

JUNGE

wissenschaft

JungforscherInnen publizieren
online | **peer reviewed** | original

Verlag:
Physikalisch-
Technische
Bundesanstalt



Chemie

Alles gut eingeseift?

ENTWICKLUNG EINER FLUORESZIERENDEN
FLÜSSIGSEIFE ZUM HÄNDEWASCHENLERNEN

Ich habe ein Verfahren entwickelt, welches falsche Händehygiene sichtbar machen kann. Dazu stellte ich Flüssigseifen aus Kernseife, Sonnenblumenöl und Pflanzenfett her und setzte ihnen fluoreszierende Naturstoffe zu. Anhand von Tests wurde die geeignetste Kombination ermittelt. Im Rahmen von Hygieneschulungen wird neben der Seife noch die selbstgebaute Visual Black Box eingesetzt, in der unter UV-Licht deutlich wird, ob die Hände richtig eingeseift wurden.

DIE JUNGFORSCHERIN



Stella Hofmann (2002)

Felix-Klein-Gymnasium
37073 Göttingen

Eingang der Arbeit:
03.04.2017

Arbeit angenommen:
30.8.2017



Alles gut eingeseift?

ENTWICKLUNG EINER FLUORESZIERENDEN FLÜSSIGSEIFE ZUM HÄNDEWASCHEN LERNEN

1. Einleitung und Aufgabenstellung

Laut Weltgesundheitsorganisation werden bis zu 80 Prozent aller ansteckenden Krankheiten über die Hände übertragen [1]. In Deutschland erkranken jedes Jahr 4 bis 10 Prozent der Bevölkerung an Grippe (Influenza). Das Robert-Koch-Institut geht nach Schätzungen von jährlich 5.000 bis 15.000 Grippetoten in Deutschland aus [2]. Dabei gelangen die Krankheitserreger häufig über die Hände auf die Schleimhäute im Gesicht und lösen so die Krankheit aus. Deshalb schützt richtiges Händewaschen nicht nur vor Grippe, sondern auch vor zahlreichen anderen Infektionen. Werden die Hände 20 bis 30 Sekunden gewaschen, so kann die Keimzahl um 99 Prozent reduziert werden. Nur 36 Prozent der Menschen in Deutschland waschen sich laut einer Befragung durch die Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA) im Jahr 2012 die Hände 20 bis 30 Sekun-

den bei einem Waschvorgang, im medizinischen Bereich sind es 50 Prozent. Es stellt sich dabei die Frage: Wie kann man 64 Prozent der Bevölkerung zum längeren bzw. richtigen Händewaschen motivieren?

Ein Ansatz könnte eine Studie der *Michigan State University in East Lansing* (USA) sein, die vor einigen Jahren auf den Herrentoiletten Hinweisschilder mit der Aufschrift „Vier von fünf Männern waschen sich ihre Hände.“ anbrachte. Außerdem fanden sich darauf Hinweise, wie man sich richtig die Hände säubert. Nur allein durch diesen optischen Hinweis stieg die Zahl der Händewascher von 77 auf 86 Prozent. Auch die Länge des Händewaschens verlängerte sich [3]. Das heißt, allein durch eine Visualisierung auf öffentlichen und privaten Toiletten konnte die Zahl der Händewascher und die Länge des Händewaschens erhöht werden. Das brachte mich auf die Idee, das Händewaschen für jeden sichtbar zu machen. Dazu

möchte ich das Phänomen der Fluoreszenz nutzen.

Fluoreszenz ist die spontane Emission von Licht kurz nach der Anregung eines Materials. Dabei ist das emittierte Licht energieärmer als das vorher absorbierte [4]. Das heißt, der Körper speichert bei der Bestrahlung die Energie nicht, sondern gibt sie sofort wieder ab. Um die Fluoreszenz sichtbar machen zu können, wird als Anregungsenergie ultraviolettes Licht eingesetzt. Ultraviolettes Licht (UV-Licht), welches auch als Schwarzlicht bezeichnet wird, ist für den Menschen eine unsichtbare elektromagnetische Strahlung mit einer Wellenlänge, die kürzer ist als die des für den Menschen sichtbaren Lichtes, aber länger als die der Röntgenstrahlung. Das ultraviolette Licht wird in die drei Bereiche UVA-Strahlung mit einer Wellenlänge von 315 bis 400 nm, UVB-Strahlung mit einer Wellenlänge von 280 bis 315 nm und UVC-Strahlung mit einer Wellenlänge von 280 bis 100 nm unterteilt [5].

Die UVB- und UVC-Strahlen haben einen starken erythemem Effekt, d.h. eine starke Sonnenbrand erzeugende Wirkung auf die Haut, die ein hohes Hautkrebsrisiko birgt [6]. Deshalb wird für meine Untersuchungen ultraviolettes Licht im UVA-Bereich mit einer Wellenlänge von 366 nm eingesetzt.

Recherchen haben gezeigt, dass fluoreszierende Stoffe bereits als optische Aufheller in der Waschmittel-, Textil-, Faser-, Papier- und Kunststoffindustrie verwendet werden. Auch Haargel und Nagellack gibt es mit fluoreszierenden Zusätzen, um z.B. in Diskotheken, die oft mit UV-Licht arbeiten, einen besonderen Leuchteffekt zu erzeugen. In der Kriminalistik werden fluoreszierende Pulver zur Kenntlichmachung von Spuren, die im Tageslicht nicht sichtbar wären, eingesetzt. Die dabei verwendeten Verbindungen sind überwiegend synthetische Verbindungen.

Ich möchte bei diesem Projekt nur natürliche Verbindungen, die Fluores-

zenz zeigen, einsetzen und diese aus Pflanzen extrahieren. Gemischt mit selbsthergestellter Flüssigseife, deren Inhaltsstoffe ich kenne, erwarte ich bei natürlichen Verbindungen weniger dermatologische Nebenwirkungen für die Haut. Weitere Recherchen haben gezeigt, dass eine fluoreszierende Seife aus natürlichen Pflanzenfarbstoffen in Verbindung mit einer UV-Licht-Box zur Visualisierung des Handwaschvorgangs in öffentlichen und privaten Toilettenbereichen und zum Einsatz von Schulungszwecken bisher nicht entwickelt wurde.

2. Herstellung von Flüssigseifen

2.1 Chemische Grundlagen

Seifen gehören zu den sogenannten Tensiden. Die Moleküle der Tenside haben eine besondere Eigenschaft. Sie haben eine wasseranziehende (hydrophile) und eine wasserabweisende (hydrophobe) Seite. Die wasserabweisende Seite zieht das Fett auf der Haut an, das dann am Seifenteilchen kleben bleibt. Das wasseranziehende Ende verbindet sich mit dem Wasser. Seifen lösen sich nicht richtig in Wasser, sondern bilden sogenannte Mizellen (Klümpchen) [7].

Verseifung ist eine basische Esterspaltung. Der Ester, welcher mit dem Hydroxidion aus dem Natriumhydroxid zwischen dem Glycerin- und dem Fettsäuremolekül gespalten wird, ist eine chemische Verbindung [8]. Diese Verbindung entsteht durch die Reaktion einer Säure und eines Alkohols unter Abspaltung von Wasser. Nach der Spaltung mit dem Hydroxidion entstehen die Endprodukte Glycerin und die Alkalisalze der Fettsäuren. Seife ist also ein Alkalisalz einer Fettsäure.

2.2 Herstellung von Flüssigseife aus Kernseife

40 g Kernseife wurden mit einer Käse raspel klein geraspelt und in ein Becherglas gegeben. Anschließend wur-

den 50 ml destilliertes Wasser, welches vorher mithilfe eines Wasserkochers auf 85 °C erhitzt wurde, langsam in das Becherglas gefüllt. Dann wurde mit einem Glasrührstab so lange gerührt, bis sich die Kernseife im Wasser aufgelöst hatte. Anschließend kühlte die fertige Masse 60 Minuten ab [9].

