



plastic³⁶⁰

**Betreuerskript mit technischer Anleitung und Konzepten
für den Einsatz der plastic³⁶⁰ App in Schülerlaboren**

Willkommen bei *plastic*³⁶⁰

Plastic³⁶⁰ ist eine, für den Chemieunterricht an Schulen* und Schülerlaboren entwickelte, Bildungs-App. Das Ziel von plastic³⁶⁰ ist es, die Nutzer/-innen über die Kreislaufwirtschaft der Kunststoffe aufzuklären und für deren Notwendigkeit zu sensibilisieren. Neben der Zielgruppe von Schüler/-innen und Lehrer/-innen, sind auch am Thema interessierte Privatpersonen willkommen plastic³⁶⁰ zu nutzen.

Die App inklusive der Unterrichtskonzepte entstand in Zusammenarbeit zwischen dem SKZ – Das Kunststoff-Zentrum, der Chemiedidaktik der Universität Würzburg und der maindreieck eCom GmbH. Gefördert wurde das Projekt durch die DBU – Deutsche Bundesstiftung Umwelt.

Die Inhalte der App sind für die Jahrgangsstufen 9 und 10 der Realschule, sowie 11, 12 und 13 des Gymnasiums ausgerichtet. Die App kann als Ganzes aber auch in Teilen in die verschiedenen Unterrichtsformen der Schülerlabore zum Einsatz kommen. Dazu werden im Folgenden Anregungen und Materialien bereitgestellt.

Wir wünschen Ihnen und Ihren Schülerinnen und Schülern interessante Erfahrungen mit plastic³⁶⁰ und hoffen, dass die App eine Bereicherung für Ihr Schülerlabor darstellt.

Ihr plastic³⁶⁰ Team

*Für den Chemieunterricht in Schulen wurde ein eigenständiges Konzept erstellt, dass über den Downloadbereich der Projektseite als PDF-Dokument heruntergeladen werden kann: www.skz.de/plastic360-Downloads

IMPRESSUM

Mitwirkende

SKZ - KFE gGmbH
Friedrich-Bergius-Ring 22
97076 Würzburg/Germany
www.skz.de

Didaktik der Chemie
Institut für Anorganische Chemie
Am Hubland
97074 Würzburg
www.chemie.uni-wuerzburg.de

Gefördert durch die
Deutsche Bundesstiftung Umwelt
An der Bornau 2
49090 Osnabrück
www.dbu.de

Text

Dr. Katja Weirauch, Heicke
Gaedeke und Johannes Wagner

Bilder

plastic³⁶⁰ oder entsprechend der
Quellenangabe

Kontakt

plastic360@skz.de

Ausgabe

01.09.2020
Online verfügbar:
www.skz.de/plastic360-Downloads

Inhaltsverzeichnis

1	Die App – plastic³⁶⁰	4
1.1	Die Startseite	5
1.2	Die Module	6
1.3	Aufbau des Contents	8
1.4	Gamification	9
1.5	Die Foto Rallye	13
1.6	Zusatzmaterial	13
1.7	Die Suchfunktion	15
1.8	Meine Favoriten	16
1.9	Der Zitiercode	16
1.10	Workaround für Darstellungsprobleme auf Android Tablets	17
2	Plastic³⁶⁰ im Schülerlabor	18
2.1	Das Konzept für Schülerlabore mit Bezug zu Unternehmen am Beispiel des SKZ-Schülerlabor	18
2.2	Das Konzept für Lehr-Lern-Labore	18
3	Lernmodule	19
3.1	Lernmodul für Schülerlabore mit Bezug zu Unternehmen	19
3.2	Lernmodul für Lehr-Lern-Labore	21
3.2.1	Ziele der Station: Recycling – der Motor der Kreislaufwirtschaft	21
3.2.2	Fachliche Hintergrundinformationen	21
3.2.3	Vorbereitung der Station	25
3.2.4	Ablauf der Station – Didaktische Hinweise	26
3.2.5	Druckvorlagen	33

1 Die App – plastic³⁶⁰

Auf welchen Geräten läuft die App?

Die App ist sowohl für Android und iOS Geräte erhältlich und kann über die jeweiligen App Stores kostenfrei heruntergeladen werden.



Da die App sowohl zu Hause als auch in der Schule genutzt werden soll, wurde sie für den Einsatz auf Smartphones optimiert. Auf Tablets kann es daher zu Anzeigefehlern kommen.

Features und Funktionen

Im Folgenden wird ein Überblick über die Features und Funktionen der App gegeben.

- **Startseite** mit sich entwickelnder Grafik zur Darstellung und Zusammenfassung des Lebenszyklus von Kunststoffen. Hier ist auch ein kurzes Einführungsvideo abspielbar.
- **4 Hauptmodule**, welche den Kunststoffkreislauf thematisch herausarbeiten:
 - Modul 01 – Konsum und Verantwortung**
 - Modul 02 – Kunststoffe in der Umwelt**
 - Modul 03 – Entsorgung und Recycling**
 - Modul 04 – Rohstoffe und Verarbeitung**
- **12 Kurzfilme** in 2D, 360°-Bild und Virtual Reality
- **Zusatzmaterial** zur Vertiefung der Inhalte
- **Gamification** Elemente
- **Foto Rallye**
- **Suchfunktion**
- **Zitiercode**
- **Favoriten**

Voraussetzungen

- Smartphone mit Android (Version 8 oder höher) oder iOS (Version 7 oder höher).
- VR-Brille für optimalen VR-Support (optional).
- Internetverbindung zum Zugriff auf VR- und Videoinhalte sowie Zusatzmaterial und weiteren Nutzerinformationen (Impressum, Datenschutzerklärung, etc.).

Datenschutzhinweis

Die Nutzung unserer App ist ohne Angabe personenbezogener Daten möglich und es werden keine personenbezogenen Daten erhoben. Gegebenenfalls werden beim Download der App beim jeweiligen Anbieter (Google Play Store, App Store etc.) personenbezogene Daten erhoben, dies ist unabhängig vom Gebrauch unserer App.

1.1 Die Startseite

Nach dem erstmaligen Öffnen von plastic³⁶⁰ gelangen die Nutzer/-innen auf die Startseite. Über das Startbild kann ein kurzes Einführungsvideo abgespielt werden. Wird der Finger im Uhrzeigersinn entlang des farbigen Kreises bewegt, verschwindet das Startbild und der Lebenszyklus von Kunststoffen wird ausgehend von den Rohstoffen entwickelt.



Direkt auf dem Startbild befindet sich ein Play-Button, wird dieser gedrückt erscheint ein kurzes Einführungsvideo zu App. Wird der Finger im Uhrzeigersinn über den Kreis bewegt, dann entwickelt sich Schritt für Schritt der Lebenszyklus von Kunststoffen. Dabei wird jede Station mit wenigen Sätzen vorgestellt.

Wird der Finger gegen den Uhrzeigersinn bewegt, so kann ein Schritt rückgängig gemacht werden. Das Ziel der Startseite ist es, die Nutzer/-innen mit dem grundlegenden Lebenszyklus von Kunststoffen bekannt zu machen. Die Grafik dient zusätzlich als Orientierungshilfe während des selbstregulierten Lernprozesses. Der Lebenszyklus auf der Startseite entwickelt sich aus der Perspektive der Industrie, welche ausgehend von den Rohstoffen startet. Die Betrachtung der Kreislaufwirtschaft und des Lebenszyklus von Kunststoffen in den vier Hauptmodulen wählt dabei die Perspektive der Lernenden und beginnt - mit der Nutzung von Kunststoffprodukten - direkt im Lebensumfeld der Jugendlichen.

1.2 Die Module

Nach drücken des  Icons wird die Modulübersicht angezeigt. Die vier Module bilden die Kerninhalte der plastic³⁶⁰ App. Sie informieren über die folgenden vier Themengebiete in schülergerechter Form. Die Module holen die Lernenden aus ihrer Lebenswelt ab und betrachten im Anschluss Themen, welche sich versteckt im Hintergrund der eigenen Erfahrungswelt abspielen.

01 Konsum und Verantwortung

Betrachtet den Konsum von Kunststoffprodukten als **Privatperson**, sowie den Einsatz von Kunststoffprodukten in unterschiedlichen **Industriefeldern** (Medizin, Bauindustrie, Landwirtschaft etc.). Dabei spielt im Rahmen der Verantwortung die Frage eine zentrale Rolle, ob, wann und in welchen Aspekten **Kunststoffverzicht** sinnvoll ist.

02 Kunststoffe in der Umwelt

Dieses Modul ist zweigeteilt und betrachtet die **Umweltverschmutzung durch Kunststoffe**, welche in Form von **Mikro- und Makroplastik** in die Umwelt gelangen. Dabei werden Ursachen für die Verschmutzung, Problematiken und **Lösungsansätze** vorgestellt. Besonderes Augenmerk liegt in diesem Modul auf den Folgen der Kunststoffverschmutzung in Deutschland.

03 Entsorgung und Recycling

Dieses Modul stellt den Gegenspieler zu Modul 02 dar und behandelt die **Möglichkeiten** und Entwicklungen, wenn Kunststoffe auf den richtigen Wegen entsorgt werden. Dabei erhalten die Lernenden Einblicke in die **Entsorgungs- und Recyclingprozesse** von Kunststoffen und lernen sowohl Chancen wie auch **Irrtümer und Hindernisse des Recyclings** kennen.



04 Rohstoffe und Verarbeitung

In diesem Modul wird die **Herstellung von Kunststoffen** aus **fossilen und nachwachsenden Rohstoffen** betrachtet und deren Ökobilanzen verglichen. Dabei werden die **Chancen und Hindernisse von Biokunststoffen** erarbeitet. Im Anschluss werden unterschiedliche **Verarbeitungsmöglichkeiten** der Kunststoffe vorgestellt. Dabei wird die Additive Fertigung (3D-Druck) und das Spritzgießverfahren audiovisuell veranschaulicht.

Durch Auswählen der **Modulüberschriften** in der Modulansicht wird das jeweilige Modul geöffnet. Der erste Unterpunkt eines jeden Moduls ist die **Kurzvorstellung**, in der in wenigen Zeilen das Modul vorgestellt wird.

In den Modulen befinden sich Inhalte in unterschiedlicher Form. Die Untermodule sind entlang eines inhaltlichen roten Fadens strukturiert. Sie können trotzdem auch isoliert gut verstanden werden.

Anhand der **Symbole vor den Untermodulen** ist die Art des Inhalts des Unterpunkts festgelegt. **Zusatzmaterial** sind **downloadbare PDF-Dateien**, welche auch für den Unterricht in ausgedruckter Form bereitgestellt werden können.



