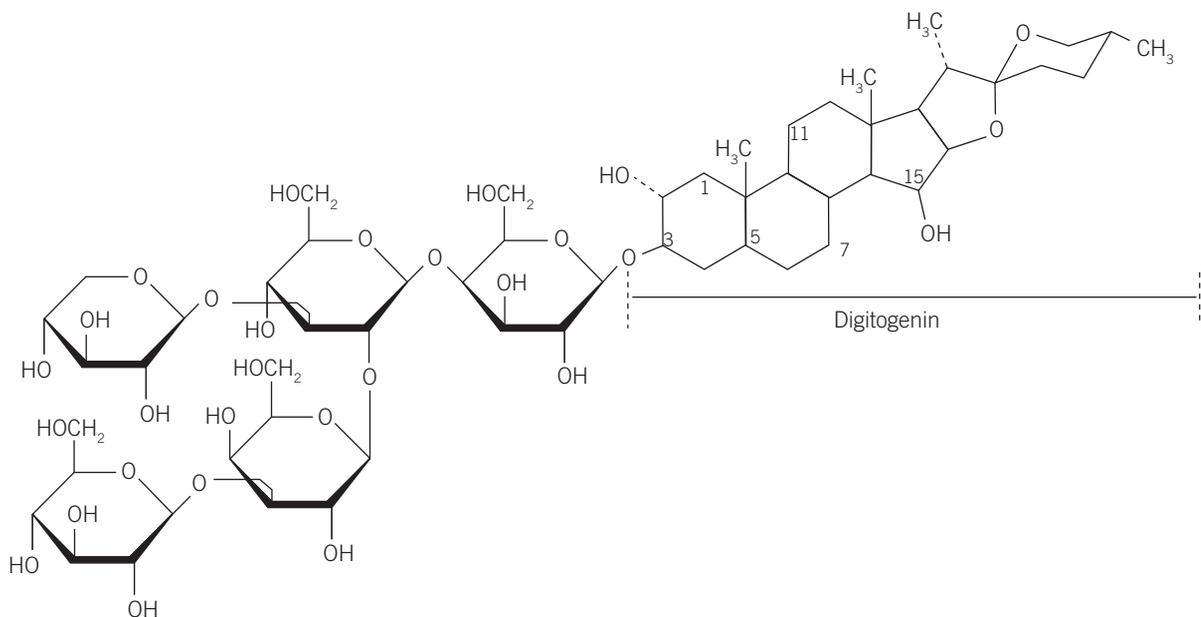


Waschen mit Pflanzen

„Reibe den Fleck mit dem Saft aus einer Seifenkraut-Wurzel ein und wasche ihn dann unter lauwarmem Wasser aus.“ Was für unsere Großeltern noch Tradition war, ist heute vielfach unbekannt: Man muss nicht immer zum Vollwaschmittel oder Fleckenteufel greifen, um Verschmutzungen aus Kleidungsstücken herauszuwaschen. Es gibt viele Pflanzen, die eine ähnliche Waschwirkung zeigen wie die heutigen Waschmittel. Beispiele hierfür sind der Sud oder das Mehl aus Seifenkrautwurzeln oder Rosskastanien sowie die Schalen der indischen Waschnüsse.

Die Waschwirkung dieser Pflanzen ist auf ihren Gehalt an **Saponinen** (lat. *sapo*: Seife) zurückzuführen. Dies sind in Pflanzen und in einigen Tieren vorkommende sekundäre Pflanzenstoffe, deren Moleküle einen polaren und einen unpolaren Teil besitzen. Die weit über 1000 bekannten verschiedenen Saponin-Moleküle lassen sich nach ihrem Aufbau in zwei Gruppen einteilen: die Steroidsaponine und die Triterpensaponine. In beiden Gruppen ist ein Ringsystem aus mindestens vier nichtaromatischen Ringen aus 27 bzw. 30 Kohlenstoffatomen über die Hydroxy-Gruppe am C-3-Atom mit Ketten von Zuckermolekülen glykosidisch verknüpft. Saponine gehören daher zur Stoffklasse der **Glykoside**. Sie weisen alle einen bitteren Geschmack auf und werden daher auch zu den so genannten Bitterstoffen gezählt.