2.3 Herstellung von Flüssigseife aus Pflanzenfett und Sonnenblumenöl

In ein Becherglas wurden 3 g festes Pflanzenfett und 50 ml 30-prozentige Natronlauge gegeben. Unter ständigem Rühren wurde die Flüssigkeit 50 Minuten auf der Heizplatte bei niedriger Temperatur (80 °C) erhitzt. An der sich allmählich verstärkenden Schaumbildung konnte man erkennen, wann sich genügend Seife gebildet hatte. Dann wurde das Becherglas von der Heizplatte genommen und man konnte die Bildung einer gelblichen Seifenkruste erkennen. Anschließend musste die fertige Masse 120 Minuten abkühlen. Da die aus Natronlauge und Fett hergestellte Seifenkruste noch stark alkalisch war, nahm man nach dem Abkühlen einen Teil (1 g) der gelblichen Seifenkruste mit einem Spatel. Diese Kruste wurde in ein Reagenzglas mit 5 ml destilliertem Wasser gegeben und kräftig geschüttelt, bis sich die Seifenkruste vollständig auflöst hatte. Um größere Mengen der Flüssigseife zu gewinnen, musste dieser Vorgang öfter wiederholt werden [10].

Bei der Herstellung der Flüssigseife aus Sonnenblumenöl wurde die 30-prozentige Natronlauge selbst hergestellt, indem 6,8 g Natriumhydroxid in 50 ml destilliertem Wasser gelöst wurden [11]. Dann wurde diese Natronlauge mit 50 ml Sonnenblumenöl über dem Bunsenbrenner bei niedriger Temperatur (80 °C) erhitzt. Die weitere Versuchsdurchführung war dann wie bereits bei der Herstellung von Flüssigseife aus Pflanzenfett beschrieben.

Die Herstellung der Flüssigseife aus Kernseife hat beim ersten Versuch ge-

klappt. Für die Herstellung der Flüssigseife aus Pflanzenfett wurden fünf Versuche benötigt, da sich aufgrund der Literaturangaben (Erhitzungszeit 30 Minuten) nie eine Seifenkruste gebildet hat. Da ich vermutete, dass es an der Erhitzungszeit liegen könnte, habe ich in 5-Minuten-Schritten die Erhitzungszeit erhöht. Nach 50 Min. Erhitzung bei 80 °C hat sich die Seifenkruste gebildet.

3. Vergleich der selbst hergestellten Flüssigseifen

Um herauszufinden, welche der selbst hergestellten Flüssigseifen sich am besten für meine weiteren Experimente als Testseife eignet, habe ich für die drei Flüssigseifen Bewertungskriterien festgelegt, die meinem Ermessen nach die wichtigsten Aspekte der Verträglichkeit und Handhabung von Flüssigseifen beinhalten. Diese Kriterien habe ich in selbst entwickelten vergleichbaren Prüfreihen untersucht. Die Testkriterien waren die Konsistenz (Fließbarkeit und Homogenität), die Verteilbarkeit, die Schaumbildung, die Geruchsbeeinträchtigung, Rückstände auf der Haut, der pH-Wert, der Herstellungsaufwand und der Schwierigkeitsgrad der Herstellung. Aufgrund der beobachteten Ergebnisse habe ich den Seifen eine Platzierung von Platz eins (beste Seife) bis Platz drei (schlechteste Seife) zugeteilt.

3.1 Fließgeschwindigkeit

In ein Reagenzglas wurden 10 ml Seife gegeben. Anschließend wurde das Reagenzglas in ein Stativ eingespannt. Das eingespannte Reagenzglas hatte eine Neigung von 45°. Sobald die Seife anfang zu fließen, wurde die Zeitmessung gestartet. Als der erste Tropfen der Seife den Boden des Becherglases berührte, wurde die Zeitmessung gestoppt. [Tab. 1](#) zeigt die Ergebnisse.

Eine langsamere Fließgeschwindigkeit der Flüssigseife hat eine zähere Konsistenz der Seife als Grundlage. Deshalb lässt sich eine Seife mit einer zäheren

Konsistenz besser auf den Handflächen verteilen. Die Zeit, bis der Tropfen das Becherglas berührte, war bei der Flüssigseife aus Kernseife mit 5,69 Sekunden im Durchschnitt am längsten (1. Platz). Die Seifen aus Sonnenblumenöl und Pflanzenfett flossen deutlich schneller, deshalb ist die Seife aus Sonnenblumenöl auf Platz 2 und die Seife aus Pflanzenfett mit durchschnittlich 1,16 Sekunden auf Platz 3.

3.2 Homogenität

In ein Becherglas wurden je 10 ml der selbst hergestellten Seifen gegeben. Anschließend wurden die drei Bechergläser auf einen Overheadprojektor gestellt und der Schatten der Seifenteilchen an die Wand geworfen. Dann wurden alle Teilchen gezählt, die nicht mit der Flüssigkeit homogen waren (siehe [Tab. 2](#)).

Tab. 1: Versuch zur Fließgeschwindigkeit: Zeit, bis ein Tropfen aus dem Reagenzglas den Boden des Becherglases berührt

Flüssigseife	Zeit in s im 1. Versuch	Zeit in s im 2. Versuch	Durchschnitt in s
Kernseife	5,09	6,30	5,69
Sonnenblumenöl	1,90	2,40	2,15
Pflanzenfett	1,28	1,05	1,16

Tab. 2: Versuch zur Homogenität: Sichtbare Teilchen im Becherglas der Flüssigseifen

Flüssigseife	Anzahl Teilchen im 1. Versuch	Anzahl Teilchen im 2. Versuch	Durchschnitt
Pflanzenfett	3	4	3,5
Sonnenblumenöl	7	9	8
Kernseife	18	10	14

Tab. 3: Höhe der Schaumkrone nach dem Schütteln der Reagenzgläser

Flüssigseife	Höhe im 1. Versuch in cm	Höhe im 2. Versuch in cm	Durchschnitt
Pflanzenfett	0,1	0,3	0,2
Sonnenblumenöl	0,6	0,7	0,65
Kernseife	2,0	3,0	2,5

Ein homogenes Gemisch liegt vor, wenn sich die einzelnen Bestandteile des Gemischs bis auf molekulare Ebene ineinander verteilen und zusammen eine Phase bilden. Es ist keine Abgrenzung der Stoffe mehr erkennbar [12]. Bei der Flüssigseife aus Pflanzenfett hatten sich im Durchschnitt nur 3,5 Teilchen nicht mit der Gesamtmenge vermischt, deshalb war die Seife fast homogen und bekommt somit Platz 1. Die Seife aus Sonnenblumenöl hatte durchschnittlich 8 Teilchen, die nicht mit der Gesamtflüssigkeit homogen waren (Platz 2) und die Flüssigseife aus Kernseife hatte durchschnittlich in zwei Versuchen 14 Teilchen (Platz 3).

3.3 Verteilbarkeit

Je 10 ml der selbst hergestellten Seifen wurden mit einem Tropfen roter Lebensmittelfarbe eingefärbt. Dann wurde jede eingefärbte Seife in eine Petrischale gegeben. Anschließend wurde die Petrischale für 5 Sekunden mit kreisenden Bewegungen geschwenkt. Dann wurde die Verteilung dokumentiert (siehe [Abb. 1](#)).

Die Flüssigseife aus Sonnenblumenöl hatte sich in der Petrischale komplett verteilt, also lässt sich diese Flüssigseife beim Waschen auf der Hand am besten verteilen, deshalb bekommt diese Seife den 1. Platz. Die Seife aus Pflanzenfett hatte sich am zweitbesten in der Petrischale verteilt (Platz 2) und die Seife aus Kernseife bekommt aufgrund der trägsten Verteilung Platz 3.

