

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

## Wie sieht Stärke genau aus?

### Geräte

Mikroskop, Glasstäbe, Objektträger, Deckgläschen

### Materialien

Maisstärke und Kartoffelstärke in Wasser, direkt und aufgekocht

### Durchführung

1. Tropfe etwas Probe mit dem Glasstab auf einen Objektträger.
2. Decke es vorsichtig mit einem Deckgläschen ab und lege den Objektträger unter das Mikroskop.
3. Schau dir die Formen genau an. Versuche, sie aufzuzeichnen.

### Kartoffelstärke

### Kartoffelstärke aufgekocht

### Maisstärke

### Maisstärke aufgekocht

### Was fällt dir auf?

---

---

---

Name:

Datum:

## Nachweis von Stärke mit Iod

### Geräte

4 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel

### Materialien

Kartoffelstärke, Maisstärke, Glucose (Traubenzucker), Wasser, Iodlösung ( $I_2 \cdot KI$ -Lösung in Wasser)

### Sicherheitshinweis

Bei allen Experimenten gilt: Im Labor wird nicht gegessen und getrunken.

### Durchführung

1. Fülle in alle Reagenzgläser ca. 3 cm Wasser.
2. Gib in eins der Reagenzgläser eine Spatelspitze Kartoffelstärke dazu und schüttele.
3. Gib in das zweite Glas eine Spatelspitze Maisstärke und schüttele ebenfalls.
4. In das dritte Reagenzglas gibst du eine Spatelspitze Glucose und schüttelst.
5. Füge in alle Reagenzgläser je 2 Tropfen Iodlösung hinzu.

### Notiere deine Beobachtungen in der Tabelle!

	Beobachtungen
Wasser + Iod	
Kartoffelstärke + Iod	
Maisstärke + Iod	
Glucose + Iod	

### Ergänze den Merksatz:

Wenn man Iodlösung zu einer Stärkelösung gibt,

### Hinweis

Mit diesem Nachweis können Materialien (z.B. Lebensmittel oder Pappe, Papier u.v.m.) daraufhin überprüft werden, ob sie Stärke enthalten. Erkennt man eine Blau- oder Schwarzfärbung, ist Stärke vorhanden.

Name:

Datum:

## Abbau von Stärke mit Speichel

### Geräte

Becherglas 100 mL, Spatel, Messzylinder 25 mL, Glasstab, Heizplatte, Petrischale, 2 Wattestäbchen

### Materialien

Kartoffelstärke, Wasser, Iodlösung ( $I_2$ -KI-Lösung in Wasser), Agar

### Sicherheitshinweis

Im Labor wird nicht gegessen und getrunken.

### Durchführung

1. Gib eine Spatelspitze Stärke und einen ganzen Spatellöffel Agar in das Becherglas.
2. Füge 25 mL Wasser hinzu und koche das Gemisch unter Rühren kurz auf.
3. Gieße die heiße Lösung in die Petrischale.
4. Nimm ein Wattestäbchen und tränke es im Mund mit deinem Speichel.
5. Wenn die Masse erkaltet ist (nach ca. 15 min), zeichne mit dem mit Speichel benetzten Wattestäbchen eine Figur auf die Oberfläche der Stärke-Agarmasse.
6. Warte einige Minuten und spüle dann die Oberfläche kurz mit Wasser ab.
7. Anschließend tauchst du das zweite Wattestäbchen in die Iodlösung und bestreichst damit die Oberfläche gleichmäßig.

### Beobachtung

---

---

### Erklärung

---

---

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

## Abbau von Stärke mit Speichel oder Säure

### Geräte

Becherglas 100 mL, Spatel, Messzylinder 50 mL, Glasstab, Heizplatte, 2 Petrischalen, 4 Wattestäbchen

### Materialien

Kartoffelstärke, Wasser, Iodlösung ( $I_2$ -KI-Lösung in Wasser), Agar, Salzsäure 2,5 %

### Sicherheitshinweis

Im Labor wird nicht gegessen und getrunken.

### Durchführung

1. Gib zwei Spatelspitzen Stärke und zwei volle Spatellöffel Agar in das Becherglas.
2. Füge 50 mL Wasser hinzu und koche das Gemisch unter Rühren kurz auf.
3. Verteile die heiße Lösung auf die beiden Petrischalen.
4. Nimm ein Wattestäbchen und tränke es im Mund mit deinem Speichel.
5. Wenn die Masse erkaltet ist (nach ca. 15 min), zeichne mit dem mit Speichel benetzten Wattestäbchen eine Figur auf die Oberfläche der Stärke-Agarmasse.
6. Mit einem zweiten Wattestäbchen tauchst du in die Salzsäure und zeichnest in der zweiten Petrischale auch eine Figur.
7. Warte einige Minuten und spüle dann beide Oberflächen kurz mit Wasser ab.
8. Anschließend tauchst du das dritte Wattestäbchen in die Iodlösung und bestreichst damit die Oberfläche der einen Petrischale gleichmäßig.
9. Mit dem vierten, in Iodlösung getauchten Wattestäbchen bestreichst du die andere Schale.

### Beobachtung

---

---

### Erklärung

---

---

---

Name:

Datum:

## Was macht der Speichel aus der Stärke?

### Geräte

Heizplatte, 250 mL-Becherglas, Schnappdeckelglas, Siedesteine, 6 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Tropfpipette, Spatel, Permanentstift

### Materialien

Kartoffelstärkelösung (1/2 Teelöffel auf 100 mL Wasser, aufkochen und abkühlen lassen), Iodlösung ( $I_2 \cdot KI$ -Lösung in Wasser), Fehlingsche Lösung A (Kupfersulfatlösung), Fehlingsche Lösung B (alkalische Kalium-Natriumtartratlösung), Glucose (Traubenzucker), Maltose (Malzzucker)

### Sicherheits- und Entsorgungshinweise

Kupfersulfatlösung: umweltgefährlich; GHS 411

alkalische Kalium-Natriumtartratlösung: korrosiv, ätzend, GHS 290, 314

Die Lösungen mit Kupfersulfat werden nicht in den Ausguss geschüttet, sondern in einer Abfallflasche gesammelt.