Text mit Bildern



Video



Gamification



Virtual Reality



Foto Rallye



Zusatzmaterial

1.3 Aufbau des Contents

Text und Bild

Wird ein als Text und Bild gekennzeichnetes Untermodul geöffnet, so wird der Inhalt direkt geöffnet. Der Inhalt kann dann durch Scrollen gelesen werden.

Video, Gamification und VR-Elemente

Untermodule, die als Video, Gamification oder VR-Element gekennzeichnet sind, führen den/die Nutzer/-in zunächst auf eine **Vorschauseite**, auf der der Inhalt des Videos, oder die Aufgabe des Elements kurz vorgestellt werden. Gamification-Elemente können durch Drücken des Pfeil-Icons gestartet werden. **Gamification-Elemente** sind in die App integriert, wodurch sie **keine Internetverbindung** benötigen.

Videoinhalte können auf zwei Weisen abgerufen werden. Zum einen steht eine **Videodatei mit niedriger Auflösung zum Download** bereit, welche in der App gespeichert wird, so dass das Video auch offline angeschaut werden kann. Zum anderen kann das Video über **YouTube** geöffnet werden. Auf YouTube sind die **Videos in HD-Qualität** abrufbar. Von dort sind sie auch über PC oder andere mobile Endgeräte verfügbar. Wurde ein Video in niedriger Auflösung heruntergeladen, so wird das durch einen Play-Button im Vorschaubild gekennzeichnet.

Das VR-Element und die 360°-Animation können aufgrund der hohen Auflösung **nur über YouTube** geöffnet werden und benötigen eine **Internetverbindung**. Für das optimale Erlebnis wird eine VR-Brille empfohlen. Diese ist jedoch nicht zwingend notwendig, um das Element anzusehen.

← [KN02]

Durchschnitt jedes Jahr das **3,25-fache** ihres Körpergewichts an Kunststoffen produziert (siehe Abb. [2], während für jeden Mann das **2,6-fache** des eigenen Körpergewichts an Kunststoffen hergestellt wird (siehe Abb. [3]).

71,6 kg	71,6 kg	71,6 kg	17,9 kg
Summe 233 kg			

[2] Kunststoffproduktion in Deutschland im Jahr 2018 pro Kopf im Vergleich zum durchschnittlichen Körpergewicht einer Frau in Deutschland.

← [KU11]

Leonie entwickelt Filter für Mikrofasern

Leonie erklärt die Problematik von Mikroplastik und speziell von Mikrofasern, die beim Wäschewaschen entstehen. Damit diese nicht ungehindert in die Umwelt gelangen, zeigt sie Euch den von ihr selbst entwickelten Filter. Wusstest Du, dass Mikroplastik wieder bei uns auf dem Teller landet und wir ca. eine Kreditkarte an Mikroplastik pro Woche essen?

1.4 Gamification

Plastic³⁶⁰ bietet neben den visuell und textlich aufbereiteten Inhalten auch vier **Gamification-Elemente**, welche eine spielerisch-forschende Auseinandersetzung mit den Inhalten ermöglichen sollen.

Der Kunststoffabfallrechner

Mit diesem Gamification-Element im Modul 01 *Konsum und Verantwortung* können auf einfache Weise die Nutzungsdauern von Kunststoffprodukten und die Menge an entstehendem Kunststoffabfall durch die Nutzung dieser verglichen werden. Der Rechner nimmt den Nutzern/-innen dabei rechnerische Stolpersteine - wie Einheiten umrechnen - ab. Die Ergebnisse können gespeichert werden und im Anschluss jederzeit als Liste abgerufen werden.

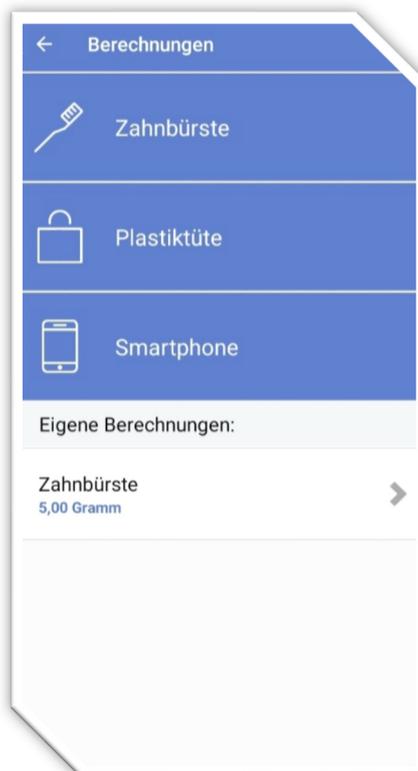


Nach Beantwortung der Fragen berechnet der Kunststoffabfallrechner wieviel Gramm Kunststoffabfall pro genutzte Stunde des Kunststoffgegenstands entstehen.

Das Ergebnis für den berechneten Gegenstand kann im Ergebnisbildschirm durch Drücken des Icons  gespeichert werden.

Die gespeicherten Ergebnisse können jederzeit geöffnet werden, wenn innerhalb des

Kunststoffabfallrechners das Icon  gedrückt wird. Um einen Eintrag zu löschen, muss dieser für wenige Sekunden gedrückt werden. Weitere Informationen zum Rechner finden Sie im Zusatzmaterial [KN+4] Der Kunststoffabfallrechner auf der Projekthomepage: [Downloadbereich plastic³⁶⁰](#).



Anregung für den Unterricht

Lernende können die Werte für Kunststoff-Gegenstände aus ihrem Alltag ermitteln und daraus **Tabellen** oder **Diagramme** erstellen.

Die Überlegungen, welche gemacht werden müssen, um die Werte zu ermitteln können in einem **Portfolio** festgehalten werden. Im **Projektunterricht** kann aus diesen Ergebnissen z. B. ein Plakat erstellt werden.

Designe Deine Verpackung

Das Gamification-Element *Designe deine Verpackung* aus Modul 03 *Entsorgung und Recycling* versetzt die Nutzer/-innen in die **Situation von Unternehmen**, welche eine günstige Verpackung designen müssen, die gleichzeitig den Anforderungen des Produkts gerecht wird, jedoch auch wiedererkennbar die Marke repräsentiert.

Das Ziel in diesem Spiel ist es einen **bestmöglich recyclingfähigen Joghurtbecher** zu planen. Dabei können das Material des Bechers und des Verschlusses, sowie die Färbung, Größe und das Material des Etiketts eingestellt werden. Dabei wird jede Entscheidung durch Bilder visualisiert, sodass am Ende des Prozesses ein visualisierter Prototyp entsteht.

Bei der **Bewertung des Joghurtbechers** werden 5 Kriterien betrachtet.

- **Kosten**
- **Stabilität**
- **Schutz des Inhalts**
- **Markenerkennung**
- **Recyclingfähigkeit**

Die Bewertung wird für jede Kategorie auf dem Bewertungsbildschirm in Prozent angegeben. Für die Recyclingfähigkeit werden bei Entscheidungen, welche die Recyclingfähigkeit beeinträchtigen, auch Hinweise gegeben, an welcher Stelle Probleme auftreten.

Die Bewertung der Recyclingfähigkeit orientiert sich an den **Anforderungen des Instituts cyclos-HTP** für Verpackungen aus Polyethylen und Polypropylen. Die notwendigen Informationen, um einen möglichst recyclingfähigen Joghurtbecher zu planen, finden sich in den Texten und Videos des Moduls.



Unnützes Wissen

Durch das Element *Unnützes Wissen* wird das Modul 04 *Rohstoffe und Verwertung* aufgelockert und der Einblick in den Kunststoffkreislauf abgeschlossen, indem eine Reihe an kurzen, grafisch aufbereiteten Fakten rund um den Lebenszyklus von Kunststoffen vorgestellt werden.



Unnützes Wissen in 8 schnellen Fakten

Abbauzeiten von Alltagsgegenständen

Dieses Quiz-Element fordert die Nutzer/-innen dazu auf, die Abbaueiten von Alltagsgegenständen in der Umwelt abzuschätzen. Es soll sie damit für die Notwendigkeit richtiger Entsorgung sensibilisieren und damit einen positiven Einfluss auf das Litteringverhalten der Jugendlichen nehmen.



Abbauzeiten von Alltagsgegenständen im Meer

1.5 Die Foto Rallye

Über die vier Hauptmodule von plastic³⁶⁰ erstreckt sich eine Foto-Rallye mit insgesamt vier Stationen.

Durch Antippen des Fotosymbols können Bilder aus der App heraus aufgenommen werden, oder aus der Galerie des Handys ausgewählt werden. Es kann jeweils ein Bild in der App gespeichert werden. Bei manchen Aufgaben können in der Galerie Collagen erstellt werden.

Didaktisches Ziel der Foto Rallye

Die Foto Rallye soll die Lernenden für den Kunststoffkreislauf sensibilisieren, indem diese sich mit ihrer eigenen Lebenswelt aktiv auseinandersetzen. Über den Austausch in sozialen Medien, wie Instagram können die Lernenden auch Freunde und Bekannte dazu anregen über das Thema Kreislaufwirtschaft nachzudenken. Mit dem Umschmelzen eines Thermoplasten, soll zudem die Kompetenz der visuelle Protokollierung eines chemischen Experiments erworben werden.

1.6 Zusatzmaterial

Bei dem Zusatzmaterial handelt es sich um eine **Reihe von PDF-Dokumenten**, welche heruntergeladen werden können. Sie bereiten Themen auf, die aus Gründen der Übersichtlichkeit nur kurz angesprochen werden. Sie dienen der **Vertiefung** und sind insbesondere für den Projektunterricht entwickelt. Im Zusatzmaterial werden auch **chemische Hintergründe** tiefergehend erklärt. Dabei wurde berücksichtigt, dass die Lernenden der jeweiligen Schulform diese bald verlassen. Deshalb ist das Zusatzmaterial **weniger stark für Schüler elementarisiert** und zum vollen Verständnis können die Lernenden auf weitere Quellen, wie Bücher oder Internetseiten zurückgreifen. Es soll auf das Lesen wissenschaftlicher Berichterstattungen vorbereiten, sodass die Lernenden sowohl ihr Verständnis von naturwissenschaftlichen Quellen als auch ihre Quellenkritik verbessern. Ergänzt wird die Reihe der Zusatzmaterialien durch **Versuchsanleitungen** zum Experimentieren mit Kunststoff während des Unterrichts oder zu Hause.



