



IJSO 2021 – Oh Schreck, ein Fleck!

Begleitheft für Betreuende

Zusammengestellt von

Dr. Stephanie Schmidt-Gattung

PD Dr. Heide Peters

IPN — Leibniz-Institut für die Pädagogik der
Naturwissenschaften und Mathematik

Hinweis

Die Zusammenstellung im Begleitheft versteht sich nicht als eigenständiger Autorenbeitrag.

Um Ihnen den Einstieg in die Themen der einzelnen Versuche zu erleichtern, wurde hier ein Zusammenschnitt von Rechercheergebnissen erstellt. Dabei beginnen die Kapitel zu den einzelnen Versuchen jeweils mit Informationen, die für betreuende Lehrkräfte hilfreich sind. Zu jedem Versuch gibt es dann aber weiterführende Informationen, Ideen für weitere Versuche, oder eine weiterführende Beschäftigung mit dem Thema, auch über die Grenzen des Naturwissenschaftlichen Unterrichts hinaus.

Einige Textanteile sind, nur geringfügig umformuliert, aus verschiedenen im Verzeichnis angegebenen Quellen übernommen worden.

Die Begleitmaterialien werden Ihnen zum persönlichen Gebrauch im Rahmen der Wettbewerbsbetreuung in der Internationalen JuniorScienceOlympiade zur Verfügung gestellt.

Hinweis: Alle im Text angegebenen Links wurden am 30.10.2020 auf ihre Aktualität geprüft.

Inhalte

Teil A	Förderkonzepte und Tipps zur Wettbewerbsarbeit	05
A0	Allgemeine Hinweise für Wettbewerbsbetreuende	05
A0.1	MINT-Schülerwettbewerbe – den Einstieg leicht gemacht	06
A0.2	Wettbewerbsarbeit in der IJSO	08
Teil B	Betreuung der Experimente	10
B0	Einführung – Beschaffung der Materialien	10
B0.1	Lernziele	10
B0.2	Beschaffung der Materialien	11
B1	Experiment 1 – Den Flecken auf der Spur	12
B1.1	Praktische Hinweise zur Durchführung Wie kommt der Fleck auf den Stoff? Warum sollte man Handschuhe tragen? Worauf sollte beim Waschen geachtet werden?	12
B1.2	Hintergrundwissen Waschmittel ist nicht gleich Waschmittel Fleck ist nicht gleich Fleck	13
B1.3	Vertiefung - Wer mehr wissen will Tenside, Enzyme, Bleiche und was noch? Asche, Urin und Seifenbaum - Zur Geschichte des Waschens Aus der Waschmaschine ins Abwasser und dann?	14
B2	Experimente 2 und 3 – Bioaktiv, Biologische Helfer	18
B2.1	Praktische Hinweise zur Durchführung Aufgepasst beim Schneiden des Obstes Das Zubereiten der Gelatine	18
B2.2	Hintergrundwissen Die Welt der Enzyme Gelatine oder was haben Schweine mit Gummibärchen zu tun?	19
B2.3	Vertiefung - Wer mehr wissen will Gestatten, <i>Actinididia deliciosa</i> !	21
B3	Experiment 4 – Staubfänger	22
B3.1	Praktische Hinweise zur Durchführung Wie baue ich das Elektroskop? Worauf sollte ich beim Messen achten?	22
B3.2	Hintergrundwissen Was ist statische Elektrizität? Wie funktioniert ein Elektroskop? Was ist Influenz?	23
B3.3	Vertiefung - Wer mehr wissen will Statische Elektrizität ist doch harmlos, oder? Potzblitz!	25

Teil C		Arbeitsblätter – Experimente	27
C1	Echt bitter!		28
C2	Wirkung von Tensiden – Rote Bete		30
C3	Cellulase in Waschmitteln		32
C4	Tenside als Emulgatoren		34
Teil D		Forscherfragen und Projektarbeit	36
D0	Vorschläge für Projektthemen und weiterführende Untersuchungen		36
	D0.1 Recherche		36
	D0.2 Kommunikation und Wertung		37
	D0.3 Optimierung der Versuchsanordnung und weitere Experimente		37
Teil E		Quellennachweis	38
E0	Literatur		38
E1	Linksammlung		38
E2	Bildnachweis		39
Anhang		Aufgabenblatt 2021	

A0 Allgemeine Hinweise für Wettbewerbsbetreuende

Eine Wettbewerbsteilnahme ist eine Chance für alle, für die Teilnehmenden, neue Felder zu entdecken und mit den Herausforderungen und Erfolgen zu wachsen, für die Betreuenden, ihre Schülerinnen und Schüler in diesem Prozess begleiten zu dürfen und Anregungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht zu bekommen. Und diese Chance sollte jedem offenstehen, auch wenn einige im Verlauf feststellen, dass sie kein Interesse an einer weiteren Teilnahme haben. Zumindest fußt eine solche Entscheidung auf einer konkreten Erfahrung und hat damit ihren eigenen Wert, wenn es darum geht sich zu orientieren und die eigenen Stärken und Vorlieben zu entdecken.

Aus diesem Grund plädieren wir immer dafür, eine Wettbewerbsteilnahme in der IJSO mit der ganzen Klasse oder einem Kurs durchzuführen und für ein nachhaltiges Förderkonzept möglichst früh mit der Wettbewerbsarbeit zu beginnen. Forschung heute wird in Teams geleistet. Auch deshalb zählen in der IJSO nicht nur Einzelleistungen, sondern es gibt Gelegenheit zur Teamarbeit.

Das betrifft auch die Betreuungsarbeit. Suchen Sie sich Kolleginnen und Kollegen aus Biologie, Chemie oder Physik und regen eine gemeinsame Wettbewerbsarbeit an. Sorgen Sie dafür, dass der Wettbewerb einen festen Ort an Ihrer Schule und im Curriculum findet. Dann werden automatisch die Kolleginnen und Kollegen, die in diesem Jahrgang unterrichten, in die Pflicht genommen und die Lasten verteilen sich auf mehrere Schultern. Sind Sie stärker an einer systematischen Implementierung der Wettbewerbsarbeit in Unterricht und Schule interessiert, informieren Sie sich doch auf unserer Website zur Initiative "NaWigator in der IJSO".

Als Aufgabenwettbewerb sind die Antwortformate, auch aus Gründen der Bewertung, eher geschlossen. Dennoch ist ein zentrales Element in der IJSO forschendes Lernen, verbunden mit dem Anliegen mit unseren Aufgaben dazu zu inspirieren, eigene Fragen zu stellen, weiter zu recherchieren und ggf. in eigenen Projekten zu verfolgen und zu vertiefen. Genau deshalb haben wir erstmals in diesem Wettbewerbsjahr mit der Aufgabe 5 „Noch Fragen offen?“ die Teilnehmenden explizit aufgefordert, zwei aus der Bearbeitung der Wettbewerbsaufgaben der ersten Runde resultierende „Forschungsfragen“ zu formulieren. Dieser Weg erfordert ein hohes Maß an selbstständigem Arbeiten, aber auch den Schritt zur Kommunikation mit Expert*innen. Unser Angebot versteht sich damit auch als Türöffner auf dem Weg zur Vernetzung mit anderen Förder- und Lernangeboten im MINT-Bereich.

Das vorliegende Begleitheft für Betreuende soll Sie in Ihrer Wettbewerbsarbeit unterstützen. Betreuen Sie erstmals in einem Schülerwettbewerb finden Sie in *Teil A* eine Reihe praktischer Tipps zum Einstieg, insbesondere auch zu Förderstrategien und Einbindung der Wettbewerbsarbeit in den Unterricht. Wettbewerbs-erfahrene können diesen Teil überspringen und finden in *Teil B* zunächst zu jedem Experiment Hinweise zur Beschaffung von Materialien und zur Durchführung. Dann folgen Abschnitte mit Hintergrundwissen und Anregungen zur Vertiefung, für diejenigen, deren Wissensdurst noch nicht gestillt ist. In *Teil C* gibt es Arbeitsblätter zu weiterführenden Experimenten und in *Teil D* Anregungen zu Forscherfragen und Projektarbeiten.

A0.1 MINT-Schülerwettbewerbe – den Einstieg leicht gemacht

Das Angebot an Schülerwettbewerben in den Naturwissenschaften ist bunt und vielfältig, eine didaktische Nische für Nachwuchsförderung und berufliche Orientierung. Wie aber entscheide ich mich als Lehrkraft für den geeigneten Wettbewerb?

Bevor Sie die Büchse der Pandora öffnen, widmen Sie sich der Frage, was Sie mit einer Wettbewerbsteilnahme erreichen wollen: Für Abwechslung im Unterricht sorgen? Für Naturwissenschaften interessieren und begeistern? Schülerinnen und Schüler mit Potenzial fördern? Reizt das sportliche Kräftemessen oder geht es um fachliche Expertise und forschendes Lernen? Soll der Klassenverband durch Teamarbeit gestärkt werden? Je präziser Sie Ihr Förderkonzept fassen können, umso leichter wird Ihnen später die Auswahl fallen.

Wie entscheide ich mich für einen Wettbewerb?

Sichten Sie das Portal des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Stichwort „Jugendwettbewerbe“ und recherchieren Sie unter „Begabtenförderung“ oder „Schülerwettbewerbe“ auf den Bildungsservern der Länder. Suchen Sie im Begabungslotsen oder beim „Deutschen Bildungsserver“. Die Arbeitsgemeinschaft bundesweiter Schülerwettbewerbe hat Qualitätsstandards entwickelt, zu deren Einhaltung sich ihre Mitglieds Wettbewerbe verpflichten. Die KMK hat „Qualitätskriterien für Schülerwettbewerbe“ beschlossen und führt eine Liste von Wettbewerben, die sie als empfehlenswert einstuft. Prüfen Sie die Passung Ihres Förderkonzepts mit dem Profil des Wettbewerbs. Checken Sie, ob das Wettbewerbsangebot die Qualitätskriterien erfüllt. Welche Leistungen verlangt der Wettbewerb den Jugendlichen, aber auch Ihnen ab? Stehen Wettbewerbsfristen in Konflikt mit wichtigen schulischen Terminen? Schätzen Sie Betreuungsaufwand und benötigte Ressourcen realistisch ab. Entscheiden Sie sich für den Wettbewerb, der Sie persönlich begeistert. Dann ist die Chance groß, dass der Funke auf die Beteiligten überspringen wird.

Wie werbe ich für eine Teilnahme?

Die Initiative liegt bei Ihnen, nur plakatieren reicht nicht. Stellen Sie den Wettbewerb im Unterricht vor, oder noch besser, lassen Sie Wettbewerbsteilnehmende von ihren Erfahrungen berichten. Teilen Sie in einem Elternbrief mit, dass Sie das Kind mit einem Zusatzangebot fördern möchten. Berichten Sie beim Elternabend. Führen Sie auf der Homepage der Schule eine Rubrik mit allgemeinen Informationen zu Wettbewerbsangeboten ein. Informieren Sie regelmäßig über aktuelle Teilnahmen und Wettbewerbs-erfolge.

Beginnen Sie früh mit der Wettbewerbsarbeit. Bahnen Sie Wettbewerbsteilnahmen an, indem Sie Wettbewerbsaufgaben aus den Vorjahren in Ihr Unterrichtsangebot aufnehmen. Grundschul Kinder, die an die weiterführende Schule wechseln, sind begeisterungsfähig. Nutzen Sie diesen Elan im Sinne einer nachhaltigen Förderung. Stimmen Sie die Kinder und Jugendlichen vor Beginn auf erfüllbare Erwartungen ein. Vermitteln Sie, dass Durchhalten und Einreichen einer Ausarbeitung zählen und für sich genommen, schon ein großartiger Erfolg sind.

Wie unterstütze ich?

Beschränken Sie sich auf Hilfe zur Selbsthilfe. Für eine positive Attribuierung ihrer Erfolge sollten Teilnehmende sich als autonom und selbstwirksam erleben. Einige Wettbewerbe bieten Materialien für Wettbewerbsbetreuende oder auch eigens Fortbildungen an.

Wettbewerbe verlangen häufig ein Engagement über Wochen, manchmal Monate. Unterstützen Sie Ihre Teilnehmenden, indem Sie den Zeitraum mit Etappenzielen strukturieren. Bekunden Sie Interesse am Fortgang der Arbeit und fordern Sie ein, dass Ergebnisse unmittelbar notiert und „zu Papier gebracht“ werden.

Wettbewerbsarbeit im Unterricht?

Entlasten Sie sich und die Teilnehmenden, indem Sie Wettbewerbsteilnahmen zum festen Bestandteil von Unterricht und schulischem Leben machen. Lassen Sie Experimente im Fachunterricht durchführen, geben Sie Recherche und Dokumentation portioniert als Hausaufgabe. Öffnen Sie im Nachmittagsangebot Räume für Wettbewerbsarbeit in Kleingruppen. Definieren Sie Teile des Wettbewerbs als verbindliche Unterrichtsleistung, die in die Note eingeht. Wer mehr will, kann mehr tun. Wettbewerbs-erfolge können mit einem Zeugniseintrag gewürdigt werden. Vernetzen Sie sich im Kollegium und bauen Sie ein nachhaltiges Wettbewerbskonzept über alle Klassenstufen auf.

Tipps für den Anfang

Beginnen Sie mit einer kleinen Schülergruppe. Hängen Sie die Erwartungen nicht zu hoch. Alle müssen sich erst mit den Abläufen vertraut machen. Binden Sie erfahrene Schülerinnen und Schüler und ehemalige Teilnehmende in die Betreuung ein. Evaluieren Sie die Arbeit und stecken Sie neue Ziele – und geben Sie jedem Wettbewerb, bevor Sie ihn abschreiben, mindestens eine zweite Chance!

Wie wähle ich einen geeigneten Wettbewerb aus?

1. Klären Sie zunächst eigene Ziele/ Förderkonzepte, die Sie mit einer Wettbewerbsteilnahme verfolgen.
2. Verschaffen Sie sich einen Überblick über Wettbewerbsangebote und prüfen Sie die Qualität.
3. Sortieren Sie einmalige Wettbewerbsangebote aus. Sie eignen sich in der Regel nicht für den Aufbau eines nachhaltigen Förderkonzepts.
4. Treffen Sie eine Vorauswahl und fragen Sie im Kollegenkreis nach, wo es bereits Erfahrungen mit den ausgewählten Wettbewerben gibt.
5. Informieren Sie sich auf der Webseite des Organisations, wie die Passung zwischen dem Wettbewerbsprofil und Ihren Förderzielen ist. Wenden Sie sich mit Fragen ggf. direkt an die Wettbewerbsorganisatoren.
6. Verschaffen Sie sich einen Überblick, was von den Teilnehmenden und von Ihnen an Leistungen erwartet wird und treffen Sie anschließend Ihre Wahl.

Quelle [nach H. Peters & B. Sieve (2013): Fordern und Fördern mit Wettbewerben. NiU Chemie, 136, 24, S. 8.]

Qualitätskriterien Schülerwettbewerbe

Gute Schülerwettbewerbe

- fördern die persönliche Entwicklung der Schülerinnen und Schüler
- unterstützen besondere Begabungen
- motivieren Schülerinnen und Schüler, aber auch Lehrkräfte zu zusätzlichem Engagement
- beinhalten Unterstützungssysteme für die Teilnehmenden
- weisen ein pädagogisch und wissenschaftlich begründetes Konzept aus, das von Experten begleitet wird
- haben eine Jury, die in der Beurteilung transparent ist
- geben Anregungen über den Wettbewerb hinaus
- fördern Schülerinnen und Schüler nachhaltig, indem sie langfristig motivieren
- liefern auch den Schulen und den Lehrkräften Impulse für die Unterrichtsgestaltung durch die Einbindung des Wettbewerbs bzw. der Wettbewerbsinhalte in den Unterricht
- fördern vor allem gesellschaftlich bedeutsame Leistungen
- sorgen für öffentliche Anerkennung
- unterstützen und motivieren die Teilnehmenden in ihrer Wettbewerbsleistung mit angemessenen Auszeichnungen oder Preisen
- beachten die Grundregeln des Datenschutzes

Quelle: [nach Arbeitsgemeinschaft bundesweiter Schüler- wettbewerbe www.bundeswettbewerbe.de/fileadmin/user_upload/agbsw-guteSchuelerwettbewerbe.pdf [Stand: 27.1.2017] und Greiffenstein, J. v. (2007) Wettbewerbe in Konkurrenz. Klett-Themendienst 38(5/2007), S. 7]

Peters, H. (2017) MINT-Schülerwettbewerbe – den Einstieg leicht gemacht. MINT Zirkel, Juni 2017, 11, Klett MINT GmbH.