Saponine sind in der Pflanzenwelt weit verbreitet. Jede Pflanzenart besitzt für sie typische Saponine, wodurch sich eine sehr große Vielfalt an strukturell verwandten Stoffen ergibt. Die folgende Abbildung zeigt die Struktur des beim Fingerhut vorkommenden Digitonins.



▼ AUFGABEN

- Informieren Sie sich über die folgenden Pflanzen: Seifenkraut, Rosskastanie und Waschnuss. Erstellen Sie zu jeder Pflanze einen Steckbrief.
 - Recherchieren Sie, welche Funktionen die Saponine in Pflanzen übernehmen. Fertigen Sie eine Tabelle an.
- Beschreiben Sie die Struktur des abgebildeten Saponins und erklären Sie die grenzflächenaktive Wirkung des Saponins. Vergleichen Sie dazu dessen Molekülstruktur mit der eines Tensid-Moleküls und leiten Sie daraus die jeweiligen Eigenschaften ab.

Benetzungsfähigkeit von Textilien

▼ VORBEREITUNG DES PFLANZENMATERIALS

Dieser Versuch und die folgenden Versuche werden mit dem Mehl aus dem Rhizom des Seifenkrauts sowie von Rosskastanien [2] und mit gequollenen Waschnussschalen durchgeführt. Das Mehl erhält man, indem man die Kastanie bzw. das Rhizom von der Schale befreit und in einer Kaffeemühle mahlt. Mit diesem Material bzw. dem Waschmittel wurden Suspensionen hergestellt und nach 15 Minuten filtriert. Dazu wurden 2 g Pflanzenmaterial bzw. Waschmittel mit 100 ml Wasser versetzt. Um die Ergebnisse vergleichen zu können, wurden stets gleich große Mengen an Pflanzenmehl, Waschnussschalen bzw. Waschmittellösung eingesetzt.

▼ MATERIAL

Stücke von Textilien aus Samt und Nylon (z. B. eine Feinstrumpfhose), Tropfpipetten, Bechergläser, Vollwaschmittel, Spatel, Lineal, Pflanzenmaterial (s. o.), Waschmittellösung

▼ DURCHFÜHRUNG

1. Spannen Sie ein Stück Samt bzw. Nylon über ein Becherglas und tropfen Sie jeweils einen Tropfen Wasser auf das Stoffstück.
2. Wiederholen Sie den Versuch mit den Pflanzenpresssäften bzw. den Extrakten und der Waschmittellösung auf einer trockenen Stelle der Stoffe.
3. Führen Sie die Schritte 1 und 2 erneut durch. Halten Sie die Stoffstücke dabei schräg.

▼ AUFGABE

Beschreiben Sie Ihre Beobachtungen und deuten Sie diese. Fertigen Sie dazu auch eine Skizze an, in der die Oberflächenspannung als Ursache der Tropfenbildung beim Wasser deutlich wird. Diskutieren Sie Ihre Skizze mit Ihren Mitschülern.

Dispergier- und Emulgiervermögen der Pflanzenextrakte

▼ MATERIAL

Trichter, Filtrierpapier, Tropfpipetten, Stopfen, Reagenzgläser, Vollwaschmittel, Pflanzenpresssaftlösungen, Aktivkohle, Speiseöl

▼ DURCHFÜHRUNG NACH [3]

1. Füllen Sie ein Reagenzglas zur Hälfte mit Wasser und ein zweites Reagenzglas zur Hälfte mit der Waschmittellösung. Die übrigen Reagenzgläser werden mit den jeweiligen Presssäften bzw. Extrakten gefüllt.
2. Geben Sie in alle Reagenzgläser je eine Spatelspitze Aktivkohle, verschließen Sie diese und schütteln Sie kräftig durch.
3. Filtrieren Sie einen Teil der Suspensionen. Lassen Sie die Reste für etwa fünf Minuten stehen und beobachten Sie Veränderungen.
4. Wiederholen Sie den Versuch mit Speiseöl anstatt der Aktivkohle. Dieses Mal sollten Sie jedoch nicht filtrieren.

▼ AUFGABEN

- a. Beschreiben Sie Ihre Beobachtungen in übersichtlicher Form.
- b. Erklären Sie die Vorgänge beim Dispergieren und Emulgieren. Ordnen Sie die zugegebenen Stoffe hinsichtlich ihres Dispergier- und Emulgiervermögens.