In einigen Versuchsteilen wird ätzendes Fehling-Reagenz erhitzt. Unbedingt mit Schutzbrille arbeiten (Spritzgefahr!).

### Durchführung

1. Stelle ein Becherglas mit Wasser und Siedesteinen auf die Heizplatte, die auf 200 °C eingestellt ist, und erhitze das Wasser bis zum Sieden. Das Becherglas soll als Wasserbad dienen. Bereite dann deinen Versuch weiter vor.
2. Beschrifte drei Reagenzgläser mit „V“ für Vergleich, „S“ für Speichel und „K“ für Kontrolle.
3. Fülle in die drei Reagenzgläser jeweils ca. 2 cm verdünnte Stärkesuspension.
4. Spucke kräftig in ein Schnappdeckelglas. Gib davon jeweils ca. 1 mL Speichel in das Reagenzglas „V“ und in das Reagenzglas „S“. Schüttele die Reagenzgläser.
5. Gib in das Reagenzglas „V“ 2 Tropfen Iodlösung, sodass sich die Lösung gerade nicht mehr entfärbt. (Dieser Ansatz soll dir anzeigen, wann die Stärke „verschwunden“ ist.)
6. Schüttele alle drei Reagenzgläser gut!  
Schüttele sie, während du den Zwischenversuch durchführst, immer mal wieder?

### Zwischenversuch: Nachweis von Glucose und Maltose mit Fehlingscher Lösung

- Fülle in drei Reagenzgläser jeweils 1-2 cm Wasser.
- Gib in ein Reagenzglas eine Spatelspitze Glucose, in ein zweites gib eine Spatelspitze Maltose und schüttele beide, damit sich der Zucker im Wasser löst. Beschrifte die Reagenzgläser.
- Nun gib in alle Reagenzgläser erst einen kräftigen Spritzer von der Fehlingschen Lösung A und dann von Lösung B dazu und stelle sie vorsichtig in das Wasserbad.

#### Beobachtung

#### Ergänze den Merksatz:

Wenn man Fehlingsche Lösung zu einer Glucose- oder Maltoselösung gibt,

7. Nach 5 Minuten sollte die Farbe im Reagenzglas „V“ viel schwächer geworden sein (das bedeutet, dass die Stärke „verschwindet“).
8. Nun gib jeweils einen kräftigen Spritzer von Lösung A und B erst in das Reagenzglas „S“, dann in „K“, und stelle beide vorsichtig in das Becherglas auf der Heizplatte.
9. Beobachte, was geschieht und vergleiche!

#### Beobachtung

Probe	Beobachtung
<b>Vergleich:</b> Stärkesuspension + Iodlösung + Speichel	
<b>Speichel:</b> Stärkesuspension + Speichel	
<b>Kontrolle:</b> Stärkesuspension	

### Erklärung

Was kannst du aus diesem Ergebnis folgern? Aus welchen Bausteinen besteht Stärke?

---

---

---

Name:

Datum:

## Ein starker Kleber?

### Geräte

Heizplatte, Messzylinder, Becherglas, Teelöffel, 2 Glasstäbe, 2 Uhrgläser, Permanentstift

### Materialien

Stärke, Wasser, Speichel, Papier, Stoff, Holz, Kunststoffolie, Metallfolie

### Sicherheitshinweis

Die Heizplatte wird sehr heiß. Verbrennungsgefahr!

### Durchführung

1. Gib 2 gestrichene Teelöffel Stärke in das Becherglas.
2. Miss 25 mL Wasser im Messzylinder ab und gib es zur Stärke.
3. Rühre gut mit dem Spatel um.
4. Erhitze die Mischung unter Rühren auf der Heizplatte bis zum Sieden. Dass das Wasser siedet, erkennst du daran, dass Bläschen aufsteigen.
5. Rühre noch ein paar Minuten weiter, während das Becherglas auf der Heizplatte steht.

### Was kannst du beim Erhitzen beobachten?

6. Verteile die Masse gleichmäßig auf zwei Uhrgläser.
7. Auf das erste Uhrglas gibst einen Spritzer Wasser und verrührst gut.
8. Auf das andere Glas spuckst du ein paar Mal kräftig und verrührst ebenfalls gut.
9. Klebe verschiedene Materialien mit den beiden Stärkemassen. Achte darauf, dass du die beiden Klebersorten nicht verwechselst und beschrifte!
10. Lass die Klebproben vollkommen trocken werden.
11. Überprüfe dann, wie gut der Kleber hält und trage die Ergebnisse in die Tabelle ein.

Material	Stärkekleber mit Wasser	Stärkekleber mit Speichel
Papier		
Holz		
Kunststofffolie		
Metallfolie		
Stoff		

12. Feuchte dann die zusammengeklebten Stücke wieder an und lass sie etwas einweichen.

**Was passiert dann?**

---



---



---

**Erklärung**

---



---



---

Name:

Datum:

## Herstellung einer Folie aus Stärke

### Geräte

Heizplatte, Becherglas 100 mL, Messzylinder 25 mL, Wasserbad, Plastikschüssel, Uhrglas, Glasstab

### Materialien

Kartoffelstärke, Wasser, 50 %ige Glycerin-Lösung, eventuell Lebensmittelfarbe

### Sicherheitshinweis

Die Heizplatte wird sehr heiß. Verbrennungsgefahr!