Diese Zusatzmaterialien stehen zur Verfügung

Quellcode	Bezeichnung des Materials
[KN+1]	Kunststoffeinsatz in der Medizintechnik
[KN+2]	Kunststoffeinsatz in der Landwirtschaft
[KN+3]	Kunststoffeinsatz im Bausektor
[KN+4]	Der Kunststoffabfallrechner
[KN+5]	Kunststoffe als Verpackung
[KU+1]	Meeresmüll vor Helgoland
[KU+2]	Versuchsanweisung Mikroplastik aus Kosmetik
[KU+3]	Versuchsanweisung Nachweis von Mikroplastik
[ER+1]	Depolymerisation
[ER+2]	Cracking
[ER+3]	Infrarotspektroskopie
[ER+4]	Magnetscheider
[ER+5]	Recyclingvorgang im Detail
[ER+6]	Rohstofflichen Verwertung - Vergasung
[ER+7]	Schwimm-Sink-Verfahren
[ER+8]	Windsichten
[ER+9]	Wirbelstromscheider
[ER+10]	Versuchsanweisung Trennen von Inhalten aus dem Gelben Sack
[RV+1]	Additive in Kunststoffen
[RV+2]	Grundlagen einer Ökobilanz
[RV+3]	Kettenpolymerisation
[RV+4]	Polyaddition
[RV+5]	Polykondensation
[RV+6]	Versuchsanweisung – Herstellung eines Biopolymers
[RV+7]	Versuchsanweisung – Umschmelzen eines Thermoplasten

1.7 Die Suchfunktion

Über das  Icon wird die Suchfunktion geöffnet. Bei der Suchfunktion handelt es sich um eine **Schlagwortsuche**. Das bedeutet, dass eine Auswahl wichtiger Begriffe jedem Modulunterpunkt zugeordnet wurde. Werden Begriffe oder auch Teile eines Begriffes eingegeben, so durchsucht die Funktion die App und findet Untermodule, welche das gesuchte Schlagwort als Suchbegriff beinhalten.

Hinweis!

Nicht jeder im Text erwähnte Begriff wird durch die Suche erfasst, wodurch die Suche zwar weniger Ergebnisse liefert aber gleichzeitig die Ausgabe relevanter Suchergebnisse verbessert. Damit sollen Lernende leichter Informationen finden.



In das Textfeld können Suchbegriffe oder Teile von Suchbegriffen eingegeben werden.

Bei Begriffsteilen werden auch relevante Begriffe gefunden, welche diese beinhalten.

Im Ergebnisfenster werden alle Untermodule angezeigt, in denen der Begriff Relevanz besitzt.

1.8 Meine Favoriten

Um im Rahmen des Projektunterrichts schnell Untermodule wieder zu finden, besitzt die App die Möglichkeit Favoriten zu speichern.

Wird ein Untermodul geöffnet, so kann dieses über das  Icon **oben rechts im Eck** als Favorit gespeichert werden. Durch klicken auf das  Icon kann es wieder entfernt werden.

Über das  Icon findet man *Meine Favoriten*. Dort werden alle Untermodule gelistet, mit der Favoriten Funktion gekennzeichnet wurden.

1.9 Der Zitiercode

Damit Informationen im Projektunterricht den jeweiligen Quellen zugeordnet werden können, steht ein Zitiercode zur Verfügung. Dieser soll es erleichtern, Informationen bestimmten Untermodulen der App zuzuordnen. Damit sind Lehrkräfte besser in der Lage den **Ursprung von Informationen zurückzuverfolgen**.

Jedem Untermodul und jedem Zusatzmaterial wurde ein vierstelliger Zitiercode zugeordnet.

Beispiel:

Dem Untermodul Produktion und Funktion von Kunststoffen wurde der Zitiercode **[KN02]** zugeordnet.

Die ersten zwei Buchstaben - in diesem Fall **KN** - bilden ein Kürzel für das zugehörige Modul (KN = Konsum und Verantwortung). Die Nummern **02** geben die Position des Untermoduls im Modul an. Handelt es sich um Zusatzmaterial, so befindet sich ein + im Zitiercode (Bsp. **[KN+2]**).

[KN02]



Produktion und Funktion von Kunststoffen.

Kunststoffprodukte sind für uns mittlerweile etwas Selbstverständliches. So denken wir gar nicht daran, dass wir in alltäglichen Situationen von jeder Menge Kunststoff umgeben sind. Allein im Jahr 2018 wurden in Europa **61,8 Millionen Tonnen** Kunststoff hergestellt. Davon wurden mit **19,3 Millionen Tonnen** fast ein Drittel in Deutschland produziert (siehe Diagramm [1]).

← [KU02]

Wie gelangt Makroplastik in die Umwelt?

So wie die Person im Video littern wir fast täglich Verpackungen, Zigarettenstummel, Bioabfälle und vieles mehr in die Umwelt. Doch was bedeutet Littering überhaupt?



1.10 Workaround für Darstellungsprobleme auf Android Tablets

Da die App für Smartphones entwickelt wurde kann es auf Tablets zu Darstellungsproblemen kommen, wenn deren Display zu groß ist. Um die App trotzdem in vollen Zügen nutzen zu können, kann die geteilte Bildschirmansicht oder Pop-Up-Ansicht der Androidgeräte genutzt werden. Diese kann Darstellungsfehler beheben und bringt den Lernenden gleichzeitig eine mediendidaktisch sinnvolle Funktion der Tablets nahe. Durch diese Funktion kann Multitasking erleichtert werden.

Vorgehen:

Schritt 1: Öffne die App plastic³⁶⁰ auf dem Tablet.

Schritt 2: Öffne eine weitere App (z. B. den Internetbrowser).

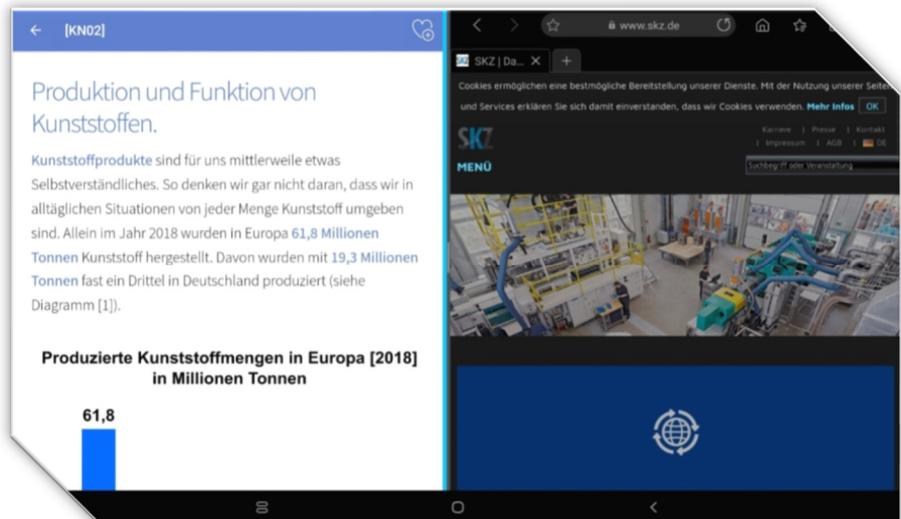
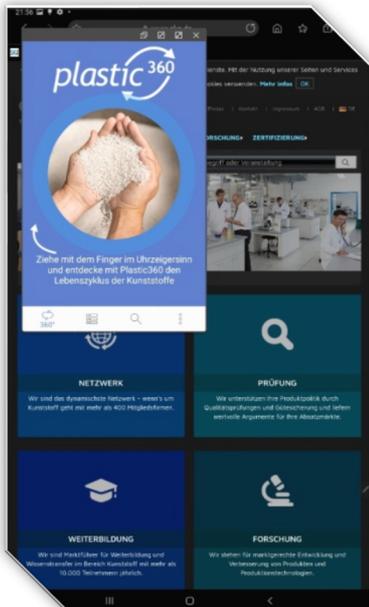
Schritt 3: Drücke  unten links in der Kommandoleiste des Tablets.

Schritt 4: Halte das plastic³⁶⁰ Icon, auf der Startseite der App, gedrückt.

Schritt 5: Wähle „In geteilter Bildschirmansicht öffnen“ oder „In Pop-up-Ansicht öffnen“.

Pop-Up-Ansicht:

Die Pop-up-Ansicht (**Bild links**) eignet sich besonders zum Arbeiten in der vertikalen Ausrichtung des Tablets. Das Pop-up kann wie ein Fenster am Computer vergrößert und verschoben werden. Achtung! Wird das Fenster zu groß gemacht kommt es wieder zu Verzerrungen der App-Ansicht.



Geteilter Bildschirm-Ansicht

Die geteilte Bildschirm-Ansicht (**Bild unten**) eignet sich für die horizontale Ausrichtung des Tablets. Als Zweites Fenster können so Notiz-Apps oder ein Internetbrowser geöffnet werden, so dass die Lernenden einfach digitale Notizen erstellen können.

2 Plastic³⁶⁰ im Schülerlabor

2.1 Das Konzept für Schülerlabore mit Bezug zu Unternehmen am Beispiel des SKZ-Schülerlabor

Das SKZ-Lab gibt Schüler/-innen Einblick in die vielen Berufsmöglichkeiten der Kunststoffindustrie, dabei erarbeiten sie sich selbständig Wissen, erkennen Zusammenhänge und treffen eigenständige Entscheidungen. In sechs Teams simulieren Abzubildende bzw. Lernende einen Kundenauftrag und bekommen auf schüler-gerechtem Niveau, Einblick in Betriebsprozesse eines kunststoffverarbeitenden Unternehmens. Sie entwickeln und formulieren Entwürfe, lernen den Umgang mit Maschinen und Werkzeugen, führen Berechnungen durch, überprüfen die Produktqualität und führen Verbesserungen aus. Das früher aus fünf Teams (Forschung, Kommunikation, Designe, Finanzen und Technik) zusammengesetzte Schülerlabor wird nun durch das Nachhaltigkeitsteam ergänzt. Nachhaltigkeit ist im simulierten Unternehmen zu verbessern, wodurch Lernende auch im Alltag bewusst und umweltgerecht mit Kunststoffen umgehen lernen. Die Teams erhalten Anleitung und Betreuung durch SKZ-Ausbilder.

Die Schulklasse verbringt insgesamt 7 Stunden im SKZ-Schülerlabor, davon arbeiten sie effektiv drei Stunden (2 x 1,5 h) in den Teams und an Ihren Arbeitsaufträgen. Dieser Zeitraum erscheint ausreichend, für die inhaltliche Bearbeitung wichtiger Aspekte des gesamten Lebenszyklus Kunststoffe für das Team Nachhaltigkeit. Nach einer kurzen Einführung und Herstellung eines aktuellen Kontext, von ständig steigendem Kunststoffverbrauch bis zur Verwertung von Kunststoffabfällen, befassen sich die SuS mit vier Themenblöcken Produktion von Kunststoffen, in Kunststoffe in der Umwelt steht Mikroplastik im Fokus, gefolgt von Recycling der Motor der Kreislaufwirtschaft und abschließend wird sich kritisch mit Kunststoffkonsum und –verzicht auseinandergesetzt. Die Arbeitsaufträge wurden möglichst kurz und prägnant formuliert, um den SuS einen schnellen Überblick über die Anforderungen zu geben und über Stichworte die Recherchearbeit zu erleichtern.

