

# LehrerInnendokumentation

## für Sekundarstufe

Zum Themenschwerpunkt in der Ausstellung

### Material-Archiv

### Abfall – Recycling – Rohstoff?



# Inhalt

## Material-Archiv

- 3      Interaktives Labor für Materialrecherchen
- Interdisziplinäres Netzwerk
- 5      Themenschwerpunkt «Abfall – Recycling – Rohstoff?»

## Übersichtsplan

### Organisatorisches

- 7      Vorbereitung
- Anmeldung
- Ankunft
- Orientierung
- Museumsregeln
- 8      Sprache und Leseverständnis

### Begleithefte oder Arbeitsblätter

- 9      Arbeiten mit dem Begleitheft oder mit den Arbeitsblättern
- Ausdrucken von Arbeitsblättern
- 10     Einstieg ins Thema
- Zusammenfassen und reflektieren
- 11     Recherchen im Unterricht

### Lösungen zum Begleitheft

- 12

# Material-Archiv

## Interaktives Labor für Materialrecherchen

Anfassen erlaubt! Ob Glas, Metall, Holz, Papier, Kunststoff, Gesteine, Keramik, Farbpigmente, Textilien, Wachs oder auch Leder – das permanent eingerichtete Material-Archiv ist ein innovatives Labor für Materialrecherchen. Unzählige Materialmuster, eine Online-Datenbank sowie eine reichhaltige Schausammlung laden zum Stöbern, Rätseln, Forschen und Entdecken ein. In einer Art dreidimensionalem Lehrbuch sind umfangreiche Materialinformationen vielfältig und zielgruppengerecht aufbereitet. Ausführliches Hintergrundwissen zu Materialien, zu ihrer Verarbeitung oder auch Herstellung sowie zahlreiche Anschauungsobjekte und Visualisierungen eröffnen einem interessierten Publikum, Fachleuten wie auch Schulklassen aller Stufen einen Einblick in die unendliche Vielfalt der Materialwelten. Die Informationen sind in unterschiedlicher Vertiefung und Komplexität dargestellt, sodass sie dem gesamten Publikum – vom Kind bis zu den Fachleuten – vermittelt werden können. Die Experimentiertische, die Film- und Hörstationen sowie die Bibliothek ergänzen und bereichern diese Palette der verschiedenen Vermittlungsarten.

## Interdisziplinäres Netzwerk

Das Gewerbemuseum Winterthur hat im Frühling 2009 gemeinsam mit einem Netzwerk aus renommierten Schweizer Bildungsinstitutionen aus den Bereichen Gestaltung, Architektur und Kunst die Online-Datenbank materialarchiv.ch lanciert. Dieses einmalige digitale Nachschlagewerk bietet wertvolle Hilfeleistungen bei der Recherche von Materialinformationen. Die Datenbank und die Mustersammlung wird von allen Partnerinstitutionen bewirtschaftet und befindet sich in ständigem Wachstum. Die gesamten Materialdatensätze sind online und öffentlich abrufbar; im Gewerbemuseum Winterthur sind sie gleichzeitig mit den realen Materialmustern verknüpft.



## Themenschwerpunkt «Abfall – Recycling – Rohstoff?»

PET-Flaschen und Altpapier sammeln ist gut, aber das alleine wird der Thematik natürlich noch lange nicht gerecht. Denn Abfall kann verheissungsvolle Ressource oder lästiger Rest sein, Abfall ist politisch und sozial, vor allem aber unvermeidlich. Abfall verschwindet nie vollständig und hinterlässt immer Spuren.

Im Material-Archiv finden sich unterschiedlichste Materialien zum Anfassen inklusive der Beschreibungen ihrer Anwendungen. So kann die ganze Thematik sehr anschaulich erweitert und vertieft werden. Man findet hier ursprüngliche Formen und Beschaffenheiten von Materialien in Form von Rohstoffen. Dank Beobachtungsaufgaben und Recherchen wird nachvollziehbar, dass zum Beispiel Metalle in den seltensten Fällen in einer direkt nutzbaren Form in der Natur vorkommen. Im Normalfall lassen sich zwischen dem Rohstoff und dem industriell oder handwerklich nutzbaren Material schon sehr viele ressourcen- und energieintensive Verarbeitungsprozesse finden. Diese sind häufig äusserst komplex. So ist am Schluss beispielsweise an einem Kunststoffprodukt unmöglich abzulesen, aus welchem Rohstoff das Material ursprünglich generiert wurde. Thematisch aufgearbeitete Schubladen im Material-Archiv zeigen diese Hintergründe auf.