Waschen mit Waschnüssen und anderen Pflanzenextrakten

▼ MATERIAL

Textilien aus Baumwolle, Wolle, Nylon, Samt und Seide, Eimer, Stoppuhr, Folienstift, Vollwaschmittellösung, Pflanzenpresssaftlösungen, Pflanzenextrakte, Modellverschmutzungen: Kochsalz (lösliche Verschmutzungen), Quark (Eiweißflecken), Margarine (Fettflecken), Mehl (Kohlenhydratreste), Tee (Farbstoffflecken) und Ruß (Pigmente)

▼ DURCHFÜHRUNG

Die Waschversuche werden in Handwäsche in einem Kunststoffeimer durchgeführt. Es werden dazu Stücke von Textilien aus Baumwolle mit den verschiedenen Modellverschmutzungen benetzt bzw. eingerieben. Die Verschmutzungsart und -stelle wird mit dem Folienstift markiert. Dem Waschwasser (1 l) werden dann jeweils 50 ml der Waschmittellösung bzw. den Presssaftlösungen zugefügt und die Wäsche 15 Minuten mit der Hand gewaschen. Die Temperatur des Waschwassers sollte etwa 20 °C betragen (Kaltwäsche). Es sollten auch Waschdurchgänge bei höheren Temperaturen durchgeführt werden. Zusätzlich können die Waschversuche bei unterschiedlichen Temperaturen in der Waschmaschine durchgeführt werden. Dies ermöglicht eine genauere Differenzierung der Waschleistung.

▼ AUFGABEN

Beurteilen Sie die Waschwirkung der waschaktiven Stoffe im Hinblick auf die Art der Textilien, die Art der Verschmutzung sowie die Waschtemperatur.

Verlauf der Unterrichtseinheit

Als Einstieg wurde der Zeitungsartikel aus der taz (Mangel durch Bio-Boom; vgl. Linkliste) verwendet, in dem schlaglichtartig die Vorteile der Nutzung von Waschnüssen dargestellt werden. Dieser Artikel rückt die für Schüler meist wenig bekannte Alternative zu herkömmlichen Waschmitteln in den Fokus und motiviert gleichzeitig durch seinen Alltagsbezug. Die innerhalb der Problematisierungsphase formulierten Fragestellungen wurden im Plenum gesammelt und hierarchisiert. Von zentraler Bedeutung war zunächst die Frage „Welche Stoffe in den Waschnüssen sind für die Waschwirkung verantwortlich?“ Sie leitete die Erarbeitung der Struktur und der Funktionen der Saponine als waschaktive Substanzen durch Auswertung von **Arbeitsblatt 1** sowie ergänzenden Recherchen ein. Innerhalb der ersten beiden Stunden der Unterrichtseinheit sowie in häuslicher Eigenarbeit erstellten die Schüler arbeitsteilig Steckbriefe zu der ihnen zugeordneten Pflanze sowie den darin enthaltenen Saponinen. Der Vergleich der Saponinstruktur mit der Molekülstruktur der den Schülern bekannten Tenside bildete den Schwerpunkt der Erarbeitung der Struktur-Eigenschaftsbeziehungen und der Erklärung der emulgierenden Wirkung der Saponine. Von zentraler Bedeutung war in dieser Phase die Zuordnung der polaren bzw. unpolaren Molekülgruppen sowie die Ableitung der Stoffeigenschaften hydrophil und hydrophob. Zur Ergebnissicherung erstellte jede Schülergruppe ein Poster, welches in der 3. und 4. Stunde der Unterrichtseinheit vorgestellt und von den übrigen Schülern beurteilt wurde. Auf diese Weise ließ sich einerseits ein Einblick über den Kenntnisstand der Schüler bezüglich des Basiskonzepts Struktur-Eigenschaften gewinnen, andererseits wurde ihre Bewertungskompetenz geschult.