3.4 Schaumbildung

In ein Reagenzglas wurden je 10 ml der selbsthergestellten Seifen gefüllt. Es wurden alle drei Seifen 10 Sekunden lang mit einer geradlinigen Bewegung über eine Strecke von 15 cm geschüttelt. Anschließend wurde die gebildete Schaumkrone mit einem Geodreieck gemessen (siehe [Tab. 3](#)).

Unter Schaum versteht man eine Dispersion von Gas in einer Flüssigkeit oder einem Feststoff. Der Schaum beim Waschen ist eine Dispersion von Luft in

Wasser. Schaumblasen entstehen durch Bewegung der Seifenlösung (mechanische Bewegung, Lufteinblasen). Bei der Schaumbildung werden die Luftbläschen von den Seifenmolekülen so umschlossen, dass deren hydrophobe (wasserabweisende) Molekülteile in den Luftinnenraum gerichtet sind. Verlässt die Blase die Lösung, muss sie durch die mit Seifenmolekülen belegte Wasseroberfläche steigen. Dadurch wird eine zweite Seifenmolekülschicht adsorbiert, deren hydrophobe Molekülteile nach außen in die umgebende Luft gerichtet sind [13]. Die Schaumbildung zeigt somit an, dass Seife in einer Lösung vorhanden ist und diese Lösung sozusagen „waschfähig“ ist. Darüber hinaus bedeutet mehr Schaum auch mehr Fettlösekraft. Deshalb bekommt die Flüssigseife aus Kernseife mit einer Schaumkrone von durchschnittlich 2,5 cm den 1. Platz, die Flüssigseife aus Sonnenblumenöl mit einer Schaumkrone im Durchschnitt von 0,65 cm den 2. Platz und die Flüssigseife aus Pflanzenfett mit einer Schaumkrone von durchschnittlich 0,2 cm den 3. Platz.

3.5 Geruchsbeseitigung

Ein Becherglas wurde mit gleichem Druck (Kontrolle durch eine Waage) für 10 Sekunden mit einem Stück Knoblauch eingerieben. Dann wurde das Becherglas mit der immer gleichen Menge an Flüssigseife unter 35 °C warmen Wasser gereinigt. Anschließend wurde

olfaktorisch überprüft, bei welcher Seife der Geruch am besten entfernt wurde. Für jede Flüssigseife wurde der Versuch dreimal durchgeführt, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten.

Die Flüssigseife aus Kernseife hat komplett den Knoblauchgeruch entfernt (1. Platz), bei der Seife aus Pflanzenfett war noch ein geringer Knoblauchgeruch vorhanden (Platz 2) und bei der Seife aus Sonnenblumenöl war der Geruch noch stark (Platz 3).

3.6 Rückstände auf der Haut

Drei Gläser wurden jeweils mit einer kleinen Menge Öl bestrichen. Dann wurde das Glas für 10 Sekunden unter warmes Wasser (35 °C) gehalten und währenddessen die Flüssigseife mit kreisenden Bewegungen auf der Öl-Stelle aufgetragen. Anschließend wurde nochmal fünf Sekunden 35 °C warmes Wasser über die Öl-Seifen-Stelle laufen gelassen. Dann wurde das Glas an der Luft getrocknet. Zum Schluss wurde geschaut, ob Reste an Öl oder Ölverschmierungen vorhanden waren. Dieser Versuch wurde für jede Flüssigseife dreimal durchgeführt.

Bei der Flüssigseife aus Kernseife und aus Pflanzenfett waren nach dem Versuch keine Ölverschmierungen auf der Versuchsfläche vorhanden, deshalb erhalten beide Seifen den 1. Platz. Die

Versuchsfläche der Flüssigseife aus Sonnenblumenöl hatte am Rand der Versuchsfläche überall noch leichte Ölverschmierungen, deshalb hier Platz 2.

3.7 pH-Wert

In drei Bechergläser wurden je 10 ml Seife gefüllt. Anschließend nahm man jeweils einen pH-Streifen von der Firma Macherey-Nagel (REF 921 10) und legte diesen in die Flüssigseife (Pufferlösung), um den pH-Wert zu messen. Dann wurde mithilfe der vorgegebenen Farbskala der pH-Wert abgelesen.

Die Seife aus Sonnenblumenöl hat einen pH-Wert von 6, die Seife aus Kernseife von 7 und die Seife aus Pflanzenfett von 9.

Der pH-Wert dient dazu, Säuren und Laugen voneinander zu unterscheiden und ihre Stärke zu kennzeichnen. Der Hydrolipidfilm auf der Hautoberfläche hat einen durchschnittlichen pH-Wert von 5,5, der durch körpereigene saure Substanzen zustande kommt und die Haut vor äußeren Einflüssen schützt. Liegt er höher, also im alkalischen Bereich, kann die Haut austrocknen, einreißen, jucken, brennen und es kann die Ansiedelung und Vermehrung von schädlichen Bakterien begünstigt werden. Nach Möglichkeit sollte deshalb der pH-Wert der Flüssigseife zwischen 4 und 6 liegen [14].



Abb. 1: Versuch zur Verteilbarkeit: Seife aus Pflanzenfett (links), Seife aus Sonnenblumenöl (Mitte), Seife aus Kernseife (rechts)



Deshalb bekommt die Flüssigseife aus Sonnenblumenöl mit einem pH-Wert von 6 den 1. Platz, da diese am nächsten des optimalen Bereiches liegt. Die Flüssigseife aus Kernseife mit einem pH-Wert von 7 bekommt den 2. Platz und die Flüssigseife aus Pflanzenfett mit einem pH-Wert von 9 den 3. Platz.

3.8 Zusammenfassung der Testergebnisse

Die Flüssigseife aus Kernseife hat insgesamt am besten abgeschnitten und erhält als Gesamteinstufung den 1. Platz (siehe Tab. 4). Deshalb wurde diese Flüssigseife für die weiteren Fluoreszenzexperimente als Testseife eingesetzt.

4. Extraktion von fluoreszierenden Farbstoffen

Durch umfangreiche Recherchen habe ich herausgefunden, dass sowohl Chlorophyll, der grüne Blattfarbstoff in den Pflanzen, als auch das Aesculin in den Zweigen der Rosskastanie (lat. *Aesculus hippocastanum*) und das Fraxin in den Zweigen der Gemeinen Esche (lat. *Fraxinus excelsior*) fluoreszierende Eigenschaften haben. Deshalb habe ich im weiteren Verlauf dieser Arbeit aus den Pflanzen Löwenzahn, Gemeine Esche und Rosskastanie Auszüge aus Chlorophyll, Fraxin und Aesculin extrahiert und diese hinsichtlich ihrer Fluoreszenz und Haltbarkeit untersucht.

4.1 Extraktion von Rohchlorophyll

Etwa 5 g der Blätter des Löwenzahns (*Taraxacum*) wurden mit der Schere in kleine Stücke geschnitten und mit einer Spatelspitze Seesand und Calciumcarbonat in den Mörser gegeben. Mit dem Pistill wurden dann die Pflanzenteile kräftig zermahlen. Anschließend wurden ca. 20 ml Aceton und 3 ml Petrolether hinzugefügt und weiter gemörsert bis eine dunkelgrüne Flüssigkeit entstand. Dieser entstandene Rohchlorophyllextrakt wurde durch einen Papierfilter in ein Becherglas filtriert.