Daneben können an den Experimentierischen Materialeigenschaften entdeckt werden. Diese werden im Begleitheft in eine Beziehung zur Rezyklierbarkeit eines Materials gebracht. Anhand ausgewählter Beispiele wird nachvollziehbar, warum einzelne Konsumwaren (z. B. PET-Flaschen, Aluminiumdosen oder Altpapier) zu wahren «Recycling-Helden» wurden.

Das Erkennen der Materialien ist ein zentraler Punkt beim Recycling. Im Material-Archiv kann genau dies geschult werden, Materialien sind hier sinnlich erlebbar, sodass die Erfahrungen einfach in den Alltag übertragen werden können. Dass in unserem heutigen Alltag viele Produkte aus Verbundwerkstoffen hergestellt



sind oder dass sich zahlreiche Geräte nicht mehr öffnen lassen, wirkt sich negativ auf das Recycling aus. In der Ausstellung und im Begleitheft werden Zukunftsideen zur Verbesserung dieser Situation aufgegriffen. Woraus ist ein Ding hergestellt? Welche Materialien stecken in einem Gerät? Sind sie erkennbar und demontierbar?

Materialkenntnisse und -erfahrungen begünstigen einen wertschätzenden Umgang mit unseren materiellen Ressourcen. Die Ausstellung möchte grundsätzlich die Faszination und das Interesse an Materialien wecken und pflegen. Das kann gegenüber Alltagsmaterialien wie beispielsweise den unterschiedlichsten Papierarten, Beton oder Plastikfolien durchgespielt werden. Diese sind für uns oft so selbstverständlich, dass wir sie kaum mehr zur Kenntnis nehmen und die Herkunft ihrer Rohstoffe ausblenden. Im Material-Archiv können aber auch Materialien entdeckt werden, die unser Leben enorm erleichtern, aber kaum bekannt sind. Ein Beispiel dafür ist das Selten-erdmetall Neodym, das uns «Supermagnete» beschert.

Heute wird vermehrt angestrebt, knappe oder umstrittene Rohstoffe mit ökonomisch und ökologisch sinnvolleren Materialien zu ersetzen. Gleichzeitig werden materialsparende Formen für Produkte wie Verpackungen, für konstruktive Elemente oder auch für Fahrzeuge gesucht. Solche aktuellen Bestrebungen werden in der Materialmustersammlung und auch in einzelnen didaktisch aufgearbeiteten Schubladen vorgestellt.