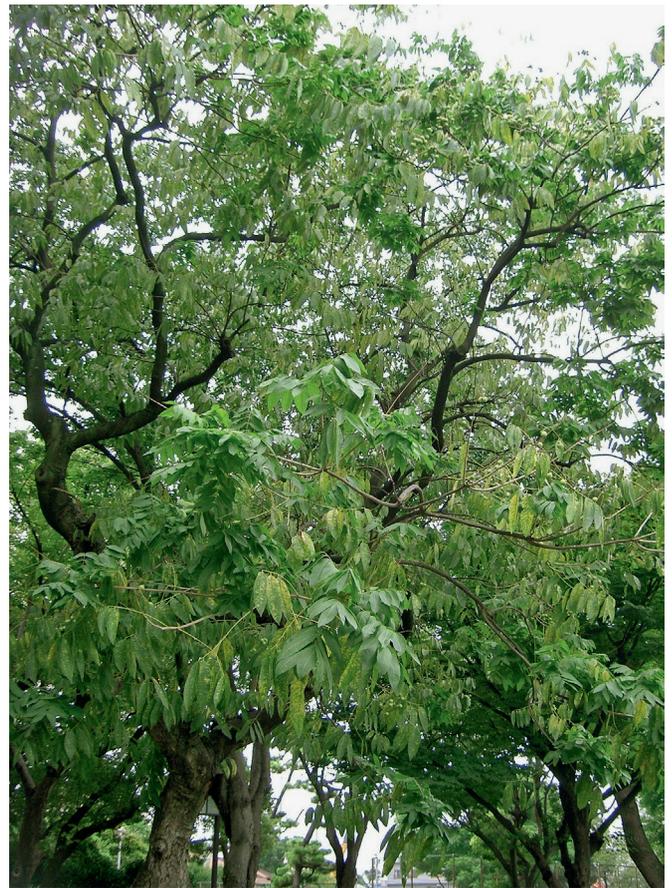
Nach dieser eher theoretischen Phase folgte die Überprüfung der Waschfähigkeit der Saponine im Experiment. Dazu wurden die Schüler in der fünften Stunde aufgefordert, mögliche experimentelle Vorgehensweisen zur Prüfung der Waschwirkung zu planen. In den verschiedenen Gruppen wurde vielfach der Vergleich der Waschwirkung von Waschnüssen sowie der übrigen Pflanzenextrakte und einem herkömmlichen Vollwaschmittel durch Waschen gleich verschmutzter Wäsche diskutiert. Als weitere Möglichkeit planten die Schüler den Vergleich der Schaumbildung, den sie aus dem Vorunterricht kannten. Um auch in einem Leistungskurs der Binnendifferenzierung Rechnung zu tragen, wurde eine sehr leistungsstarke Gruppe mit der Aufgabe betraut, die Temperaturabhängigkeit der Waschwirkung der Saponine aus Waschnüssen zu untersuchen (vgl. **Info 3**).

In dieser Planungsphase stellte das Entwickeln der objektiven Kriterien zum Vergleich der Waschwirkung für die Schüler eine Hürde dar. Zwar war ihnen die Notwendigkeit dieser Objektivierung bewusst, dieses im Experiment umzusetzen, bedurfte aber einer stärkeren Diskussionsphase – insbesondere die Festlegung über die Zusammensetzung der Modellverschmutzung.

Die Versuche wurden entsprechend der Planung in der 6. und 7. Stunde durchgeführt und ausgewertet. Das Waschen gleich verschmutzter Wäschestücke in der Waschmaschine und durch Handwäsche zeigte eine vergleichbare, aber tendenziell etwas schwächere Waschwirkung der Waschnüsse an. Die Ergebnisse der Schaumbildung lieferten jedoch ein umgekehrtes Bild: Bei Waschnüssen entsteht deutlich mehr Schaum als bei einem herkömmlichen Vollwaschmittel. Dieser kognitive Konflikt führte in der 8. Stunde einerseits zur Wiederholung der zuvor behandelten Funktion von Schauminhibitoren. Andererseits führte dieses Problem zur Diskussion, wie man möglichst objektiv die Waschwirkung beurteilen könnte. Hier wurde die Beeinflussung der Grenzflächenaktivität als Maß für die Waschwirkung genannt. Die anschließend durchgeführten Versuche mit dem Ringtensiometer (vgl. **Info 3**) bestätigten die Ergebnisse der Waschversuche. Die in diesem Zusammenhang von den Schülern angefertigte umfassende Versuchsauswertung, in der neben der sachbezogenen Auseinandersetzung auch der Gang der Erkenntnisgewinnung dokumentiert werden sollte, diente der Sicherung der Ergebnisse und der Kontrolle der inhaltsbezogenen und prozessbezogenen Kompetenzen.



