

# Von Badezusätzen und anderen Kosmetikprodukten

## Zum nachhaltigen Umgang mit Kunststoffen

Simone Abels und Anja Lembens

„Beat the microbead“ – so lautet der Name einer internationalen Umweltkampagne, die sich gegen die Verwendung von Mikrokunststoffen richtet [1]. Die Mikropartikel sind vor allem in Peelings enthalten, aber auch in Gesichtreinigern, Duschgels, Nagellackentferner u.ä. (s. Produktlisten [2]). Sie dienen als Ersatz für natürliche Inhaltsstoffe wie z. B. Bimsstein, Salzkristalle, Haferflocken oder Nusschalen [3]. Sie sollen als „mechanische Putzkörper“ dienen und dadurch eine besonders gute Reinigung bewirken [1]. Solche sog. Microbeads (Mikrokügelchen) sind  $5\ \mu\text{m}$  bis 1 mm groß und bestehen aus synthetischen Polymeren wie Polyethylen, Polypropylen oder Polystyrol [3].

Das Problem bei der Verwendung solcher Partikel liegt darin, dass Kläranlagen die Mikropartikel nicht herausfiltern. Sie sammeln sich in Flüssen, Seen und Meeren an, wo sie sehr langsam abgebaut werden (450 bis 1000 Jahre) und von im Wasser lebenden Tieren aufgenommen werden können. Außerdem binden die Mikrokunststoffe weitere organische Giftstoffe aus dem Wasser. Über die Nahrungskette nehmen dann andere Tiere und schließlich auch wir Menschen die Mikrokunststoffe auf. Die Folgen sind noch nicht abzusehen. Obwohl Firmen zugesichert haben, keine Mikrokügelchen mehr einzusetzen – Zahnpasta ist z. B. in Österreich mittlerweile kunststofffrei –, finden sie sich teilweise nach wie vor in vielen Produktgruppen [1].

Mit Schülerinnen und Schülern solche Themen zu bearbeiten, zielt auf Bildung für eine nachhaltige Entwicklung ab. Sie sollen lernen, sich verantwortungsbewusst zu verhalten, ressourcen- und umweltschonend mit unserer Welt umzugehen, so dass die Bedürfnisse der jetzigen Generation erfüllt werden können, ohne die zukünftiger Generationen zu kompromittieren [4]. Dafür ist die Entwicklung einer Urteils- und Handlungskompetenz entscheidend, die (zukünftigen) Bürgerinnen und Bürgern erlaubt, an politischen, ökonomischen, ökologischen und sozialen Themen mitzudiskutieren und Entscheidungsprozesse zu beeinflussen oder sich zumindest ein Urteil zu bilden (vgl. Bildungsstandards Naturwissenschaften, Handlungsdimension Schlüsse ziehen [5]).

Die Herausforderung im Unterrichten solcher Themen liegt darin, dass es oftmals beim Diskutieren und Urteilen bleibt, ohne dass tatsächlich eine Handlungsänderung erreicht wird, ohne dass also reflektierte Handlungsentscheidungen

getroffen werden [6]. Die Diskussionen bleiben zu abstrakt und sind vielleicht auch manchmal zu moralisch anstatt wissenschaftlich informiert.

Im Folgenden wird daher ein Zugang im Sinne Forschenden Lernens vorgeschlagen, bei dem solche Fragen im Anschluss ans Experimentieren mit Polymeren angeregt werden und für die Schüler und Schülerinnen dadurch konkreter und persönlich bedeutsamer erscheinen könnten.

## Das Thema ‚Polymere‘ forschend erlernen

In einer ersten Unterrichtsphase gilt es, die Schülerinnen und Schüler für ein Thema zu begeistern und in eine fragende Haltung zu bringen (Engage-Phase)<sup>1</sup>. Eine Möglichkeit, dieses Ziel zu erreichen, besteht in der Darbietung eines anregenden Materialtisches (Abb. 1).