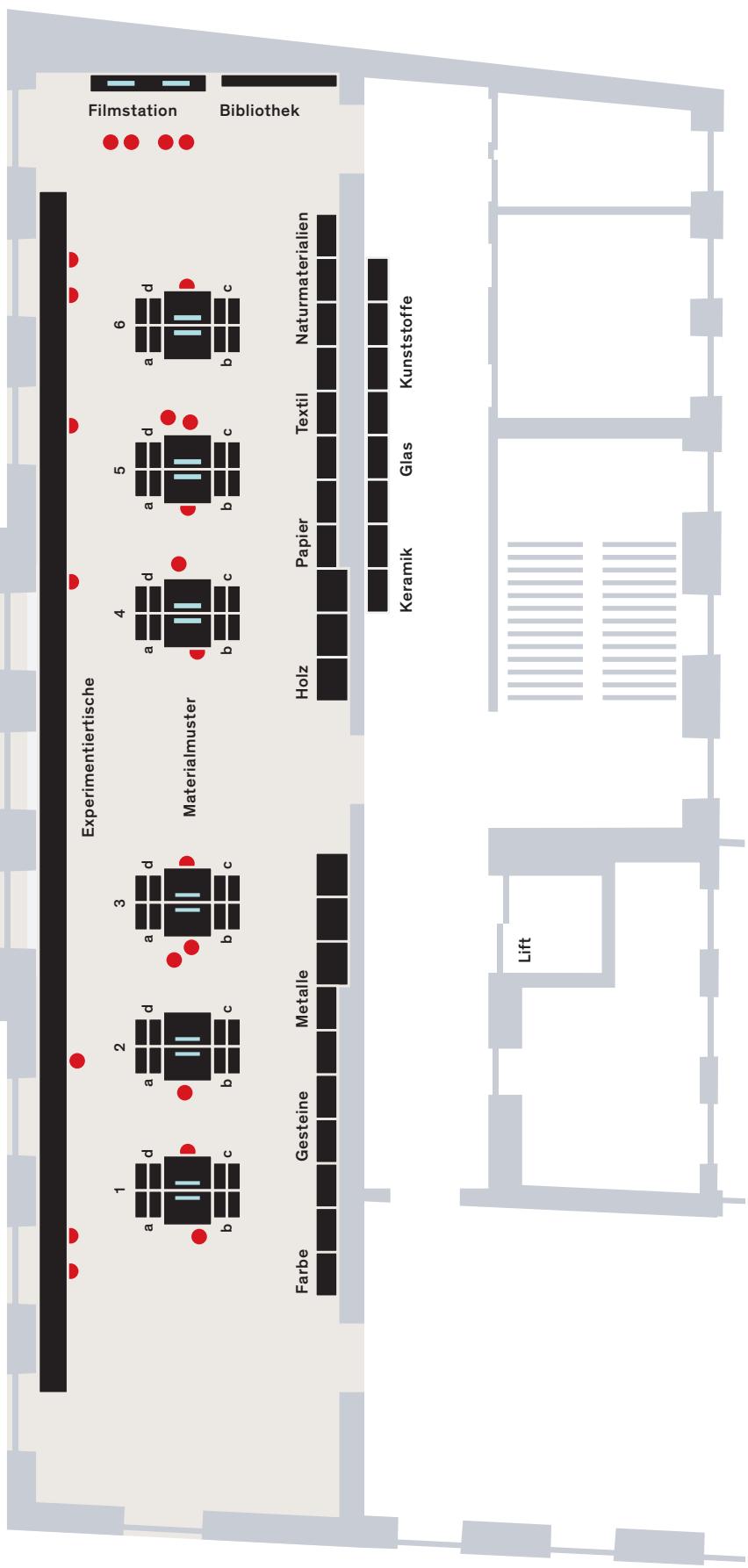
# Material-Archiv

## Gewerbemuseum

### Winterthur

#### Materialmuster

- |     |                           |                  |                          |
|-----|---------------------------|------------------|--------------------------|
| 1   | a Pigmente und Farbstoffe | a Metalle        | a Papiere und Kartons    |
|     | b Pigmente und Farbstoffe | b Glaswerkstoffe | b Papiere und Kartons    |
|     | c Gestein                 | c Kunststoffe    | c Textile Werkstoffe     |
| d – | d Kunststoffe             | d Wachse         | d Pflanzliche Werkstoffe |
- 
- |   |                           |                            |                          |
|---|---------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 2 | a Keramik                 | a Tierische Werkstoffe     | a Europäische Hölzer     |
|   | b Keramik                 | b Tierische Werkstoffe     | b Europäische Hölzer     |
|   | c Mineralische Werkstoffe | c Pflanzliche Werkstoffe   | c Holzwerkstoffe         |
|   | d Mineralische Werkstoffe | d Aussereuropäische Hölzer | d Pflanzliche Werkstoffe |
- 
- |     |                           |                  |                          |
|-----|---------------------------|------------------|--------------------------|
| 3   | a Pigmente und Farbstoffe | a Metalle        | a Papiere und Kartons    |
|     | b Pigmente und Farbstoffe | b Glaswerkstoffe | b Papiere und Kartons    |
|     | c Gestein                 | c Kunststoffe    | c Textile Werkstoffe     |
| d – | d Kunststoffe             | d Wachse         | d Pflanzliche Werkstoffe |
- 
- |   |                           |                            |                          |
|---|---------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 4 | a Keramik                 | a Tierische Werkstoffe     | a Europäische Hölzer     |
|   | b Keramik                 | b Tierische Werkstoffe     | b Europäische Hölzer     |
|   | c Mineralische Werkstoffe | c Pflanzliche Werkstoffe   | c Holzwerkstoffe         |
|   | d Mineralische Werkstoffe | d Aussereuropäische Hölzer | d Pflanzliche Werkstoffe |