Chlorophyll lässt sich durch das Zerstören der Zellen und anschließenden

Tab. 4: Zusammenfassung der Testergebnisse zu den Flüssigseifen



Testeigenschaften	Flüssigseife aus Pflanzenfett	Flüssigseife aus Sonnenblumenöl	Flüssigseife aus Kernseife
Konsistenz			
Fließbarkeit	3	2	1
Homogenität	1	2	3
Verteilbarkeit	2	1	3
Schaumbildung	3	2	1
Geruchsbeseitigung	2	3	1
Rückstände auf der Haut	1	2	1
pH-Wert	3	1	2
Herstellungsaufwand in Zeit	(50 min. + 120 min. Kühlzeit) 2	(50 min. + 120 min. Kühlzeit) 2	(30 min. + 60 min. Kühlzeit) 1
Schwierigkeitsgrad der Herstellung	(Verwendung von Natronlauge, Schutzausrüstung) 2	(Selbsterstellung von Natronlauge, Schutzausrüstung) 2	(einfach + sicher, kann auch zu Hause hergestellt werden) 1
Gesamtpunkte laut Platzverteilung	19	16	14
Gesamtplatzierung	3. Platz	2. Platz	1. Platz

des Herauslösen mit Aceton aus grünen Blättern extrahieren. Bei Tageslicht ([Abb. 2a](#)) ist das Rohchlorophyll-extrakt grün, da bei den lebenden grünen Pflanzen ein Großteil der absorbierten Sonnenenergie für die Fotosynthese genutzt und nur ein verhältnismäßig geringer Anteil in Form von Wärme und Fluoreszenz an die Umgebung abgegeben wird. Unter UV-Licht werden die Chlorophyll-Moleküle angeregt. Bei der Rückkehr der Chlorophyll-Moleküle in den Grundzustand wird die Anregungsenergie in Form roter Lichtquanten ([Abb. 2b](#)) abgegeben.

4.2 Extraktion von Aesculin und Fraxin

Zur Gewinnung von Aesculin und Fraxin wurden jeweils 5 g der frischen Zweige der Rosskastanie und der Esche in je 10 ml der Lösungsmittel destilliertes Wasser, Isopropanol, Aceton und Ethanol, die jeweils vorher auf 80 °C erhitzt wurden, gegeben. Vorversuche hatten gezeigt, dass sich durch die Erhitzung der Lösungsmittel die Farbstoffe besser aus den Zweigen lösen. Nach 20 Minuten und nach einer Woche wurde unter einer UV-Lampe mit 366 nm überprüft, ob eine Fluoreszenz sichtbar war. Für die Leuchtintensität wurde eine Platzierung vergeben: stark, weniger stark, gering und keine, siehe [Tab. 5](#).

Die Untersuchungen zeigen also, dass Aesculin mit destilliertem Wasser, Isopropanol und Ethanol aus Rosskastanienzweigen extrahiert werden kann, dagegen nicht mit Aceton. Fraxin kann nur mit destilliertem Wasser aus den Eschezweigen extrahiert werden.

Aufgrund der polaren Eigenschaften der beiden Farbstoffe Aesculin und Fraxin, konnte Aesculin mit den Lösungsmitteln destilliertes Wasser, Isopropanol und Ethanol (siehe [Abb. 3a](#)) extrahiert werden und Fraxin mit dem Lösungsmittel destilliertes Wasser (siehe [Abb. 3b](#)). Bei den Farbstoffen Aesculin, welcher blau fluoresziert, und Fraxin, welcher blau-grünlich fluoresziert, handelt es

sich um Cumarin-Derivate [15], die einen ähnlichen Aufbau besitzen. Cumarin-Derivate zeigen eine Fluoreszenz.

4.3 Auswahl des geeignetsten Lösungsmittels für Aesculin

Der Versuch in 4.2 hat gezeigt, dass das Aesculin aus der Rosskastanie mit den Lösungsmitteln destilliertes Wasser, Isopropanol und Ethanol extrahiert werden kann. Die Fluoreszenz der Aesculinauszüge war bei den Lösungsmitteln Ethanol und Isopropanol am intensivsten. Da diese Farbstoffauszüge zur Herstellung der fluoreszierenden Flüssigseife verwendet werden sollten, wurde die Fettlöslichkeit, die Wasserlöslichkeit, der Siedepunkt und der Gefrierpunkt der Alkohole Isopropanol und Ethanol ermittelt, um das geeignetste Lösungsmittel für Aesculin zu ermitteln.

Der Gefrierpunkt liegt bei Isopropanol bei -89 °C und bei Ethanol bei -114,5 °C, also in einem Bereich, bei dem keine Gefrierungen bei der Aufbewahrung der Farbstoffauszüge im Gefrierschrank bei -18 °C zu erwarten sind. Sowohl Isopropanol als auch Ethanol sind hydrophil, das bedeutet, beide Stoffe sind wasserlöslich [16]. Der Grund ist, dass beide

Stoffe eine Hydroxylgruppe (OH-Gruppe) haben, die dem Wassermolekül ähnlich ist. Allerdings ist die Wasserlöslichkeit von Ethanol etwas besser als von Isopropanol, da Ethanol zwei C-Gruppen besitzt und Isopropanol drei C-Gruppen. Je weniger C-Gruppen in Verbindung mit einer OH-Gruppe ein Alkohol besitzt, desto wasserlöslicher ist er. Oder anders ausgedrückt, je länger die Kette, desto hydrophober ist der Alkohol. Beide Stoffe, Isopropanol und Ethanol, sind lipophil, können also Fette lösen. Der Siedepunkt mit 78 °C liegt bei Ethanol etwas niedriger als bei Isopropanol mit 88 °C. Das bedeutet, dass Ethanol nach dem Einseifvorgang auf der Hand etwas schneller verdunstet als Isopropanol. Unter diesen Gesichtspunkten wären beide Lösungsmittel zur Extraktion von Aesculin und zur Beimischung für die Flüssigseife geeignet. Aufgrund des niedrigeren Siedepunktes und der etwas besseren Wasserlöslichkeit von Ethanol, wurde Ethanol für die weiteren Untersuchungen eingesetzt.

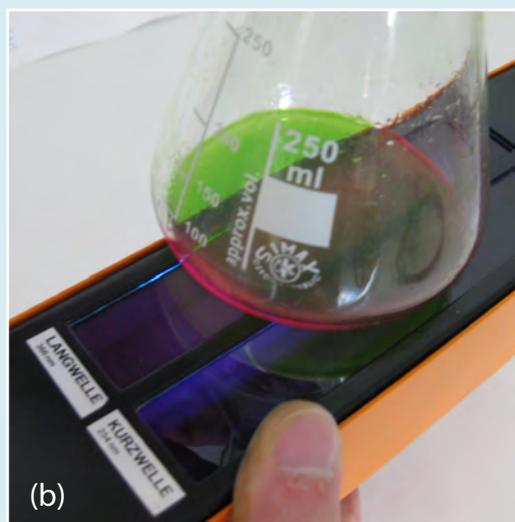
4.4 Haltbarkeit der Fluoreszenz der Farbstoffe

Um die optimale Lagerbedingung der Farbstoffauszüge aus Rohchlorophyll,



(a)

Abb 2a: Rohchlorophyll-extrakt bei Tageslicht



(b)

Abb 2b: Rohchlorophyllextrakt unter UV-Licht mit 366 nm Wellenlänge



Aesculin (extrahiert mit Ethanol) und Fraxin (extrahiert mit destilliertem Wasser) zu ermitteln, habe ich die Temperatur variiert (20 °C, 4 °C und -18 °C) und die Proben, abgedeckt durch eine Alufolie, acht Wochen dunkel gelagert. Zusätzlich wurde bei jeder Temperatur eine Probe bei Tageslicht gelagert, da die Farbstoffextrakte später bei Raumtemperatur in der Flüssigseife in Toilettenbereichen stehen sollen. Die Proben wurden wöchentlich auf ihre Fluoreszenz untersucht. Die Ergebnisse sind in [Tab. 6](#) dargestellt.