Abb. 1. Materialtisch (eigene Aufnahme)

Auf dem Materialtisch befindet sich in diesem Fall eine vorbereitete Wanne, die Wasser und einen Badezusatz enthält. Wir haben hier Gelli Baff® verwendet (bei Amazon® erhältlich oder auch unter dem Namen Glibbi® beim Drogeriemarkt Müller®). Der Badezusatz ist ein farbiges Pul-

<sup>1</sup> Die hier beschriebene Unterrichtseinheit ist nach dem 5E-Modell Forschenden Lernens aufgebaut. Details zum Modell können in [7] und im Einführungsartikel dieses Heftes nachgelesen werden. Die Phasen des 5E-Modells sind Engage (Engagieren/Motivieren), Explore (Erkunden), Explain (Erklären), Extend (Erweitern/Vertiefen) und querliegend dazu die Evaluate-Phase (Evaluieren/Einschätzen).

ver, das in Wasser innerhalb weniger Minuten aufquillt. Unserer Erfahrung nach lassen sich davon alle Altersstufen vom Kleinkind bis zum Erwachsenen begeistern<sup>2</sup>. Auf dem Materialtisch befinden sich außerdem Haargel, Zahnpasta, Windeln, ungefärbter Superabsorber (z. B. erhältlich im VCÖ-Shop<sup>3</sup>), Kochsalz, Meersalz, Natriumhydrogencarbonat (Soda), Haushaltessig, Zitronensaft, Puderzucker, Haushaltszucker, Waschmittel, eine Waage, Messzylinder, Messbecher, Rührstäbe, Spatel, Bechergläser oder kleine Schüsseln (vgl. [8]). Der Materialtisch ist je nach Erfahrung der Schülerinnen und Schüler flexibel erweiterbar oder auf einzelne Versuchsmöglichkeiten hin eingrenzbar.

Die Lehrperson könnte nun folgende kurze Story erzählen und dabei mit der Hand in die Wanne mit dem glibberigen Gel fahren (Gel färbt nicht):



„Die Geschwister Sarah und Philip haben den ganzen Nachmittag im Gelli Baff gebadet. Nun ist es genug und sie wollen die Badewanne wieder sauber machen. Aber wie?! Das Gelli Baff ist viel zu dickflüssig für den Abfluss“.

Wir gehen für diese Unterrichtseinheit davon aus, dass die Schülerinnen und Schüler bereits mit Superabsorber, der in Windeln enthalten ist, gearbeitet haben. Sie wissen z. B., dass bestimmte Pulver in Wasser aufquellen und dass Windeln mehr destilliertes Wasser als Leitungswasser oder salzhaltiges Wasser aufsaugen. Auf Basis dieses Vorwissens sollen die Lernenden erste Vermutungen äußern, wie man das Gel verflüssigen könnte. Als Hilfe können neben bereits bearbeiteten Arbeitsblättern zu der Windel auch Satzanfänge zum Einsatz kommen (Ich vermute, dass ... oder auch: Ich vermute, dass das Gelli Baff durch die Zugabe von ... flüssig wird.). Als Lehrkraft lässt sich in dieser Einstiegsphase einschätzen (Evaluate), welches Vorwissen die Schülerinnen und Schüler aktivieren können, ob sie bereits erste Zusammenhänge herstellen und wie sie Hypothesen formulieren können (vgl. [8]).

Anschließend sollen die Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen hypothesengeleitet Experimente planen und durchführen, um ihre Vermutungen zu überprüfen (Explore-Phase). Als Inspiration können sie den Materialtisch nutzen. Hier kann die Lehrperson beobachten, ob die Lernenden nach einem ‚trial and error‘-Verfahren vorgehen oder ob sie begründet planen und systematisch ihre Ideen umsetzen und protokollieren.