Neben den wichtigen Textelementen für eine faktenbasierte Recherche sind auch die Spiele Designe deine Verpackung und der Nutzungsrechner für das unternehmerische Nachhaltigkeits-Team von Relevanz. Das Vorhandensein von Videos wird zwar erwähnt aber kein starker Bezug darauf genommen, da das SKZ-Lab von Betriebsprozessen geprägt wird und diese selbst praxisnah abbildet. Die plastic³⁶⁰ Videos würden dazu keine zwingend nützliche Ergänzung bilden aber selbstverständlich bei Bedarf trotzdem genutzt werden. Eine Power Point Präsentation aller ermittelten Ergebnisse stellt das am Ende zu Erreichende Projektprodukt dar, welche den anderen Teams vorgestellt werden soll.

2.2 Das Konzept für Lehr-Lern-Labore

An außerschulischen Schülerlaboren gehen Schülerinnen und Schüler eigentätig meist naturwissenschaftlichen Fragenstellungen nach. Im M!ND-Center, dem mathematisch-

informationstechnologisch-naturwissenschaftlichen Didaktik-Center der Universität Würzburg werden sie dabei von Lehramtsstudierenden in so genannten Lehr-Lern-Laboren (LLL) betreut. Den Lernenden werden Inhalte, Geräte und Materialien zugänglich gemacht, die üblicher Weise an den Schulen nicht vorhanden sind. Zudem erhalten sie einen authentischen Einblick in naturwissenschaftliche Arbeitsweisen. Die Didaktik der Chemie bietet zum Thema Kunststoffe ein Lehr-Lern-Labor mit variablen Stationen für Realschule und Gymnasium an.

Das *Lehr-Lern-Labor Kunststoffe* besteht aus sechs abwechslungsreichen Stationen mit großem experimentellem Anteil. Für jede Station sind etwa 35 Minuten vorgesehen. Im Rahmen des Bildungsprojektes plastic³⁶⁰ wurde eine der Stationen grundlegend überarbeitet und durch Inhalte der App zum Thema Recycling gewinnbringend erweitert. Zwei zentrale Elemente wurden übernommen, die fachlichen Hintergrundinformationen aus den App-Informationstexten und Videomaterial als Einstiegssituation für die Lernenden.

3 Lernmodule

3.1 Lernmodul für Schülerlabore mit Bezug zu Unternehmen

Kunststoffabfälle werden zum Umweltthema und die Zeit drängt. Laut einer neuen Studie des Informationsdienstes IHS Markit verdoppelt sich der jährliche Verbrauch bis 2030 von zuletzt 185 Millionen Tonnen auf fast 400 Millionen Tonnen. Die wachsende Weltwirtschaft, der steigende Bedarf an Leichtbaumaterialien im Automobilbau sowie neue Anwendungen in Medizin- und Elektro-technik treiben den Kunststoffboom. Die Masse davon wandert nach dem Gebrauch auf Mülldeponien und in Verbrennungsanlagen. In Europa wird nur jede dritte Tonne Plastikabfall wiederverwertet. Diese gigantischen Mengen Kunststoffabfälle sollten durch gezielte Verwertung und Aufbereitung der Abfälle genutzt werden, statt sie zu verbrennen oder in der Umwelt liegen zu lassen. Wie sieht es in Ihrem Unternehmen mit Kunststoffabfällen aus? Setzen Sie sich kritisch mit dem Thema auseinander und nutzen Sie als Wissensgrundlage die App *plastic*³⁶⁰.

Produktion von Kunststoffen

- Produzierte Mengen Kunststoff in Tonnen pro Jahr
- In welchen Branchen werden Kunststoffe hauptsächlich eingesetzt und welche Mengen stehen dahinter
- Fossile vs. erneuerbare Ressourcen , alles hat seine Vor- und Nachteile

(Informationen aus den App- Modulen 1+4)

Kunststoffe in der Umwelt – Mikroplastik

- Definition von Mikroplastik
- Quellen von Mikroplastik und jährlich freigesetzte Mengen pro Person in Deutschland mit Bezug auf die Kunststoffproduktion
- Erläutern sie den Vermeidungsansatz "Zero Pellet Loss" des Umweltministeriums unter <https://www.plasticseurope.org/de>

- Warum ist die Vermeidung von Mikroplastik so wichtig und welche Umweltwirkungen zeigt Mikroplastik (“Mikroplastikkreislauf“)

(Informationen aus den App- Modul 2 inkl. Videos)

Recycling der Motor der Kreislaufwirtschaft

- Verwertungswege und Verwertung in Zahlen
- Grenzen des Recyclings und Herausforderungen der Mülltrennung
- Designe Deine Verpackung – Beispiele für Kriterien zur recyclingfähigen Verpackung *(spielen Sie gerne das dazugehörige Spiel in der App)*

(Informationen aus den App- Modul 3 inkl. Video)

Kunststoffkonsum und –verzicht

- Wir verwenden Kunststoffe heute fast überall. Dabei wäre es besser für uns und die Umwelt, häufiger auf sie zu verzichten. Oder doch nicht? Schauen Sie sich Ihren Alltag an, wo sehen Sie Potential, auf Kunststoff verzichten zu können bzw. wo sind sie zwingend erforderlich? Für eine objektive Darstellung der Überlegungen nutzen Sie dafür gerne den Nutzungsrechner der App.
- Beschreiben Sie kurz die Nutzungsirrtümer von Plastiktüten im Vergleich zu Papiertüten und bewerten Sie deren Nachhaltigkeit

(Informationen aus den App- Modul 1)

Diskutieren und überprüfen Sie mit den anderen Fachabteilungen wie Sie die Nachhaltigkeit in Ihrem Unternehmen deutlich verbessern können. Abschließend stellen Sie Ihre Ergebnisse in einer Power Point Präsentation zusammen.

Nachhaltigkeit geht uns alle etwas an!

3.2 Lernmodul für Lehr-Lern-Labore

3.2.1 Ziele der Station: Recycling – der Motor der Kreislaufwirtschaft

Die Schüler/-innen...

- verstehen, wie Kreislaufwirtschaft und Recycling definiert ist
- lernen alle wichtigen Verwertungswege kennen und vertiefen Ihr Wissen zur werkstofflichen Verwertung
- schmelzen Polyethen unter sicherer Handhabung des Bunsenbrenners ein
- erkennen, wie durch das Einschmelzen und das erneute Erstarren von Kunststoffabfall neue Formen und Produkte geschaffen werden können
- lernen das Sink-Schwimm-Verfahren kennen und verstehen, dass verschiedene Kunststoffsorten abhängig von ihrer Dichte im Wasser voneinander getrennt werden
- erkennen, dass sich die Dichte von Wasser durch die Hinzugabe von Salz erhöhen lässt, wodurch auch schwerere Kunststoffteilchen zu schwimmen beginnen

3.2.2 Fachliche Hintergrundinformationen

3.2.2.1 Kreislaufwirtschaft durch Recycling

Sinngemäß bedeutet Recycling etwas wieder in den Zyklus einführen. Im engeren Sinne bezeichnet **Recycling** das Aufbereiten und Wiederverwenden entstehender Abfälle. Damit werden deren Rohstoffe für neue Produkte wiederverwendet und so wieder in den Rohstoffkreislauf zurückgeführt. Somit ist Recycling die Grundlage der sog. **Kreislaufwirtschaft**. Diese beruht auf dem Grundgedanken, die **Rohstoffflüsse** einer Kreislaufwirtschaft so zu organisieren, dass Rohstoffe möglichst lange genutzt werden können. Diesen Zyklus kann ein Kunststoff mehrmals durchlaufen, sodass er für die **Herstellung neuer Produkte** eingesetzt werden kann (siehe Abbildung 1). Auf diesem Weg soll der Kunststoffabfall reduziert werden. Um die Zahl der Lebenszyklen des Kunststoffs zu erhöhen, muss der **Qualitätsverlust** der Rohstoffe in jedem Zyklus möglichst geringgehalten werden. Deshalb ist es sinnvoll und wichtig, die **Recyclingfähigkeit** eines Produkts bereits bei dessen Herstellung zu berücksichtigen.

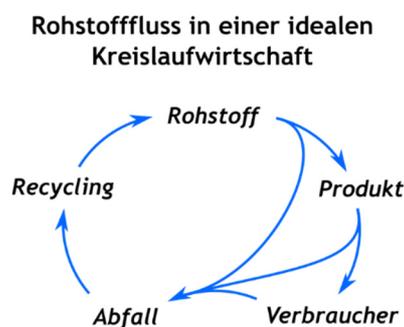


Abbildung 1: Fluss des Rohstoffs Kunststoff während eines Lebenszyklus in einer idealen Kreislaufwirtschaft

Heute steht die Kreislaufwirtschaft von Kunststoffen noch vor großen Herausforderungen. Sie ist darauf angewiesen, dass ihre Teilnehmer/-innen vom Produzenten bis zum Konsumenten dafür sorgen, dass der Rohstoff Kunststoff den Kreislauf nicht verlässt. Dazu müssen **Prozesse und Logistiksysteme** entwickelt werden und Abfälle sachgerecht **getrennt und entsorgt** werden.

3.2.2.2 Verwertungswege

Im Zuge des Recyclings können Kunststoffe **unterschiedlich verwertet werden** (vgl. Abbildung 2). Die einfachste und zugleich umweltschonendste Variante ist die sog. werkstoffliche Verwertung.