## Organisatorisches

### Vorbereitung

Für Ihre individuelle Vorbereitung können Sie kostenlos unsere Ausstellung besuchen und am Empfang ein Begleitheft dazu beziehen. Sie können aber auch die einzelnen Seiten des Begleitheftes, die als Arbeitsblätter benutzbar sind, als Download-PDF-Dokument ab unserer Website ausdrucken. Die Hefte strukturieren den Ausstellungsbesuch mit Beobachtungsaufgaben und Anregungen zu ausgewählten Themen. Lösungen zu den Aufgaben finden Sie in dieser Dokumentation.

### Anmeldung

Bitte melden Sie den Besuch mit der Klasse im Voraus an. Dies hilft uns, ungünstige Überschneidungen in den Ausstellungsräumen, beispielsweise mit einer Führung, zu vermeiden. Bestellen Sie bei Bedarf gleichzeitig die gewünschte Anzahl Begleithefte (ein Heft pro Person). Die Hefte sind für Schulklassen kostenlos.

Kontakt: 052 267 51 36, gewerbemuseum@win.ch

### Ankunft

Der Museumsbesuch ist für Schulklassen gratis. Bei Ihrer Ankunft melden Sie sich bitte am Empfang an. Die Aufsichtspersonen informieren Sie zur Garderoben- und zur Ausstellungssituation und unterstützen Sie bei Fragen gerne.

### Orientierung

Das Material-Archiv ist im zweiten Obergeschoss eingerichtet (ein Raum, Korridor). Die Bereiche sind: Schausammlung, Materialmustersammlung mit Datenbank, Experimentierfläche, Filmstation, Bibliothek. Siehe auch Plan Seite 7.

### Museumsregeln

Während des Museumsbesuches liegt die Verantwortung und die Aufsichtspflicht bei Ihnen, der Lehrperson. Die Exponate dürfen nicht beschädigt werden. Sich in normaler Lautstärke zu unterhalten und zu gehen anstatt zu rennen,

ermöglicht auch anderen Museumsbesucherinnen und -besuchern einen angenehmen Aufenthalt.

Als Schreibzeug sind nur Bleistifte zugelassen, damit allfällige Kritzeleien wieder ausgeradiert werden können.

### Sprach- und Leseverständnis

Alle Texte sind ausschliesslich in deutscher Sprache verfügbar. Für Recherchen und vertiefende Informationen ist ein gutes Sprach- und Leseverständnis Voraussetzung.

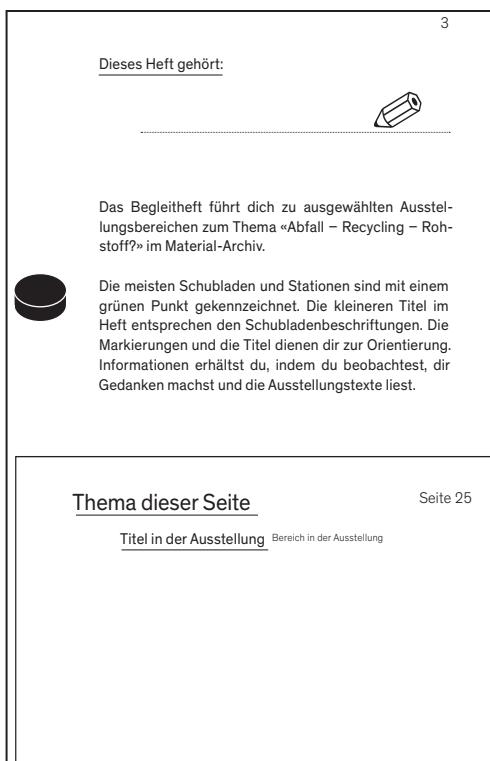
## Begleitheft oder Arbeitsblätter

Das Begleitheft «Abfall – Recycling – Rohstoff?» steht in zwei Versionen zur Verfügung: für die Mittelstufe und für Klassen ab der Sekundarstufe. In beiden Heften werden ähnliche Themen vorgestellt und besprochen. Im Heft für die älteren Schülerinnen und Schüler wird vermehrt zu einer individuellen Auseinandersetzung und zu Diskussionen angeregt.