Auf Basis der Beobachtungen und gewonnenen Daten versuchen die Schülerinnen und Schüler dann zu einer Erklärung bezüglich der Ausgangsfragestellung zu gelangen (Explain-Phase). Hier kann die Lehrperson zur Unterstützung fachliche Inputs geben, Recherchezeit ermöglichen, Fachtexte

<sup>2</sup> Diese Unterrichtseinheit wurde im Rahmen des FP7 EU-Projekts TEMI (Teaching Enquiry with Mysteries Incorporated) entwickelt und vielfach erprobt. Das Projekt wird unter der Grant Agreement Nummer 321403 seit Februar 2013 bis Juli 2016 von der EU gefördert. Details zum Projekt sind hier zu finden: <http://teachingmysteries.eu/at/> [03.11.2015]

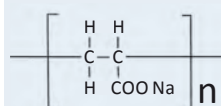
<sup>3</sup> Online-Shop des Verbandes der ChemielehrerInnen Österreichs (VCÖ): <http://www.vcoe.or.at/shop/index.php> [15.11.2015]

oder Animationen (z. B. [9]) zur Verfügung stellen.

In der Unterstufe wäre eine fachliche Klärung auf Phänomenebene angemessen. Die Schülerinnen und Schüler können Stoffe, die sie verwendet haben, um das Gel zu verflüssigen, nach Kategorien einteilen, z. B. funktioniert / funktioniert nicht, und die gemeinsamen Eigenschaften dieser Stoffe herausarbeiten. Die Lernenden sollen die Systematik erkennen und erklären können, dass das Gel mittels Zugabe saurer Lösungen oder von Natriumsalzen verflüssigt werden kann. Andere Feststoffe wie z. B. verschiedene Zucker oder basische Lösungen erzielen diesen Effekt hingegen nicht.

In der Oberstufe kann das Phänomen auch auf submikroskopischer Ebene von den Schülerinnen und Schülern erklärt werden. Die Hilfen der Lehrperson werden z. B. Inputs oder Fachtexte mit Abbildungen zur Molekülstruktur des Polymers oder der stattfindenden Gleichgewichtsreaktion sein, damit die SchülerInnen das Rückgängigmachen der Quellung, also das Verflüssigen, so wissenschaftlich informiert wie möglich selbständig erklären können (Kasten 1).

**Fachliche Klärung:** Der Hauptbestandteil von Gelli Baff® und Superabsorbent ist das Natriumsalz der Polyacrylsäure, ein Polyelektrolyt, der die Eigenschaften eines Polymers und eines Elektrolyten vereint. Kommt dieser Polyelektrolyt in Kontakt mit Wasser, sind die Natriumionen bestrebt, sich zu gleichen Teilen zwischen der Polymerverbindung und dem Lösungsmittel zu verteilen. Wassermoleküle lagern sich an den Natriumionen an und hydratisieren diese. Die zuvor, durch die Natriumionen abgeschirmten, negativ geladenen Carboxylat-Gruppen stoßen sich aufgrund ihrer negativen Ladung immer stärker voneinander ab und benötigen so mehr Raum. Der Polyelektrolyt nimmt deshalb eine gestreckte Form ein. So können sich die Wassermoleküle besonders gut um die Ionen gruppieren und ihre Lage durch Wechselwirkungen wie Wasserstoffbrücken stabilisieren. Durch intermolekulare Vernetzungen wird verhindert, dass sich die Carboxylat-Gruppen zu weit voneinander entfernen bzw. lösen. Das Makromolekül quillt auf, d. h. die Viskosität nimmt zu. Das Natriumsalz der Polyacrylsäure kann in destilliertem Wasser das 800-fache seines Gewichts absorbieren, in Leitungswasser nur das 300-fache, weil dieses Natrium-, Calcium- und andere mineralische Salze beinhaltet. Von einer physiologischen Kochsalzlösung (0,9%ig), was in etwa der Salzkonzentration im Urin entspricht, wird noch deutlich weniger aufgenommen.