Aesculin, Fraxin und Chlorophyll haben bei einer Raumtemperatur von 20 °C und Tageslicht ihre Fluoreszenz nach ei-

ner Woche verloren. Die Raumtemperaturproben von Fraxin und Aesculin, die im Dunkeln aufbewahrt wurden, haben zwei Wochen und das Rohchlorophyll drei Wochen fluoresziert. Die im Kühlschrank (4 °C) gelagerten Proben haben alle sechs Wochen fluoresziert. Die Gefrierfachproben (-18 °C) hatten sogar über acht Wochen hinaus noch eine sichtbare Fluoreszenz. Aufgrund zeitlicher Engpässe konnten die Untersuchungen zur Haltbarkeit der Farbstoffauszüge nur einmal durchgeführt werden.

Eine Erklärung für die Länge der Haltbarkeit der Farbstofffluoreszenz bei unterschiedlichen Temperaturen könnten

die temperaturabhängigen Wachstumsbedingungen der Mikroorganismen in den extrahierten Auszügen sein [17]. In den extrahierten Farbstoffauszügen aus Chlorophyll, Fraxin und Aesculin könnten psychrotrophe Mikroorganismen mit einer optimalen Wachstumstemperatur von 15 °C – 20 °C eine Rolle gespielt haben. Dafür spricht auch, dass die Fluoreszenz bei den 4 °C-Proben nach sechs Wochen nicht mehr vorhanden war, wobei bei den -18 °C-Proben über acht Wochen hinaus noch die Fluoreszenz sichtbar war. Die psychrotrophen Mikroorganismen können nämlich bis -10 °C noch langsam wachsen und sich vermehren. Fallen die Temperaturen jedoch unter -10 °C,

Tab. 5: Extraktion von Aesculin bzw. Fraxin in verschiedenen Lösungsmitteln

Lösungsmittel	Fluoreszenz nach 20 min Aesculin	Fluoreszenz nach 20 min Fraxin	Fluoreszenzintensität nach 1 Woche Aesculin	Fluoreszenzintensität nach 1 Woche Fraxin
dest. Wasser	sichtbar	sichtbar	stark	weniger stark
Isopropanol 99,5 %	sichtbar	keine	gering	keine
Aceton 99 %	keine	keine	keine	keine
Ethanol 96 %	sichtbar	keine	gering	keine



Abb. 3a: Aesculinextraktion (von links nach rechts) in dest. Wasser, Aceton, Ethanol und Isopropanol unter UV-Licht mit einer Wellenlänge von 366 nm



Abb. 3b: Fraxinextraktion (von links nach rechts) in Aceton, Ethanol, Isopropanol und dest. Wasser unter UV-Licht mit einer Wellenlänge von 366 nm

wird die Entwicklung der Mikroorganismen komplett blockiert und die Mikroorganismen können nicht mehr gedeihen. Tageslicht scheint die optimalen Wachstumsbedingungen der Mikroorganismen noch zu verstärken.

Zusammenfassend kann durch diese Untersuchung festgestellt werden, dass die optimale Aufbewahrung der extrahierten Auszüge aus Aesculin, Fraxin und Rohchlorophyll bei -18 °C im Gefrierschrank ist. Dadurch sind die Auszüge mehr als 8 Wochen haltbar.

4.5 Herstellung eines Pulverextraktes aus Rohchlorophyll

Die Fluoreszenz des Rohchlorophylls aus Versuch 4.4 hat ergeben, dass ab der zweiten Woche Aufbewahrung bei Raumtemperatur 20 °C und Tageslicht keine Fluoreszenz im extrahierten Rohchlorophyll mehr vorhanden war. Deshalb habe ich in einem weiteren Schritt versucht, das Rohchlorophyll zu einem Chlorophyll-Pulverextrakt zu verarbeiten, um dadurch eine längere Haltbarkeit ohne Kühl- bzw. Gefrierschrank zu erzielen.

Der filtrierte Rohchlorophyllextrakt aus Versuch 4.1 wurde in einen Scheidetrichter gegeben und mit 20 ml Petrolether und 20 ml 10-prozentiger Natriumchlorid-Lösung vermischt. Nun wurde der Scheidetrichter mit einem Stopfen verschlossen. Der Scheidetrichter wurde dreimal vorsichtig geschüttelt. Dann wurde der Scheidetrichter mit dem Hahn nach oben gehalten und vorsichtig entlüftet. Anschließend wurde weiter geschüttelt und wieder entlüftet. Dieser Vorgang wurde mehrmals wiederholt. Danach ließ man die Phasen sich absetzen. Die untere wässrige Phase wurde verworfen. Die obere Schicht wurde nun noch dreimal mit jeweils 5 ml demineralisiertem Wasser gewaschen. Anschließend wurde der Extrakt in einen Erlenmeyerkolben gegeben und mit vier Spatelspitzen Natriumsulfat getrocknet.

Das getrocknete Chlorophyllextrakt, welches bei Raumtemperatur luftdicht verschlossen und unter Einwirkung von Tageslicht aufbewahrt wurde, hat sich nach drei Wochen zersetzt und auch eine Fluoreszenz war nicht mehr sichtbar. Deshalb habe ich in einem weiteren Schritt das getrocknete Chlorophyllextrakt in dem Lösungsmittel Heptan aufbewahrt. Das in Heptan aufbewahrte Chlorophyllextrakt wurde ebenfalls bei Raumtemperatur luftdicht verschlossen und unter Tageslicht aufbewahrt. Nach vier und acht Wochen Aufbewahrung in Heptan habe ich mir die Fluoreszenz des getrockneten Chlorophyllextraktes angeschaut und diese war erhalten. Allerdings hat die Intensität der Leuchtkraft im Vergleich zum frischen Roh-

chlorophyllextrakt aus Versuch 4.1 nach vier Wochen und etwas stärker nach acht Wochen abgenommen.

Der Grund für die Zersetzung des Chlorophyllextraktes war vermutlich, dass der in dem Behälter enthaltene Sauerstoff eine große Angriffsfläche auf das Extrakt hat und deshalb das Extrakt zersetzt wurde. Durch die Aufbewahrung in Heptan wurde die Angriffsfläche des Sauerstoffes minimiert und der Zersetzungsprozess verlangsamt. Chlorophyll ist ein unpolarer Stoff und unpolare Stoffe lösen sich gut in einem unpolaren Lösungsmittel wie Heptan, nach dem Lehrsatz der Alchemie: „*Similia similibus solvuntur*“ (lat.: „Ähnliches wird von Ähnlichem gelöst“) [18].

Tab. 6: Haltbarkeit der Fluoreszenz bei verschiedenen Temperaturen; Legende: x= Fluoreszenz vorhanden; /= keine Fluoreszenz vorhanden

Woche	1	2	3	4	5	6	7	8
Aesculin 20 °C /dunkel	X	X	/	/	/	/	/	/
Aesculin 20 °C /Tageslicht	X	/	/	/	/	/	/	/
Aesculin 4 °C/dunkel	X	X	X	X	X	X	/	/
Aesculin -18 °C/dunkel	X	X	X	X	X	X	X	X
Fraxin 20 °C/dunkel	X	X	/	/	/	/	/	/
Fraxin 20 °C/Tageslicht	X	/	/	/	/	/	/	/
Fraxin 4 °C/dunkel	X	X	X	X	X	X	/	/
Fraxin -18 °C/dunkel	X	X	X	X	X	X	X	X
Chlorophyll 20 °C/dunkel	X	X	X	/	/	/	/	/
Chlorophyll 20 °C/Tageslicht	X	/	/	/	/	/	/	/
Chlorophyll 4 °C/dunkel	X	X	X	X	X	X	/	/
Chlorophyll -18 °C/dunkel	X	X	X	X	X	X	X	X

4.6 Verlängerung der Fluoreszenz bei Raumtemperatur durch Ascorbinsäure

Aufgrund der Ergebnisse zur Länge der Haltbarkeit der Fluoreszenz bei Raumtemperatur und Tageslicht aus Versuch 4.4, habe ich versucht, durch Zugabe von 1 g Ascorbinsäure auf 10 ml Extrakt die Fluoreszenz bei den Extrakten Rohchlorophyll, Aesculin und Fraxin zu verlängern. Ascorbinsäure habe ich ausgewählt, da Ascorbinsäure in vielen Lebensmittelprodukten laut Produktzusammensetzung als Konservierungsmittel eingesetzt wird.