### Durchführung

1. Vermische 2,5 g Kartoffelstärke in einem Becherglas mit 20 mL Wasser und 2 mL wässriger Glycerinlösung.
2. Koche die Mischung 15 min im Wasserbad. **Rühre regelmäßig um**, damit sich keine Klumpen bilden (besonders wenn die Verkleisterung beginnt!). Decke zwischendurch das Glas mit einem Uhrglas ab.
3. Verstreiche auf dem Boden der umgedrehten Plastikschale die Masse gleichmäßig und **nicht zu dünn**.
4. Lass die ausgestrichene Stärkemasse bei Raumtemperatur über Nacht trocknen (ersatzweise 1 Stunde bei 60 °C im Trockenschrank).
5. Ziehe danach die Folie vorsichtig von der Schüssel ab.

### Beobachtung

Beschreibe deine Beobachtungen und vergleiche die Eigenschaften der selbst hergestellten Folie mit den dir bekannten Kunststofffolien.

---

---

---

### Ergebnis

---

---

---

Name:

Datum:

## Enzymatischer Aufbau von Stärke

### Geräte

Reibe, Plastikschüssel, Sieb, 250 mL-Becherglas, 100 mL-Becherglas, Trichter, Tüpfelplatte, Tropfpipetten, Reagenzglas, Reagenzglasständer, Stoppuhr

### Materialien

Kartoffel, Iodlösung ( $I_2 \cdot KI$ -Lösung in Wasser), Glucose-1-phosphat-Lösung ( $w = 1 \%$ ), Glucose-Lösung ( $w = 1 \%$ ), Filterpapier

### Sicherheitshinweis

Bei allen Experimenten gilt: Im Labor wird nicht gegessen und getrunken!

### Durchführung

1. Reibe die Kartoffel auf der feinen Seite der Reibe in die Plastikschüssel.
2. Lege das Sieb auf das 250 mL-Becherglas und trenne damit die Flüssigkeit von der Kartoffelmasse ab.
3. Der aufgefangene Kartoffelsaft wird durch einen Faltenfilter in das 100 mL-Becherglas filtriert.
4. Prüfe ein paar Tropfen des Kartoffelsafts im Reagenzglas mit Iodlösung auf Stärkefreiheit. Wenn noch Stärke enthalten ist, muss er nochmals filtriert werden.
5. Gib in jede Mulde der Tüpfelplatte mit der Tropfpipette einige Tropfen Kartoffelsaft.
6. Zusätzlich gibst du in die Mulden der ersten Spalte der Tüpfelplatte jeweils einige Tropfen Glucoselösung (siehe Abbildung).
7. In die zweite Spalte der Platte gibst du zusätzlich einige Tropfen Glucose-1-phosphat-Lösung.
8. Die dritte Spalte dient als Vergleich.
9. Dann gibst du in die erste Reihe der Tüpfelplatte je einen Tropfen Iodlösung. Vergleiche!
10. Nach 5 min Wartezeit gibst du in die zweite Reihe je einen Tropfen Iodlösung. Vergleiche wieder!
11. Wiederhole das nach 10 bzw. 15 Minuten mit der dritten bzw. vierten Reihe.
12. Trage deine Beobachtungen in die Tabelle ein.

Spalte	(1) Kartoffelsaft + Glucose	(2) Kartoffelsaft +Glucose-1-P	(3) Kartoffelsaft	
	○	○	○	→ sofort: + Iodlösung
	○	○	○	→ nach 5 Minuten: + Iodlösung
	○	○	○	→ nach 10 Minuten: + Iodlösung
	○	○	○	→ nach 15 Minuten: + Iodlösung

### Beobachtung

	Kartoffelsaft + Glucose	Kartoffelsaft+ Glucose-1-P	Kartoffelsaft
sofort + Iodlösung			
nach 5 Minuten + Iodlösung			
nach 10 Minuten + Iodlösung			
nach 15 Minuten + Iodlösung			

### Ergebnis

---



---



---

Name:

Datum:

## Enzymatischer Aufbau von Stärke

### Geräte

Reibe, Plastikschüssel, Löffel, Sieb, 250 mL-Becherglas, 100 mL-Erlenmeyerkolben, Trichter, Tüpfelplatte, 3 Tropfpipetten, Reagenzglas, Reagenzglasständer, Stoppuhr

### Materialien

Kartoffel, Iodlösung ( $I_2 \cdot KI$ -Lösung in Wasser), Glucose-1-phosphat-Lösung ( $w = 1 \%$ ), Filterpapier

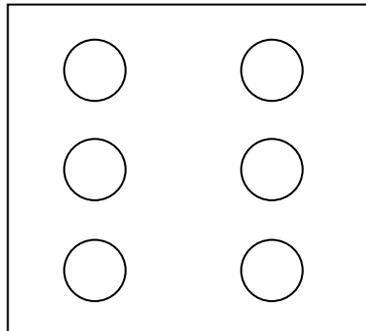
### Sicherheitshinweis

Bei allen Experimenten gilt: Im Labor wird nicht gegessen und getrunken!

### Durchführung

1. Reibe die Kartoffel auf der feinen Seite der Reibe in die Plastikschüssel.
2. Lege das Sieb auf das 250 mL-Becherglas und trenne damit die Flüssigkeit von der Kartoffelmasse ab.
3. Der aufgefangene Kartoffelsaft wird durch einen Faltenfilter in den 100 mL-Erlenmeyerkolben filtriert.
4. Prüfe ein paar Tropfen des Kartoffelsafts im Reagenzglas mit Iodlösung auf Stärkefreiheit. Wenn noch Stärke enthalten ist, muss er nochmals filtriert werden.
5. Gib in jede Mulde der Tüpfelplatte mit der Tropfpipette einige Tropfen Kartoffelsaft.
6. Zusätzlich gibst du in die Mulden der ersten Spalte der Tüpfelplatte jeweils einige Tropfen Glucose-1-phosphat-Lösung (siehe Abbildung).
7. Die zweite Spalte dient als Vergleich.
8. Dann gibst du in die erste Reihe der Tüpfelplatte je einen Tropfen Iodlösung. Vergleiche!
9. Nach 5 min Wartezeit gibst du in die zweite Reihe je einen Tropfen Iodlösung. Vergleiche wieder!
10. Nach 10 Minuten gibst du je einen Tropfen Iodlösung in die dritte Reihe.
11. Trage deine Beobachtungen in die Tabelle ein.