Gibt man Natriumchlorid zu, so werden die Ladungen der Carboxylat-Gruppe durch die Natriumionen ausgeglichen. Die elektrostatische Abstoßung der Polymerketten untereinander wird geringer und somit auch das Bestreben des Gels, weiter Flüssigkeit aufzunehmen. Die gestreckten Moleküle verknäulen sich, das Gel wird flüssig. Das Verknäulen von schwachen Polyelektrolyten, wie der Polyacrylsäure, lässt sich auch durch den pH-Wert kontrollieren. In wässriger Lösung entsteht bei der Reaktion der Polyacrylsäure mit Wasser auch Hydroxidionen, wodurch das gelöste Gelli Baff leicht basisch reagiert, was mit pH-Indikatoren gezeigt werden kann. Durch Zugabe von sauren Lösungen und damit einer Verringerung des pH-Werts, stellt sich die verknäulte Struktur wieder ein.

Kasten 1. Fachliche Klärung des Experiments (leicht verändert nach [8, S. 19])

## Die Entsorgung als Lernmöglichkeit

Anschließend an diese drei Phasen des Unterrichts (Engage, Explore, Explain) stellt sich nun in der Extend-Phase das Problem der Entsorgung. Darf das verflüssigte Gel einfach über die Kanalisation entsorgt werden? Laut Hersteller ist der Badezusatz unbedenklich und darf gelöst in den Abfluss oder als Gel in den Hausmüll wandern (Abb. 2).



Abb. 2. Rückseite der Verpackung des Badezusatzes

Die aufgeworfene Frage der Entsorgung führt zu Lernmöglichkeiten im Sinne einer Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Wie soll man sich ressourcen- und umweltschonend verhalten? Die SchülerInnen können zunächst auf Basis ihrer Vermutungen und bisherigen Kenntnisse über das Polyacrylat intuitive Urteile fällen. Diesen Urteilen und Vermutungen könnte strukturiert nach Think-Pair-Share (Denken-Austauschen-Besprechen)<sup>4</sup> Raum gegeben werden. Auch ein Diskurs entlang eines Concept Cartoons wäre denkbar (vgl. Steininger in diesem Heft). Ziel der Diskussion wäre, zu erkennen, dass für ein fachlich informiertes Urteil mehr Informationen nötig sind. Die SchülerInnen sollen so selbstständig wie möglich zusätzliche Informationen in Erfahrung bringen oder bereitgestellte Informationen aufarbeiten. Sie sollen dabei überlegen, welche Quellen vertrauenswürdig sind und wie sie ggf. mit unsicherer Evidenz umgehen<sup>5</sup>.

Die SchülerInnen könnten z. B. auf das Sicherheitsdatenblatt stoßen, das besagt, dass Polyacrylat nicht toxisch für Meer- und Landbewohner sowie biologisch abbaubar ist und keine Auswirkungen auf das Wassersystem hat [10]. Es ist außerdem bekannt, dass diese Polymere nicht vergasen und so auch keine toxischen Gase in die Luft oder das Grundwasser abgeben. Sie werden laut [11] in Klärschlamm, Sedimenten oder Ackerböden adsorbiert. Aufgrund der unterschiedlichen Informationen können sich den SchülerInnen folgende Fragen stellen: Wird Polyacrylsäure (in der hier vorliegenden Form) tatsächlich im Klärschlamm abgeschieden, sind die Partikel nicht zu leicht und zu klein dafür? Was passiert, wenn polyacrylsäurehaltiger Klärschlamm auf Ackerböden ausgebracht wird?

<sup>4</sup> Erst allein nachdenken, dann im Team oder in der Kleingruppe diskutieren und anschließend im Plenum die Ergebnisse beisteuern. So erhöht sich die Chance, dass mehr SchülerInnen sich an der Plenumsphase beteiligen.

<sup>5</sup> Hier wird der Bereich Nature of Science bzw. die Natur der Naturwissenschaften adressiert.