Seifenkraut



Waschnussbaum



Rosskastanien

Lösungen zu den Versuchen

Zu Versuch 1: Wasser bildet aufgrund der Oberflächenspannung auf den Textilien einen Tropfen. Bei den schräg gespannten Textilien perlt der Wassertropfen den Stoff hinab. Sowohl die verdünnten Lösungen der Pflanzen-Saponine als auch die Waschmittellösung dringen sofort in die Textilien ein und bilden keine Tropfen. Die Laufweite der Lösungen auf den schräggespannten Textilien nimmt in folgender Reihe zu: Waschnuss-Lösung, Waschmittel-Lösung, Kastanien-Extrakt, Seifenkraut-Lösung. Sowohl die Lösungen des Pflanzenmaterials als auch die des herkömmlichen Waschmittels verringern die Oberflächenspannung.

Zu Versuch 2: Bei allen Versuchen bilden sich Schäume, die sich jedoch hinsichtlich ihrer Höhe und Stabilität unterscheiden. Die Höhe nimmt in folgender Reihe ab: Spülmittel (Vergleichsubstanz) \cong Waschnuss > Waschmittel > Kastanie > Seife > Seifenkraut. Die stabilsten Schäume bildeten sich bei der Waschnuss und der Kastanie. Die Schäume von Spülmittel, Waschmittel, Kernseife und Seifenkraut fielen innerhalb der Beobachtungszeit leicht zusammen. Die aus Pflanzenmaterial hergestellten Schäume waren gegenüber Säurezugabe sehr stabil, während Spülmittelschaum sowie Waschmittelschaum deutlich und der Kernseifenschaum gänzlich zusammenfielen (Protonierung der Seifen-Anionen).

Zu Versuch 3: Die Suspension von Aktivkohle mit Wasser lässt sich durch Filtrieren trennen. In der Waschmittellösung sowie in den Saponin-Lösungen aus den Pflanzen werden die Aktivkohle-Partikel dispergiert, d.h. sie werden durch die waschaktiven Substanzen so fein verteilt, dass sie durch die Poren des Filtrierpapiers hindurch können. Mit Speiseöl bilden alle hier verwendeten waschaktiven Substanzen eine stabile Emulsion, die sich auch nach längerem Stehenlassen nicht trennt.

Zu Versuch 4: Die Modellverschmutzung wird vom Vollwaschmittel auf allen untersuchten Textilien komplett entfernt – auch schon bei niedrigen Temperaturen. Mit den Saponinen der Waschnuss kann man gleiche gute Ergebnisse erhalten. Bereits bei 30 °C Waschtemperatur werden alle Verschmutzungen beseitigt. Darüber hinaus fühlt sich die Wäsche weicher an als die, die mit dem Vollwaschmittel gewaschen wurde. Auf der Faser bleiben demnach Saponin-Moleküle gebunden. Die Waschergebnisse mit den Saponinen der Kastanie sind ebenfalls gut. Es zeigte sich aber, dass bei Temperaturen unter 40 °C noch Eiweiß- und Teereste auf dem Wollstoff und der Seide zu erkennen waren. Die Waschwirkung der Saponine aus dem Seifenkraut war im Vergleich zu den anderen Waschmitteln niedriger. Gerade Eiweiße und Tee ließen sich nicht gut entfernen. Bei der Handwäsche musste man die Wäsche länger und stärker rubbeln. Dies lag sicherlich an der geringeren Saponinkonzentration im Seifenkraut.

Zu Versuch 5: Bei Zugabe der grenzflächenaktiven Substanzen lässt sich eine deutliche Herabsetzung der Oberflächenspannung im Vergleich zu der von reinem Wasser erkennen.

Zu Versuch 6: In Versuch a) betrug die Differenz der Oberflächenspannung von 30 °C warmem Wasser und reinem Wasser 3–9 mN/m und von 50 °C warmem Wasser und reinem Wasser 24–27 mN/m. In Versuch b) lag die Differenz bei 30 °C bei 3–9 mN/m und bei 50 °C bei 12 mN/m. Unabhängig von der Reihenfolge der Versuchsdurchführung war die Herabsetzung der Oberflächenspannung bei dem wärmeren Wasser also immer größer, was auf eine höhere Saponinkonzentration schließen lässt. Die aufwändige Versuchsdurchführung mit nur einer Nuss erscheint uns notwendig, da der Saponingehalt der Nüsse stark variiert.