A0.2 Wettbewerbsarbeit in der IJSO

Teilnahmebedingungen und Registrierung

Am Auswahlwettbewerb zur IJSO 2021 teilnehmen kann, wer eine allgemein- oder berufsbildende deutsche Schule (im Bundesgebiet) besucht und nach dem 31. Dezember 2005 geboren ist (Geburtsjahr 2006 oder jünger). Wer im Rahmen einer Arbeitsgemeinschaft oder im Klassen- bzw. Jahrgangsverband an der IJSO teilnimmt und vor dem 01. Januar 2006 geboren ist, kann maximal an den ersten drei Wettbewerbsrunden teilnehmen und nicht zum Bundesfinale zugelassen werden. Auch an der Hochschule voll immatrikulierte Studierende sind von einer Teilnahme am Bundesfinale ausgeschlossen.

Die Aufgaben der ersten Runde sind von den Teilnehmenden eigenverantwortlich ohne fremde Hilfe zu lösen. Die Experimente dürfen nur in Gegenwart eines Erwachsenen durchgeführt werden. Dabei ist auf die Einhaltung gängiger Sicherheitsmaßnahmen und das Tragen angemessener Schutzkleidung zu achten.

Gemeinschaftslösungen von Teilnehmenden sind in der ersten Runde zulässig. Die Gruppenstärke darf maximal drei Personen umfassen und die Namen der am Team beteiligten Schülerinnen und Schüler müssen kenntlich gemacht werden. Jeder Teilnehmende, auch Gruppenmitglieder, müssen sich *einzel*n registrieren. Dafür benötigt jeder Teilnehmende eine eigene gültige E-Mail-Adresse. Betreuen Sie größere Gruppen oder jüngere Teilnehmende, empfiehlt es sich, die Anmeldung mit Zustimmung der Erziehungsberechtigten gemeinsam mit den Teilnehmenden vorzunehmen.

Hinweise zur Betreuung und Musterlösung

Mit Ihrer Registrierung als betreuende Lehrkraft sollten Sie neben dem Begleitheft für Betreuende auch die Musterlösung zur Aufgabenrunde erhalten haben. Falls nicht, wenden Sie sich direkt an die Bundesgeschäftsstelle der IJSO. Sie erhalten die Musterlösung mit Erwartungshorizont bereits zum Wettbewerbsstart, damit Sie schon während der Schülerbetreuungsphase abschätzen können, in welcher Tiefe wir eine Beantwortung der Frage erwarten, und Sie Ihre Teilnehmenden ansprechen können, falls sie beispielsweise die Zielrichtung einer Fragestellung missverstanden haben sollten.

Die Aufgaben der ersten Runde sind so angelegt, dass sie in einem Zeitraum von drei Wochen vollständig bearbeitet werden können. Das gibt Ihnen die Möglichkeit, im Zeitfenster von November bis Mitte Januar entsprechend der Abläufe in Ihrem Schuljahr mit Ihren Teilnehmenden flexibel einen verbindlichen Start- und Abgabetermin festzulegen. Planen Sie dabei ausreichend Zeit für die Bewertung der Ausarbeitungen und die Übermittlung der Bewertungsergebnisse ein.

Legen Sie keinen anderen Termin fest, gilt als Stichtag für die Einreichung der Ausarbeitungen der 15. Januar 2021. Entscheidend für die IJSO-Geschäftsstelle ist der Stichtag für die Online-Übermittlung der Bewertungen zur ersten Wettbewerbsrunde im Februar.

Bewertung und Übermittlung der Ergebnisse

Die Musterlösung mit Erwartungshorizont und Bewertungsschlüssel unterstützt Sie bei der Bewertung der eingereichten Schülerausarbeitungen. Ihre Bewertungsergebnisse übermitteln Sie nach Aufforderung ebenfalls online über das Anmeldeportal.

Bevor Sie mit der Eintragung Ihrer Bewertungsergebnisse beginnen, prüfen Sie bitte, ob alle Ihre Teilnehmenden korrekt Ihrem Profil zugeordnet sind. Sollten Sie Fehler in der Zuordnung entdecken, setzen Sie sich bitte umgehend über eine Nachricht an sekretariat@ijsso.info mit uns in Verbindung. Zum Abschluss der Wettbewerbsrunde werden alle Wettbewerbsteilnehmenden informiert und können ihre eigene Platzierung über ein Einloggen im Portal einsehen.

Alle Wettbewerbsbetreuenden werden regelmäßig mit Rundmails über Termine und weitere Abläufe der Wettbewerbsrunden sowie die Erfolge ihrer Wettbewerbsteilnehmenden informiert. Wichtige Informationen und Wettbewerbsmaterialien auch früherer Wettbewerbsjahre finden sie unter www.ijsso.info.

Wieviel Unterstützung darf ich geben?

Anders als bei Schul- oder Hausarbeiten sind die Aufgaben so konzipiert, dass Inhalte und Konzepte berührt werden, die bisher nicht im Unterricht behandelt wurden und eigenständige Recherche verlangen. Auch erwarten wir nicht, dass Teilnehmende alle Aufgaben vollständig lösen können.

Wir werden immer wieder von Betreuenden gefragt, wieviel Unterstützung sie in der Aufgabenrunde geben dürfen. Aus unserer Sicht dürfen Sie gern Teilnehmende auf Literatur oder andere Quellen hinweisen, die ihnen den Zugang für eine eigenständige Recherche zu bestimmten Themenbereichen oder Konzepten erleichtern, vor allem auch, wenn sie den Schülerinnen und Schülern aus dem Schulunterricht noch nicht bekannt sind. Allerdings sollten Sie davon Abstand nehmen, Teilnehmende gezielt darauf hinzuweisen, wenn Teile ihrer Ausarbeitungen fehlerhaft sind, oder ihnen Lösungsansätze selbst vorzuschlagen.

Betreuen Sie Wettbewerbsneulinge oder Kinder in der Altersgruppe bis 12 Jahre empfehlen wir in der Regel, die Teilnahme zunächst auf die erste Wettbewerbsrunde zu begrenzen und die Teilnehmenden eine altersangemessene Auswahl von Teilaufgaben bearbeiten zu lassen. Teilen Sie Ihren Teilnehmenden ihr Bewertungsergebnis bezogen auf die maximale Punktezahl mit, die sie in den von Ihnen ausgewählten Aufgabenteilen hätten erreichen können.

Wir freuen uns, wenn Sie uns berichten, welche Erfahrungen Sie mit der Betreuung Ihrer Schülerinnen und Schüler in der IJSO gesammelt haben. Für Fragen stehen wir gern zur Verfügung.

Viel Spaß und Erfolg wünscht

Ihr IJSO-Team am IPN Kiel

B0 Einführung – Beschaffung der Materialien

B0.1 Lernziele

Die Aufgaben zur ersten Runde sollen dazu inspirieren, sich intensiv und praxisnah mit dem Thema Waschmittel zu beschäftigen. Um einen Flecken entfernen zu können, benötigt man zunächst Informationen über die Inhaltsstoffe des Fleckens und die Eigenschaften der Textilien, um daraus ein wirkungsvolles Reinigungsverfahren ableiten zu können. Mit diesen Grundlagen kann man sich als Verbraucher besser bei der Auswahl geeigneter Produkte zurechtfinden, aber auch reflektiert handeln, um ökologisch sinnvoll und umweltverträglich zu waschen.

Lernziele können sein:

- Inhaltlich: Entwicklung eines Grundverständnisses von der Wirkungsweise von Tensiden und Enzymen, von Inhaltsstoffen und Aufbau einer Kiwi, von roten Farbstoffen in Beeren (Anthocyane), statischer Elektrizität und Influenz.
- Methodisch: Recherche und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen wie Versuchsplanung, Versuchsaufbau und praktischem Handling. Messungen exakt durchführen, Beobachtungen und Messergebnisse dokumentieren und grafisch darstellen, Daten auswerten, erklären und kritisch beurteilen. Beobachtungen/Ergebnisse und Schlussfolgerungen unterscheiden können.
- Flecken lassen sich nach ihren wichtigsten Bestandteilen Farbstoff, Eiweiß, Fette, Kohlenhydrate gruppieren.
- Hauptbestandteile von Waschmitteln sind Tenside, Enzyme, Bleichmittel. Diese sind verantwortlich für die Waschwirkung.
- Waschmittel werden eingeteilt in Vollwaschmittel, Colorwaschmittel und Feinwaschmittel. Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl von Spezialwaschmitteln.
- Wascpulver und Waschgele/Flüssigwaschmittel unterscheiden sich in den Inhaltsstoffen. Bleichmittel sind in flüssigen Waschmitteln nicht stabil.
- Waschmittel enthalten viele Zusatzstoffe mit speziellen Funktionen: Enthärter, Optische Aufheller, Duftstoffe und Co.
- Textilien müssen je nach Faserart (Wolle, Baumwolle, Seide, synthetische Fasern) bzw. aus hygienischen Gründen bei bestimmten Temperaturen und mit bestimmten Waschmitteln gewaschen werden.
- Farbige Wäsche sollte getrennt von heller Wäsche gewaschen werden.
- Wolle und Seide bestehen aus tierischen Fasern und damit aus Proteinen. Deshalb dürfen sie nicht heiß und nicht mit Waschmitteln, die als Enzyme Proteasen enthalten, gewaschen werden.
- Mit einem bewussten Verhalten als Konsument (Kleidung, Waschmittel, Waschgewohnheiten) kann ich einen Beitrag zu ökologischer Verträglichkeit leisten sowie zu einer positiven Energie- und Wasserbilanz beitragen.

B0.2 Beschaffung der Materialien

Die Experimente sind so ausgelegt, dass die meisten Materialien in einem Haushalt verfügbar oder in den Sammlungen der Fachschaft Naturwissenschaften an den Schulen vorhanden sein sollten:

Für die Experimente werden benötigt:

Experiment 1: Vollmilchschokolade (50 g), roter Saft (z. B. Johannisbeere, Kirsche), weißer Stoff (z. B. Reste aus alten Tüchern bzw. Kleidungsstücken aus reiner Baumwolle), Schere, saugfähiges Küchenpapier, Schutzhandschuhe, 2 Schüsseln, Spülmittel, Vollwaschmittel (Pulver).

Experiment 2: Rote Gummibärchen (mit Gelatine), Kiwi, Zitrone, Colorwaschmittel mit Protease (möglichst Persil Color Megaperls), 4 kleine Gefäße, Messer, Schneidebrett, Saftpresse, saugfähiges Küchenpapier.

Experiment 3: Weiße Blattgelatine (kein Instant-Pulver), 2 Gefäße, Tee- und Esslöffel, wasserfester Stift (0,4-0,6 mm), Colorwaschmittel mit Protease (möglichst Persil Color Megaperls), 1 Gefäß (durchsichtig, geradwandig, vorzugsweise aus Glas).

Experiment 4: Glas mit Schraubverschluss (ca. 500 mL), Aluminiumfolie, Kupferdraht, Pappe, Geodreieck, Stift, Schere, Lutscherstiel (Plastikröhrchen, innen hohl), Luftballon, Gegenstand aus Glas oder Kunststoff (z. B. Flasche, Stab, Lineal), drei der folgenden Textilien: Schurwolle, Baumwollstoff, Seide, Fleece.

Der für die Flecken verwendete Stoff in *Experiment 1* sollte aus weißer Baumwolle bestehen. Falls Sie größere Schülergruppen betreuen und ggf. Stoff kaufen, sollte der Stoff vor der Versuchsdurchführung ein- oder zweimal gewaschen werden. Dadurch wird eine Appretur entfernt, die das Benetzen des Stoffes mit einer Verunreinigung, hier mit dem Saft bzw. der Schokolade, erschwert.

Für die *Experimente 1 bis 3* werden verschiedene Waschmittel verwendet, ein herkömmliches (Geschirr-)Spülmittel, ein Vollwaschmittel (Pulver) und ein Colorwaschmittel. Mit hoher Wahrscheinlichkeit kann ein im Haushalt vorrätiges Waschmittel verwendet werden. Bei der Betreuung von Gruppen empfiehlt es sich, gemeinsam für alle die gleichen Waschmittel zu besorgen und zu verteilen. Damit sind die Versuchsergebnisse untereinander besser vergleichbar.

Bei der Auswahl der für die Experimente geeigneten Waschmittel sollte Folgendes beachtet werden:

- In *Experiment 1* wird die Wirkung von Bleichmitteln bei der Fleckenreinigung untersucht. Dafür muss ein pulverförmiges Voll- oder Universalwaschmittel verwendet werden. Denn die entsprechenden Flüssigwaschmittel enthalten keine Bleichmittel. Aus Gründen der Systematik empfiehlt es sich, in den *Experimenten 2 und 3* ebenfalls ein pulverförmiges Colorwaschmittel einzusetzen.
- Für die *Experimente 2 und 3*, bei denen es um den Abbau von Gelatine durch Enzyme geht, muss ein Colorwaschmittel mit Proteasen verwendet werden. Bei der Angabe der Inhaltsstoffe reicht für die Auswahl eines geeigneten Waschmittels ein Hinweis auf Enzyme ohne weitere Aufschlüsselung nicht aus. Denn es gibt auch Waschmittel mit Enzymen, die Lipasen oder Cellulasen, aber keine Proteasen enthalten. Für unsere eigenen Versuchsreihen haben wir deshalb das Colorwaschmittel Persil Color Megaperls ausgewählt. Verwendet man ein anderes Waschmittel, können die Versuchsergebnisse gegebenenfalls abweichen.

Der für *Experiment 4* benötigte Kupferdraht ist im Internet, Bastelladen oder Baumarkt erhältlich. Möglicherweise existiert auch in der naturwissenschaftlichen Sammlung der Schule bereits ein geeigneter Draht. Ein Glas mit Deckel können die Schülerinnen und Schüler ggf. von zu Hause mitbringen. Wichtig ist, dass die Öffnung breit genug ist, damit der Karton mit der Grad-Einteilung gut im Glas befestigt werden kann.

B1 Experiment 1 – Den Flecken auf der Spur

B1.1 Praktische Hinweise zur Durchführung

Wie kommt der Fleck auf den Stoff?

In diesem Versuch sollen Flecken verschiedenen Waschbehandlungen unterzogen werden. Dabei soll die unterschiedliche Waschwirkung von Leitungswasser, Spülmittel und Vollwaschmittel verglichen werden. Zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse wird zunächst jeweils ein langer Stoffstreifen komplett mit Saft bzw. mit verflüssigter Schokolade getränkt und trocknen lassen. Von diesen beiden Fleckenstreifen wird zuerst ein Stück abgeschnitten und als unbehandelte Vergleichsprobe aufbewahrt. Nach jedem Behandlungsschritt mit einem der Waschmittel wird jeweils ein weiteres Stück abgeschnitten. Empfehlenswert kann die Beschriftung der Stoffstücke mit einem wasserfesten Stift sein. So kann eine Verwechslung der Proben beim Experimentieren verhindert werden.