Spalte (1) (2)  
Kartoffelsaft +Glucose-1-P Kartoffelsaft



→ Reihe 1: sofort + Iodlösung

→ Reihe 2: nach 5 Minuten + Iodlösung

→ Reihe 3: nach 10 Minuten + Iodlösung

### Beobachtung

	Kartoffelsaft+ Glucose-1-P	Kartoffelsaft
sofort + Iodlösung		
nach 5 Minuten + Iodlösung		
nach 10 Minuten + Iodlösung		

### Ergebnis

---



---



---

## Lehrerinformation

Bei den Versuchen zum Thema Stärke handelt es sich um einen Komplex, dessen Versuche einzeln oder als Abfolge, zum Teil auch alternativ durchgeführt werden können. Je nach Vertiefung der molekularen Grundlagen sind die Versuche für verschiedene Altersstufen von der Grundschule bis zum Ende der Sekundarstufe I geeignet.

Die SchülerInnen sollen auf Grundlage der vorgestellten Versuchsreihe zum Thema Stärke zu der Erkenntnis gelangen können, dass die molekulare Struktur und makroskopische Eigenschaften in direkten Zusammenhang stehen. Die Vorgänge beim Verkleistern der Stärke werden nicht nur anhand der Änderung der Eigenschaften, sondern soweit möglich auch mikroskopisch verfolgt.

Sie lernen das Bauprinzip der Stärke und ihren Baustein Glucose sowie die entsprechenden chemischen Nachweise dafür kennen.

Dass Stärke nicht nur eine wichtige Rolle in der Ernährung sondern auch als technischer Rohstoff spielt, wird in den Versuchen zum Stärkekleber und bei der Herstellung einer Stärkefolie deutlich. Die speziellen Eigenschaften wie Film- und Folienbildung, die aufgrund ihrer Molekülgröße nur Polymere aufweisen, kommen hier voll zur Geltung.

Die Versuche bieten außerdem die Möglichkeit, nicht nur den enzymatischen Abbau von Stärke, wie er täglich in unserem Organismus stattfindet, nachzuvollziehen, sondern auch die enzymatische Stärkesynthese, wie sie nur der grünen Pflanzenzelle möglich ist, nachzuvollziehen.

## Zu den Versuchen

### 1 Wie sieht Stärke genau aus?

Stärke liegt in den Pflanzenzellen als Speicherstoff geballt in sogenannten Stärkekörnern vor. Die beiden Komponenten Amylose und Amylopektin sind in den Stärkekörnern kunstvoll angeordnet. Aber Stärke ist nicht gleich Stärke. Je nach Herkunft der Stärke tritt sie in unterschiedlichen Formen auf, die unter dem Mikroskop gut erkennbar und unterscheidbar sind.

### Erklärung zum Versuch „Wie sieht Stärke genau aus?“

Unter dem Mikroskop kann man besonders bei Kartoffelstärke schön die Schichtung der Wachstumsringe erkennen. Die Körner sind sehr unterschiedlich groß, sie erinnern in ihrer Form tatsächlich an Kartoffeln. Maisstärkekörner dagegen sind gleichmäßig klein und eher eckig (Abb. 1).

Wenn Stärke in wässriger Lösung aufgeköcht wird, verkleistert sie. In der verkleisterten Stärke sind viele aufgeplatzte Stärkekörner zu finden.

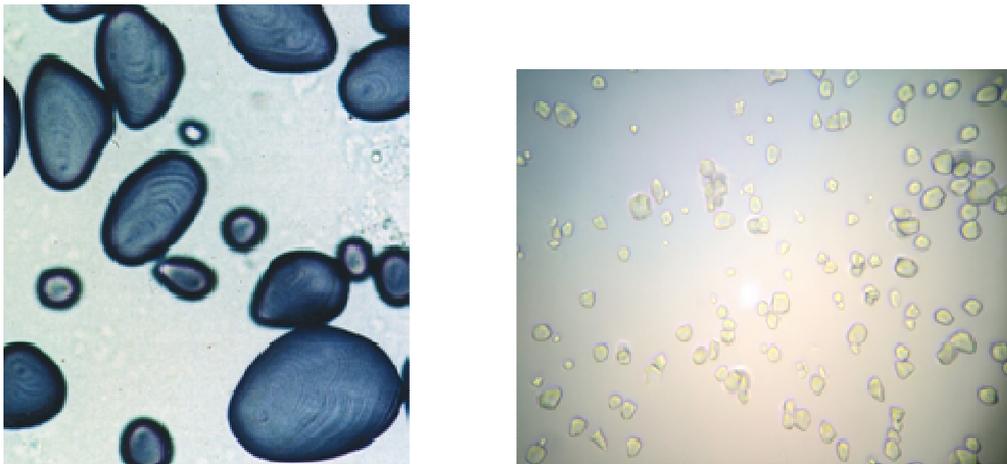


Abb. 1: links Kartoffelstärke, rechts Maisstärke

## 2 Vorversuch: Nachweis von Stärke mit Iod

Stärke besteht zu ca. 70-80 % aus Amylopektin und zu 20-30 % aus Amylose, welche als lange spiralförmige Kette vorliegt. In den Hohlraum dieser Spirale können verschiedene Stoffe eingelagert werden, sie müssen nur die richtige Passform haben. Bei dem Nachweis von Stärke durch Iodlösung bildet die Stärke mit dem Iod eine Einschlussverbindung (die Iodmoleküle legen sich ins Innere der Kette), was eine starke Blaufärbung zur Folge hat [2]. Die Iodatome (Symbol für Iod = I) fassen sich dabei sozusagen an den „Händen“ und bilden eine lange Kette im Amylosetunnel (Abb. 2). Dadurch werden sie so leicht erregbar, dass sie aus dem weißen Sonnenlicht die orange Farbe schlucken (absorbieren) und für unser Auge blauviolett erscheinen (das ist der gemischte Rest aus dem Regenbogenspektrum des Sonnenlichts, der ohne die Orange-Anteile noch übrig bleibt). Die Iodlösung selbst ist braun.