Die Aufgabenstellungen im Heft umkreisen die Themen primäre Rohstoffe, Recycling und sekundäre Rohstoffe. Die Aufgaben beziehen sich auf erklärende Schubladen, Filme oder Experimente in der Ausstellung «Material-Archiv».

### Arbeit mit dem Begleitheft oder den Arbeitsblättern

Die Aufgaben im Heft können einzeln oder in Zweierteams bearbeitet werden. Für grössere Gruppen fehlt häufig der Platz vor den Exponaten oder es hat zu wenig Kopfhörer.



Auf der ersten Seite des Begleitheftes wird erklärt, wie die Schülerinnen und Schüler zu den einzelnen Aufgaben im Heft die dazugehörigen Exponate in der Ausstellung finden können.

Die Aufgaben sind so konzipiert, dass sich die Klasse in der Ausstellung verteilen kann. In der Schausammlung können aber Engpässe entstehen.

Es können bestimmt nicht alle Seiten bearbeitet werden. Das Heft umfasst absichtlich zu viele Aufgaben für einen Besuch. So lassen sich jedoch die Schülerinnen und Schüler gegenseitig genügend Raum in der Ausstellung.

### Ausdrucken von Arbeitsblättern

Falls Sie keine fertigen Hefte beziehen möchten, können Sie die gleichen Themen als doppelseitige Arbeitsblätter selber ausdrucken. Bestimmen Sie, welche und wie viele Seiten bearbeitet werden sollen. Sie finden die Download-PDF-Datei auf: [www.gewerbemuseum.ch](http://www.gewerbemuseum.ch) / Angebote für / Schulen & Lehrpersonen / Didaktische Inputs für Klassen.

### Einstieg ins Thema

Für die Mittelstufe eignet sich das erste Kapitel «Abfall oder Material?» für einen gemeinsamen Einstieg ins Thema. Die Seite kann von allen Schülerinnen und Schülern in Zweiergruppen bearbeitet werden. Danach werden Fragen und Erkenntnisse zusammengetragen. Erst dann starten die Schülerinnen und Schüler mit den verschiedenen Rechercheaufgaben aus dem Heft.

### Zusammenfassen und reflektieren

Tragen Sie in der Klasse (oder in den Halbklassen) die erarbeiteten Themenschwerpunkte zum Abschluss zusammen. Einige Aufgaben können auch im Schulzimmer nochmals aufgenommen werden.

Fragen zum Zusammenfassen der Recherchen ab Sekundarstufe.

#### Rohstoffe:

Was sind sekundäre Rohstoffe?

Ist die Nutzung sekundärer Rohstoffe sinnvoll?  
– Warum?

#### Urban Mining

Was ist mit Urban Mining gemeint?

Wie müssten sich Design, Technik und der Handel mit Geräten und Dingen verändern, damit mehr Material rezykliert werden könnte?

#### Seltene Erden und kritische Metalle

Was sind Seltenerdmetalle und wozu brauchen wir sie?

Was ist speziell an den Seltenerdmetallen?

#### Wo kommen Metalle her?

Warum ist die Gewinnung von Metallen äusserst aufwendig?

Welche Aufwände fallen bei der Nutzung sekundärer Rohstoffe weg?

#### Was übrig bleibt

Was ist Schlacke und wo kommt sie hin?

Gibt es Verfahren, mit denen auch aus der Schlacke noch Wertstoffe gewonnen werden können?

### Papier

Papierrecycling ist einfach und sinnvoll. – Warum?  
Welche Papierarten könnten grundsätzlich immer aus Recyclingpapier sein?

### Nachwachsende Kunststoffe?

Was sind Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen?  
Warum sind Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen Gegenstand der aktuellen Forschung?

### Recyclingwunder PET-Flasche

Es gibt unterschiedliche Kunststoffarten. Welche lassen sich gut rezyklieren? Und wieso?

## Recherchen im Unterricht

Für höhere Stufen enthält die Website <https://objektbiografie.times-of-waste.ch> interessante Texte für Rechercheaufträge zum Thema.