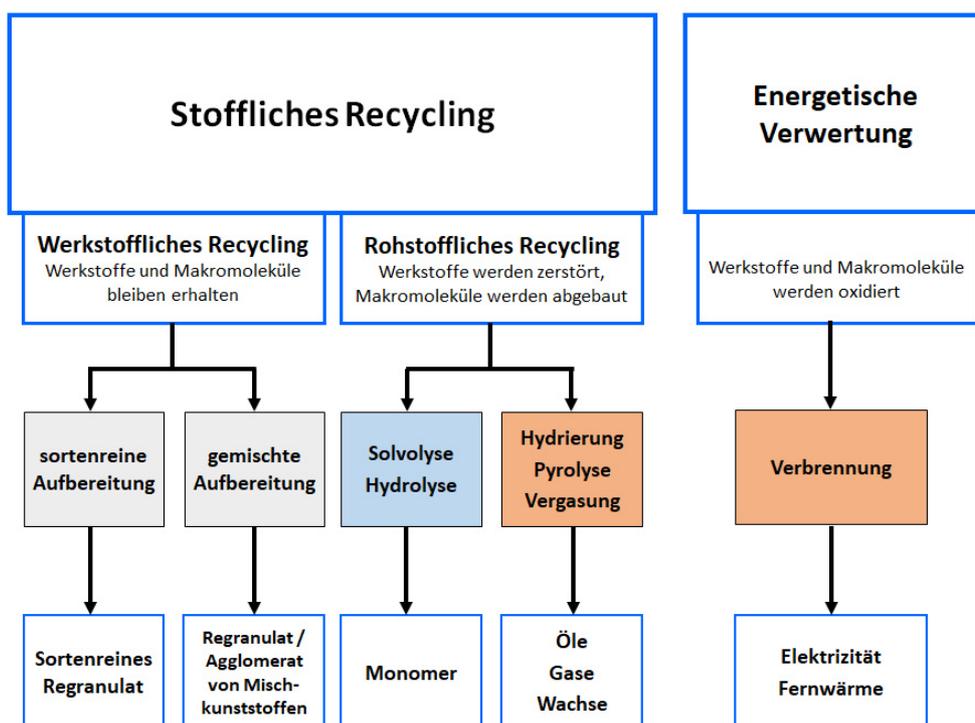


Abbildung 2: Grundsätzliche Verwertungswege von Kunststoffabfällen¹

Von den im Jahr 2017 angefallenen **6,2 Millionen Tonnen** Kunststoffabfall wurden in Deutschland 52,7 % **energetisch** sowie 46,7 % durch **Werkstoffliche und Rohstoffliche Verwertung** verwertet. Damit wurden nur 0,6 %, also **0,04 Millionen Tonnen** Kunststoffabfall auf Deponien entsorgt und somit gar nicht verwertet.

Die werkstoffliche Verwertung

Werkstoffliche Verwertung bedeutet, dass die Kunststoffabfälle ohne signifikante Veränderung der chemischen Struktur als Sekundärrohstoff wiederverwendet werden. Zu dieser Art der Verwertung gehört beispielsweise das **Einschmelzen und Wiederverwenden sortenrein getrennter Kunststoffabfälle**. Dieses Recycling ist nur für **thermoplastische Kunststoffe** (z. B. PE, PET, PS und PP) geeignet. Durch werkstoffliches Recycling kann der Kunststoff im Vergleich zu anderen Recyclingverfahren mit **geringerem Energie- und Chemikalienbedarf** wiederverwendet werden. Deshalb ist diese Methode besonders ökologisch. Am Ende dieses Verwertungsprozesses stehen ein **Rezyklat** (verwerteter und erneut verarbeitungsfähiger Kunststoff) oder **Mischkunststoffe**. Für ein optimales Recyclingergebnis ist es dabei notwendig, die unterschiedlichen Kunststoffe möglichst gut zu trennen. Hierzu müssen **Kriterien** wie enthaltene Additive, Färbung und

¹ Martens und Goldmann, 2016, Recyclingtechnik. Fachbuch für Praxis und Lehre, 2. Auflage, Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden

Kunststoffsorte im Sortierungsvorgang bedacht werden. Doch werkstoffliches Recycling hat seine **Grenzen**. Im Zuge der Aufbereitung werden Kunststoffe erhitzt und getrocknet. Dabei nimmt die Länge der kettenförmigen Moleküle, aus denen die Kunststoffe bestehen, mit jedem Recyclingzyklus ab, sodass der Kunststoff an Qualität verliert. Aus diesem Grund muss dem Regranulat immer wieder **Neuware** zugesetzt werden, um die erwünschten Eigenschaften zu erhalten.

Die rohstoffliche Verwertung

Ein zweiter Recyclingweg ist die **rohstoffliche Verwertung**. Hierbei werden die Kunststoffabfälle durch chemische Verfahren in ihre molekularen Bausteine (Monomere) zerlegt. Um aus den Abfällen Monomere zu gewinnen, werden Verfahren wie sogenanntes Cracken, Vergasung und Depolymerisation eingesetzt. Durch diese Verfahren können neben **Monomeren** auch **Öle, Gase** und **Wachse** hergestellt werden, welche auf alternativen Wegen wieder in den Rohstoffzyklus zurückgeführt werden können.

Aus Monomeren können wieder neue Kunststoffe hergestellt werden, deren Eigenschaften im Zuge des Syntheseprozesses gesteuert werden können. Auf den ersten Blick scheint dieser Recyclingweg optimal. Doch hinter den Verfahren steckt ein **immenser Energieaufwand**. Solange ein großer Teil der benötigten Energie weiterhin aus fossilen Brennstoffen gewonnen wird, kann rohstoffliche Verwertung noch nicht als umweltfreundliche Alternative bezeichnet werden. Derzeit werden in Deutschland mit **0,05 Millionen Tonnen** lediglich 0,8 % der Kunststoffabfälle auf rohstofflichem Weg verwertet.

Die energetische Verwertung

Der dritte Verwertungsweg ist die **energetische Verwertung**. Dabei werden die Kunststoffabfälle in Müllverbrennungsanlagen, Kraftwerken oder Zementanlagen als **Ersatzbrennstoff** verbrannt. Die dabei freiwerdende Wärme kann als **Fernwärme** oder zu **Stromerzeugung** genutzt werden. In der Abfallhierarchie Europas und Deutschlands steht die thermische Verwertung hinter dem Recycling aber noch vor der Deponierung. Zur Bewertung wird hier u.a. die Schonung von Ressourcen und der CO₂-Ausstoß berücksichtigt. Energetische Verwertung sollte, soweit möglich, demnach nur eingesetzt werden, wenn die anderen Verwertungswege technisch oder energetisch nicht sinnvoll sind.

Gutes Recycling ist also ein Zusammenspiel von Produktdesign, verantwortungsvoller Entsorgung und effektiven Verwertungswegen.

3.2.2.3 Der Recyclingvorgang (Sortierung und Aufbereitung)

Damit Kunststoffe bestmöglich recycelt werden können, müssen sie **nach Kunststoffsorte getrennt werden**. Das beginnt in Haushalten bei der Trennung des Hausmülls in Restmüll und Gelben Sack bzw. Gelbe Tonne. Der Wertstoffabfall wird von den Entsorgungsunternehmen zu den **Sortieranlagen** gebracht. Der Ablauf der Sortierung wird wie folgt durchgeführt: Zunächst öffnet der sog. **Gebindeöffner** die Abfallsäcke und lockert das enthaltene Material. Im nächsten Schritt trennt das **Trommelsieb** die Abfälle nach ihrer Größe. Danach durchläuft das Material einen **Nah-Infrarot-Scanner**, der das Material anhand der **Absorption und Reflektion von Infrarotstrahlung** erkennt. Nach der Materialerkennung werden **magnetische Metalle** wie z. B. Eisen durch einen Magneten entfernt. Im Anschluss durchläuft der Wertstoffabfall einen

Wirbelstromscheider, der mithilfe induzierter Wirbelströme **elektrisch leitfähige, aber nicht magnetische Metallteile** aussortiert. Nach diesem Trennverfahren sind die **Kunststoffabfälle von den Metallen getrennt**.

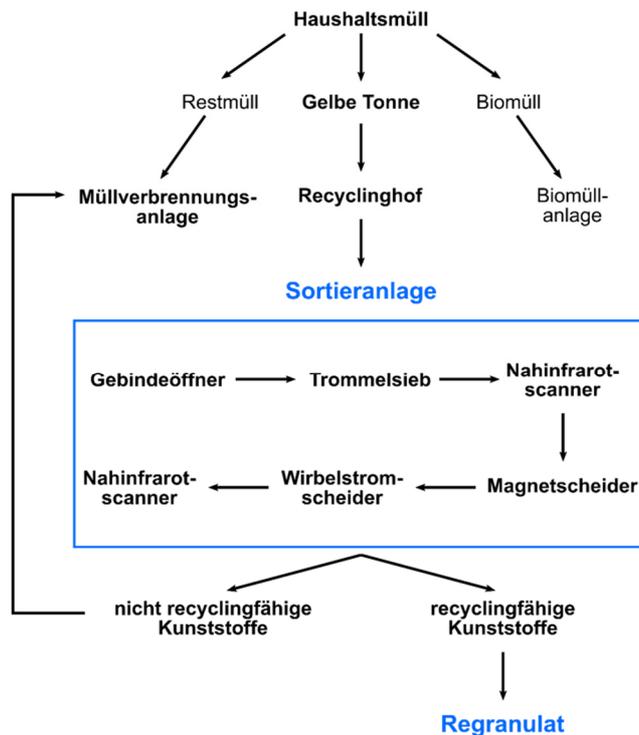


Abbildung 3: Weg des Kunststoffabfalls von Entsorgung bis zum Recycling als Regranulat

Im Anschluss durchlaufen die Kunststoffabfälle erneut einen **Nah-Infrarot-Scanner**, welcher die **Kunststoffsorte erkennt**. Luftdüsen entfernen die Kunststoffe durch gezielte Stöße aus dem Materialstrom und es entstehen getrennte Kunststofffraktionen (vgl. Abbildung 3). Diese werden zu Kunststoffballen gepresst, welche etwa zu **90% sortenrein** sind. Diese Fraktionen können nun von Verwertern genutzt werden, um **Rezyklate** herzustellen. Aus den Rezyklaten können neue Produkte hergestellt werden. Um die Reinheit der Fraktion zu erhöhen und hochwertige Rezyklate herzustellen wird die Fraktion durch Verwerter in mehreren Schritten entsprechend der Abbildung 4 aufbereitet:

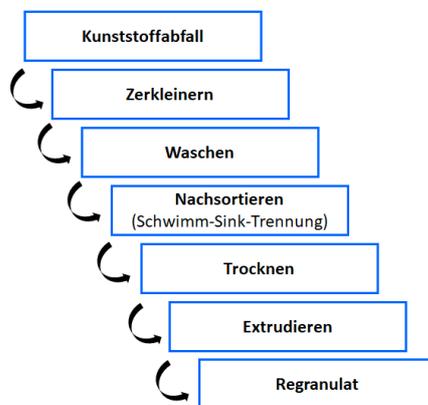


Abbildung 4: Aufbereitungsweg von vorsortierten Kunststoff-Fraktionen

Ein Zwischenschritt ist die Nachsortierung, z.B. durch das Sink-Schwimm-Verfahren. Dabei werden Kunststoff-Schnipsel in Wasser gegeben und aufgrund ihrer unterschiedlichen Dichte getrennt. Nach dem Trocknen gelangen die Schnipsel in einen Extruder, welcher den Kunststoff erhitzt und in Granulat presst. Dieses kann wie Neuware vermarktet werden.

Das Sink-Schwimm Verfahren

Das **Sink-Schwimm Verfahren** ist ein Trennverfahren, das Stoffe nach ihren **unterschiedlichen Dichten** trennt. Dabei wird ausgenutzt, dass Stoffe mit geringerer Dichte auf flüssigen Stoffen mit höherer Dichte schwimmen. Stoffe mit höherer Dichte als das flüssige Medium sinken dagegen zu Boden (vgl. Abbildung 5).