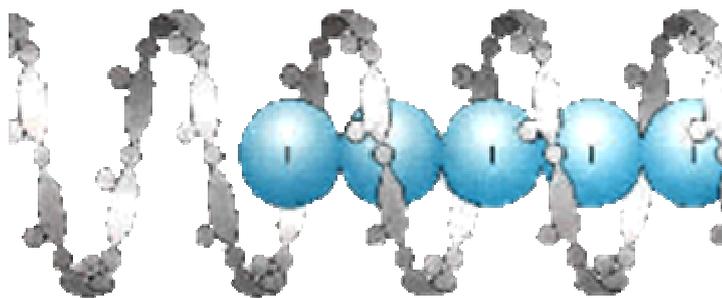


Abb. 2: Einschlussverbindung von Iod in Amylose

### Erklärung zum Vorversuch „Nachweis von Stärke mit Iod“?

Dieser Versuch wird durchgeführt, damit die SchülerInnen den chemischen Nachweis für Stärke zunächst kennenlernen können, bevor sie ihn in den folgenden Versuchen anwenden.

Wenn wir die Iodlösung direkt auf die Lebensmittel tropfen, sieht der Fleck bei positiver Reaktion fast schwarz aus. Schüttelt man Stärke direkt mit Wasser zu einer Suspension

auf, kann man nach Zugabe von Iodlösung feine blau-schwarze Punkte erkennen. In heißem Wasser platzen die Stärkekörner teilweise auf, und ein Teil der Stärke geht in Lösung (der Anteil ist je nach Herkunft der Stärke unterschiedlich hoch, gut geeignet ist Kartoffelstärke). Wenn diese Stärkesuspension mit Iodlösung versetzt und gegebenenfalls mit Wasser verdünnt wird, ist die blauviolette Farbe gut zu erkennen.

Fazit: Die Amylose macht also, dass das braune Iod dunkelblau aussieht.

### 3 Abbau von Stärke mit Speichel / Abbau von Stärke mit Speichel oder Säure

In diesen Versuchen, die alternativ je nach Zeit und Klassenstufe durchgeführt werden, wird gezeigt, dass Stärke durch Speichel abgebaut wird, aber unter diesen milden Bedingungen nicht durch (Magen-) säure. Für Grundschüler empfiehlt sich das Malen mit Speichel und ggf. Säure auf der Stärke-Agarmischung. Es ist relativ einfach durchführbar und das Ergebnis wird bildhaft erfasst. Das mit Speichel gemalte Bild ist nach dem Bestreichen mit Iodlösung gut zu erkennen, während das mit Salzsäure gemalte Bild nicht zu erkennen ist (Abb. 3).

Weiter oben wurde schon erwähnt, dass unser Speichel ein Enzym enthält, das die Stärkekette in ihre Bausteine zerlegt (hydrolysiert). Dieses Enzym heißt Amylase. Die Kohlenhydratverdauung beginnt also bereits im Mund mit der Produktion der Amylase im Speichel. Diese spaltet die Stärke in der Nahrung zunächst nur partiell zu kürzeren Oligosacchariden, Maltotriose und Maltose (Malzzucker), deswegen schmeckt Brot nach längerer Verweilzeit im Mund süßlich. Dieser Versuch kann zur Einführung in das Thema vorab mit den Schülern durchgeführt werden. Am besten eignet sich ein Brot, das wenig gesalzen ist, da der Salzgeschmack ansonsten überwiegt.

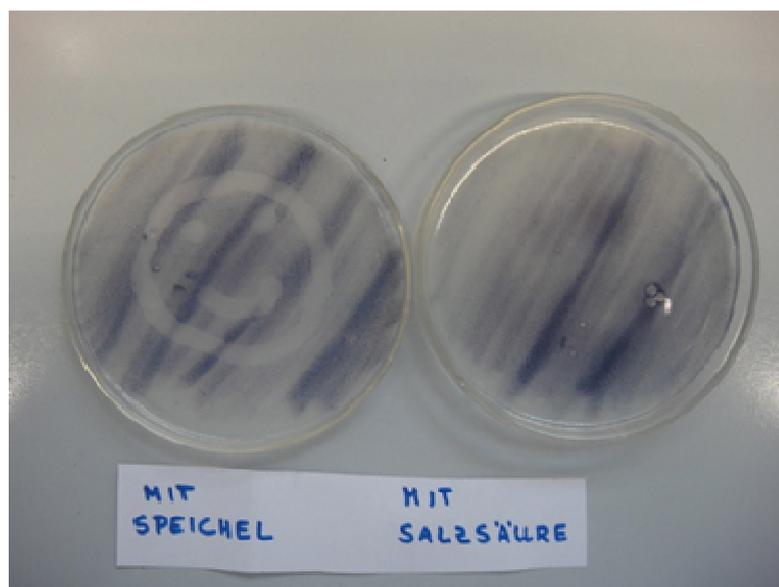


Abb. 2: Agar-Stärkemischung links mit Speichel und rechts mit Salzsäure bemalt und anschließend mit Iodlösung bestrichen

## Erklärung zum Versuch „Abbau von Stärke mit Speichel / Abbau von Stärke mit Speichel oder Säure“

Stärke wird bekanntlich mit dem Iod-Test nachgewiesen. Dabei färbt Iodlösung die Stärke intensiv blau. In dem Maße, wie die Stärke durch im Speichel enthaltene Amylase abgebaut wird, nimmt auch die Blaufärbung ab. Bei ausreichend langer Reaktionszeit verschwindet sie sogar vollständig.