Zur Herstellung des Saftfleckens wird der Stoffstreifen langsam durch den roten Saft (etwa 100 Milliliter Saft in einem Gefäß) gezogen. Alternativ kann der Stoffstreifen auch einige Minuten vollständig in den Saft eingetaucht werden. Dabei ist darauf zu achten, dass der Stoffstreifen gleichmäßig von der Flüssigkeit benetzt wird.

Etwas aufwändiger ist die Herstellung des Stoffstreifens mit Schokoladeflecken. Dazu wird die Schokolade vorsichtig in einem Wasserbad geschmolzen. Die Schokolade wird in ein Metallgefäß (kleiner Topf oder Schüssel) gegeben. Ein etwas größer Topf wird auf eine Herdplatte gestellt und mit so viel Wasser gefüllt, dass das Metallgefäß darin eintaucht, ohne dass Wasser aus dem Topf überläuft oder in das Metallgefäß mit der Schokolade schwappt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich das Wasser im Topf beim Erwärmen ausdehnen wird. Das Wasser im Topf wird auf niedriger bis mittlerer Stufe langsam erhitzt (keinesfalls Sieden!) und die Schokolade im Metallgefäß vorsichtig gerührt, bis sie vollständig flüssig ist. Der Stoffstreifen wird durch die geschmolzene Schokolade gezogen. Noch flüssige Schokolade wird mit einem Löffel gleichmäßig auf dem Stoffstreifen verteilt, sodass sie homogen in den Stoff einziehen kann.

Beim Herausnehmen des Stoffstreifens wird die überschüssige Schokolade vorsichtig mit dem Löffel abgestreift. Zum Trocknen werden die Fleckenstreifen auf einem Holzbrettchen oder zwei Lagen Haushaltspapier ausgelegt. Dabei sollte man darauf achten, dass sich die Stoffstücke beim Trocknen möglichst nicht einrollen. Die Trocknung der Fleckenstreifen mit einem Fön ist keinesfalls empfehlenswert.

Warum sollte man Handschuhe tragen?

Die Waschmittelsuspensionen sind alkalisch und könnten die Haut schädigen. Deshalb sollten die Waschmittel nicht in direkte Berührung mit der Haut kommen. Das gleiche gilt auch für andere in ihnen enthaltene waschwirksame Substanzen und Inhaltsstoffe, wie z. B. Bleichmittel oder Enzyme.

Worauf sollte beim Waschen geachtet werden?

Beim Herstellen der Waschsuspension mit Vollwaschmittel oder auch Colorwaschmittel wird sich das Pulver nicht vollständig lösen, denn die Waschmittel enthalten auch wasserunlösliche Stoffe wie z. B. Zeolithe. Deshalb ist es hilfreich die überstehende Suspension vorsichtig zu dekantieren und für die Durchführung der Experimente zu verwenden.

Das Wasser zum Abspülen sollte handwarm, aber nicht heiß (unter 60 Grad Celsius) sein. Die Stoffstücke mit Schokoladeflecken und mit Saftflecken, sollten immer getrennt und keinesfalls in einer gemeinsamen Waschmittel-Lösung bzw. -Suspension gewaschen werden. Die Stoffstücke mit den Flecken sollen während des Waschens gerieben und gewalkt werden (mechanische Waschwirkung).

B1.2 Hintergrundwissen

Waschmittel ist nicht gleich Waschmittel

Die Fülle der im Supermarkt angebotenen Waschmittel ist enorm. Neben vielen verschiedenen Marken gibt es je nach Temperatur- und Anwendungsbereichen die unterschiedlichsten Waschmittel. Man unterscheidet zwischen Voll-, Color- und Feinwaschmitteln. Außerdem gibt es ein zunehmendes Angebot an Spezialwaschmitteln wie z. B. für Wolle oder Seide.

Wichtiger Bestandteil fast aller moderner Waschmittel sind Tenside (von lat. *tensus* „gespannt“). Das sind waschaktive Substanzen (Detergenzien), die die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit oder die Grenzflächenspannung zwischen zwei Phasen herabsetzen. Als amphiphile Moleküle bestehen Tenside aus einem kurzen, polaren Teil und einem langen, unpolaren Teil (Abb. B1.1). Mit diesem Aufbau können sie bewirken, dass sich zwei nicht miteinander mischbare Flüssigkeiten (z. B. Öl in Wasser) zu einer Emulsion vermengen. Der wasserabweisende Teil des Tensidmoleküls umhüllt das Schmutzpartikel (z. B. Fett), um es zu lösen. Der wasserliebende Teil verbindet das Schmutzpartikel mit dem Wasser. So kann es mit dem Wasser von der Textilfaser gespült werden.

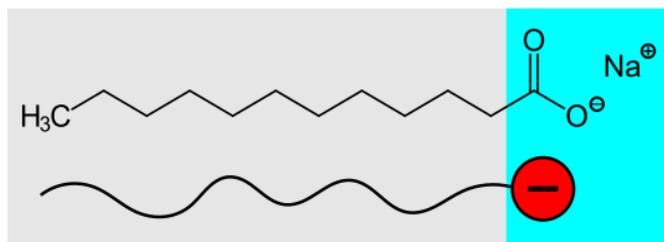


Abb. B1.1: Natriumlaurat als Beispiel eines anionischen Tensidmoleküls. Darunter das Symbol für ein anionisches Tensid. Im grau unterlegten Bereich ist der unpolare Teil des Moleküls gezeigt und im cyan unterlegten Bereich der polare Kopf.

Je nachdem, welche Ladung der hydrophile Teil der Tenside aufweist, werden die Tenside als anionische (negativ geladen), kationische (positiv geladen), nicht-ionische (keine dissoziierbare Ladung) oder amphotere (positiv und negativ geladen) Tenside bezeichnet. Die klassische Seife, die aus Fettsäuresalzen besteht, gehört zu den *anionischen Tensiden*. *Kationische Tenside* werden häufig in Weichspülern verwendet, da sie wie ein Gleitmittel wirken. *Nichtionische Tenside* werden in ihrer Waschwirkung nicht von einer höheren Wasserhärte beeinträchtigt. Auch bei niedrigen Konzentrationen und Temperaturen zeigen sie eine gute Waschwirkung und schäumen nur wenig. Seifenkraut und die Früchte von Waschnussbaum oder Rosskastanie, die als ökologische Waschmittel angeboten werden, enthalten Saponine, die ebenfalls zur Gruppe der nichtionischen Tenside gehören.

Vollwaschmittel gelten als Universalwaschmittel über einen Temperaturbereich von 30 bis 95 Grad Celsius. *Bleichmittel* auf Basis von Wasserstoffperoxid oder Chlor sind ausschließlich in pulverförmigen Vollwaschmitteln enthalten. In flüssigen Waschmitteln sind sie nicht stabil. Vollwaschmittel enthalten auch Enzyme, allerdings sind diese bei Anwendung im höheren Temperaturbereich nicht wirksam.

Im *Colorwaschmittel* sind keine Bleichmittel enthalten, denn diese würden bunte Wäschestücke entfärben. Sie werden in der Regel im niedrigeren Temperaturbereich bis 60 Grad Celsius eingesetzt. Um auch bei geringeren Temperaturen eine zufriedenstellende Waschleistung zu erreichen, kommen vermehrt Enzyme zum Einsatz. Oft enthalten Colorwaschmittel Zusatzstoffe, um ein Auswaschen der Farbe gering zu halten.

Feinwaschmittel sind für Temperaturen bis 30 Grad Celsius und für Handwäsche geeignet. Sie enthalten weder Bleichmittel noch optische Aufheller und insgesamt weniger aggressive Chemikalien, um empfindliche Fasern zu schonen. Sie enthalten keine Proteasen, denn diese würden die tierischen Fasern (Proteine) von feinen Textilien wie Seide oder Wolle angreifen.

Fleck ist nicht gleich Fleck

Will man einen Flecken entfernen, sollte man zunächst zu überlegen, woraus der Fleck besteht und welche Materialeigenschaften die Textilfasern bzw. das Gewebe haben. Mit diesem Wissen lässt sich für Vieles ein geeignetes Reinigungsverfahren finden. Deshalb lohnt es, sich genauer mit Inhaltsstoffen von Flecken und ihren Eigenschaften zu befassen. Dazu unterteilen wir sie grob in Fette, Eiweiße und Farbstoffe.

Fettflecken lassen sich nur schlecht mit Wasser entfernen. Wie im vorigen Abschnitt beschrieben, lassen sie sich wirksam mit Tensiden beseitigen.

Bekleckt man sich mit Blut oder Eigelb, bestehen die Flecken aus *Eiweißen bzw. Proteinen*. Eiweiße denaturieren bei Temperaturen über 60 Grad Celsius. Dabei ändert sich ihre Tertiärstruktur, was häufig in einer geringeren Löslichkeit resultiert. Deshalb sollten Protein-haltige Flecken unbedingt zuerst mit kaltem Wasser eingeweicht und ausgewaschen werden. Durch die Behandlung mit heißem Wasser würde die Substanz noch fester am Gewebe haften. Neben dem Auswaschen mit kaltem Wasser lassen sich eiweißhaltige Flecken gut mit Proteasen entfernen. Diese Enzyme zerlegen komplexe Protein-Moleküle in kleine Peptid-Fragmente, die weniger an der Textilfaser haften und sich leichter ausspülen lassen.

Viele Obst- und Gemüsesorten und entsprechend auch die aus ihnen gewonnenen Säfte enthalten Anthocyane. Sie gehören zu den Flavonoiden und sind eine Gruppe von roten bis violetten Farbstoffen, die sich in Kirschen, roten Trauben, Johannisbeeren, Heidelbeeren, Rotkohl, Radieschen und vielen anderen Früchten nachweisen lassen. Der Farbeindruck von Anthocyan-Molekülen hängt vom pH-Wert ab. Bei pH-Werten unter 3 sind Anthocyane rot gefärbt (Abb. B1.2). Bei steigenden pH-Werten verändert sich der Farbeindruck über Purpur und Blau nach Grün bis Gelb. Darauf ist auch zurückzuführen, dass sich ein *roter Saftfleck*, den man mit neutralem Leitungswasser (pH=7) auswäscht, blau oder grün verfärbt. Anthocyane und entsprechende Saftflecken lassen sich nicht mit Tensiden entfärben. Sie reagieren aber mit Oxidationsmitteln, besonders im alkalischen Bereich. Deshalb lassen sie sich durch die in Vollwaschmittelpulver enthaltenen Bleichmittel gut entfärben und damit reinigen.

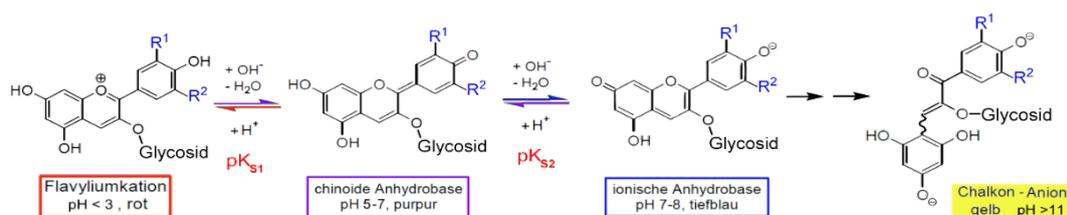


Abb. B1.2: Strukturformeln von Anthocyanen bei steigenden pH-Werten und die dabei sichtbare Farbe.

Flecken auf Kleidungsstücken sind häufig komplexe Mischungen. Ein *Ketchup-Fleck* ist vor allem auffällig wegen seiner roten Farbe. Er enthält aber auch Fett, Zucker und Eiweiß. Die roten Farbstoffe in Tomaten gehören zu den Lycopinen. Ein solcher Fleck ist hartnäckig, wäscht man ihn mit Wasser aus, bleibt häufig ein orangegelber Fleck zurück. Für die Behandlung eines Ketchup-Flecks bedeutet das, zuerst kalt auswaschen, damit Eiweiße nicht denaturieren, anschließend ggf. mit Spülmittel behandeln, um Fette zu lösen. Das so vorbehandelte Kleidungsstück lässt sich aber erst vollständig mit einem Vollwaschmittel reinigen, dessen Bleichmittel die Lycopine zerstören und dessen Enzyme die restlichen Eiweiße abbauen.

B1.3 Vertiefung - Wer mehr wissen will

Tenside, Enzyme, Bleiche und was noch?

Die Liste der aufgeführten Inhaltsstoffe bei Waschmitteln ist lang und es wimmelt von chemischen Fachausdrücken. Die Angaben werfen für einen Laien viele Fragen auf: Was sind das für Zusatzstoffe, was ist ihre Aufgabe, auf welche Stoffe könnte verzichtet werden? Verursachen einige Inhaltsstoffe ggf. Hautunverträglichkeiten oder belasten Gewässer und Umwelt?

Neben den waschaktiven Substanzen bzw. Detergenzien enthalten viele Waschmittel als Zusatzstoffe *Ent Härter* wie *Phosphate* oder *Zeolithe*. Calcium-Ionen (Ca^{2+}) aus dem Leitungswasser bilden mit Seifen schwerlösliche Salze, sogenannte Kalkseifen, ein weißer Niederschlag der sich auf dem Textilgewebe absetzt und zum Vergrauen der Kleidungsstücke führen kann. Aufgrund der Reaktion der Ionen mit der Seife verringert sich die verfügbare Menge an waschaktiven Substanzen deutlich. Für einen Waschgang wird dadurch erheblich mehr Waschmittel benötigt. Bei Waschgängen mit hartem Wasser und bei hohen Temperaturen bildet sich zudem Kesselstein, der sich auf den Heizstäben der Waschmaschine absetzt.

Ein Wasserenthärter kann die härtebildenden Ionen aus dem Wasser zu entfernen. Phosphate bilden im Wasser Chelatkomplexe, die diese Ionen wie in einen Käfig einfangen, sodass sie nicht mehr für Reaktionen verfügbar sind. Allerdings wird heute aus ökologischen Gründen kaum noch Phosphat in Waschmitteln eingesetzt. Sie wurden weitgehend durch Zeolithe ersetzt. Das sind wasserunlösliche Calcium- oder Natriumaluminiumsilikat-Mineralen, die reversibel größere Mengen Wasser in ihrer Struktur aufnehmen oder auch wieder abgeben können. Zeolithe sind hochwirksame Ionenaustauscher. Sie nehmen Calcium- und Magnesium-Ionen in ihre Struktur auf, die dafür andere Kationen von ihren Plätzen verdrängen. Die in Waschmitteln verwendeten Zeolithe werden synthetisch hergestellt. Das Produkt ist sehr feinkörnig und ist unter dem Namen Zeolith A oder dem entsprechenden Markennamen Sasil® bekannt.

Enthalten Waschmittel *Bleichmittel*, werden häufig auch *Bleichaktivatoren* und *Bleichstabilisatoren* zugesetzt, die deren Wirksamkeit bei geringeren Temperaturen erhöhen und den Zerfall der Bleichmittel bereits während der Lagerung verhindern bzw. ihr zu frühes Freisetzen beim Waschvorgang unterbinden sollen.

Neben Bleichmitteln sind in Vollwaschmitteln sehr oft *optische Aufheller*, umgangssprachlich auch „Weißmacher“, enthalten. Optische Aufheller sind fluoreszierende Substanzen, die ultraviolettes Licht absorbieren und energieärmeres blaues Licht emittieren und damit einen Gelbstich zu einem Weißton kompensieren. In Colorwaschmitteln sind optische Aufheller entsprechend fehl am Platz, denn sie könnten bei Buntwäsche den Farbeindruck des Kleidungsstücks unerwünscht verändern. In Abb. B1.3 sieht man unter UV-Licht deutlich das Fluoreszieren des optischen Aufhellers in der unteren Vollwaschmittelschicht.



Abb. B1.3: Flasche mit Vollwaschmittel (unten, mit blauen Körnchen) und Colorwaschmittel (oben, mit rosafarbenen Körnchen). Einmal mit Lampenlicht (links) und einmal mit UV-Licht (rechts) fotografiert.