<sup>6</sup> In einem Sitzkreis diskutieren vier bis sechs VertreterInnen unterschiedlicher Positionen miteinander. Die anderen SchülerInnen haben einen Beobachtungs- und/oder Dokumentationsauftrag und dürfen sich nach festgelegten Kommunikationsregeln mit Kurzbeiträgen in die Diskussion einmischen, indem sie einen freien Sessel im Kreis einnehmen..

Vielleicht lesen die SchülerInnen aber auch die Homepage der „Beat the Microbead“-Kampagne [1] genauer und erfahren, dass viele Kunststoffe, insbesondere auch die Mikropartikel in Kosmetikprodukten, große Schäden an unserem Ökosystem verursachen. Lässt sich da einfach so ausschließen, dass dies für Badezusätze nicht gilt? Was ist der Unterschied der enthaltenen Kunststoffe? Solche Fragen könnten auch mit verteilten, gut recherchierten und vorbereiteten Rollen in einer Fishbowl<sup>6</sup> diskutiert werden (VertreterIn der Industrie, ForscherIn, VertreterIn der Kampagne, UmweltpolitikerIn etc.), in der die unterschiedlichen Perspektiven vertreten werden. Die Lehrperson kann den Diskurs moderieren und durch Leitfragen steuern. Es sollte sichtbar werden, wie wichtig das Engagement in solchen Kampagnen ist und was sie bewirken. Die SchülerInnen können abschließend nach begründeten Wahl- bzw. Konsumententscheidungen gefragt werden, um einschätzen zu können, welche Position sie auf Basis welcher Argumente vertreten.

Auch bei sorgfältiger Recherche wird es nicht möglich sein, völlig widerspruchsfreie und umfassende Informationen zu erhalten. Es ist wichtig, dass Schülerinnen und Schüler auch mit solchen Situationen umzugehen lernen. Es müssen Entscheidungen unter Unsicherheit getroffen werden und es gilt abzuwägen, welche Werte mehr ins Gewicht fallen: mögliche Umweltschäden oder Spaß etc.

## Literatur

- [1] <http://www.beatthemicrobead.org/de/> [18.09.2015]
- [2] <http://www.beatthemicrobead.org/de/produktlisten> [18.09.2015]
- [3] Rochman, C. M. et al. Veríssimo, D. (2015). Scientific Evidence Supports a Ban on Microbeads. *Environ. Sci. Technol.*, 49, 10759-10761.
- [4] Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm> [18.09.2015]
- [5] Bifie (2011). Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8. Schulstufe. [https://www.bifie.at/system/files/dll/bist\\_nawi\\_kompetenzmodell-8\\_2011-10-21.pdf](https://www.bifie.at/system/files/dll/bist_nawi_kompetenzmodell-8_2011-10-21.pdf) [18.09.2015]
- [6] Hößle, C. & Menthe, J. (2013). Urteilen und Entscheiden im Kontext Bildung für nachhaltige Entwicklung. Ein Beitrag zur Begriffsklärung. In J. Menthe, et al (Eds.), *Handeln in Zeiten des Klimawandels. Bewerten lernen als Bildungsaufgabe* (S. 35-63). Münster u.a.: Waxmann.
- [7] Lembens, A. & Abels, S. (2015). Forschendes Lernen nach dem 5E-Modell und Showmanship. *Chemie & Schule*, 30(1b), 6-7.
- [8] Abels, S. & Lembens, A. (2015). GelliBaff® – Superabsorber, der wieder flüssig wird. *Chemie & Schule*, 30(1b), 17-19.
- [9] <http://www.chempage.de/versuche/OC/OC%20007/superabsorber.html> [05.10.2015]
- [10] ETi (2004). Material Safety Data Sheet. <http://www.hmsmedical.com/images/44-oc%20msds.pdf> [05.10.2015]
- [11] FDA (2010). Environmental Assessment. <http://www.fda.gov/downloads/Food/FoodIngredientsPackaging/EnvironmentalDecisions/UCM243558.pdf> [05.10.2015]