Versetzt man dagegen die Stärke mit Säure, ist keine Veränderung zu beobachten. Die Säure vermag die Stärkemoleküle bei Raumtemperatur und der kurzen Einwirkzeit nicht merklich zu spalten.

### 4 Was macht der Speichel aus der Stärke?

In höheren Klassen sollte anstelle von 3 dieser Versuch durchgeführt werden, daran kann sich auch der Nachweis der gebildeten Oligosaccharide anschließen.

Der erste Teil des Versuchs zielt auf den Nachweis des Verschwindens der Stärke. Der Versuch wird in Reagenzgläsern durchgeführt, wie es sich für höhere Klassen anbietet, er entspricht aber inhaltlich den Versuchen unter 3. Das dort gesagte gilt hier ebenfalls.

Der zweite Teil des Versuches zielt auf den Nachweis der beim fortgeschrittenen Stärkeabbau freigesetzten Bausteine. Die Ergebnisse der beiden Nachweisversuche ergänzen sich. Auch hier kann das Zerkauen von Brot als Vorversuch zur Einführung in das Thema durchgeführt werden.

### Erklärung zum Versuch „Was macht der Speichel aus der Stärke?“

Durch den Speichel wird die Stärke bis hin zu reduzierend wirkenden Bausteinen aus zwei oder drei Glucoseeinheiten abgebaut, die sich im zweiten Teil durch Fehling-Reagenz (orange-rote Färbung) nachweisen lassen (genauere Erläuterung siehe unten). Je nach Versuchsverlauf ist die Rotfärbung manchmal nur schwach oder es bildet sich ein feiner roter Niederschlag, sodass man genau beobachten muss. Es wird nachgewiesen, dass die Stärke aus Zuckerbausteinen aufgebaut ist. Bei der Stärkesuspension ohne Speichel gelingt der Nachweis nicht, die Lösung bleibt bläulich gefärbt, die charakteristische Rotfärbung des Fehling-Reagenz tritt nicht auf.

### Erklärung zum Versuch „Nachweis von Glucose mit Fehlingscher Lösung“

Diese Nachweisreaktion lernen die Schüler zunächst in einem Vorversuch kennen. Es handelt sich um einen klassischen Nachweis von reduzierenden Zuckern, benannt nach dem Stuttgarter Chemieprofessor Hermann von Fehling. „Reduzierend“ meint hier eine bestimmte chemische Eigenschaft, die typisch ist für die viele Kohlenhydrate, allerdings nicht für Polysaccharide.

Die Reaktion beinhaltet eine Redoxreaktion. Kupfersalze, die im Alkalischen eine schöne tiefblaue Lösung bilden, dienen als Reaktionspartner der Zucker. In dieser sogenannten Fehlingschen Lösung reduziert die Glucose beim Erhitzen die blauen Kupferionen ( $\text{Cu}^{2+}$ -Ionen) zu solchen ( $\text{Cu}^+$ -Ionen), die nicht mehr löslich sind und einen orange-roten Niederschlag von Kupfer(I)oxid ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) bilden (Abb. 4). Die Glucose selbst wird zur Carbonsäure oxidiert.



Fazit: Ein oranger bzw. roter Niederschlag ist also ein Nachweis von Zucker, genauer gesagt von reduzierenden Zuckern, also allen Monosacchariden und vielen Disacchariden. (Saccharose reagiert nicht, weil sich Glucose und Fructose durch ihre Verknüpfung gegenseitig daran hindern. Wenn man die Saccharose mit Säure erwärmt, bekommt man die beiden Bausteine, die den Nachweis geben. Die meisten Disaccharide sind so verknüpft sind, dass ein reduzierendes Ende frei ist. Dieses reagiert ebenfalls direkt mit Fehling, ebenso wie bei Trisacchariden usw. Dies wird in dem Versuch zum Stärkeabbau ausgenutzt, da hier Maltose und Maltotriose gebildet werden.

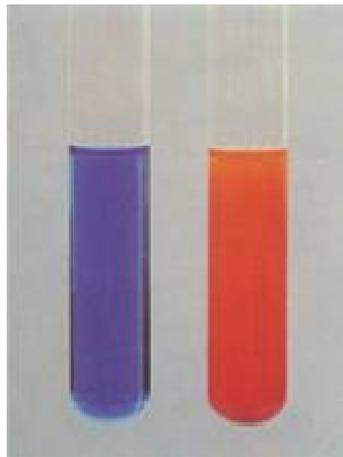


Abb.4: Fehlingprobe, links negativ, rechts positiv

Spezialwissen: Die Fehlingsche Probe nutzt die Reaktivität der Aldehyde gegenüber den in alkalischer Lösung schwach oxidierend wirkenden  $\text{Cu}^{2+}$ -Ionen. Neben den Kupferionen enthält die Fehlingsche Lösung Tartrationen als Komplexbildner, durch welche die Kupferionen in Lösung gehalten werden. Ohne Tartrationen würde sich in alkalischer Lösung ein Niederschlag von  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  bilden. Die Tartrationen vermögen mit den  $\text{Cu}^+$ -Ionen keinen Komplex zu bilden, so dass die Reduktion von  $\text{Cu}^{2+}$  zu  $\text{Cu}^+$  durch reduzierende Zucker zur Bildung eines roten Niederschlags von  $\text{Cu}_2\text{O}$  führt.

## 5 Ein starker Kleber?

Dass Stärke nicht nur ein Lebensmittel ist, sondern auch technisch verwendet werden kann, zeigen die nächsten beiden Versuche. Stärke ist nicht nur als Kohlenhydratquelle für den menschlichen Körper von Bedeutung, sondern Stärke und ihre Derivate können vielfältig eingesetzt werden, so z. B. in der Papierindustrie (konkretes Beispiel: bei den im Labor verwendeten Einmalpapierhandtüchern fällt der Stärkenachweis positiv aus).