Waschalkalien erhöhen den pH-Wert des Waschwassers und sorgen für ein Quellen der Textilfasern, so dass sich Schmutzpartikel leichter entfernen lassen.

Vergrauungs- und Verfärbungsinhibitoren wie z. B. Carboxymethylcellulose verhindern aufgrund ihrer hohen Polarität, dass bereits abgelöste Schmutzpartikel und Farbstoff-Moleküle sich auf anderen Wäschestücken festsetzen können.

Als *Schauminhibitoren* werden Kernseifen und Silikone verwendet, denn eine zu starke Schaumentwicklung würde die mechanische Waschwirkung beeinträchtigen, da sie das Walken in der Waschtrommel behindert.

Nicht zuletzt gibt es noch Zusätze von *Duftstoffen* für einen angenehmen Geruch und *Füllstoffe*, die ein Verkleben des Waschmittelpulvers verhindern sollen. Unter den Inhaltsstoffen gibt es auch einige, die mehrere Funktionen haben, so z. B. *Phosphonate*, die als Komplexbildner Wasser enthärten, aber auch als Bleichmittelstabilisatoren und als Korrosionsinhibitoren wirken.

Soweit ein erster Einblick in die Vielfalt der Inhaltsstoffe und Komplexität moderner Waschmittel. Dann überrascht nicht mehr so sehr, dass beispielsweise für Persil Color Megaperls vom Hersteller 49 verschiedene Inhaltsstoffe angegeben werden.

Asche, Urin und Seifenbaum - Zur Geschichte des Waschens

Nachdem wir uns intensiv mit der komplexen Zusammensetzung heutiger Hochleistungswaschmittel beschäftigt haben, wenden wir uns den historischen Wurzeln des Waschens zu. Vermutlich begann die Geschichte des Waschens bereits mit der Herstellung und dem Tragen erster Kleidungsstücke, zunächst noch mit Wasser als Reinigungsmittel und Sonnenstrahlen als Bleiche.

Die antiken Völker im Mittelmeerraum und in Mesopotamien nutzten bereits Aufgüsse aus Seifenpflanzen und sogar erste chemische Mittel zur Reinigung von Stoffen. Dabei handelt es sich nach unserem heutigen Verständnis eher um unappetitliche Rezepturen. Wer käme schon darauf, seine Kleidung mit Asche oder menschlichem Urin zu waschen?

Lange Zeit wurde eine Mischung aus Holzasche und Wasser verwendet, denn Asche besteht zu einem großen Teil aus Metalloxiden, welche in Wasser alkalisch reagieren. Das alkalische Waschwasser lässt Faser quellen und Schmutzpartikel lassen sich wie bereits erwähnt besser auswaschen.

Diese Waschwirkung von Basen machte man sich auch im alten Rom zunutze. Die Fullonen, eine Wäscherzunft, sammelte menschlichen Urin in Amphoren, die zu diesem Zweck an den Straßenecken aufgestellt wurden. In abgestandenem Urin bildet sich Ammoniak aus der Zersetzung des Harnstoffs durch das Enzym Urease. Die Fullonen verwendeten diesen abgestandenen Urin, um die Togen der Römer zu waschen. Für ihre Arbeit benötigten sie soviel Urin, dass es Kaiser Vespasian (9 bis 79 n.Chr.) einträglich erschien, eine Steuer auf Urin einzuführen und mit diesen Einnahmen seine leere Staatskasse zu füllen. Laut Überlieferung rechtfertigte er die Steuer vor seinem Sohn Titus mit den Worten „pecunia non olet“ und begründete damit den heute noch bekannten Ausspruch „Geld stinkt nicht“.

Obwohl sich bereits auf sumerischen Tontafeln erste Seifenrezepte finden und Schriften aus dem 2. Jahrhundert von Plinius zeigen, dass die Germanen bereits Seifen herstellten, wurden diese eher für kosmetische oder gesundheitliche Zwecke genutzt und weniger zum Wäschewaschen. Beim Seifensieden wird zu einer Mischung aus Holzasche und Wasser gelöschter Kalk (Calciumhydroxid) gegeben. Dabei gewinnt man eine wesentlich stärkere Base, die dann mit Ölen gekocht wird und damit zur Verseifung der Öle führt. Fette sind Ester von Carbonsäuren und Glycerin, Seifen entsprechend Natrium- oder Kalium-Salze von Fettsäuren (Abb. B1.4).

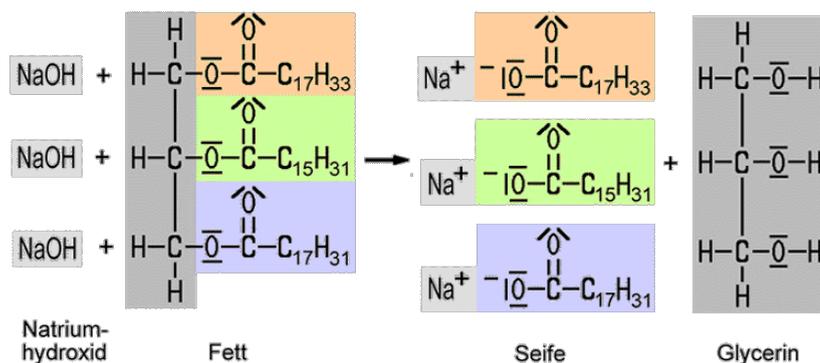


Abb. B1.4 Gewinnung von Seife aus Fett. Quelle: Thomas Seilnacht, www.seilnacht.com

Zur Hochblüte brachten die Araber, Spanier, Italiener und Franzosen die Seifensiederei. Im 14. Jahrhundert gab es auch in Deutschland Seifensiederzünfte. In den folgenden Jahrhunderten änderte sich an der eigentlichen Rezeptur wenig, außer dass technische und chemische Verbesserungen in der Herstellung die Seife günstiger machten.

Erst mit Beginn des 20. Jahrhunderts wurde die Seife mit weiteren Hilfsmitteln kombiniert. So stellte die Firma Henkel ab 1907 Persil her und bewarb das neue Produkt als selbsttätiges Waschmittel. Außer Seife enthielt es die namensgebenden Stoffe Natriumperborat als Bleichmittel und Natriumsilikat als Alkalibildner. Als Wasserenthärter diente Soda. Ab 1960 kamen zunehmend Waschmaschinen auf. Die technische Innovation wie auch die zunehmende Verwendung synthetischer Fasern in Alltags- und Spezialkleidung trieb auch die Produktion hochleistungsfähiger moderner Waschmittel voran. Diese Entwicklung ist bei Weitem noch nicht abgeschlossen, denn neue Textilmaterialien verlangen immer auch nach effektiven und materialschonenden Waschmitteln. Aber auch die Suche nach umweltschonenderen Ersatzstoffen oder dermatologische Erkenntnisse erfordern weitere Neuentwicklungen.

Aus der Waschmaschine ins Abwasser und dann?

Die Liste der Inhaltsstoffe von Waschmitteln ist lang und in vielen Haushalten wird wöchentlich bis täglich die Waschmaschine angeworfen. Leitungswasser wird in großen Mengen verbraucht und Energie zum Erreichen der Waschtemperatur benötigt. Abb. B1.5 zeigt eine Statistik zum Waschen vom Industrieverband Körperpflege und Waschmittel (IKW). Daraus kann man entnehmen, wie viele Abwässer mit Waschmittelrückständen über die Kanalisation und Kläranlagen wiederum in Flüsse, Seen und Ozeane oder auch ins Grundwasser gelangen.

Bevölkerung in Deutschland	81,1 Mill. Einwohner 40,2 Mill. Haushalte		
	in	leben	Haushalte
	1-Personen-Haushalten	20,2 %	16,4 Mill.
	2-Personen-Haushalten	34,1 %	13,8 Mill.
	3- u. 4-Personen-Haushalten	36,5 %	8,6 Mill.
	5 und mehr Pers.-Haushalten	9,2 %	1,3 Mill.
Verbrauch Waschmittel	596.000 Tonnen (7,3 kg/Kopf)		
Verbrauch an Waschhilfsmitteln	316.000 Tonnen		
Gewaschene Wäsche	ca. 5,5 kg/pro Person und Woche 23 Mio. Tonnen jährlich		
Durchschnittliche Zahl der Waschgänge	90 Wäschen pro Person und Jahr Deutlich mehr in 1-Personen-Haushalten, deutlich weniger in größeren Haushalten		
Durchschnittliche Beladung der Waschmaschine	3,2 kg		
Wasserverbrauch beim Waschen	12 L/Person-Tag Ca. 350 Mio. m ³ /Jahr		
Durchschnittlicher Wasserverbrauch pro Waschgang	48 L		
Durchschnittliche Waschtemperatur	45 - 46 °C		
Durchschnittliche Energie pro Waschgang	0,78 kWh		
Verbrauch elektrische Energie beim Waschen	ca. 6 Mrd. kWh/Jahr		
Verbrauch elektrische Energie beim Trocknen	ca. 3 Mrd. kWh/Jahr		
Verbrauch elektrische Energie beim Bügeln	ca. 2 Mrd. kWh/Jahr		
CO₂-Emission (Waschen, Trocknen, Bügeln elektr.)	8.000.000 t/Jahr		
Durchschnittliche Kosten des Waschens (Waschmittel, Waschhilfsmittel, Strom, Wasser)	80,- Euro pro Person und Jahr		

Abb. B1.5: Fakten und Zahlen zum Waschen in Deutschland 2014 vom Industrieverband Körperpflege und Waschmittel (IKW)

Es gibt eine Reihe von Beispielen für Waschmittelinhaltsstoffe, für die wegen ihrer umweltschädigenden Wirkung Ersatzstoffe gefunden werden mussten. Trotz vieler Verbesserungen in den vergangenen Jahrzehnten, gibt es zwangsläufig immer noch (und wieder) Inhaltsstoffe, deren Unbedenklichkeit abschließend geklärt werden muss. Beispielsweise deckte in den 1960er Jahren das anionische Tensid Tetrapropylenbenzolsulfonat (TPS) etwa 65 Prozent des Tensidbedarfs der westlichen Welt. Aufgrund der stark verzweigten Alkyl-Seitenketten erfolgte der biologische Abbau dieser Substanz nur zu 20-30 Prozent. Das führte zu Schaumbergen auf Flüssen und Seen. Deshalb wurde 1961 das 1. Detergenziengesetz in Deutschland verabschiedet und trat 1964 in Kraft. Darin wird verfügt, dass Wasch- und Reinigungsmittel nur waschwirksame Substanzen enthalten dürfen, die zu 80 Prozent (später 90 Prozent) biologisch abbaubar sind.

Zuerst ging es dabei nur um die primäre biologische Abbaubarkeit. Aber bei den biologischen Abbauprozessen selbst können weitere toxische Abbauprodukte entstehen. Deshalb bezieht man sich inzwischen auf die Endabbaubarkeit einer Substanz. Mit der Detergenzienverordnung (EG) 648 wurde 2005 für alle Tensidgruppen ein Nachweis ihrer Endabbaubarkeit vorgeschrieben. Heute werden in Waschmitteln vor allem LAS (lineare Alkylbenzolsulfonate) und FAEO (Fettalkoholethoxylate) eingesetzt, die gut biologisch endabbaubar sind. Bei den Erstgenannten handelt es sich um anionische Tenside, während FAEO zu den nichtionischen Tensiden gehören.

Ein weiteres Beispiel sind Phosphate, die früher den Waschmitteln als Enthärter beigelegt wurden. Der hohe Phosphateintrag durch die Abwässer führte zu einer Eutrophierung von zahlreichen Gewässern. Seit 1980 gibt es deshalb eine Phosphathöchstmengenverordnung; seit 1990 sind fast alle Waschmittel phosphatfrei. Als Ersatz wird heute das oben erwähnte Zeolith A verwendet. Es gilt als umweltneutral und ungiftig. Als Silikatmineral ist es allerdings biologisch nicht abbaubar und erhöht das Volumen an Klärschlamm deutlich.

Aktuell ist die Verschmutzung von Gewässern und Weltmeeren durch Mikroplastik ein prominentes Thema. Viele Waschmittel enthalten solche Plastikpartikel, die eine Größe unter 5 Millimeter haben. Die Partikel gelangen durch Abrieb von Autoreifen und Kunststoffen, aber auch als Zusätze in Kosmetik und Waschmitteln in die Umwelt und werden in Kläranlagen nur unzureichend gefiltert. Die Folgen für Gesundheit und Umwelt sind noch unklar. Schadenspotential wird in schädlichen Zusatzstoffen gesehen, aber auch darin, dass sich Umweltgifte an den Mikropartikeln anlagern, oder die Partikel selbst im Körper Entzündungsreaktionen hervorrufen könnten.

B2 Experiment 2 und 3 – Bioaktiv, Biologische Helfer

B2.1 Praktische Hinweise zur Durchführung

Aufgepasst beim Schneiden des Obstes

Um aus der Kiwi genügend Saft zu erhalten, ist es von Vorteil, Früchte mit einem mittleren Reifegrad zu verwenden.

Zum Schneiden des Obstes eignet sich ein Obstmesser. Allerdings sollte das Schneiden wegen Verletzungsgefahr immer unter Aufsicht durchgeführt werden. Verwendet man ein zu stumpfes oder breites Messer, werden die Strukturen im Fruchtfleisch beschädigt und sind nicht mehr deutlich genug für die geforderte Zeichnung vom Längsschnitt erkennbar.

Für das Experiment soll die Zitrone wie zum Saft auspressen quer halbiert werden. Die Kiwi soll wie in Abb. B2.1 von den Blütenblattresten zum Stielansatz längs durchgeschnitten werden.



Abb. B2.1: Längsschnitt einer Kiwi.

Zum Zeichnen des Kiwi-Längsschnittes sollte man zwei verschiedene Bleistifte verwenden, einen etwas weicheren Stift (B) für Flächen oder das Andeuten von Strukturen und einen härteren (H, HB) für klare Strukturen und die Beschriftung.

Das Zubereiten der Gelatine

Unsere Voruntersuchungen haben gezeigt, dass sich Blattgelatine für das Experiment am besten eignet. Sie wird in kaltem Wasser eingeweicht und mit heißem Wasser (ca. 50 Grad Celsius) durch leichtes Schwenken oder Umrühren gelöst. Das verwendete Wasser darf keinesfalls sieden. Längeres Erhitzen bei höheren Temperaturen führt zur Hydrolyse und zu einem Verlust der Gelierfähigkeit.

In Experiment 3 ist besonders genaues Messen erforderlich. Die Abstände zwischen den verschiedenen Markierungen liegen im Millimeterbereich, für die Markierungsstriche sollte ein Permanent-Marker mit dünner Spitze verwendet werden. Zum Markieren und Ablesen sollte das Glas bzw. die betreffende Linie auf Augenhöhe gehalten werden. Außerdem ist auf eine ausreichende Beleuchtung zu achten, da die Grenzfläche manchmal schwierig zu erkennen ist.

B2.2 Hintergrundwissen

Die Welt der Enzyme

In Experimenten 2 und 3 wird untersucht, wie bestimmte Enzyme in Fruchtsäften und Waschmitteln mit Gelatine reagieren. In diesem Zusammenhang befassen wir uns auch mit der Botanik der Kiwi.

Enzyme kommen in allen lebenden Organismen vor. Die meisten Enzyme sind aus Proteinen aufgebaut. Eine wichtige Enzym-Gruppe sind die Proteasen, die man auch in Pflanzen und deren Früchten findet. Enzyme wirken als Biokatalysatoren und beschleunigen physiologische Prozesse, die bei Raum- oder Körpertemperatur sonst nur sehr langsam ablaufen würden. Bei Anwesenheit von Enzymen laufen diese bis zu 10^7 mal schneller ab als ohne Katalysator. Nahezu jede Reaktion im Stoffwechsel wird von einem Enzym katalysiert.

