufschlammung.
2. Stelle es für 5 min in das mit Eis gefüllte Becherglas.
3. Fülle nun 5 mL aufgekochte Stärkelösung in das Reagenzglas 1.

4. Schüttele das Reagenzglas und stelle es für weitere 5 min in das mit Eis (**0 °C**) gefüllte Becherglas.
5. Versetze nun den Inhalt des Reagenzglases mit jeweils einem kräftigen Spritzer Fehling A und Fehling B, schüttele es und stelle es kurz in das kochende Wasserbad.

**Was beobachtest du?**

Probe	Beobachtung	Glucose [+/-]
RG1: „Eis“ + Fehling A und B		

6. Wiederhole die Arbeitsschritte 1 - 5 mit den Reagenzgläsern 2 - 4. Lass in den Arbeitsschritten 2 und 4 die Reagenzgläser **entsprechend nachfolgender Tabelle** bei **20 °C** (RT), **40 °C** (Wasserbad) und **~90 °C** (kochendes Wasserbad) reagieren.

**Was beobachtest du?**

Probe	Beobachtung	Glucose [+/-]
RG1: „20 °C“ + Fehling A und B		
RG1a: „40 °C“ + Fehling A und B		
RG1a: „kochendes Wasserbad“ + Fehling A und B		

**Welche Hydrolyse war erfolgreich, d. h. bei welcher Temperatur muss die Hydrolyse mit Pankreatin durchgeführt werden?**

---



---

Name:	Datum:
-------	--------

### 3.2.2 Einfluss des pH-Wertes auf die Enzymaktivität

#### Geräte

4 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Heizplatte, 2 x 250 mL Bechergläser eng, Siedesteine, Kunststoffpipette, pH-Papier, Glasstab, Papiertuch, Abfallgefäß

#### Materialien

aufgekochte Stärkelösung (1 %), Pankreatinaufschlammung (0,5 % - Pankreatin der Fa. Merck), Speichel, dest. Wasser, Salzsäure (HCl, 2,5 %), Natronlauge (NaOH 0,1 mol/L und 5 mol/L), Fehlingsche-Lösung A (7 g Kupfersulfat Pentahydrat in 100 mL dest. H<sub>2</sub>O lösen; CuSO<sub>4</sub> · 5 H<sub>2</sub>O), Fehlingsche-Lösung B (alkalische Kaliumnatriumtartrat-Lösung; 35 g Kaliumnatriumtartrat Tetrahydrat und 10 g Natriumhydroxid in 100 mL dest. H<sub>2</sub>O lösen; KNaC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub> · 4 H<sub>2</sub>O; NaOH)

#### Sicherheits- und Entsorgungshinweise

Wenn du lange Haare hast, binde sie zusammen.

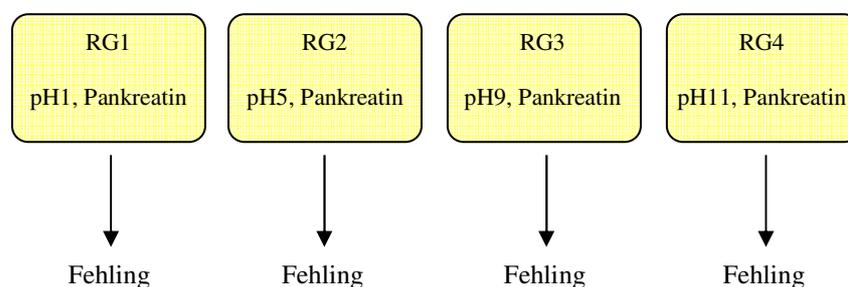
Kupfersulfatlösung ist umweltgefährlich. Die Lösungen mit Fehling A und B werden nicht in den Ausguss geschüttet, sondern in einem Abfallgefäß gesammelt.

Die Heizplatten werden sehr heiß. Verbrennungsgefahr!

Alkalische Kaliumnatriumtartrat-Lösung, Salzsäure und NaOH sind ätzend. Trage Handschuhe und eine Schutzbrille.