Die Klebewirkung eines Klebers beruht auf einem Zusammenspiel von Adhäsion und Kohäsion. Adhäsion nennt man die Kraft, die zwei verschiedene Stoffe zusammenhält. Kohäsion ist die Kraft, die für den inneren Zusammenhalt eines Stoffes verantwortlich ist. Ein guter Kleber zeigt starke Adhäsion und schwache Kohäsion beim Auftragen, d.h. er lässt sich gut auftragen, weil er auf den zu klebenden Komponenten gut haftet und ist leicht verteilbar. Beim Aushärten bilden sich dann starke Kohäsionskräfte, die innere Festigkeit wächst (Abb. 5).

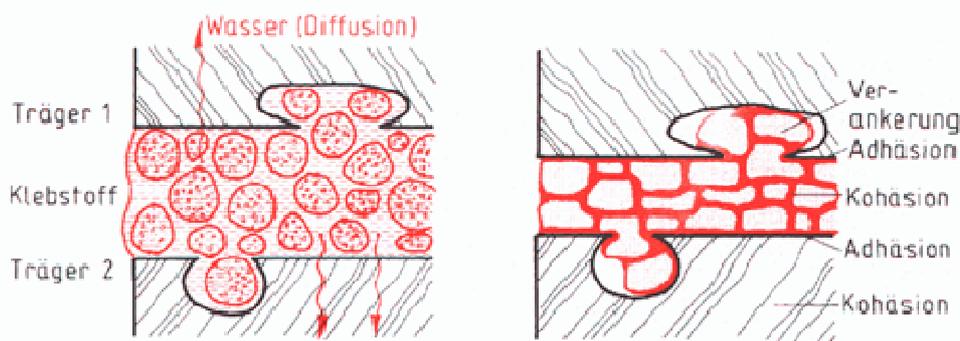


Abb.5: Wirkung von Adhäsions- und Kohäsionskräften beim Kleben [6]

### Erklärung zum Versuch „Ein starker Kleber?“

Aus Stärke kann man einen traditionellen Kleber herstellen, der besonders zum Kleben von Papier geeignet ist. In Wasser aufgeschwemmt und erhitzt, quillt die Stärke auf, d.h. lagert Wasser ein, und bildet je nach eingesetzter Menge eine mehr oder weniger feste Masse. Zwischen Papier gestrichen und getrocknet bildet sie eine Verbindungsschicht, die nur durch zumindest oberflächliches Zerreißen des Papiers wieder zu trennen ist.

Wird das Papier angefeuchtet, nimmt auch die Stärke wieder Wasser auf und die Papierstreifen lassen sich leicht voneinander lösen. Dieser Effekt ist auch vom Ablösen alter Tapeten bekannt, die sich nach dem Anfeuchten deutlich besser ablösen lassen. Der Tapetenkleister wird allerdings inzwischen meist aus Cellulosederivaten hergestellt, einem der Stärke verwandten natürlichen Makromolekül.

Wird der fertige Kleber dagegen mit Speichel verrührt, verliert er seine Fähigkeit zu kleben. Ursache dafür ist der Abbau von Stärke durch die im Speichel enthaltene Amylase (siehe 3.3). Vorgänge auf molekularer Ebene lassen sich so ganz einfach makroskopisch erkennen.

Besonders interessant ist die Herstellung des Kleisters, wenn man zuvor die Kartoffelstärke selbst gewinnt. Zum Vergleich kann der Kleister auch aus Maisstärke hergestellt werden. Im Gegensatz zum Kleister aus Kartoffelstärke, der durchsichtig erscheint, ist der Kleister aus Maisstärke weißlich. Nach einigen Tagen setzt sich etwas Wasser ab, so dass er nur kurze Zeit verwendet werden kann.

## 6 Herstellung einer Folie aus Stärke

Auch bei diesem Versuch wird Stärke als technischer Werkstoff eingesetzt. Es soll eine Folie hergestellt werden, die nicht aus Kunststoff, sondern aus Stärke besteht. Im Gegensatz zu Kunststoff ist Stärke ein natürlicher und nachwachsender Rohstoff, der die Umwelt nicht belastet und vollständig biologisch abbaubar ist. Mittlerweile gibt es auf manchen Veranstaltungen auch Einweggeschirr, das aus Stärke hergestellt ist.

### Erklärung zum Versuch „Herstellung einer Folie aus Stärke“

Für die Herstellung von „Stärkefolien“ ist eine Eigenschaft der Stärke von besonderem Interesse: Stärke in wässrigen Lösungen bildet beim Eintrocknen leicht Filme. Zwar sind

diese Filme ziemlich spröde, aber man kann dies durch den Einsatz sogenannter Weichmacher (z.B. Glycerin) ausgleichen. Das Glycerin schiebt sich zwischen die Stärke und verhindert, dass sich brüchige Stärkekristalle bilden. Zusätzlich ist Glycerin wasseranziehend (hygroskopisch) und verhindert so das völlige Austrocknen der Stärkefolie und hält sie geschmeidig (Abb. 6). Stärkespezialfolien werden z.B. auch für Overheadfolien verwendet.



Abb.6: Stärkefolie

**Hinweis zum Versuch:** wenn mehrere Schüler zusammenarbeiten, bietet sich an, einen größeren Ansatz zu machen, so dass mehr Folie hergestellt werden kann. Es besteht auch die Möglichkeit, Lebensmittelfarbstoffe bei der Herstellung zuzugeben, um so die Folie einzufärben. Beim Gießen Blasenbildung vermeiden.

## 7 Enzymatischer Aufbau von Stärke aus Glucose

Bei der in den Zellen grüner Pflanzen ablaufenden Photosynthese wird Glucose gebildet. Würde bei hoher Photosyntheseaktivität die Konzentration an Glucose zu groß werden, würde sich der osmotische Druck im Zellsaft stark erhöhen. Damit wären die Zellfunktion und damit der Stoffwechsel der Pflanze gestört. Um dies zu vermeiden, wird die gebildete Glucose „weiterverarbeitet“. So wird allein durch Bildung des Disaccharids Saccharose aus Glucose und Fructose der osmotische Wert halbiert.