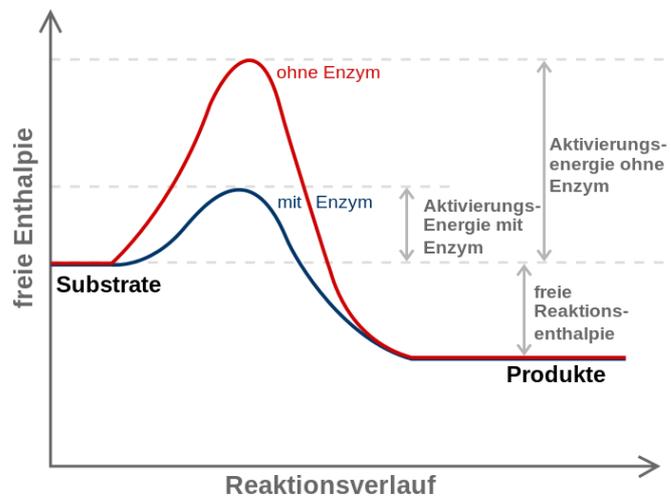


Abb. B2.2: Energiediagramm für den Verlauf einer nicht katalysierten (rote Linie) und einer katalysierten (grüne Linie) chemischen Reaktion.

Exergone Reaktionen, bei denen die freie Enthalpie abnimmt, laufen spontan ab, jedoch dauert es bei physiologischen Bedingungen oft sehr lang, bis sich das thermodynamische Gleichgewicht einstellt. Beim Stoffwechsel werden Reaktionen durch die Anwesenheit von Biokatalysatoren ermöglicht bzw. beschleunigt (Abb. B2.2).

Enzyme sind aus langen Ketten von Aminosäuren aufgebaut; die Sequenz dieser Ketten ist ihre Primärstruktur. Für die Wirksamkeit von Enzymen ist neben der Reihung der Aminosäuren die räumliche Anordnung wichtig. Es gibt Abschnitte, in denen sich die Kette wie eine Helix windet oder aber an ein Falblatt erinnert. Diese Anordnung wird als Sekundärstruktur bezeichnet.

Eine Tertiärstruktur entsteht durch Bindungen zwischen verschiedenen, nicht aufeinander folgenden Abschnitten. Eine Quartärstruktur ergibt sich daraus, dass Enzyme oft nicht nur aus einer Aminosäurekette, sondern aus mehreren Ketten bestehen, die nebeneinander liegen, aber auch mit einander verwickelt oder verknäult sein können. Stellt man sich all diese Faltungen bildlich vor, so ergibt sich ein komplexer dreidimensionaler Aufbau (B2.3).

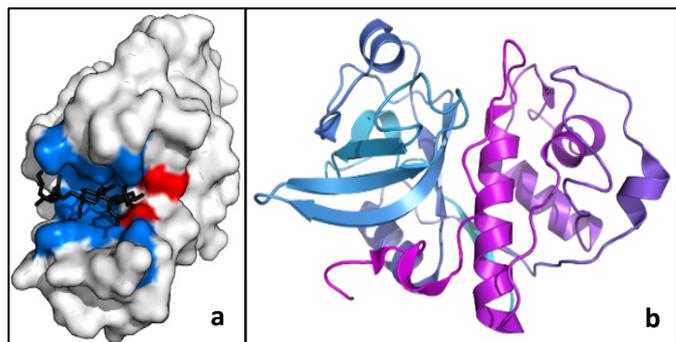


Abb. B2.3: Dreidimensionale Darstellung von Enzymen
a) Lysozym Oberflächenstruktur mit Substrat b) Quartärstruktur von Actinidain

Temperatur und pH-Wert können Einfluss auf die räumliche Struktur der Proteine nehmen. Ist die Temperatur hoch oder der pH-Wert sehr niedrig, denaturieren Proteine, weil ihre Sekundär-, Tertiär- und Quartär-Struktur unumkehrbar zerstört wird. Das hat zur Folge, dass die Aktivität von Enzymen vollständig verloren geht.

Enzyme werden auf Basis der von ihnen katalysierten Reaktion klassifiziert:

- | | |
|--------------------|---|
| 1. Oxidoreduktasen | Oxidation/Reduktion |
| 2. Transferasen | Transfer funktioneller Gruppen |
| 3. Hydrolasen | Hydrolysereaktionen |
| 4. Lyasen | Gruppeneliminierungen zur Bildung von Doppelbindungen |
| 5. Isomerasen | Isomerisierung |
| 6. Ligasen | Kovalente Bindung, gekoppelt mit ATP-Hydrolyse |

Die meisten der in Waschmitteln verwendeten Enzyme wie auch die Proteasen in Obst gehören zu den Hydrolasen. Diese zerstören die Peptidbindungen zwischen einzelnen Aminosäuren im Protein unter Verbrauch von Wasser durch Hydrolyse. An dieser Stelle lässt sich noch weiter differenzieren. So gehören die Lipasen und die Amylasen, die man ebenfalls in Waschmitteln einsetzt, auch zu den Hydrolasen. Da Lipasen die Esterbindung in Fetten zerstören, werden sie auch als Esterasen und Amylase, die glycosidische Bindungen in Stärke abbaut, auch als Glycosidase bezeichnet.

Für den Ablauf einiger Stoffwechsel-Reaktionen, z. B. bei Redoxreaktionen, werden neben dem proteinischen Biokatalysator zusätzlich Metall-Atome benötigt. Solche zusätzlichen Faktoren werden als Cofaktoren oder, wenn es sich um größere Moleküle handelt, als Co-Enzyme bezeichnet. Viele Organismen können bestimmte essentielle Cofaktoren für ihre Enzyme nicht selbst vollständig synthetisieren. Diese Cofaktoren, oder zumindest Vorstufen davon, müssen daher als Vitamine mit der Nahrung aufgenommen werden.

Auch bei den in Experiment 2 und 3 untersuchten Enzymen, handelt es sich um Proteasen. Die Kiwi enthält Actinidain. Dieses wird aufgrund des Cystein-Restes in ihrem aktiven Zentrum auch als Cystein-Protease bezeichnet.

Welche Enzyme oder Proteasen in Waschmitteln im Einzelnen enthalten sind, kann man der Liste der Inhaltsstoffe auf dem Etikett nicht entnehmen. Neben Proteasen sind im Waschpulver häufig weitere Enzyme enthalten wie z. B. Amylase, Lipase, Pectatlyase, Mannanase oder Cellulase, so auch in Color Megapearls von Persil, dem in unseren Experimenten verwendeten Waschpulver.

Enzyme für Waschmittel werden biotechnologisch produziert und so verändert, dass sie in einem breiteren Temperatur- oder pH-Wert-Bereich wirksam sind. Trotz allen Anstrengungen zur Optimierung, gibt es eine Reihe weiterer Komplikationen durch unerwünschte Wechselwirkungen mit den anderen Waschmittelinhaltsstoffen. Diese können zu Einschränkungen in der Aktivität führen. Als Proteine sind Enzyme anfällig für Oxidationsreaktionen oder die Denaturierung durch Wasserenthärter und Tenside. Außerdem können sich z.B. Proteasen in einem gewissen Ausmaß selbst abbauen (Autoproteolyse). Da erstaunt es nicht, dass die Hersteller in einem hart umkämpften Markt, die genaue Rezeptur ihrer Produkte als Betriebsgeheimnis wie den eigenen Augapfel hüten.

Gelatine oder was haben Schweine mit Gummibärchen zu tun?

Gelatine besteht aus Proteinen und wird durch chemisch-thermische Verfahrensschritte aus faserartig aufgebauten Kollagenen gewonnen. Kollagene bestehen aus drei langen Polypeptidketten, die miteinander verknüpft sind und einen tripelhelikalen Aufbau aufweisen. Stabilität erhält diese Tripelhelix durch inter- und intramolekulare Vernetzungen.

Kollagene sind Strukturproteine des Bindegewebes von Tieren und Menschen und kommen in den weißen, unelastischen Fasern von Sehnen, Bändern, Knochen und Knorpeln sowie Schichten der Unterhaut vor. Als Rohstoffe für die Gelatinegewinnung werden Knochen und Haut von Rindern und Schweinen verwendet, die als Sekundärrohstoffe in der Fleisch- oder fleischverarbeitenden Industrie anfallen. Bei der Herstellung wird zunächst das Kollagen extrahiert. Mit einer Vorbehandlung nach saurem oder alkalischem Verfahren wird der Vernetzungsgrad verringert. Aus diesem nun wasserlöslichen Produkt wird unter strikter Kontrolle von pH-Wert und Temperatur die Gelatine gewonnen. Diese wird abschließend noch entsalzt, sterilisiert und getrocknet, so dass man die dünnen getrockneten Filme für die Blattgelatine erhält.

Gelatinelösungen zeigen reversible, temperaturabhängige Sol/Gel-Umwandlungen. Bei der Verwendung in der Küche weicht man die Blattgelatine kurze Zeit in kaltem Wasser ein und löst sie anschließend in heißem Wasser, das eine Temperatur von etwa 50 bis maximal 60 Grad Celsius haben sollte. Kühlt eine warme, wässrige Gelatinelösung mit einem Gelatinegehalt von mehr als 0,5 Prozent auf etwa 35-40 Grad Celsius ab, nimmt die Viskosität der Lösung drastisch zu; beim weiteren Abkühlen entsteht ein Gel. Die Festigkeit des Gels hängt stark von der vom molekularen Aufbau der Ausgangsgelatine, vom pH-Wert und der Temperaturführung beim Erstarren ab.

Gelatine wird als formgebender Bestandteil in Gummibärchen verwendet. Darüber hinaus findet sie vielfältig Verwendung, als Geliermittel für Süßspeisen und Torten, aber auch als Kapsel-Material für Medikamente, als Beschichtung für spezielle Foto- und Druckerpapiere, zur Blutstillung bei Operationen und als Grundierung im Geigenbau.

Vegetarier und Veganer weichen auf andere Geliermittel wie Agar-Agar oder Pektine aus. Inzwischen gibt es viele Fruchtgummis und -bärchen ohne Gelatine. Für unsere Experimente sind diese jedoch keine Alternative, denn diese pflanzlichen Ersatzmittel bestehen aus Polysacchariden und nicht aus Proteinen. Auch davon könnten sich die Schüler*innen in einem weiterführenden Experiment selbst überzeugen.

B2.3 Vertiefung - Wer mehr wissen will

Gestatten, *Actinidia deliciosa*!

Nachdem wir uns mit dem Aufbau einer Kiwi-Frucht und dem in ihr enthaltenen Enzym befasst haben, wollen noch mehr zur Herkunft und Botanik der Kiwi-Pflanze ergänzen. Die Pflanze stammt ursprünglich aus dem östlichen China. Angebaut wird sie oft in Plantagen (Abb. B2.4). Weitere Anbaugeländer außerhalb Chinas liegen in Italien, Neuseeland, Iran, Griechenland und Chile.

Der lateinische Name der Kiwi-Pflanze lautet *Actinidia deliciosa*. Es handelt sich um eine ausdauernde, verholzte, lianenartig wachsende, sommergrüne Schlingpflanze aus der Familie der Strahlengriffelgewächse.



Abb. B2.4: Plantage mit *Actinidia deliciosa* zu Blütezeit.

Die Blätter stehen wechselständig und die Blüten, die etwa vier bis fünf Zentimeter groß, weiß und wohlriechend sind, entspringen seitlich aus den Blattachseln. Kiwi-Pflanzen sind zweihäusig, das heißt, es gibt männliche und weibliche Blüten an getrennten Pflanzen.

Ihre Früchte sind Beeren und erreichen eine Größe bis acht Zentimeter bei einem Durchmesser bis fünf Zentimeter. Die Größe der Frucht korreliert mit der Anzahl ihrer Samen. Ihre Form ist oval bis walzenförmig, die Schale dünn und fellartig behaart. Das Fruchtfleisch ist glasig, saftig und je nach Varietät hell- bis dunkelgrün. Die Fruchtachse ist cremefarben und fleischig. Die zahlreichen Karpelle erscheinen im Querschnitt strahlenförmig hell. Zwischen ihnen sitzen die kleinen dunklen Samen.



Abb. B2.5: Weibliche Kiwi-Blüten und Kiwi-Früchte

Proteasen kommen in allen Organismen vor, neben Obst auch in Gemüse. Kiwis enthalten die Cystein-Protease Actinidain. Diese Protease besteht aus 220 Aminosäuren bei einer molekularen Masse von 29 kDa. Die Struktur weist große Ähnlichkeiten auf mit Papain, das in Papayas enthalten ist. Für Papain und auch für Bromelain aus Ananas wurde gezeigt, dass sie Insektenlarven in ihrer Entwicklung stören. Die Funktion von Actinidain in Kiwi ist noch nicht abschließend geklärt, aber es gibt Hinweise, dass das Enzym ebenfalls eine Rolle bei der Abwehr von Fraßfeinden spielt. Eine im Ansatz vergleichbar hohe Enzymaktivität wie bei Ananas, Papaya, Kiwi und Feige findet sich bei Gemüse nur in Lauch, Paprika und Ingwer.

Neben den Proteasen enthält die Kiwi-Frucht auch sehr viel Vitamin C (90 mg/100 g), etwa dreimal soviel wie Orangen oder Erdbeeren. Ihr Kalium-Gehalt beträgt 312 mg/100g und entspricht in etwa dem einer Banane mit 358 mg/100g. Kiwis enthalten für Obst vergleichsweise viel Folsäure (25 µg/ 100 mg). Weitere gesundheitsförderliche Inhaltsstoffe der Kiwi sind Vitamin E und Ballaststoffe. Insgesamt lässt sich daraus entnehmen, dass der Verzehr von Kiwis sehr gesund ist.

B3 Experiment 4 – Staubfänger

B3.1 Praktische Hinweise zur Durchführung

Wie baue ich das Elektroskop?

Das Elektroskop besteht aus einem Glasgehäuse. Im Gehäuse wird eine Skala mit Winkelgraden angebracht. Ein zweifach gewickelter Kupferdraht, der durch einen Deckel von außen ins Gehäuseinnere geführt wird, dient als metallischer Leiter. Am unteren Drahtende werden die Aluminiumfolien-Streifen befestigt, deren Ausschlag im Gehäuseinneren beobachtet wird (Abb. 3.1).

Die Skala fertigt man aus einem dünneren Karton wie z. B. der Rückseite eines Collegenblocks. Dafür schneidet man ein Quadrat. Dessen Seitenlänge wird so gewählt, dass der Karton bequem in das Glasgefäß eingebracht werden kann.

Aus dem Quadrat schneidet man ein Kreissegment aus und trägt mit Hilfe des Geodreiecks auf dem Karton eine Skalierung in Winkelgraden auf. Seitlich macht man etwa 0,5 Zentimeter tiefe Einschnitte, so dass man Laschen im Wechsel nach links und rechts falten kann. Mit einem Klebestreifen (ggf. doppelseitig) wird die Skala an der inneren Gehäusewand befestigt (Abb. B3.1).



Abb. 3.1: Aufbau des Elektroskops

Der Deckel wird aus einem festen Karton mit Wellenstruktur gebastelt. Er sollte möglichst stabil sein, damit das eingeführte Röhrchen einen festen Halt hat. Der Kupferdraht erhält mehr Stabilität, wenn er aus zwei Drähten gewickelt wird (Abb. B3.1). Der Kupferdraht wird durch das Röhrchen geschoben. Am unteren Ende wird ein Haken zum Einhängen der Aluminiumstreifen gebogen, am oberen Ende (außerhalb des Gehäuses) eine Spirale geformt. Direkt oberhalb des Röhrchens sollte noch ein kleiner Knick geformt werden, damit der Draht im Röhrchen nicht nach unten rutschen kann. Bevor der Deckel auf das Glas gesetzt wird, müssen die Aluminiumfolien-Streifen an den Kupferdraht gehängt werden. Der längere Streifen sollte nicht frei beweglich am Nullpunkt anliegen. Der kürzere Streifen muss sich bei Abstoßung bis zu hohen Winkelgraden der Skalierung frei bewegen können.