Das flüssige Medium ist in der Regel Wasser. Die Dichte von Flüssigkeiten und Gasen ist temperatur- und druckabhängig. Wasser besitzt bei 20 °C und Normaldruck eine Dichte von $0,998 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Stoffe, die unter denselben Bedingungen eine höhere Dichte haben, schwimmen nicht auf dem Wasser, sondern sinken ab.

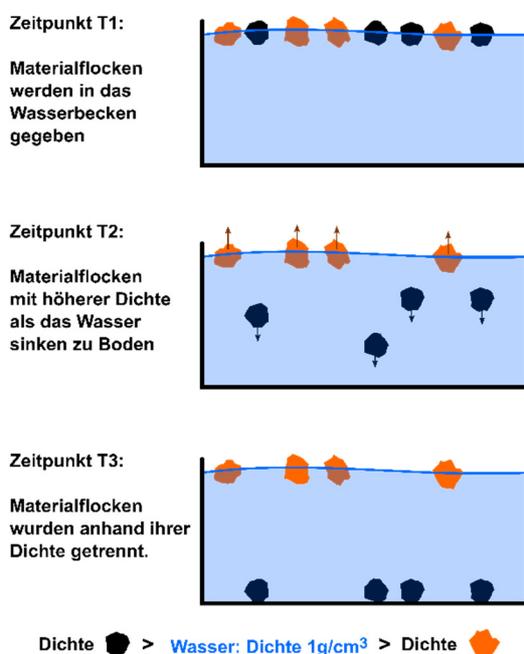


Abbildung 5: Schematische Darstellung des Sink-Schwimm Verfahrens

Bei der Trennung eines Wertstoffsacks gehören zu den Stoffen mit einer höheren Dichte als Wasser beispielsweise Aluminium, Eisen, Kupfer und Stahl. Aber auch die einzelnen **Kunststoffsorten unterscheiden sich in der Dichte**. Während reines Polyethylen und Polypropylen eine geringere Dichte als Wasser aufweisen, sinken Polyamid, Polymethylmethacrylat und Polyvinylchlorid aufgrund ihrer höheren Dichte zu Boden.

3.2.3 Vorbereitung der Station

- Gelben Sack mit gereinigten (!) Beispielen für erlaubte und verbotene Abfälle füllen, jedenfalls aber eine Kunststoffzahnbürste zugeben.

- Mögliche „erlaubte“ Beispiele: Joghurtbecher, Verpackungsfolien, Styroporverpackung, Tetrapack, Kronkorken, Alufolie, leere Weißblechdose
- „unerlaubte“ Beispiele: Ein Stück Brot, Scherbe eines Ton-Blumentopfes, reine Papierverpackung, ...
- Gefährdende Teile wie zum Beispiel scharfkantige Dosendeckel weglassen!
- Abbildungen ausdrucken, Poster damit gestalten und aufhängen
- Jeweils ein kleines und ein großes Stück von zwei möglichst gleich aussehenden, aber unterschiedlichen Kunststoffen vorbereiten
- Gerät zum Abspielen des Videos aufbauen, pro Lernendem einen Kopfhörer bereitstellen
- Experimente aufbauen (genauer siehe Versuchsbeschreibung)

3.2.4 Ablauf der Station – Didaktische Hinweise

Einstieg

Die Lernenden begegnen an der Station einem gefüllten Gelben Sack. Es wird die Frage gestellt, welcher Müll in den Gelben Sack gehört. Die Lernenden werden aufgefordert, den Sack auszuräumen und jeweils zu diskutieren, ob der Müll korrekt entsorgt wurde, oder nicht. Die Schüler/-innen artikulieren ihr Vorwissen. Sie werden angehalten, die Bestandteile händisch in sinnvolle Gruppen zu sortieren. Es fällt auf, dass nicht nur Kunststoffe, sondern auch Metalle in den Sack gegeben wurden. Die Lernenden erläutern, nach welchen Kriterien sie die Müll-Bestandteile sortiert haben, und welche Kriterien Ihrer Meinung nach relevant sind. Im Gespräch wird thematisiert, dass es verschiedene Kunststoff-Sorten gibt. Diese sind äußerlich nicht leicht zu unterscheiden und an den aufgedruckten oder eingepprägten Angaben zu identifizieren. Es entsteht die Frage, wie die einzelnen Kunststoffe und Metalle in den Sortier-Anlagen aufgetrennt werden können.

Erarbeitung 1: Drei Wege des Recyclings

Die Lehrkraft kündigt einen kleinen Film an und stellt den Lernenden folgende Beobachtungsaufträge: Nach dem Film sollt Ihr ...

- jeweils eine der genannten Trennmethode erklären können
- die entstandenen Fraktionen aufzählen können

Den SuS wird das Video ca. 5:55 Minuten gezeigt (Inhalt siehe unten)).

Link zum Video: https://www.youtube.com/watch?v=2HV_ZQgrC2o



Abbildung 6: Videoausschnitt mit Herrn Böhme der Böhme GmbH Wertstofferrfassung

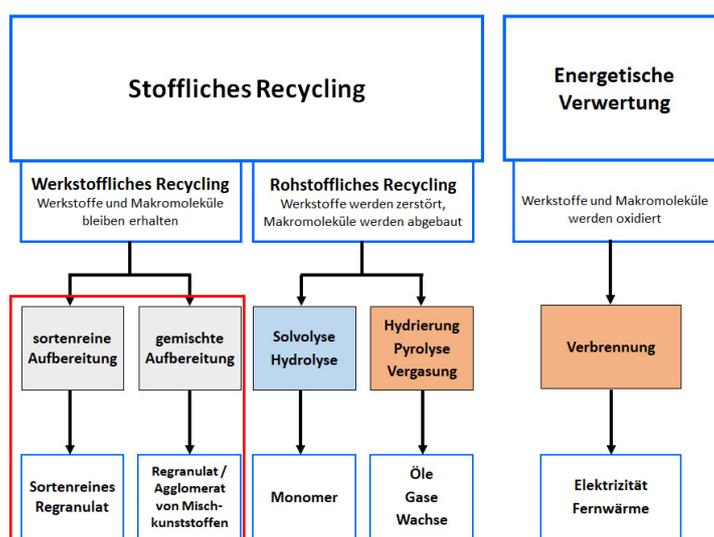
Nach dem Film werden die Lernenden aufgefordert, die von ihnen vorgenommene Sortierung mit den Fraktionen der im Film beschriebenen Trennung zu vergleichen. Die Lernenden nennen die am Prozessende vorliegenden Fraktionen, sortieren ggf. die selbst erstellten Fraktionen um und rekapitulieren kurz die Trennverfahren, die zu den Fraktionen geführt haben (jede/-r Lernende erklärt eine der Trennmethoden).

Plastic³⁶⁰ für zu Hause: Der Lehrfilm „Wertstoffreise: Die Sortieranlage“ kann über die App gerne auch zu Hause Freunden und Familie gezeigt werden.

Es wird zu der Frage überleitet, was nun mit diesen Fraktionen geschieht. Die Lernenden diskutieren dies auf der Grundlage ihres Vorwissens. Die Lehrkraft kündigt an, dass es viele Möglichkeiten des Recyclings gibt und wir uns nun erst einmal einen Überblick verschaffen wollen.

Plastic³⁶⁰ für zu Hause: Vertiefende Informationen zur Kunststoffsortierung in den Zusatzmaterialien: Magnetscheider [ER+4], Recyclingvorgang im Detail [ER+5], Rohstofflichen Verwertung – Vergasung [ER+6], Schwimm-Sink-Verfahren [ER+7], Windsichten [ER+8] und Wirbelstromscheider [ER+9]

Die Lernenden erhalten die zerschnittene, laminierte Grafik mit der Aufforderung, das Recycling-Wege-Puzzle sinnvoll zusammzusetzen und zu identifizieren, welchen Recyclingweg der Film beschrieben hat. Im Diskurs mit der Lehrkraft erkennen die Lernenden, dass ein werkstoffliches Recycling vorgenommen wurde, das zu Regranulaten führen kann. Der Begriff *Regranulat* wird geklärt: **Regranulat** wird aus Mahlgut über einen Schmelzprozess als Granulat gewonnen. Da dieses aus wiederverwerteten Kunststoffen gewonnen wird, bezeichnet man es als Regranulat.



Die Lehrkraft fragt, welcher dieser Recyclingwege der erstrebenswerteste ist, und warum. Die Vor- und Nachteile der Wege werden diskutiert. Die entsprechenden Argumente und Assoziationen werden auf dem

Labortisch mit Hilfe von Kreide im Sinne einer ConceptMap um die Grafik herum ergänzt. In der Diskussion wird thematisiert, dass die Weiterverarbeitung von Regranulat nur mit Thermoplasten möglich ist. Ein solches Recycling dürfen die Lernenden im Folgenden durchführen:

Versuch – Recycling eines Thermoplasten

Benötigte Geräte und Chemikalien

Geräte und Hilfsmittel	Chemikalien
Heizplatte	Material aus PE (PET funktioniert besser)
Ausstechförmchen und Alufolie oder Teelicht-Hülle aus Aluminium	
Schere (mehrere)	
Metallblech oder doppeltes Stück Alufolie zum Abdecken der Gussformen im Brandfall	
Tiegelzange	
Schaschlikstäbchen	

Die Heizplatte sollte vor dem Arbeiten mit einer Schicht Alufolie umhüllt und im Abzug installiert werden.

Durchführung

Jeder Lernende wählt ein Ausstechförmchen (bzw. eine Teelicht-Hülle) und kleidet dieses mit Alufolie so aus, dass eine Form mit Boden entsteht. Die Lernenden schneiden den Kunststoff in handliche Teile (ca. 5 Cent-Stück groß). Ein Förmchen wird mit zerkleinerten, am besten farbigen, Kunststoffteilchen einer Sorte bestückt. Die Schichtdicke sollte etwa 0,5 cm betragen und der Boden des Förmchens ganz bedeckt sein.

AB HIER IM ABZUG ARBEITEN!

Das Förmchen wird nun auf die Heizplatte gestellt. Nach dem Zusammenschmelzen der Kunststoffteile heben die Lernenden ihr Förmchen mit der Tiegelzange von der Heizplatte. Während des Erhaltens kann mit einem Schaschlikstab ein Loch in die Form gebohrt werden, durch das der Anhänger später aufgehängt werden kann. Das erkaltete Produkt wird von Alufolie befreit und darf mit nach Hause genommen werden

Sicherheitshinweise und Betriebsanweisung

Vorsicht vor Verbrennen an der Heizplatte, vor allem aber auch durch den flüssigen Kunststoff! Eine Betriebsanweisung ist nicht erforderlich.