Durch die Zugabe von 1 g Ascorbinsäure auf 10 ml Extrakt konnte bei allen Farbstoffauszügen die Haltbarkeit der Fluoreszenz bei Raumtemperatur und Tageslicht gegenüber den Ergebnissen aus Versuch 4.4 verlängert werden. Rohchlorophyll war im ersten Versuch vier Wochen und im zweiten Versuch fünf Wochen, Aesculin und Fraxin waren jeweils im ersten und zweiten Versuch jeweils drei Wochen haltbar.

Ascorbinsäure hat die Eigenschaft Sauerstoff zu verbrauchen. Durch den Verbrauch von Sauerstoff können Zersetzungsprozesse verlangsamt werden.

4.7 Ergebnisse zur Haltbarkeit der fluoreszierenden Farbstoffauszüge

Rohchlorophyll, Fraxin und Aesculin halten sich über acht Wochen bei -18°C im Gefrierfach. Fraxin, das mit destilliertem Wasser extrahiert wurde, ist jedoch bei -18°C eingefroren. Die Fluoreszenz war trotzdem unter der UV-Lampe sichtbar. Bei der Aufbewahrung der Farbstoffauszüge im Kühlschrank ist eine sechswöchige Haltbarkeit möglich. Durch die Zugabe von Ascorbinsäure kann die Haltbarkeit bei Raumtemperatur bei allen extrahierten Farbstoffauszügen aus Rohchlorophyll, Fraxin und Aesculin um mindestens zwei Wochen verlängert werden. Aus Rohchlorophyll kann ein Pulverextrakt hergestellt werden, das bei Aufbewahrung in Heptan bei Raumtemperatur mehr als acht Wochen haltbar ist.

5. Herstellung der fluoreszierenden Flüssigseife

Um das optimale Mischverhältnis von Flüssigseife und Farbstoffauszügen in Bezug auf die Fluoreszenz zu ermitteln, wurden für jeden der drei Farbstoffe Rohchlorophyll, Fraxin und Aesculin jeweils drei Mischungen hergestellt. Die Mischverhältnisse waren 1:1; 1:3 und 1:5, wobei der Anteil des Farbstoffauszuges immer gleich blieb und die Menge an Flüssigseife sich im Verhältnis erhöhte. Als Testobjekt für die vergleichende Prüfung wurde die Schweinehaut desselben Tieres verwendet, da Menschenhaut und Schweinehaut sich nur geringfügig in Struktur, Behaarung und Häufigkeit der Poren unterscheiden. Unter der UV-Lampe mit 366 nm wurden die Proben verglichen (siehe [Abb. 4](#)).

Chlorophyll zeigte unter der UV-Lampe in der Seifenmischung bei allen drei Mischverhältnissen nur eine schwache Fluoreszenz. Auf der Schweinehaut gab es bei allen drei Mischverhältnissen keine sichtbare Fluoreszenz. Bei Fraxin war beim Mischverhältnis 1:1 und 1:3 unter der UV-Lampe sowohl in der Seifenmischung als auch auf der Schweinehaut eine gute Fluoreszenz sichtbar. Beim Mischverhältnis 1:5 war die Fluoreszenz von Fraxin kaum mehr vorhanden. Aesculin hatte bei allen drei Mischverhältnissen sowohl in der Seifenmischung als auch auf der Schweinehaut eine sehr gute Fluoreszenz unter der UV-Lampe.

Dass die Chlorophyllseife auf der Haut keine Fluoreszenz zeigt, liegt daran, dass die Haut eine rötliche Färbung aufweist und die Fluoreszenz von Chlorophyll ebenfalls rot ist. Das menschliche Auge kann diesen Unterschied nicht mehr wahrnehmen. Die Fraxinseife hat im Gegensatz zur Aesculinseife eine geringere Fluoreszenz, da in der Gemeinen Esche weniger Fraxin vorhanden ist als in der Rosskastanie Aesculin.

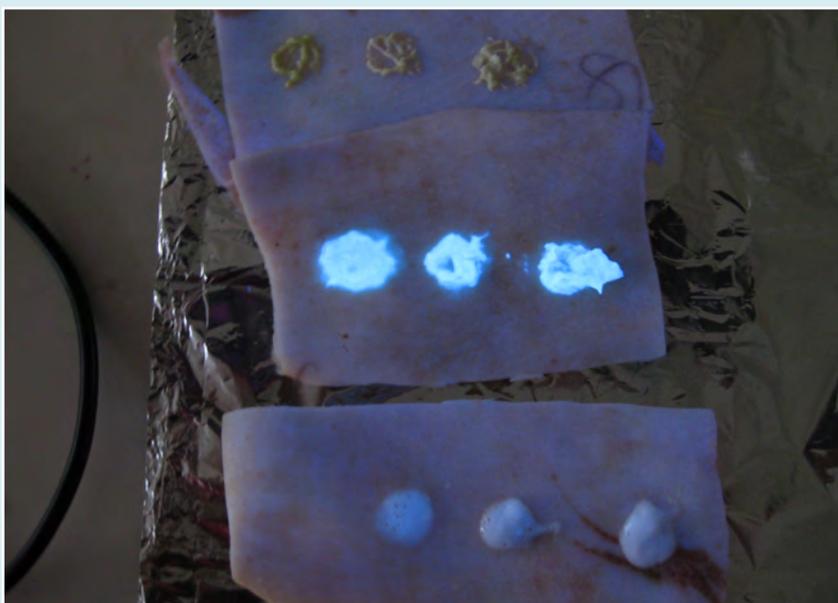


Abb. 4: Flüssigseifenproben mit Rohchlorophyll (oben), mit Aesculin (Mitte) und Fraxin (unten) auf Schweinehaut unter UV Licht. Die Mischungsverhältnisse betragen von links nach rechts: 1:1, 1:3, 1:5.



6. Die Visual Black Box

Um die fluoreszierende Aesculin-Seife für Schulungen und Toilettenbereiche anwenden zu können, habe ich die Visual Black Box (siehe [Abb. 5a](#)) gebaut. Im vorderen Bereich der Box gibt es eine Öffnung, in die die Hände nach dem Einseifvorgang gelegt werden. Durch das UV-Licht, das von oben auf die Hände scheint, und die Öffnung für die Augen können die eigenen Hände unter UV-Licht betrachtet werden. Die Bereiche der Hand, die nicht durch die fluoreszierende Seife bedeckt sind, also nicht leuchten, wurden beim Einseifvorgang vergessen und bergen demnach Benetzungslücken, wodurch das Übertragungsrisiko für ansteckende Krankheitserreger trotz Händewaschens erhöht werden kann. Weiterhin besteht die Möglichkeit, über die eingebaute Kamera per Bluetooth-Verbindung das Bild der eingeseiften Hände auf ein Handy oder I-Pad zu schicken, welches dann ausgewertet werden kann.