Worauf sollte ich beim Messen achten?

Wie stark der Ausschlag des Aluminiumstreifens ist, hängt in hohem Maße von den Stoffeigenschaften der Materialien, die aneinander gerieben werden, der Größe der Reibungsfläche sowie der Beschaffenheit der Kontaktfläche ab. Auch Temperatur und Luftfeuchtigkeit haben einen Einfluss. In einem Raum mit trockener

(Heizungs)luft, werden höhere Ausschläge zu beobachten sein. Deshalb werden Schüler*innen mit dem Elektroskop sehr unterschiedliche und untereinander wenig vergleichbare Messwerte (Gradzahlen) produzieren. Qualitativ in Bezug auf die Materialpaare lassen sich aber eindeutige und reproduzierbare Ergebnisse feststellen. Und nur diese fließen auch in die Bewertung ein.

Zwischen den einzelnen Messungen muss überprüft werden, dass das Material entladen wurde und keinen Ausschlag des Elektroskops mehr bewirkt. Entladen werden kann ein Gegenstand durch Klopfen auf metallische Gegenstände. Auch sollte man vermeiden die Kupferspirale mit den geladenen Gegenständen in Berührung zu bringen, da sich die Ladung dabei eventuell überträgt und man keine Influenz mehr feststellen kann.

B3.2 Hintergrundwissen

Was ist statische Elektrizität?

Jeder kennt vermutlich das Phänomen: wir ziehen im Winter einen Pullover über den Kopf, „es knistert, Funken sprühen und uns stehen die Haare „zu Berge“ oder wir sind über einen Teppich geschlurft und haben „eine gewischt“ bekommen, als wir die Türklinke angefasst haben. Da ist statische Elektrizität mit im Spiel.

In Metallen sind die äußeren Elektronen frei beweglich, deshalb haben sie eine hohe elektrische Leitfähigkeit. Wo Elektronen bewegt werden, fließt Strom. Die Stoffe, die wir hier betrachten, haben eine geringe bis gar keine elektrische Leitfähigkeit und gehören eher in die Gruppe der Isolatoren.

Berühren sich Gegenstände aus verschiedenen Materialien oder werden aneinander gerieben treten immer auch Elektronen von einem Gegenstand auf den anderen über. Das Material mit relativ freier beweglichen Elektronen wird Elektronen abgeben, das andere Material hingegen bevorzugt die gelieferten Elektronen an der Oberfläche sammeln und nicht abtransportieren. Die Oberfläche von diesem Stoff trägt eine negative Ladung. Der Stoff, der Elektronen geliefert hat, trägt eine positive Ladung (Elektronendefizit). Da die Ladung von Isolatoren nicht gut weitergeleitet wird, verweilt sie stationär an einem Ort. Man spricht von statischer Elektrizität. Ladungen werden getrennt und bauen sich auf, bis eine Entladung stattfinden kann.

Der Effekt ist umso größer, je unterschiedlicher bei einem Materialpaar die freie Beweglichkeit von Elektronen ist. In der Triboelektrischen Reihe sind Materialien aufgrund ihrer Elektronenaffinität geordnet. Je weiter ein Material am positiven Ende der Reihe steht, desto mehr Elektronen wird es bei Berührung oder Reibung an ein Material abgeben, welches weiter am negativen Ende der Reihe steht.

(+) Positives Ende der Reihe

Menschliche Hand
Asbest
Kaninchenfell
Glas
Menschliches Haar
Nylon
Wolle
Pelz
Blei
Seide
Aluminium
Polyester
Papier
Baumwolle
Stahl
Bernstein
Hartgummi
Nickel/Kupfer
Messing/Silber
Synthetischer Gummi
Orlon
Saran
Polyethylen
Teflon (PTFE)
Silikongummi

(-) negatives Ende der Reihe.

Abb. B3.2: Triboelektrische Reihe

Mit dieser Reihe lässt sich damit auch theoretisch das Verhalten von Materialpaaren, die aneinander gerieben werden, vorhersagen: Reibt sich ein menschliches Haar mit einem Polyester-Pullover wird sich das Haar positiv aufladen, da es eher dazu neigt, seine Elektronen abzugeben. Ein Glasstab nimmt bei der Reibung mit einem Kaninchenfell Elektronen auf, während es bei der Reibung mit Seide Elektronen abgibt.

Wie funktioniert ein Elektroskop?



Abb. B3.3: Verschiedene Elektroskope

In Abb. B3.3 sind verschiedene Elektroskope aus der Physiksammlung einer Schule zu sehen. Allen ist gemeinsam, dass ein metallischer Gegenstand aus dem Gehäuse herausragt, der Ladung aufnehmen kann und die Aufgabe einer Messelektrode hat. Der metallische Gegenstand ist mit einem Zeiger oder Plättchen aus Metall im Gehäuse verbunden.

An der Eintrittsstelle in das Gehäuse muss das Metall isoliert sein, damit auftretende Ladung nicht über das Gehäuse abgeleitet werden kann. Der Zeiger nimmt gleichnamige Ladung wie der Metallstab auf und wird dadurch von diesem abgestoßen. Wenn das Gerät eine kalibrierte Skala besitzt und Spannung anzeigt, wird das Gerät auch als Elektrometer bezeichnet. Das selbstgebaute Elektroskop aus Experiment 4 hat im Gegensatz dazu nur eine Grad-Einteilung, um die Stärke des Ausschlages beschreibbar zu machen, deshalb auch das angehängte -skop.

Wird ein Gegenstand mit einem Elektronenüberfluss, also mit einer negativen Ladung, an die Messelektrode gehalten, so geht etwas negative Ladung auf das Elektroskop über. Dadurch, dass Elektrode, Zeiger und Stab aus leitendem Material bestehen, werden damit auch Stab und Zeiger leicht negativ geladen und stoßen sich ab, der Zeiger schlägt aus. Wird ein Gegenstand mit einem Elektronenmangel, sprich mit einer positiven Ladung an die Messelektrode gehalten, so werden Elektronen aus dem Elektroskop abgezogen. Dadurch erhalten Zeiger und Stab eine leicht positive Ladung und stoßen sich ab.

Beim Elektroskop zeigt deshalb ein Ausschlag des Zeigers immer nur an, dass der angehaltene Gegenstand eine Ladung trägt, nicht aber ob es sich um eine positive oder eine negative Ladung handelt.

Berührt ein geladener Gegenstand die Messelektrode, so werden Elektronen übertragen. Entfernt man den Gegenstand wieder, bleibt der Ausschlag des Elektroskops daher noch bestehen. Was passiert aber, wenn der geladene Gegenstand nur in die Nähe der Messelektrode gebracht wird, ohne sie zu berühren? Auch dann kommt es zu einem Ausschlag des Zeigers, der allerdings aufhört, sobald der geladene Gegenstand wieder entfernt wird. Dieses Phänomen nennt man Influenz.

Was ist Influenz?

Unter Influenz versteht man die Änderung der Ladungsverteilung bzw. Ladungsverschiebung an der Oberfläche eines Körpers durch Annähern eines geladenen Körpers, ohne dass sie sich direkt berühren. Abb. B3.4 zeigt schematisch eine Metallkugel mit ihrer Ladungsverteilung im Ruhezustand. Die positiven und negativen Ladungen sind gleichmäßig über die Kugel verteilt, dadurch wirkt sie nach außen ungeladen. Rechts daneben ist dargestellt, was passiert, wenn man einen geladenen Körper in die Nähe dieser Metallkugel bringt. Die negative Ladung des Körpers stößt die negativen Ladungsträger in der Metallkugel ab. Da sich in Metallen zwar die Elektronen frei bewegen können, die positiv geladenen Atomrümpfe jedoch nicht, verschieben sich die Elektronen auf die dem negativ geladenen Körper abgewandte Seite. Nun trägt die linke Seite der Metallkugel eine positive Influenzladung Q_i^+ und die rechte Seite der Metallkugel eine negative Influenzladung Q_i^- . Solange es nicht zu einer Weiterleitung der Ladung kommt, ist aber insgesamt die Ladung der Metallkugel ausgeglichen und wenn man den geladenen Körper wieder entfernen würde, würde die Ladung in der Metallkugel wieder zu ihrer anfänglichen Ladungsverteilung zurückkehren.

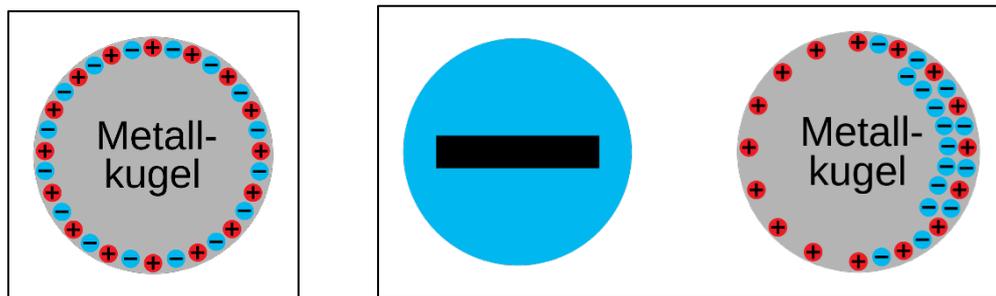


Abb. B3.4: Links: Ausgeglichene Ladung einer Metallkugel. Rechts: Ladungsverteilung durch Influenz.

B3.3 Vertiefung - Wer mehr wissen will

Statische Elektrizität ist doch harmlos, oder?

Ist das Phänomen der statischen Elektrizität ein harmloser Zaubertrick für Kindergeburtstage oder steckt da mehr Power drin?

Die Kräfte zwischen Ladungen beschreibt das Coulomb-Gesetz. Es besagt, dass die Kraft zwischen zwei Punktladungen dem Produkt der Ladungen direkt und dem Quadrat ihres Abstandes umgekehrt proportional ist. Die Richtung der Kraft fällt mit der Verbindungslinie der beiden Ladungen zusammen.

Coulomb-Gesetz:
$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

Q_1 und Q_2 sind die Ladungen und ϵ_0 ist die elektrische Feldkonstante.

Der Formel kann man entnehmen, dass die resultierende Kraft beim Annähern zweier Punktladungen astronomisch in die Höhe schießen kann. Sogar durch Ausschütten von festen Stoffen oder beim Strömen von Flüssigkeiten oder aerosolbeladenen Gasen kann es zu statischer Aufladung kommen. Auch ohne elektrische Quellen können hier durch einfache Vorgänge wie Reiben, Zersplittern, Zerreißen oder Zerstäuben gigantische Aufladungen und in der Folge Entladungen geschehen.

Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) zählt unter anderem folgende mögliche Gefahren beziehungsweise Störungen in Verbindung mit statischer Elektrizität auf:

- Personengefährdung infolge eines elektrischen Schlages
- Personengefährdung durch ständige Aufladung als gesundheitliche Beeinträchtigung
- Beschädigungen beziehungsweise Zerstörung von elektrostatisch gefährdeten Bauelementen
- Vorbeltung photographischer Emulsion (zum Beispiel Röntgenfilm)
- Entzündung brennbarer Stoffe (Explosions- und Brandgefahr)

Zu besagter Entzündung brennbarer Stoffe kann es kommen, wenn sich die aufgebaute Ladung in Form eines kleinen Blitzes entlädt. Dazu kommt es, wenn das elektrische Feld im Raum zwischen zwei leitfähigen Objekten die Durchbruchfeldstärke erreicht. Dies kann ab einer Energie von 0,5 MJ passieren. Statische Elektrizität ist also mitnichten harmlos.

Potzblitz!

Es beginnt mit einem Wetterleuchten in der Ferne oder einem leichten Grollen und plötzlich ist es da, das Gewitter. In den Bergen oder auf einer weiten Ebene kann das schnell bedrohlich werden. Und doch ist auch ein Gewitter nur eine Entladung statischer Elektrizität. Aber wo findet da Reibung statt?

Gewitter entstehen, wenn warme Luftmassen mit ausreichend hoher Feuchtigkeit in große Höhe transportiert werden. Wärmegewitter können dadurch ausgelöst werden, dass der Boden lokal durch intensive Sonneneinstrahlung stark erhitzt wird. Die bodennahen Luftschichten werden erwärmt, ihre Dichte nimmt ab und das Luftpaket steigt auf.



Abb. B3.5: Blitz bei Gewitter

Der vertikale Auftrieb der Luftmassen wird durch zwei Effekte verstärkt: Die aufsteigende Luft kühlt sich ab und erreicht schließlich die Sättigungstemperatur des Wasserdampfes. Wasserdampf kondensiert zu Wassertröpfchen, Wolken bilden sich. Bei der Kondensation wird Wärme frei. Die dadurch erwärmte Luft hat eine geringere Dichte und steigt weiter auf. An der 0°-Grenze gefrieren die Wassertröpfchen. Dabei wird Gefrierwärme frei, die die Luft abermals erwärmt und auftreibt.

Es bilden sich Aufwindschläuche mit Vertikalgeschwindigkeiten bis etwa 100 Stundenkilometern, die mächtig aufgetürmte, amboßförmige Quellwolken, sogenannte *Cumulonimbus*, von 5-12 Kilometer Höhe und 5-10 Kilometer Durchmesser erzeugen.

Durch Reibung und Zerstäuben werden die Wassertröpfchen und Eispartikel in der Wolke elektrostatisch aufgeladen. Die positiv geladenen Teilchen sind üblicherweise „leichter“ als die negativ geladenen. Damit ist ihre Angriffsfläche für den Aufwind bei relativ geringer Masse relativ groß. So führt die vertikale Luftströmung zu einer großflächigen Ladungstrennung: Im oberen Teil der Gewitterwolke werden Partikel mit positiver Ladung, im unteren Teil Partikel mit negativer Ladung kumuliert.

Die negative Ladung im unteren Teil der Gewitterwolke erzeugt an der Erdoberfläche durch Influenz eine positive Ladung. Für die Entstehung von Blitzen zwischen Wolke und Erdoberfläche muss der Potentialunterschied (die Spannung) zwischen Wolke und Erde einige 10 Millionen Volt betragen. Wird diese Spannung erreicht, beginnt die Entladung mit dem sogenannten Leitblitz, bei dem sich ruckartig negative Ladung in Richtung Boden bewegt und einen ionisierten Leitkanal vorbereitet. Die Vorwachs geschwindigkeit des Leitblitzes liegt in der Größenordnung von einem Tausendstel der Lichtgeschwindigkeit, also bei etwa 300 km/s.

Von exponierten Orten am Boden, geht dem Leitblitz manchmal eine positive Ladung entgegen, der Fangblitz. Dieser stellt die Verbindung zwischen Wolke und Boden her, die den Blitzkanal schließt. Jetzt folgt die Hauptentladung, bei der ein kurzzeitiger Stromstoß von bis zu 30 kA zum getroffenen Objekt fließt. Die Temperatur im Blitzkanal steigt auf bis zu 30 000 Grad Celsius. Dabei dehnt sich die Luft im Blitzkanal innerhalb von zehn bis hundert Millionstel Sekunden zum Plasma aus. Dadurch entstehen Stoßwellen in der Atmosphäre. kurz nach dem Zucken des grellen Blitzes, der durch die Bildung von Plasma entsteht, hören wir einen Donner.

- C1 Echt bitter!
- C2 Wirkung von Tensiden – Rote Bete
- C3 Cellulase in Waschmitteln
- C4 Tenside als Emulgatoren

Name: _____ Datum: _____ Thema: _____

Florian und Julia wollen heute mal etwas Neues ausprobieren. Warum statt geriebenem Apfel nicht mal etwas frische Kiwi ins Müsli geben? Die Enttäuschung ist herbe: Die Milch wird dickflüssig, das Müsli schmeckt bitter. Auch mit Joghurt oder Quark wird das nicht besser.