#### Durchführung:

Auch dieser Versuch besteht, wie die Versuche 3.1 und 3.2.1, aus vier Teilversuchen, bei denen eine Bedingung (der pH-Wert der Stärke-Enzym-Lösung) geändert wird, während alle anderen Bedingungen konstant gehalten werden. Untersucht wird hierbei der pH-Einfluss auf die enzymatische Hydrolyse. Das Schema verdeutlicht die Vorgehensweise.



1. Gib in Reagenzglas 1 mit Hilfe der Kunststoff-Pipette 5 mL Stärkelösung und versetze die Lösung mit 5 Tropfen HCl. Schüttle das Reagenzglas. Überprüfe den pH-Wert der Lösung mit pH-Papier, indem du mit dem Glasstab einen Tropfen der Lösung auf pH-Papier tüpfelst. Vergleiche mit der Farbskala.

2. Fülle nun in Reagenzglas 2 mit der Pipette 5 mL Stärkelösung. Überprüfe wieder den pH-Wert der Lösung. Er sollte bei pH 5 liegen.
3. Gib nun in Reagenzglas 3 und 4 jeweils 5 mL Stärkelösung und stelle in Reagenzglas 3 einen pH-Wert von ca. 9 ein (3 Tropfen 0,1 mol/L NaOH) und in Reagenzglas 4 einen pH-Wert von 11-12 ein (5 Tropfen 5 mol/L NaOH).
4. Fülle in alle vier Reagenzgläser jeweils 2 mL Pankreatin-Aufschlämmung und lasse sie für 5 min bei RT stehen.
5. Versetze nun alle vier Reagenzgläser mit jeweils einem kräftigen Spritzer Fehling A und Fehling B, schüttele sie und stelle sie kurz in das kochende Wasserbad.

### Was beobachtest du?

Probe	Beobachtung	Glucose [+/-]
RG1: „pH 1-2“ + Fehling A und B		
RG1: „pH 5“ + Fehling A und B		
RG1: „pH 9“ + Fehling A und B		
RG1: „pH 11-12“ + Fehling A und B		

**Welche Hydrolyse war erfolgreich, d. h. bei welchem pH-Wert muss die Hydrolyse mit Pankreatin durchgeführt werden?**

---



---

6. Wiederhole die Arbeitsschritte 1 - 5. Fülle in die Reagenzgläser anstelle der Pankreatin-Aufschlämmung (**s. Arbeitsschritt 4**) jeweils 2 mL Speichel.

**Was beobachtest du?**

Probe	Beobachtung	Glucose [+/-]
RG1: „pH 1-2“ + Fehling A und B		
RG1: „pH 5“ + Fehling A und B		
RG1: „pH 9“ + Fehling A und B		
RG1: „pH 11-12“ + Fehling A und B		

**Welche Hydrolyse war erfolgreich, d. h. bei welcher Temperatur muss die Hydrolyse mit Speichel durchgeführt werden?**

---

---

Fasse deine Ergebnisse der Versuche 3.1 bis 3.2.2 in der Übersichtstabelle zusammen!

Katalysator	Versuch	Reaktionsbedingung	Zucker (Fehling) [+/-]	Hydrolyseerfolg [+/-]
<b>Säure</b>	3.1	Temperatureinfluss 0 °C 20 °C 40 °C 90 °C		
<b>Enzym (Pankreatin)</b>	3.2.1	Temperatureinfluss 0 °C 20 °C 40 °C 90 °C		
<b>Enzym (Pankreatin)</b>	3.2.2	pH-Einfluss 1-2 5 9 11-12		
<b>Enzym (Speichel)</b>	3.2.2	pH-Einfluss 1-2 5 9 11-12		

## Lösungen zum Ansetzen

### Wasserstoffperoxid (3 %):

10 mL Wasserstoffperoxid 30 % auf 100 mL mit dest. Wasser auffüllen

### Braunsteintablette:

25 %  $\text{MnO}_2$  und 75 % Gips (z. B. Gips der Fa. Knauf)  
5 g  $\text{MnO}_2$  mit 15 g Gipspulver gut vermischen und mit 10 mL dest. Wasser gut verrühren. Ein kleiner Spatellöffel voll der fließfähigen Paste wird schnell in Ausstülpungen von leeren Tablettenpackungen gefüllt und über Nacht trocknen lassen. Man erhält etwa 30 Tabletten.