Die Visual Black Box in Verbindung mit der fluoreszierenden Aesculin-Flüssigseife und der entwickelten Übersicht „Hände richtig waschen“ hat zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten. So kann diese in öffentlichen und privaten Toiletten installiert werden, da-

mit jeder überprüfen kann, ob er sich seine Hände richtig wäscht. Darüber hinaus kann die Visual Black Box zu Schulungszwecken in Kindergärten, Schulen, Krankenhäusern, Arztpraxen, Pflegediensten usw. eingesetzt werden, um das richtige Händewaschen zu erlernen und zu üben. Damit eine Schulung entsprechend durchgeführt werden kann, wurde dafür ein Schulungs- und Auswertungsbogen entwickelt.

7. Diskussion

Ich habe ein neues Produkt entwickelt, das kostengünstig selbst hergestellt werden kann und in Zukunft in vielen Bereichen der Gesundheitserziehung Anwendung finden könnte.

Die Versuche hätten noch öfter durchgeführt werden können, um genauere Durchschnittswerte zu erzielen, was zu noch aussagekräftigeren Ergebnissen führen würde. Da die Konzentrationen der Seifen unterschiedlich waren, könnte dies eine Auswirkung auf einige Untersuchungen bezüglich der geeignetsten Seife gehabt haben. Darüber hinaus wäre es sinnvoll, die Visual Black Box zur besseren Reinigung und Entfernung von Bakterien aus Metall oder Kunststoff anstatt aus Holz herzustellen. Weiterhin müssten weitere Un-

tersuchungen zur Haltbarkeit der fluoreszierenden Flüssigseife durchgeführt werden, um diese auch über einen längeren Zeitraum in Toilettenbereichen anwenden zu können.

8. Zusammenfassung

Ich habe mein Ziel, ein Verfahren zu entwickeln, welches falsche Händehygiene mithilfe von Fluoreszenzfarbstoffen sichtbar machen kann, erreicht. Die Visual Black Box in Verbindung mit der fluoreszierenden Seife mit Aesculin (extrahiert mit Ethanol) im Mischverhältnis 1:1, 1:3, 1:5 ist ein gutes Werkzeug zur Sichtbarmachung des Händewaschens. Die eingeseiften Hautpartien heben sich in der Visual Black Box leuchtend ab und zeigen eine hohe Kontrastwirkung gegenüber unbehandelten Hautarealen. Durch diese Methode kommt es zur Sensibilisierung und das Hygienebewusstsein wird auf einfache und wirksame Weise geschärft. Die Bedeutung der Händehygiene wird somit erleb- und nachvollziehbar. Durch die Anschaulichkeit dieser Fluoreszenzmethode kommt es zu einem besonders nachhaltigen Lernerfolg, wodurch in Zukunft das Ansteckungspotenzial durch inkonsequente oder falsche Händehygiene um ein Vielfaches reduziert werden kann.



Abb. 5a: Visual Black Box



Abb. 5b: Eingeseifte Hände in der Visual Black Box



Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mich während des gesamten Jugend-forscht-Projektes unterstützt haben und mir auch bei Fragen und Problemen immer zur Seite standen. Weiterhin möchte ich mich bei Susana Bokeloh da Silva für das Angebot einer Jugend-forscht-AG in meiner Schule bedanken. Darüber hinaus bedanke ich mich bei Annika Grupen für das Korrekturlesen dieser Jugend-forscht-Arbeit und bei der Hausschlachtereier Seibert's für die kostenlos zur Verfügung gestellte Schweinehaut.

Literaturverzeichnis

- [1] Weltgesundheitsorganisation, <http://www.euro.who.int/de/home> (Letzter Zugriff: 17.02.2016)
- [2] Robert-Koch-Institut, http://www.rki.de/DE/Home/homepage_node.html (Letzter Zugriff: 20.02.2016)
- [3] N24.de, <http://www.n24.de/n24/Nachrichten/Panorama/d/1731734/-so-geht-s-richtig---schilder-ermuntern-maenner-zum-handewaschen.html> (Letzter Zugriff: 25.02.2016)
- [4] Physik-Wissenstexte, <http://www.physik.wissenstexte.de/fluoreszenz.htm> (Letzter Zugriff: 04.05.2016)
- [5] Chemiezauber.de, <https://www.chemiezauber.de/inhalt/q2/farbmittel-und-textilien/licht-und-farbigkeit/theorie-der-farbigkeit.html> (Letzter Zugriff: 10.01.2016)
- [6] Wikipedia, <https://de.wikipedia.org/wiki/Ultraviolettstrahlung> (Letzter Zugriff: 07.05.2016)
- [7] Wikipedia, <https://de.wikipedia.org/wiki/Seife> (Letzter Zugriff: 18.10.2016)
- [8] Chemiezauber.de, <https://www.chemiezauber.de/inhalt/basic-5-kl-10-kohlenstoffverbindungen-organische-chemie-2/ester/duft-und-aromastoffe/366-esterspaltung.html> (Letzter Zugriff: 15.07.2016)
- [9] 200 Familien aktiv fürs Klima, https://www.freiburg.de/pb/site/Freiburg/get/pa-rams_E-1969108686/543817/rezepte_zum_Selbermachen_6.pdf (Letzter Zugriff: 28.05.2016)
- [10] K. Haeusler/ H. Rampf/ R. Reichelt: Experimente für den Chemieunterricht: Mit einer Einführung in die Labortechnik, Herausgeber: Oldenbourg, Verlag GmbH R. 1991, S. 282
- [11] C. André/ u.a.: Chemie? – Aber sicher. Experimente kennen und können! 2., durchges. Aufl. Dillingen a. d. Donau 2012, Kap. 16 S. 7
- [12] Das Glossar zu Chemie und Technik, <http://www.ranking-abc.de/chemie-und-technik/stoffe.html> (Letzter Zugriff: 02.08.2016)
- [13] Universität Duisburg-Essen, <https://www.uni-due.de/~hc0014/S+WM/Wirkung/Schaumbildung.htm> (Letzter Zugriff: 25.08.2016)
- [14] Wikipedia, <https://de.wikipedia.org/wiki/Hautflora> (Letzter Zugriff: 02.08.2016)
- [15] M. Tausch/ M. von Wachtendonk/ H. Deissenberger/ H.-R. Porth/ R. G. Weißenhorn: "Chemie S II Stoff – Formel – Umwelt", Lehrbuch für Grund- und Leistungskurse. Bamberg: C. C. Buchner 1993, S. 213
- [16] J. Falbe/ M. Regitz: Römpp Chemie Lexikon, 9. erweiterte und neu bearbeitete Auflage in 6 Bänden, Georg Thieme Verlag, Stuttgart/New York 1989 und 1990
- [17] G. Fuchs/ H.-G. Schlegel: Allgemeine Mikrobiologie, Thieme 2006, 8. Auflage, S. 160.
- [18] Chemie.de, [http://www.chemie.de/lexikon/Polarität_\(Chemie\).html](http://www.chemie.de/lexikon/Polarität_(Chemie).html) (Letzter Zugriff: 13.12.2016)

Publiziere auch Du hier!

FORSCHUNGSARBEITEN VON SCHÜLER/INNE/N UND STUDENT/INN/EN

In der Jungen Wissenschaft werden Forschungsarbeiten von SchülerInnen, die selbstständig, z. B. in einer Schule oder einem Schülerforschungszentrum, durchgeführt wurden, veröffentlicht. Die Arbeiten können auf Deutsch oder Englisch geschrieben sein.

Wer kann einreichen?

SchülerInnen, AbiturientInnen und Studierende ohne Abschluss, die nicht älter als 23 Jahre sind.

Was musst Du beim Einreichen beachten?

Lies die [Richtlinien für Beiträge](#). Sie enthalten Hinweise, wie Deine Arbeit aufgebaut sein soll, wie lang sie sein darf, wie die Bilder einzureichen sind und welche weiteren Informationen wir benötigen. Solltest Du Fragen haben, dann wende Dich gern schon vor dem Einreichen an die Chefredakteurin Sabine Walter.