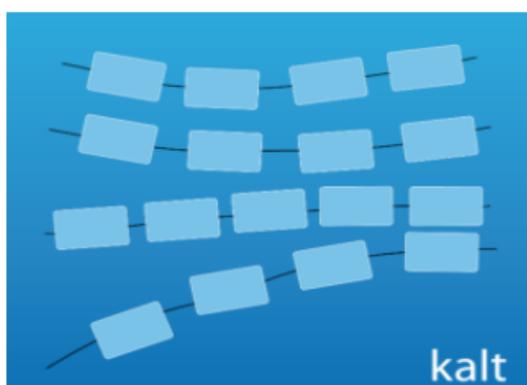
Entsorgung

Alufolie und abgekühlte Kunststoffreste können in den Hausmüll gegeben werden.

Erklärung

Was passiert beim Schmelzvorgang?

Thermoplaste sind Kunststoffe, die sich (plastisch) verformen, wenn sie erwärmt werden. Oberhalb der Glasübergangstemperatur schmelzen sie. Wenn ein Werkstück wieder abgekühlt ist, behält es seine Form bei. Schmelzen und Erstarren sind jeweils reversibel (umkehrbar). Thermoplaste bestehen aus unvernetzten langen Polymerketten. Innerhalb dieser Ketten herrschen nur schwache Anziehungskräfte (sog. zwischenmolekulare Wechselwirkungen). Diese schwachen Wechselwirkungen werden bei Temperaturen oberhalb der Glasübergangstemperatur gebrochen und die Polymerketten können unter Zug und Druck aneinander vorbeigleiten. Infolgedessen wird der Kunststoff thermisch verformbar und schmilzt. Wird der Kunststoff weiter erhitzt, kommt es zum Zersetzen, wodurch die kovalenten Bindungen innerhalb der Polymerketten durch Pyrolyse zerstört werden.



Thermoplast in der Kälte



Thermoplast beim Schmelzen

Quelle: chemgapedia.de

Plastic³⁶⁰ für zu Hause: Zusatzmaterial Versuchsanweisung Umschmelzen eins Thermoplasten [RV+7] für eine eigene Nachstellung des Versuchs.

Erarbeitung 2: Hochwertige Rezyklate durch bessere Trennung

Die Lehrkraft kehrt mit den Lernenden zu den sortierten Kunststoff-Fraktionen zurück. Sie spricht an, dass chemisch verschiedene Kunststoffe äußerlich sehr ähnlich aussehen, aber dennoch getrennt werden müssen. Mit Verweis auf die Grafik und den Film erinnert sie daran, dass möglichst sortenreine Fraktionen erreicht werden müssen. Sie fordert die Lernenden auf, Ideen zu äußern, wie eine sortenreine Auftrennung der Fraktionen erreicht werden könnte. Die Ideen der Lernenden werden diskutiert. Falls die Schüler/-innen keine Idee haben, fragt die Lehrkraft, was eigentlich dazu führt, dass Stoffe getrennt werden können. Sie bringt die Lernenden dazu, sich (wieder) bewusst zu werden, dass man Stoffe aufgrund unterschiedlicher Eigenschaften trennen kann. Die Lehrkraft fordert die Lernenden auf, Eigenschaften zu nennen und zu diskutieren, ob und inwiefern diese geeignet wären, um Kunststoffe sortenrein zu trennen. Falls die Lernenden das Gewicht als Kriterium nennen, legt die Lehrkraft je ein kleines und ein großes Stück von zwei sehr ähnlich aussehenden Kunststoffen vor die Schüler/-innen. Anhand der Beispiele wird deutlich, dass die

Masse allein nicht hilfreich ist, da ein kleineres Stück eines „schweren“ Kunststoffes genauso viel wiegt, wie ein großes Stück eines „leichten“ Kunststoffes. Falls die Lernenden den Begriff der „Dichte“ nicht nennen, erfragt ihn die Lehrkraft oder nennt schließlich die Dichte als für das Trennen hilfreiche Eigenschaft. Die Lernenden werden aufgefordert, aufgrund ihres Vorwissens die Definition der Dichte zu nennen bzw. ihr Verständnis von Dichte zu artikulieren. Die Lehrkraft verweist zur Orientierung auch auf die entsprechende Tabelle auf dem Poster.

Versuch – Sink-Schwimm Verfahren

Benötigte Geräte und Chemikalien

Geräte und Hilfsmittel	Chemikalien
2 hohe Bechergläser, 800 ml	Gleich große Stücke aus PE, PP und PS
Teelöffel	Kochsalz
Sieb	Dest. Wasser

Durchführung

Die Lehrkraft erklärt, dass man durch ein sehr einfaches Verfahren Stoffe nach ihrer Dichte trennen kann, indem man nur Wasser und Salz nutzt. Sie stellt beides demonstrativ vor die Lernenden und fragt sie, wie das Verfahren funktionieren kann. Wenn die Lernenden nicht auf den Zusammenhang zwischen Salzkonzentration und Wasser kommen, legt die Lehrkraft als Impuls das Foto der lesenden Schwimmerin im Schwarzen Meer vor und bittet die Lernenden zu erläutern, warum dies im Schwarzen Meer möglich ist, im Badesee aber nicht. Es wird thematisiert, dass ein höherer Salzgehalt mit einer höheren Dichte einhergeht, das heißt, dass feste Körper umso besser schwimmen, je geringer ihre Dichte im Verhältnis zur Flüssigkeit ist.

Die Lernenden werden aufgefordert, ein Verfahren zu beschreiben, mit dem die Kunststoff-Schnipsel mithilfe von Wasser und Salz getrennt werden können. Das Prinzip des Verfahrens wird auf diesem Weg erarbeitet und soll nun im Versuch überprüft werden:

Die Lernenden werden aufgefordert, in beide Bechergläser vorbereitete Kunststoff-Schnipsel zu geben. Es sollte darauf geachtet werden, dass in beiden Gläsern etwa gleich viele verschiedenartige Schnipsel landen. Beide Gefäße sollen dann möglichst gleich hoch mit destilliertem Wasser gefüllt werden. Anschließend wird mit dem Teelöffel gut umgerührt und beobachtet. Die Lehrkraft fordert die Schüler/-innen auf, ihre Beobachtung zu artikulieren. Ein Teil der Stücke schwimmt, während die anderen untergehen.

Die Lernenden sollen nun selbst erklären, wie sie weiter verfahren: Sie geben in das eine Becherglas Salz, rühren erneut um und beobachten. Die Salzmenge wird schrittweise erhöht, bis alle Stücke auf der Oberfläche schwimmen. Abschließend fordert die Lehrkraft die Lernenden nochmals auf, das Trennprinzip zu erläutern: Die Trennung beruht auf der unterschiedlichen Dichte ($\rho = m/V$) der Plastik-Stücke. Teilchen

mit einer geringeren Dichte als Wasser schwimmen auf der Wasseroberfläche, während Teilchen mit einer größeren Dichte als Wasser untergehen. So können die verschiedenen Plastik-Stücke je nach Dichte getrennt werden. Gibt man Salz in das Wasser, wird dessen Dichte erhöht, weshalb ab einer bestimmten Dichte des Wassers auch die Teilchen schwimmen können, die zuvor untergegangen sind.

Sicherheitshinweise und Betriebsanweisung

Nicht erforderlich

Entsorgung

Die Kunststoffschnipsel werden abgeseibt und für die nächste Gruppe aufbewahrt. Wasser und Salzwasser können in den Abguss geschüttet werden.

Plastic³⁶⁰ für zu Hause: Für eine theoretische Vertiefung steht in der App das Zusatzmaterial Schwimm-Sink Verfahren [ER+7] zur Verfügung.

Erarbeitung 3: „Recycling“ ist nicht gleich „Duales System“!

Die Gruppe kehrt zu den sortierten Fraktionen zurück und die Lehrkraft verweist auf die Fraktion der Störstoffe. Sie erinnert an die Aussagen von Herrn Böhme im Video der sagt, dass sein Betrieb immer wieder große Mengen an Störstoffen und Fehlwürfen aussortieren muss. Die Lehrkraft fragt, ob man eine Kunststoff-Zahnbürste oder einen Kunststoff-Strohalm im Gelben Sack entsorgen darf. Die Lernenden diskutieren dies.

Abschließend erläutert die Lehrkraft, dass eine Kunststoffzahnbürste theoretisch im Rahmen der Kunststoffaufbereitung problemlos mit aufbereitet und recycelt werden könnte. Schließlich ist sie aus Kunststoff und eine Entsorgung im Gelben Sack erscheint daher ökologisch gesehen sogar als sinnvoll. Da es sich bei einer Zahnbürste oder bei einem Strohhalm aber nicht um ein Verpackungsmaterial handelt und sich das System des Gelben Sackes (*Duales System*) ausschließlich über Verpackungshersteller finanziert, müssen die beiden Kunststoffabfälle rein rechtlich gesehen im Restmüll entsorgt werden, wo sie in der Regel einer energetischen Verwertung zugeführt werden. Da eine stoffliche Verwertung für solche Kunststoffprodukte dadurch nicht zustande kommt, fordern viele Experten seit langem, dass die Unterscheidung zwischen Verpackung und Nicht-Verpackung abgeschafft wird und stattdessen alles recycelt wird. In den Gelben Sack gehört: alles, was eine Verkaufsverpackung und nicht aus Papier oder Glas ist. Mit der Beantwortung der Frage wird überprüft, welches Vorwissen die Schüler zum Thema Kunststoffrecycling bereits besitzen.

Plastic³⁶⁰ für zu Hause: Weitere Informationen zu der Thematik Duales System können die SuS privat im Modul 03 Entsorgung und Recycling → Untermodul: Mülltrennung ermöglicht Recycling der App nachlesen und verstehen.

Inhalt des Videos – Herr Böhme erklärt, wie Verpackungsabfälle aufbereitet werden

Stefan Böhme erklärt wie Verpackungsabfälle, die bei den privaten Endverbrauchern anfallen, aufbereitet werden und wie man durch eine bewusste Abfallsortierung bereits von zuhause aktiv bei der Verwirklichung einer Kreislaufwirtschaft mitarbeiten kann.