### Iod-Kaliumiodid-Lösung (0,1 mol/L)

1 g Iod und 2 g Kaliumiodid in 4 mL dest. Wasser lösen und auf 300 mL mit dest. Wasser auffüllen

### Fehlingsche Lösungen

Fehling A: 7 g Kupfer(II)sulfat-Pentahydrat in 100 mL dest. Wasser

Fehling B: 35 g Kaliumnatriumtartrat + 10 g Natriumhydroxid in 100 mL Wasser

### Aufgekochte Stärkelösung (1 %):

1 g Kartoffelstärke mit dest. Wasser auf 100 g auffüllen und den Ansatz kurz unter Rühren in heißem Wasser aufkochen

### Pankreatin-Aufschlammung (0,5 %)

2,5 g Pankreatin der Fa Merck mit dest. Wasser auf 500 g auffüllen

### HCl (2 Mol/L, ca. 7,2 %ig)

16,4 mL (19,4 g) rauchende HCl (37 %,  $d = 1,18 \text{ g/cm}^3$ ) mit dest. Wasser auf 100 mL auffüllen

**(Vorsicht:** zuvor etwa 40 mL Wasser in den Messkolben füllen und dann erst die Säure dazugeben, Schutzkleidung tragen)

### HCl (2,5 %)

5,7 mL (8,0 g) rauchende HCl (37 %,  $d = 1,18 \text{ g/cm}^3$ ) mit dest. Wasser auf 100 mL auffüllen

**(Vorsicht:** zuvor etwa 50 mL Wasser in den Messkolben füllen und dann erst die Säure vorsichtig dazugeben)

### NaOH (0,1 mol/L)

4 g NaOH mit dest. Wasser auf 1000 mL auffüllen

### NaOH (2 mol/L)

80 g NaOH mit dest. Wasser auf 1000 mL auffüllen

## Materialliste (für 30 SchülerInnen; 15 2er-Gruppen)

### Versuch 1: Versuch am Platz (2-er Gruppenversuch)

- 3 Schnappdeckelgläser
  - Pinzette
  - 1 kleine Plastikschüssel
  - Papiertuch
  - Abfallgefäß
- etwa 10 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (3 %) in Tropfflasche
  - 1 Braunsteintablette
  - dest. Wasser

### Versuch 1.1: Versuch am Platz (2-er Gruppenversuch)

- 2 Stative, 2 Klammern + Halterungen für Reagenzgläser
  - 1 kurzes Reagenzglas mit seitlichem Ausgang unten zur Gasableitung
  - 1 Gummistopfen
  - 1 Schlauchstück
  - 1 Holzspan, Streichhölzer
  - 1 langes Reagenzglas mit seitlichem Ausgang oben
  - 100 mL Becherglas mit Wasser
  - Pinzette
  - Abfallgefäß
- etwa 10 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (3 %) in Tropfflasche
  - 1 Braunsteintablette

### Versuch 2.1.1: Versuch am Platz (2-er Gruppenversuch)

- 2 Reagenzgläser
  - Reagenzglasständer
  - Spatel
- Iod-Kaliumiodid-Lösung (0,1 mol/L) in Tropfflasche
  - Kartoffelstärke
  - dest. Wasser

### Versuch 2.1.2: Versuch am Platz (2-er Gruppenversuch)

- 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer
  - 1 Becherglas (250 mL, eng; dient als Wasserbad), Siedesteinchen
  - Heizplatte
  - Spatel
  - Abfallgefäß
- Fehling A und Fehling B in Tropfflasche
  - Glucose (Traubenzucker)
  - dest. Wasser