Lade die [Erstveröffentlichungserklärung](#) herunter, drucke und fülle sie aus und unterschreibe sie.

Dann sende Deine Arbeit und die Erstveröffentlichungserklärung per Post an:

Chefredaktion Junge Wissenschaft

Dr.-Ing. Sabine Walter
Paul-Ducros-Straße 7
30952 Ronnenberg
Tel: 05109 / 561508
Mail: sabine.walter@verlag-jungewissenschaft.de

Wie geht es nach dem Einreichen weiter?

Die Chefredakteurin sucht einen geeigneten Fachgutachter, der die inhaltliche Richtigkeit der eingereichten Arbeit überprüft und eine Empfehlung ausspricht, ob sie veröffentlicht werden kann (Peer-Review-Verfahren). Das Gutachten wird den Euch, den AutorInnen zugeschickt und Du erhältst gegebenenfalls die Möglichkeit, Hinweise des Fachgutachters einzuarbeiten.

Die Erfahrung zeigt, dass Arbeiten, die z. B. im Rahmen eines Wettbewerbs wie **Jugend forscht** die Endrunde erreicht haben, die besten Chancen haben, dieses Peer-Review-Verfahren zu bestehen.

Schließlich kommt die Arbeit in die Redaktion, wird für das Layout vorbereitet und als Open-Access-Beitrag veröffentlicht.

Was ist Dein Benefit?

Deine Forschungsarbeit ist nun in einer Gutachterzeitschrift (Peer-Review-Journal) veröffentlicht worden, d. h. Du kannst die Veröffentlichung in Deine wissenschaftliche Literaturliste aufnehmen. Deine Arbeit erhält als Open-Access-Veröffentlichung einen DOI (Data Object Identifier) und kann von entsprechenden Suchmaschinen (z. B. BASE) gefunden werden.

Die Junge Wissenschaft wird zusätzlich in wissenschaftlichen Datenbanken gelistet, d. h. Deine Arbeit kann von Experten gefunden und sogar zitiert werden. Die Junge Wissenschaft wird Dich durch den Gesamtprozess des Erstellens einer wissenschaftlichen Arbeit begleiten – als gute Vorbereitung auf das, was Du im Studium benötigst.

Richtlinien für Beiträge

FÜR DIE MEISTEN AUTOR/INN/EN IST DIES DIE ERSTE WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNG. DIE EINHALTUNG DER FOLGENDEN RICHTLINIEN HILFT ALLEN – DEN AUTOR/INNEN/EN UND DEM REDAKTIONSTEAM

Die Junge Wissenschaft veröffentlicht Originalbeiträge junger AutorInnen bis zum Alter von 23 Jahren.

- Die Beiträge können auf Deutsch oder Englisch verfasst sein und sollten nicht länger als 15 Seiten mit je 35 Zeilen sein. Hierbei sind Bilder, Grafiken und Tabellen mitgezählt. Anhänge werden nicht veröffentlicht. Deckblatt und Inhaltsverzeichnis zählen nicht mit.
- Formulieren Sie eine eingängige Überschrift, um bei der Leserschaft Interesse für Ihre Arbeit zu wecken, sowie eine wissenschaftliche Überschrift.
- Formulieren Sie eine kurze, leicht verständliche Zusammenfassung (maximal 400 Zeichen).
- Die Beiträge sollen in der üblichen Form gegliedert sein, d. h. Einleitung, Erläuterungen zur Durchführung der Arbeit sowie evtl. Überwindung von Schwierigkeiten, Ergebnisse, Schlussfolgerungen, Diskussion, Liste der zitierten Literatur. In der Einleitung sollte die Idee zu der Arbeit beschrieben und die Aufgabenstellung definiert werden. Außerdem sollte sie eine kurze Darstellung schon bekannter, ähnlicher Lösungsversuche enthalten (Stand der Literatur). Am Schluss des Beitrages kann ein Dank an Förderer der Arbeit, z. B. Lehrer und Sponsoren, mit vollständigem Namen angefügt werden. Für die Leser kann ein Glossar mit den wichtigsten Fachausdrücken hilfreich sein.
- Bitte reichen Sie alle Bilder, Grafiken und Tabellen nummeriert und zusätzlich als eigene Dateien ein. Bitte geben Sie bei nicht selbst erstellten Bildern, Tabellen, Zeichnungen, Grafiken etc. die genauen und korrekten Quellenangaben an (siehe auch [Erstveröffentlichungserklärung](#)). Senden Sie Ihre Bilder als Originaldateien oder mit einer Auflösung von mindestens 300 dpi bei einer Größe von 10 x 15 cm! Bei Grafiken, die mit Excel erstellt wurden, reichen Sie bitte ebenfalls die Originaldatei mit ein.
- Vermeiden Sie aufwendige und lange Zahlentabellen.
- Formelzeichen nach DIN, ggf. IUPAC oder IUPAP verwenden. Gleichungen sind stets als Größengleichungen zu schreiben.
- Die Literaturliste steht am Ende der Arbeit. Alle Stellen erhalten eine Nummer und werden in eckigen Klammern zitiert (Beispiel: Wie in [12] dargestellt ...). Fußnoten sieht das Layout nicht vor.

- Reichen Sie Ihren Beitrag sowohl in ausgedruckter Form als auch als PDF ein. Für die weitere Bearbeitung und die Umsetzung in das Layout der Jungen Wissenschaft ist ein Word-Dokument mit möglichst wenig Formatierung erforderlich. (Sollte dies Schwierigkeiten bereiten, setzen Sie sich bitte mit uns in Verbindung, damit wir gemeinsam eine Lösung finden können.)

- Senden Sie mit dem Beitrag die [Erstveröffentlichungserklärung](#) ein. Diese beinhaltet im Wesentlichen, dass der Beitrag von dem/der angegebenen AutorIn stammt, keine Rechte Dritter verletzt werden und noch nicht an anderer Stelle veröffentlicht wurde (außer im Zusammenhang mit **Jugend forscht** oder einem vergleichbaren Wettbewerb). Ebenfalls ist zu versichern, dass alle von Ihnen verwendeten Bilder, Tabellen, Zeichnungen, Grafiken etc. von Ihnen veröffentlicht werden dürfen, also keine Rechte Dritter durch die Verwendung und Veröffentlichung verletzt werden. Entsprechendes [Formular](#) ist von der Homepage www.junge-wissenschaft.ptb.de herunterzuladen, auszudrucken, auszufüllen und dem gedruckten Beitrag unterschrieben beizulegen.

- Schließlich sind die genauen Anschriften der AutorInnen mit Telefonnummer und E-Mail-Adresse sowie Geburtsdaten und Fotografien (Auflösung 300 dpi bei einer Bildgröße von mindestens 10 x 15 cm) erforderlich.

- Neulingen im Publizieren werden als Vorbilder andere Publikationen, z. B. hier in der Jungen Wissenschaft, empfohlen.

Impressum

[JUNGE]
wissenschaft



Junge Wissenschaft

c/o Physikalisch-Technische
Bundesanstalt (PTB)
www.junge-wissenschaft.ptb.de

Redaktion

Dr. Sabine Walter, Chefredaktion
Junge Wissenschaft
Paul-Ducros-Str. 7
30952 Ronnenberg
E-Mail: sabine.walter@verlag-jungewissenschaft.de
Tel.: 05109 / 561 508

Verlag

Dr. Dr. Jens Simon,
Pressesprecher der PTB
Bundesallee 100
38116 Braunschweig
E-Mail: jens.simon@ptb.de
Tel.: 0531 / 592 3006
(Sekretariat der PTB-Pressestelle)

Design & Satz

Sabine Siems
Agentur „provieler werbung“
E-Mail: info@provieler-werbung.de
Tel.: 05307 / 939 3350



PTB

Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Bundesallee 100