Beide erinnern sich, dass sie neulich schon einmal Pech hatten, als sie mit Ananas und Kiwi einen leckeren Obstkuchen machen wollten. Aber der Tortenguss wollte einfach nicht fest werden.

Was ist da los?

Materialien

1 Kiwi (grün)

1 Kiwi (gelb)

Naturjoghurt, Milch oder Quark

1 Päckchen Tortenguss (weiß, mit Gelatine)

Experiment

Schält mit dem Obstmesser je eine frische gelbe und grüne Kiwi und **schneidet** sie in Würfel.

Gebt die frischen Früchte in eine Schale mit Milch, Joghurt oder Quark.

Lasst die Schale eine halbe Stunde stehen und **nehmt** eine Geschmacksprobe.

Stellt nach den Hinweisen auf der Packung etwas weißen Tortenguss her.

Verteilt den flüssigen Tortenguss auf den restlichen Kiwi-Würfeln.

Wartet, bis der Tortenguss sich abgekühlt hat.

Aufgaben

Notiert nach einer weiteren halben Stunde eure Ergebnisse.

Vergleicht die Ergebnisse von gelber und grüner Kiwi.

Erklärt eure Versuchsergebnisse (biochemisch).

Stellt für diesen Versuch begründete Vermutungen an zur Aktivität von Enzymen.

Gebt drei Tipps, wie man einen schmackhaften Kuchen bzw. Müsli mit frischer Kiwi zubereiten könnte.

*Hinweis: Gefährlich oder gesundheitsschädlich ist das bittere Milchprodukt nicht.

Name: _____ Datum: _____ Thema: _____

Florian und Julia wollen heute mal etwas Neues ausprobieren. Warum statt geriebenem Apfel nicht mal etwas frische Kiwi ins Müsli geben? Die Enttäuschung ist herbe: Die Milch wird dickflüssig, das Müsli schmeckt bitter. Auch mit Joghurt oder Quark wird das nicht besser.

Beide erinnern sich, dass sie neulich schon einmal Pech hatten, als sie mit Ananas und Kiwi einen leckeren Obstkuchen machen wollten. Aber der Tortenguss wollte einfach nicht fest werden.

Was ist da los?

Beobachtung

Das Müsli mit der grünen Kiwi schmeckt bitter. Bei der gelben Kiwi ist der Geschmack weniger bitter.

Der Tortenguss erkaltet zwar, erstarrt aber in den Bereichen, wo er mit den Früchten in Kontakt ist, nicht vollständig.

Begründung

Kiwis enthalten das eiweißspaltende Enzym Actinidain. Dieses spaltet bestimmte Milchproteine (Caseine) in kleinere Untereinheiten (Peptide, Aminosäuren). Die Milch gerinnt und dickt ein. Die entstehenden Spaltprodukte führen dazu, dass die Milch bitter schmeckt.

Gelbe Kiwi enthält sehr viel weniger Proteasen als die grüne.

* Ähnliche Beobachtungen macht man bei Mango, Ananas (Bromelain) und Papayas (Papain), die auch ähnliche Enzyme (Proteasen) enthalten.

Tipps

- 1) Obst erst unmittelbar vor dem Verzehr unter den Joghurt mischen.
- 2) Kiwis separat servieren und getrennt von der Milchspeise essen.
- 3) Kiwis vorher andünsten oder kurz mit heißem Wasser übergießen: Die Hitze zerstört das Proteinhaltige Enzym. Allerdings auch die wertvollen Vitamine.
- 4) Gelbfleischige Kiwis verwenden. Die enthalten wenig Enzyme.

Methode 3) und 4) würde auch für ein vollständiges Erstarren des Tortengusses sorgen.

Noch ein Hinweis: Die Enzymaktivität von Ananas und Kiwi kann man sich bei der Zubereitung von Fleischgerichten zu Nutze machen. Wenn man Fleisch vor dem Braten mit Kiwi-Hälften oder Ananasscheiben einreibt, wird es zarter, weil die Proteasen das zähe Bindegewebe (Proteine, Kollagene) abbauen. Das wird auch in der Lebensmittelindustrie eingesetzt.

*Hinweis: Gefährlich oder gesundheitsschädlich ist das bittere Milchprodukt nicht.

Name: _____ Datum: _____ Thema: _____

Wenn man die Liste der Inhaltsstoffe von Waschmitteln oder Spülmitteln ansieht, ist ein Begriff immer dabei: Tenside. Aber was sind Tenside und was können sie? In diesem Versuch wird die Wirkung von Tensiden auf Rote Bete untersucht.

Materialien

3 kleine Gläser

3 Teelöffel

1 Rote Bete

1 Obstmesser

Wasserfester Stift

Colorwaschmittel

Handspülmittel

Wasser

Experiment

Schält die Rote Bete mit dem Obstmesser.

Schneidet dann mit dem Obstmesser vier kleine, gleich große Quader aus der Roten Beete.

Wascht die Stücke unter fließendem Leitungswasser gut aus, bis das Waschwasser farblos wird.

Legt eines der Stücke beiseite zum Vergleich.

Beschriftet die Gläser mit den Nummern 1, 2 und 3.

Füllt die drei Gläser mit Leitungswasser und **gibt** in Glas 2 einen Teelöffel Handspülmittel dazu und in Glas 3 einen Teelöffel Colorwaschmittel.

Rührt beide Gläser um und **gibt** in jedes der Gläser einen Rote Bete-Quader.

Stellt die Gläser mit den Rote Bete-Quadern für 24 Stunden an einen geschützten Ort.

Achtet darauf, dass ihr die Flüssigkeit in den Gläsern ab und zu umrührt, damit vor allem das Colorwaschmittel zwischendurch aufgeschwemmt wird.

Aufgaben

Notiert das Ergebnis in den Gläsern nach 24 Stunden genau.

Vergleicht dabei die Rote Bete-Quader und die Flüssigkeiten in den Gläsern.

Schreibt auch begründete Vermutungen auf, wodurch es zu diesem Ergebnis kommt.

Name: _____ Datum: _____ Thema: _____

Wenn man die Liste der Inhaltsstoffe von Waschmitteln oder Spülmitteln ansieht, ist ein Begriff immer dabei: Tenside. Aber was sind Tenside und was können sie? In diesem Versuch wird die Wirkung von Tensiden auf Rote Bete untersucht.

Beobachtung

Sobald die Rote Bete-Quader in den Gläsern liegen, zeigt sich meist trotz des vorherigen Auswaschens eine leichte Rosa-Färbung der Flüssigkeiten. In dem Glas mit Colorwaschmittel ist die Flüssigkeit trübe aufgrund der Inhaltsstoffe im Waschmittel. Nach wenigen Stunden ist erkennbar, dass die Färbung in den Gläsern mit Waschmittel und Spülmittel intensiver wird, während sie in dem Glas mit Leitungswasser gleichbleibt. Nach 24 Stunden ist die Färbung in dem Glas mit Handspülmittel intensiv rot (wie Kirschsafte). In dem Glas mit Colorwaschmittel ist die Färbung noch stärker, aber eher blauviolett statt rot und trübe. Beim Kontrollversuch hat sich die Farbe nicht weiter geändert.

Begründung

In Waschmitteln und auch in Handspülmitteln sind Tenside enthalten. Diese haben einen hydrophoben und einen hydrophilen Teil und setzen dadurch die Grenzflächenspannung zwischen verschiedenen Phasen herab. Damit können sie z.B. Fette in Wasser emulgieren.

In diesem Versuch wirken die Tenside im Handspülmittel und im Colorwaschmittel auf die Lipidmembranen der Roten Bete. Dadurch werden die Membranen durchlässig und der Zellinhalt gelangt in das umgebende Medium. Da Rote Bete einen Farbstoff enthält, das Betanin, kann dieser Prozess in unserem Experiment sichtbar gemacht werden.

Betanin eignet sich zwar nicht als pH-Indikator, weil es keine deutlichen Farbumschläge gibt. Aber von sauer über neutral zu stark basisch zeigt sich ein allmählicher Farbübergang von Rot über Orange zu Violett. Die Colorwaschmittel-Suspension ist so alkalisch, dass das Betanin eher violett erscheint. Bei Zugabe von etwas Säure (Zitronensaft) verschiebt sich die Farbe wieder Richtung Rot.

Name: _____ Datum: _____ Thema: _____

In Waschmitteln sind z. B. Tenside enthalten, Bleichmittel und Proteasen. Im folgenden Versuch wollen wir ein Waschmittel auf ein weiteres Enzym untersuchen, das manchmal enthalten ist – die Cellulase. Cellulasen werden Waschmitteln beigegeben, um der Wäsche länger ein frisches glattes Aussehen zu verleihen.

Materialien

3 kleine Gläser

3 Teelöffel

1 Zwiebel

1 Obstmesser

Wasserfester Stift

Colorwaschmittel

Handspülmittel

Wasser

Experiment

Schneidet mit dem Obstmesser die äußere braune Schale der Zwiebel ab und teilt sie in vier möglichst gleich große Stücke. Eines davon legt ihr beiseite zum Vergleich.

Beschriftet die Gläser mit den Nummern 1, 2 und 3.

Füllt die drei Gläser mit Leitungswasser und **gebt** in Glas 2 einen Teelöffel Handspülmittel dazu und in Glas 3 einen Teelöffel Colorwaschmittel.

Rührt beide Gläser um und **gebt** in jedes der Gläser ein Stück der Zwiebelschale.

Stellt die Gläser mit den Zwiebelschalen für 24 Stunden an einen geschützten Ort.

Achtet darauf, dass ihr die Flüssigkeit in den Gläsern ab und zu umrührt, damit vor allem das Colorwaschmittel zwischendurch aufgeschwemmt wird.

Aufgaben

Notiert das Ergebnis in den Gläsern nach genau 24 Stunden.

Vergleicht dabei die Zwiebelschalen und die Flüssigkeiten in den Gläsern.

Schreibt auch begründete Vermutungen auf, wodurch es zu diesem Ergebnis kommt.

Erklärt die Funktion von Cellulase in Waschmitteln.

Name: _____

Datum: _____

Thema: _____

In Waschmitteln sind z. B. Tenside enthalten, Bleichmittel und Proteasen. Im folgenden Versuch wollen wir ein Waschmittel auf ein weiteres Enzym untersuchen, das manchmal enthalten ist – die Cellulase. Cellulasen werden Waschmitteln beigegeben, um der Wäsche länger ein frisches glattes Aussehen zu verleihen.

Beobachtung



Abb. C3.1: Zwiebelschalen von links nach rechts in Wasser, Wasser mit Handspülmittel, Wasser mit Colorwaschmittel.

Nach 24 Stunden hat die Flüssigkeit in allen Gläsern eine braune Farbe angenommen. In Wasser (1) und Wasser mit Handspülmittel (2) ist die Flüssigkeit klar und in Wasser + Colorwaschmittel (3) ist die Flüssigkeit trüb.

Die Zwiebelschalen aus Wasser (1) und Wasser + Handspülmittel (2) sind etwas dunkler geworden. Aber sie sind genauso fest wie das unbehandelte Schalenstück. Die Zwiebelschale aus Wasser + Colorwaschmittel (3) ist heller und weicher bis schleimig.

Begründung

Die Zellwände der Zwiebelschalen bestehen aus Cellulose. Cellulase spaltet die glycosidische Bindung zwischen den Cellulose-Bausteinen und setzt Glucose frei. Dadurch, dass die Zellwände der Zwiebelschalen durch die Cellulase abgebaut werden, kommt es zu dem Verlust der Festigkeit.

Die Trübung der Flüssigkeit ist auf die wasserunlöslichen Stoffe im Colorwaschmittel zurückzuführen.

Auch verschiedene Stoffe, vor allem Baumwolle, bestehen aus Cellulose. Die Cellulasen werden den Waschmitteln zugegeben, um herausgelöste Faserenden abzubauen und der Wäsche so ein glattes und frisches Aussehen zu verleihen.

Name: _____ Datum: _____ Thema: _____

In Waschmitteln sind z. B. Tenside enthalten. Im folgenden Versuch soll die Wirkung von Tensiden als Emulgatoren untersucht werden.

Materialien

2 Gläser mit Schraubverschluss (200-500 mL Volumen)

1 Teelöffel

Speiseöl (Rapsöl oder Sonnenblumenöl)

Handspülmittel

Wasser

Experiment

Füllt in die zwei Gläser mit Schraubverschluss jeweils zu gleichen Teilen Leitungswasser und Speiseöl (Schichthöhe ca. 2-3 cm).

Gebt in eines der Gläser einen Teelöffel Spülmittel dazu.

Verschließt beide Gläser fest.

Notiert, was ihr in den Gläsern seht.

Schüttelt die Gläser kräftig.

Stellt sie ab und lasst sie einige Minuten **ruhen**.

Beobachtet dabei genau, was in den Gläsern passiert, und **macht** euch Notizen.

Aufgaben

Notiert eure Beobachtungen vor dem Schütteln.

Notiert eure Beobachtungen beim Schütteln.

Notiert eure Beobachtungen nach dem Stehenlassen.

Schreibt auch begründete Vermutungen auf, wodurch es zu diesen Ergebnissen kommt.

Name: _____ Datum: _____ Thema: _____

In Waschmitteln sind z. B. Tenside enthalten. Im folgenden Versuch soll die Wirkung von Tensiden als Emulgatoren untersucht werden.

Beobachtung



Abb. C4.1: In den beiden Fotos ist jeweils links ein Glas mit Öl und Wasser und rechts ein Glas mit Öl, Wasser und einem Tropfen Spülmittel zu sehen. Das linke Foto zeigt den Zustand vor dem Schütteln, das rechte kurz nach dem Schütteln. Mit Spülmittel sieht man deutlich eine Schaumbildung und kaum Entmischung, ohne Spülmittel ist die Entmischung von Öl und Wasser schon deutlich fortgeschritten.

	Glas ohne Spülmittel	Glas mit Spülmittel
Vor dem Schütteln	<ul style="list-style-type: none"> Leitungswasser und Speiseöl mischen sich nicht. Es bilden sich zwei getrennte Phasen. Das Öl schwimmt auf dem Wasser. 	<ul style="list-style-type: none"> Leitungswasser und Speiseöl mischen sich nicht. Es bilden sich zwei getrennte Phasen. Das Öl schwimmt auf dem Wasser. Das Spülmittel sinkt durch die Ölschicht bis zur Grenzfläche zwischen Öl und Wasser.
Beim Schütteln	<ul style="list-style-type: none"> Beim Schütteln ist nur noch eine Phase zu sehen. Die Phase ist trübe weiß und besteht aus vielen kleinen Tröpfchen. Es ist kein Schaum zu sehen. 	<ul style="list-style-type: none"> Beim Schütteln ist nur eine Phase zu sehen. Die Phase ist trübe weiß und besteht aus vielen kleinen Tröpfchen/Bläschen. In diesem Glas bildet sich Schaum.
Nach dem Stehenlassen	<ul style="list-style-type: none"> Es bilden sich kurzzeitig drei Schichten, von oben nach unten: Öl / Öl-Wasser-Gemisch / Wasser. Die mittlere Schicht nimmt sehr schnell ab. Am Ende sind wie zu Versuchsbeginn wieder zwei Phasen ausgebildet. 	<ul style="list-style-type: none"> Die weiße Phase mit kleinen Bläschen bestehen. Der Schaum auf der Oberfläche sackt mit der Zeit etwas zusammen.

Begründung

In Waschmitteln und auch in Handspülmitteln sind anionische Tenside enthalten. Anionische Tenside bestehen in der Regel aus einem polaren, wasserliebenden (hydrophilen) Molekülteil mit einer negativen Teilladung, und einem unpolaren, fettliebenden (lipophilen) Molekülteil. An einer Grenzfläche Wasser/Öl lagern sich die Tensidmoleküle so an, dass der wasserliebende Teil zum Wasser zeigt und der fettliebende Teil zum Öl. Schüttelt man anschließend die Lösung, werden jeweils kleine Fett-Tröpfchen von Tensidmolekülen umschlossen. Diese Tröpfchen „schweben“ dann im Wasser. Es entsteht eine Emulsion. Bei dem Gefäß ohne Spülmittel gibt es keine emulgierende Wirkung. Öl und Wasser trennen sich nach kurzer Zeit bereits wieder.