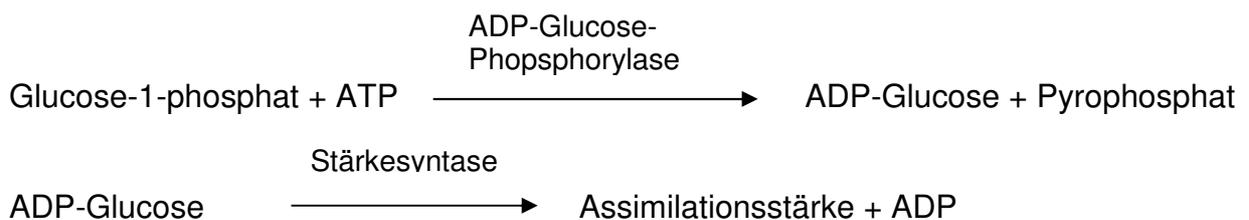
In der Lichtphase wird in den Blättern aus Glucose die unlösliche und deshalb osmotisch unwirksame Assimilationsstärke aufgebaut und in Form kleiner Körner in den Chloroplasten gespeichert. In der Dunkelphase wird diese Stärke abgebaut und das dabei frei werdende Glucosephosphat zur Saccharosebildung verwendet.

### Erklärung zum Versuch „Enzymatischer Aufbau von Stärke aus Glucose“

Der physiologische Prozess der Stärkesynthese kann im Labor mit den dafür erforderlichen Enzymen nachvollzogen werden. Die Enzyme ADP-Glucose-Pyrophosphorylase und Stärkesynthase können aus dem Zellsaft einer Kartoffel gewonnen werden. Für den

Versuch müssen sie nicht aus dem Kartoffelpresssaft isoliert werden, es reicht aus, wenn der Zellsaft frisch hergestellt wird. Allerdings muss er stärkefrei sein, um die erfolgreiche Synthese nachweisen zu können. Dies überprüfen die Schüler vor dem Einsatz mit Iodlösung.

Die Synthese von Stärke kann jedoch nicht direkt aus Glucose erfolgen, da dieser Prozess Energie benötigt. Der Versuch zeigt, dass als Ausgangsstoff zur Stärkesynthese nur aktivierte Glucose, d.h. Glucose-1-phosphat geeignet ist und nicht Glucose. Der schnelle Verlauf der Stärkesynthese ist im Versuchsverlauf gut nachvollziehbar. Nur mit Glucose-1-Phosphat wird Stärke aufgebaut, wie die im Versuchsverlauf intensiver werdende Blaufärbung zeigt (Abb. 7).



Die Reaktion läuft zweistufig, indem im ersten Schritt eine Phosphorylase die aktivierte Glucose in ADP-Glucose umsetzt, aus welcher dann im zweiten Schritt durch Stärkesynthese die Stärke aufgebaut wird.

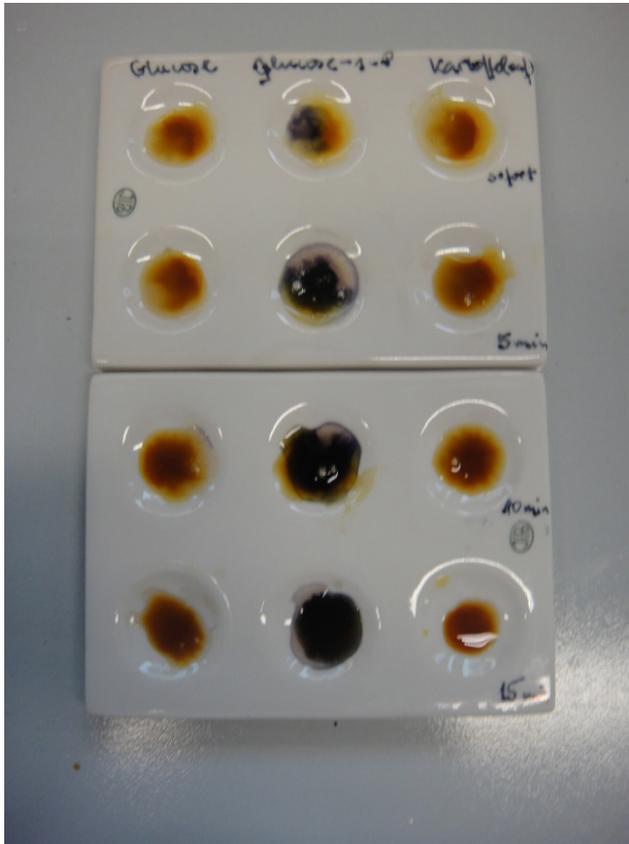
Kartoffelsaft + Glucose	Kartoffelsaft + Glucose-1 -phosphat	Kartoffelsaft pur	
			<p>sofort: Zugabe von Iodlösung</p>
			<p>nach 5 Minuten: Zugabe von Iodlösung</p>
			<p>nach 10 Minuten: Zugabe von Iodlösung</p>
			<p>nach 15 Minuten: Zuga- be von Iodlösung</p>

Abb. 7: Stärkesynthese in Kartoffelsaft

Bei Schulklassen, die noch keine Vorkenntnisse in Stoffwechselfysiologie haben und ATP bzw. aktivierte Glucose nicht kennen, kann der parallele Einsatz von Glucose und Glucose-1-phosphat zu Verständnisschwierigkeiten führen. Dann sollte der Versuch in vereinfachter Form durchgeführt werden. In diesem Fall empfiehlt sich, nur Glucose-1-phosphat einzusetzen und die Reaktion mit dem Kartoffelsaft zu vergleichen.