**Versuch 2.2.1: Versuch am Platz (2-er Gruppenversuch)**

- 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer
  - 2 Bechergläser (250 mL, eng; dient als Wasser- und Kühlbad), Siedesteinchen
  - Kunststoff-Pipette
  - Heizplatte
  - Abfallgefäß
- Fehling A und Fehling B in Tropfflasche
  - Iod-Kaliumiodid-Lösung (0,1 mol/L) in Tropfflasche
  - aufgekochte Stärkelösung (1 %)
  - dest. Wasser

**Versuch 2.2.2: Versuch am Platz (2-er Gruppenversuch)**

- 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer
  - 2 Bechergläser (250 mL, eng; dient als Wasser- und Kühlbad), Siedesteinchen
  - Kunststoff-Pipette
  - Heizplatte
  - pH-Papier (1-11, Tritest L)
  - Papiertuch
  - Glasstab
  - Abfallgefäß
- Fehling A und Fehling B in Tropfflasche
  - Iod-Kaliumiodid-Lösung (0,1 mol/L) in Tropfflasche
  - Reagenzglas mit 40 mg Kartoffelstärkeportionen
  - Salzsäure (HCl; 2 mol/L)
  - Natronlauge (2 mol/L)
  - dest. Wasser

**Versuch 2.2.3: Versuch am Platz (2-er Gruppenversuch)**

- 4 Reagenzgläser, Reagenzglasständer
  - 2 Bechergläser (250 mL, eng; dient als Wasser- und Kühlbad), Siedesteinchen
  - Kunststoff-Pipette
  - Heizplatte
  - Abfallgefäß
- Fehling A und Fehling B in Tropfflasche
  - Iod-Kaliumiodid-Lösung (0,1 mol/L) in Tropfflasche
  - aufgekochte Stärkelösung (1 %)
  - Speichel
  - Pankreatin-Aufschlammung (0,5 %)
  - dest. Wasser

**Versuch 3.1: Versuch am Platz (2-er Gruppenversuch)**

- 8 Reagenzgläser, Reagenzglasständer
- 4 Bechergläser, Siedesteinchen
- Kunststoff-Pipette
- Heizplatte
- pH-Papier (1-11, Tritest L)

- Papiertuch
  - Glasstab
  - Abfallgefäß
- Fehling A und Fehling B in Tropfflasche
  - Iod-Kaliumiodid-Lösung (0,1 mol/L) in Tropfflasche
  - 4 Reagenzgläser mit jeweils 40 mg Stärkeportionen
  - Salzsäure (HCl; 2 mol/L)
  - Natronlauge (NaOH, 2 mol/L)
  - Eis
  - dest. Wasser

### Versuch 3.2.1: Versuch am Platz (2-er Gruppenversuch)

- 4 Reagenzgläser, Reagenzglasständer
  - 3 Bechergläser, Siedesteinchen
  - Kunststoff-Pipette
  - Heizplatte
  - Abfallgefäß
- Fehling A und Fehling B in Tropfflasche
  - aufgekochte Stärkelösung (1 %)
  - Speichel
  - Pankreatin-Aufschlammung (0,5 %)
  - Eis
  - dest. Wasser

### Versuch 3.2.2: Versuch am Platz (2-er Gruppenversuch)

- 4 (bzw.8) Reagenzgläser, Reagenzglasständer
  - 2 Bechergläser, Siedesteinchen
  - Kunststoff-Pipette
  - Heizplatte
  - pH-Papier (1-11, Tritest L)
  - Papiertuch
  - Glasstab
  - Abfallgefäß
- Fehling A und Fehling B in Tropfflasche
  - aufgekochte Stärkelösung (1 %)
  - Speichel, dest. Wasser
  - Pankreatin-Aufschlammung (0,5 %)
  - Salzsäure (HCl; 2,5 %)
  - Natronlauge (NaOH; 01 mol/L und 5 mol/L)