Mit den Experimenten und den vertiefenden Fragen der IJSO-Wettbewerbsaufgaben wollen wir Neugierde wecken und forschendes Lernen unterstützen. Beim Experimentieren ergeben sich zwangsläufig Situationen, in denen etwas nicht „funktioniert“, oder das Ergebnis des Experiments von den Erwartungen abweicht. Und schon taucht die erste Frage auf: Woran liegt das? Was muss ich ggf. anders machen?

Auch stößt man immer wieder an Grenzen und stellt fest, dass man eine Frage nicht abschließend beantworten kann, weil Informationen fehlen. Und schon ist man mitten drin im Grübeln, Recherchieren und Planen weiterführender Experimente.

So ging es auch uns im Vorfeld mit der einfachen Frage, ob sich Experiment 3 nicht einfacher mit fertigem Wackelpudding durchführen ließe. Das wäre vielleicht lustiger, der Pudding bereits gefärbt, so dass sich die Grenzfläche besser erkennen ließe und würde den Aufwand, das Substrat aus Blattgelatine herzustellen, überflüssig machen. Diese Fragen systematisch zu beantworten, weiteten sich zu einem kleinen „Forschungsprojekt“ aus, denn schnell gesellte sich die Frage hinzu, ob es mit dem rotgefärbten Wackelpudding ggf. besser funktionieren könnte als mit dem gelben oder grünen. Oder ob andere Inhaltsstoffe wie z. B. Zucker oder Süßstoffe das Experiment stören könnten.

Die Neugierde und das Hinterfragen, aber auch den eigenen Antrieb, nicht locker zu lassen und Dingen auf den Grund zu gehen, wollen wir mit den Wettbewerbsaufgaben stärken. Deshalb haben wir in diesem Wettbewerbsjahr erstmals die Formulierung von Forschungsfragen als Auftrag für die Wettbewerbsteilnehmenden mit aufgenommen. Ermutigen und inspirieren Sie Ihre Teilnehmenden, ihren eigenen Fragen nachzugehen. Unterstützen wollen wir aber auch Sie, wenn Sie Kinder und Jugendliche in Projekt(wettbewerb)en begleiten wollen und auf der Suche nach geeigneten Themen sind.

DO Vorschläge für Projektthemen und weiterführende Untersuchungen

DO.1 Recherche

- EX1: Lassen sich Vollmilchschokolade- und Zartbitterschokolade-Flecken gleich gut reinigen?
- EX1: Wie wird eigentlich Schokolade hergestellt?
- EX1: Was haben Kakaobohnen, Kaffeebohnen und grüne Bohnen gemeinsam?
- EX1: Was macht die Schokolade braun?
- EX1: Warum lassen sich Grasflecken so schlecht reinigen?

- EX2: Gehören die roten Farbstoffe von Cranberry, Tomate und Rote Bete auch zur Gruppe der Anthocyane? Wie kann ich das ggf. testen?
- EX2: Welche Farbstoffe sind in Gummibärchen enthalten? Lassen sie sich mit Vollwaschmittel (Bleichmittel) entfärben? Verändert sich der Farbeindruck durch optische Aufheller?
- EX2: Warum findet man bei den Inhaltsstoffen von Waschmitteln selten genaue Angaben dazu, welche Enzyme enthalten sind? Wo findet man detaillierte Angaben dazu?
- EX2: Ist es ökologisch sinnvoller mit heißem Wasser ohne Spülmittel oder mit kaltem Wasser und Spülmittel zu waschen? (Textilien, aber auch Geschirr)

- EX3: Wie werden Enzyme hergestellt? Wie kann man ihre Eigenschaften beeinflussen?
- EX3: Kann man Enzyme herstellen, die auch bei höheren Temperaturen als 60 Grad Celsius aktiv sind?
- EX3: Wenn Proteasen Gelatine abbauen, können sie dann auch menschliche Proteine (Haut, Haare) angreifen?

D0.2 Kommunikation und Wertung

- Macht euch auch Gedanken dazu, welche Verschmutzungen auf Textilien bei euch am häufigsten vorkommen und welche Kleidungsstücke und Wäsche häufig und in großen Mengen in eurem Haushalt in der Waschmaschine gewaschen werden. Überlegt, welche verschiedenen Waschmittel dafür sinnvoll eingesetzt werden sollten.
- Was ist umweltfreundlicher? Die Verwendung von Flüssigwaschmittel oder Waschpulver?
- Welche Vor- und Nachteile hat die Verwendung von ökologischen Waschmitteln auf pflanzlicher Basis (Waschnüsse, Rosskastanien, Seifenkraut, u. Ä.). Bereitet dazu eine Debatte vor. Verschafft euch ein Meinungsbild im Publikum vor und nach der Debatte.
- Wäre es sinnvoll, Waschmittel, Enzyme, Bleichmittel, Enthärter separat im Baukastenprinzip anzubieten, so dass die Dosierung der Inhaltsstoffe je nach Bedarf und „Waschproblem“ angepasst werden kann? Diskutiert das in der Runde und fertigt eine Liste mit Vor- und Nachteilen an.

D0.3 Optimierung der Versuchsanordnung und weitere Experimente

In Experiment 1 habt ihr die Waschwirkung verschiedener Waschmittel untersucht.

- a) Findet heraus, mit welcher Dosierung des Waschmittels ihr eine optimale Waschleistung erreichen könnt.
- b) Ziel ist es den Verbrauch an Waschmittel so gering wie nötig zu halten. Gebt eine Empfehlung für die niedrigste Dosierung, mit der noch ein zufriedenstellendes Reinigungsergebnis erreicht wird.

In Experiment 2 habt ihr die Enzymaktivität von Fruchtsäften und Waschmitteln mit roten Gummibärchen getestet. Funktioniert der Gummibärchen-Versuch auch mit den gelben, orangeroten und grünen und weißen Gummibärchen?

- a) Wiederholt Experiment 2 mit den andersfarbigen Gummibärchen. Notiert die Ergebnisse und vergleicht.
- b) Testet weitere Früchte und deren Säfte auf Enzymaktivität (Proteasen): Tomate, Mango, Orange, Kirsche, Traube, Ananas.

Experiment 3 beansprucht eine Menge Zeit. An welchen Stellschrauben könnt ihr drehen, um a) die Versuchsdauer zu verkürzen und b) die Messgenauigkeit zu erhöhen?

- a) Macht Vorschläge dazu und testet, ob sich euer Konzept in der Praxis bestätigt.
- b) Untersucht, ob eine Anfärbung des Substrats von Vorteil für die Durchführung des Experiments wäre. Überlegt, welche Farbstoffe ggf. geeignet sein könnten und testet.

In Experiment 3 habt ihr für eure Untersuchung ein Substrat aus Blattgelatine hergestellt.

- a) Wie wirkt es sich aus, wenn ihr die Konzentration an Gelatine im Substrat verändert? Findet heraus, welche Konzentration an Gelatine optimal für die Durchführung des Experimentes wäre?
- b) Hat es einen Einfluss auf die Versuchsergebnisse, ob ihr Gelatinepulver, Blattgelatine oder Instant-Gelatine, die nicht mehr erwärmt werden muss, bei der Herstellung verwendet?
- c) Eignet sich anstelle von Gelatine auch Wackelpudding als Substrat? Entwickelt eine Versuchsanordnung mit der ihr prüfen könnt, ob der Zuckergehalt in Wackelpudding das Experiment stören könnte.
- d) Für Fortgeschrittene: Es gibt Waschmittel mit Amylasen oder anderen Enzymen, die Zucker und Kohlenhydrate abbauen. Entwickelt ähnlich der Versuchsanordnung in Experiment 3 für Proteasen einen einfachen Versuch, mit dem sich die Aktivität der Amylase bestimmen lässt.

In Experiment 3 habt ihr die Aktivität der Protease bei Raumtemperatur untersucht. Die Aktivität von Enzymen hängt von Temperatur und pH-Wert ab. Bei welchen Bedingungen beobachtet ihr eine maximale Enzymaktivität für Protease? Vergleicht ggf. mit anderen Enzymen.

- a) Plant einen Versuchsaufbau, mit dem ihr mit einfachen Mitteln das Maximum bestimmen könnt.
- b) Fertigt eine Anleitung für eure Arbeitsgruppe an, wie sie den Versuch durchführen sollen.
- c) Führt den Versuch jeweils selbst durch und wertet eure Untersuchungsergebnisse aus. Besprecht die Ergebnisse im Team und vergleicht eure Messdaten.
- d) Formuliert weiterführende Fragen, die sich aus deinen/euren Untersuchungen ableiten lassen.

E0 Literatur

U. Lüttge, M. Kluge, G. Bauer. Botanik (1994) VCH
 D. Sadava, D. Hillis, H. C. Heller, S. Hacker. Purves Biologie (2017) Springer Spektrum
 Oskar Höfling. Physik: Lehrbuch für Unterricht und Selbststudium (1990) Ferd. Dümmlers Verlag
 Franz Bader, Friedrich Dorn. Physik Mittelstufe (1980) Schrödel Verlag
 W. Babel: Gelatine – ein vielseitiges Biopolymer. In: Chemie in unserer Zeit, 30, 1996, S. 86–95 doi:10.1002/ciuz.19960300205.
 G. Schwedt, Experimente mit Supermarktprodukten
 D. Voet, J.G. Voet. Biochemie (1994) VCH

E1 Linksammlung

E1.1 Textquellen zu Unterkapiteln B1.1-B1.3:

<http://www.chemie.uni-jena.de/institute/oc/weiss/aufheller.htm>
<https://de.wikipedia.org/wiki/Anthocyane>
<https://de.wikipedia.org/wiki/Tenside>
https://de.wikipedia.org/wiki/Zeolith_A
<https://waschmitteltests.de/waschmittel-inhaltsstoffe/>
<https://www.seilnacht.com/waschm/vollw.html>
<https://de.wikipedia.org/wiki/Phosphonate>
<https://www.ikw.org/haushaltspflege/themen/detail/informationsserie-wasch-und-reinigungsmittel-200/>
<http://www.waschen.com/geschichte-waeschepflege.html>
<https://www.mysds.henkel.com/index.html#>
<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0550.pdf>
<https://www.bund.net/meere/mikroplastik/hintergrund/>
<https://de.wikipedia.org/wiki/Waschmittel#Geschichte>
http://www.clb.de/ck2011rx52_files/CLB12-03.pdf (G.Schwedt. Antik: Seifenpflanzen und gefaulter Urin
<https://de.wikipedia.org/wiki/Kollagene>
<https://de.wikipedia.org/wiki/Gelatine>
https://www.chemieunterricht.de/dc2/tip/06_09.htm

E1.2 Textquellen zu Unterkapiteln B.2.1-B2.3:

https://de.wikipedia.org/wiki/Actinidia_deliciosa
<https://doi.org/10.1007/s00394-018-1627-z>: D.P. Richardson, · J. Ansell, · L.N. Drummond
 The nutritional and health attributes of kiwifruit: a review. European Journal of Nutrition (2018) 57:2659–2676
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24604128/>: M. Chalabi, F. Khademi, R. Yarani, A. Mostafaie. Proteolytic Activities of Kiwifruit Actinidin (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward) on Different Fibrous and Globular Proteins: A Comparative Study of Actinidin with Papain. Appl Biochem Biotechnol (2014). 172(8):4025-37
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27451238/>: Q. Sun, B. Zhang, Q. Yan, Z. Jiang. Comparative analysis on the distribution of protease activities among fruits and vegetable resources. Food Chemistry 213 (2016) 708–713
<https://de.wikipedia.org/wiki/Protein#Proteinstruktur>
https://de.wikipedia.org/wiki/Enzym#Enzyme_in_der_Technik
<https://de.wikipedia.org/wiki/Peptidasen>
<https://www.abenzymes.com/en/your-industry/detergents/liquid-laundry-detergents/biotouch-roc-250-lc/>
https://de.wikipedia.org/wiki/Papain#cite_note-1
<https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/bmb.20488>: C. Valls, G. Pujadas, S. Garcia-Vallve, M. Mulero.
 Characterization of the Protease Activity of Detergents. Biochem. mol. Biol. Educ. (2011) Vol. 39, No. 4, pp. 280–290, 2011

E1.3 Textquellen zu Unterkapiteln B.3.1-B3.3:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Elektrostatik>
https://de.wikipedia.org/wiki/Coulombsches_Gesetz
https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Gefaehrdungsbeurteilung/Expertenwissen/Elektrische-Gefaehrdungen/Statische-Elektrizitaet/Statische-Elektrizitaet_node.html
https://de.wikipedia.org/wiki/Elektrostatische_Entladung
<https://www.vde.com/de/blitzschutz/arbeitsgebiete/faq/entstehung-20gewitter>
<https://www.keyence.de/ss/products/static/resource/feature/property.jsp>
<https://www.weltderphysik.de/thema/hinter-den-dingen/gewitterblitze/>
<https://de.wikipedia.org/wiki/Blitz>
<https://de.wikipedia.org/wiki/Reibungselektrizit%C3%A4t>

E2 Bildnachweis

E2.1 Bildnachweis zu Abbildungen B1.1-B1.5:

B1.1: Roland.chem lizenziert unter CC0 1.0 URL:
https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Natriumlaurinat_und_Tensidsymbol.svg
B1.2: Drdoht lizenziert unter CC BY-SA 3.0, URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PH_-_Anthocyanidin-3-Glycoside.png
B1.3: Foto: S. Schmidt-Gattung, IPN
B1.4: Quelle: Thomas Seilnacht, www.seilnacht.com URL: <https://www.seilnacht.com/waschm/seifhers.html>
Mit freundlicher Genehmigung von Thomas Seilnacht
B1.5: "Zahlen zum Waschen in Deutschland" Quelle "IKW / www.haushaltspflege.org" URL:
https://www.ikw.org/fileadmin/ikw/Haushaltspflege/Informationsserie/WM/dateien/html/3_5_1.html mit freundlicher Genehmigung von Bernd Glassl

E2.2 Bildnachweis zu Abbildungen B2.1-B2.5:

B2.1: Foto: S. Schmidt-Gattung, IPN
B2.2: Matthias M. (verändert nach Fvasconcellos) lizenziert unter CC BY-SA 3.0, URL:
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Energiediagramm-Enzymreaktion.svg>
B2.3: links: Thomas Shafee lizenziert unter CC-BY-SA 4.0 URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Enzyme_structure.svg
rechts: Fvasconcellos lizenziert unter CC0 1.0 URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Actinidain_1AEC.png
B2.4: rgspringett0 freie Pixabay-Lizenz URL: <https://pixabay.com/de/photos/kiwis-tepuke-neuseeland-gartenbau-2932731/>
B2.5: links: Cryptosporella lizenziert unter CC-BY-SA 3.0 URL:
https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Kiwi_weibliche_Blueten.jpg
rechts: milivanily freie Pixabay-Lizenz URL: <https://pixabay.com/de/photos/kiwi-pflanze-obst-lebensmittel-741655/>

E2.3 Bildnachweis zu Abbildungen B3.1-B3.5:

B3.1: Foto: S. Schmidt-Gattung, IPN
B3.3: Foto: O. Cassing mit freundlicher Genehmigung von Oliver Cassing
B3.4: Hmilch lizenziert unter CC0 1.0, URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Influenz_0.svg
B3.4: Hmilch lizenziert unter CC0 1.0, URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Influenz_2.svg
B3.5: photo_theria CC0.1.0 URL: <https://pixnio.com/de/landschaften/nacht/sturm-nacht-dunkel-regen-gewitter-donner-thunderbolt-himmel>