Inhalte des Videos:

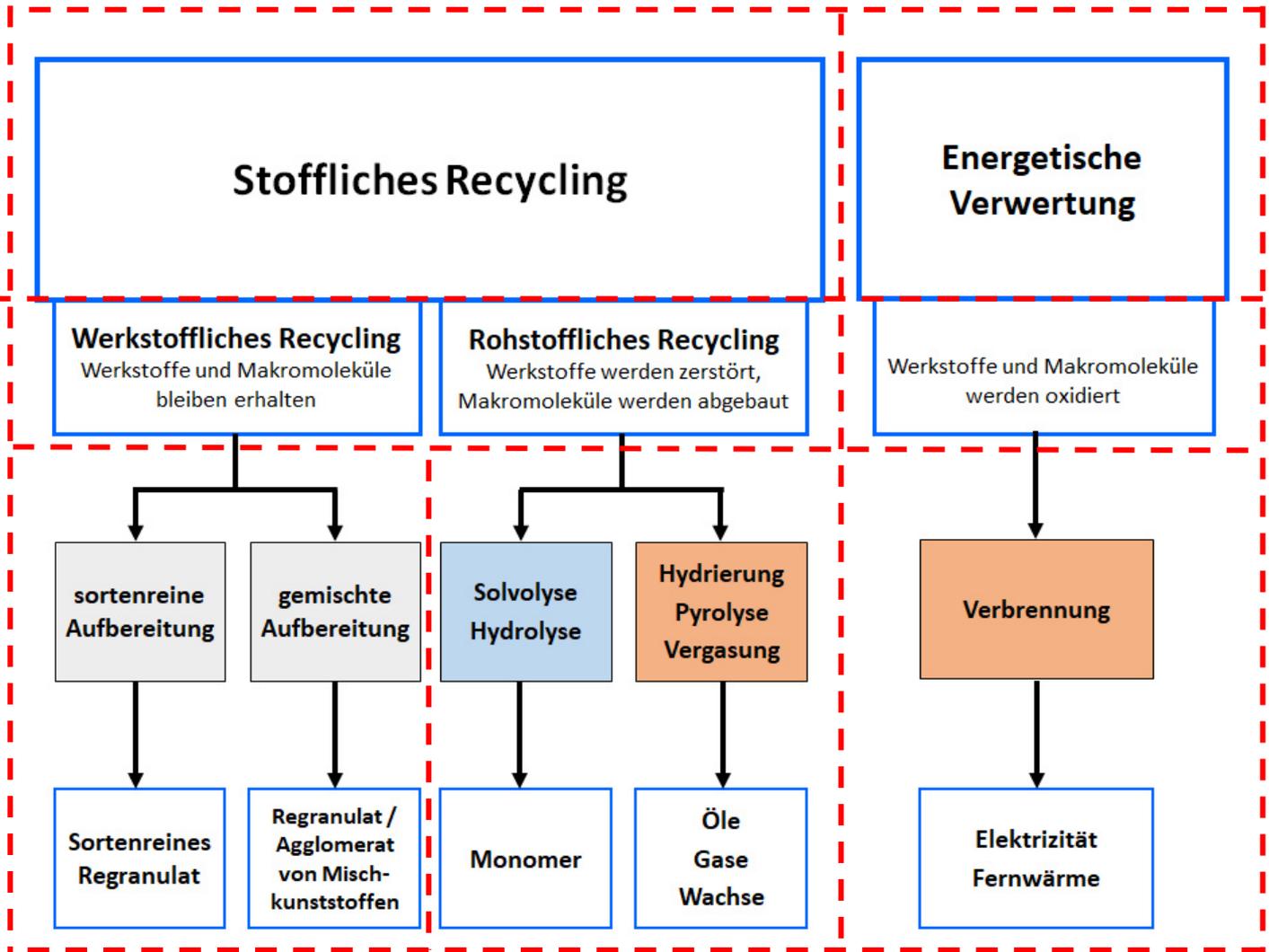
- Stefan Böhme ist Inhaber der Böhme GmbH Wertstoffeffassung, der zweitgrößten Sortieranlage für Kunststoffabfälle in Bayern (tägliche Anlieferung: 170.000 kg Verpackungsabfall)
- Die Kunststoffabfälle durchlaufen unterschiedliche Verarbeitungsschritte:
 - Gebindeöffner (Aufreißen der Abfallsäcke, Vereinzelung)
 - Unterdrucktrenner (Abtrennen großflächiger Folien)
 - Siebtrommel (Abtrennung von weiteren großen Störstoffen)
 - Nahinfrarot-Detektoren (Erkennen u. Sortieren der unterschiedlichen Kunststoffsorten)
 - Überbandmagneten (entfernen magnetische Bestandteile, z.B. Weißblech)
 - Wirbelstromabscheider (zur Abscheidung von Aluminiumabfällen, z.B. Dosen)
 - Windsichter (Folienabtrennung)
 - Ballenpressung
- Die am Prozessende entstandenen Fraktionen für das stoffliche Recycling sind:
 - Folien (Polyethen, Polypropen)
 - Gemisch aus Polyolefinen
 - Weißblech
 - Aluminium
 - Papier
 - Verbundpapier-Fraktion (Getränkekartons)
- Eine besondere Problematik stellen Abfälle dar, die nicht in den Gelben Sack gehören (z.B. Steine, Autoreifen, Lebensmittelreste, ...)
- In den Gelben Sack gehört: alles, was eine Verkaufsverpackung und nicht aus Papier oder Glas ist

3.2.5 Druckvorlagen

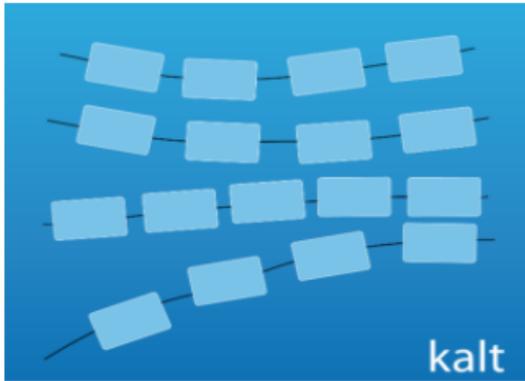
Die untenstehenden Vorlagen sollten ausgedruckt und ausgeschnitten werden.

Die Grafik für das Recycling-Wege-Puzzle wird wiederum an den gekennzeichneten Stellen (rote gestrichelte Linie) zerschnitten, dann laminiert und ausgeschnitten. Mit den anderen Vorlagen wird das Poster für die Station gestaltet

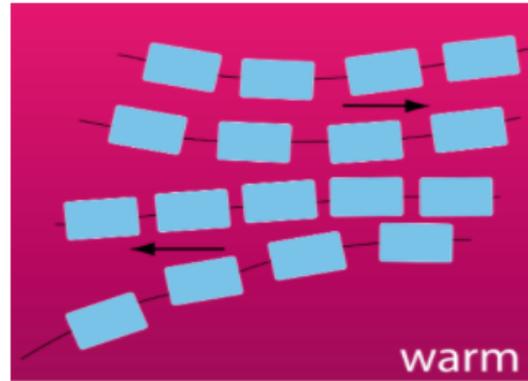
Recycling-Wege-Puzzle



Schmelzverhalten von Thermoplasten



Thermoplast in der Kälte



Thermoplast beim Schmelzen

Quelle: chemgapedia.de

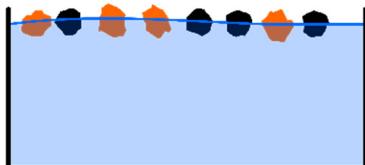
Übersicht der Dichte verschiedener Stoffe

Stoff	Dichte in g/cm ³ $\rho = \frac{m}{v}$
Holz	0,4 - 0,8
Lithium	0,53
Papier	0,8 ca.
Eis	0,91
Wasser	1
Polystyrol	1,04 - 1,09
Naturkautschuk (NR)	0,92 – 1,0
Polyethen (PE)	0,92 – 0,96
Polypropen (PP)	0,9 – 1,0
Polystyrol (PS)	1,05
Polycarbonat (PC)	1,0 – 1,2
Polyamid (PA)	1,0 – 1,2
Polymethylmethacrylat (PMMA)	1,16 – 1,20
Polyvinylchlorid (PVC)	1,2 – 1,4
Polybutylenterephthalat (PBT)	1,30 – 1,32
Polyoxymethylen (POM)	1,34 – 1,43
Polyvinylchlorid, nachchloriert (PVC-C)	1,47 – 1,55
Plexiglas	1,9
Beton	1,8 – 2,45
Bronze	7,4 – 8,9
Stahl	7,8
Blei	11,34

Schwimm-Sink Verfahren

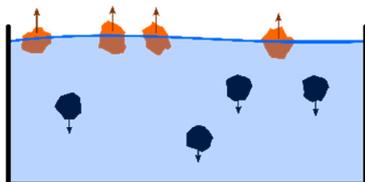
Zeitpunkt T1:

Materialflocken werden in das Wasserbecken gegeben



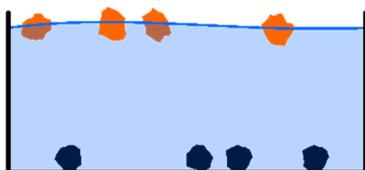
Zeitpunkt T2:

Materialflocken mit höherer Dichte als das Wasser sinken zu Boden



Zeitpunkt T3:

Materialflocken wurden anhand ihrer Dichte getrennt.



Dichte  > Wasser: Dichte 1g/cm³ > Dichte 

Schwimmerin im Schwarzen Meer



Quelle: Flickr, zesty goodness

Plastic³⁶⁰ für zu Hause









-  Lerne den Lebenszyklus von Kunststoffen kennen!
-  Spielerisch und dank spannender Videos lernst Du, die Auswirkungen von Kunststoffen in der Umwelt und warum Recycling der Motor der Kreislaufwirtschaft ist.
-  Die plastic³⁶⁰ App kann im Schulunterricht, in Schülerlaboren oder privat genutzt werden.
-  Viele Zusatzmaterialien und Nutzerinformationen sind als PDF-Dokument online über die App verfügbar.
-  plastic360@skz.de




Ihr könnt zu Hause die plastic³⁶⁰ App nutzen und wichtige Themen der Station: Recycling – Motor der Kreislaufwirtschaft vertiefen. Das dafür relevante App Modul lautet *Entsorgung und Recycling*:

- **Das Video Wertstoffreise: Die Sortieranlage**
- **Vertiefende Informationen findet Ihr in den Zusatzmaterialien zu:**
 - **Magnetscheider [ER+4],**
 - **Recyclingvorgang im Detail [ER+5],**
 - **Rohstofflichen Verwertung – Vergasung [ER+6],**
 - **Schwimm-Sink-Verfahren [ER+7],**
 - **Windsichten [ER+8]**
 - **Wirbelstromscheider [ER+9] und**
 - **Versuchsanweisung zum Umschmelzen eines Thermoplasten [RV+7]**
- **Weitere interessante Hinweise zu der Thematik Duales System könnt Ihr im Untermodul: *Mülltrennung ermöglicht Recycling* der App nachlesen und verstehen**

Darüber hinaus finden sich in der App weitere spannende Themen rund um die Kreislaufwirtschaft von Kunststoffen, die selbständig entdeckt werden können –Viel Spaß mit plastic³⁶⁰!