## Unterrichtsmaterialien

Die Pädagogen von Pusch haben Unterrichtsideen, Dossiers und Medienkoffer zum Thema zusammengestellt: <https://www.pusch.ch/fuer-schulen/unterrichtsmaterial/>

## Merkblätter

Fakten zum konkreten Recycling: <https://www.pusch.ch/fuer-gemeinden/abfall-und-recycling/merkblaetter-abfall-und-recycling/>

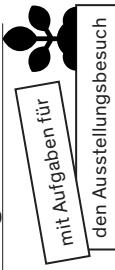
# Lösungen zu den Aufgabenstellungen

Gewerbemuseum Vermittlung

## Begleitheft zur Ausstellung ab Sekundarstufe

### Material-Archiv

#### Abfall – Recycling – Rohstoff?



→ Hier finden Sie Lösungen zu den Aufgaben. Sind die Felder frei gelassen, sind in den Aufgaben die persönlichen Überlegungen und Meinungen der Schülerinnen und Schüler gefragt.



Die meisten Aufgaben im Heft beziehen sich auf Schubladen im Material-Archiv. Diese Schubladen sind mit grünen Punkten markiert. Informationen erschließen sich aufgrund von Beobachten, sich Gedanken machen und Lesen der Ausstellungstexte.

Seite 25

Titel in der Ausstellung Bereich in der Ausstellung

### Thema dieser Seite

## Rohstoffe

### Recycling Schuhblade im Bereich Metall

→ Informiere dich über die folgenden zwei Begriffe und notiere Beispiele für primäre und sekundäre Rohstoffe:



Primäre Rohstoffe

Sekundäre Rohstoffe

### Nadelholz, Pflanzen Altpapier, -karton

### Kunststoffabfall



Erdöl

Altmetall, Schrott

→ Welche sind auch in Zukunft verfügbar?

Grundsätzlich nachwachsende Rohstoffe.  
Rohstoffe, die in grossen Mengen vorhanden sind.

→ Erkläre den Zusammenhang zwischen den Begriffen «Sekundäre Rohstoffe» und «Recycling»:  
**Abfallmaterialien, die wiederverwertet werden können sind sekundäre Rohstoffe.**

→ Können auch in der Kehrichtverbrennung sekundäre Rohstoffe gewonnen werden?

Ja, falls die Schlacke nach der Verbrennung langsam abgekühlt wird (Trockenschlacke), können daraus Glas, mineralische Stoffe und verschiedene Metalle gewonnen werden.



Macht euch Gedanken zu den Vorräten an primären Rohstoffen.

→ Welche primären Rohstoffe sind wohl knapp vorrätig?  
Aus welchen Gründen?

Grundsätzlich nichtnachwachsende Rohstoffe.  
(Mehr dazu siehe unten.)

Man kann eine Voraussage machen, wie lange ein Rohstoff in der Natur noch verfügbar sein wird. Dafür muss man den jährlichen Verbrauch dieses Stoffes durch die Menge der bekannten Rohstoffvorräte teilen, die noch in der Erde zu finden sind:

Diamanten: bis 2022  
Gold: bis 2032  
Rohöl: bis 2068  
Eisenerz: bis 2070

Erstaunlicherweise gehört auch Sand zu den knappen Ressourcen.  
Quelle: Die Zeit, 3.6.2015



«Noch gehen viele Rohstoffe unwiederbringlich verloren, etwa durch Verbrennung oder illegale Müllexporte, zum Beispiel nach Afrika. Doch so viel steht fest: Die Wegwerfgesellschaft ist ein Auslaufmodell. Was wir heute noch als Müll bezeichnen, hat das Potenzial, zu den Rohstoff-Lagerstätten der Zukunft zu werden.»  
Quelle: Planet Wissen, ARD, 10.8.2018

- Wie steht ihr zu dieser Aussage?  
Was müsste sich eurer Meinung nach verändern, damit Müll eines Tages zu 100 % als Rohstoff genutzt wird?

- Notiert hier Stichworte aus eurer Diskussion:

 Dinge müssen zerlegbar sein,							
.....							
.....							
.....							
.....							
.....							
.....							
.....							



## Urban Mining

Recycling von Baumaterialien Schuttade im Bereich Gesteine

Wir rezyklieren Getränkedosen oder PET-Flaschen, aber ganze Häuser?



Informiere dich über den Begriff «Urban Mining». Was beschreibt der Begriff?

→ Materialabbau in der Stadt.  
z. B. durch Rohstoff-Rückgewinnung beim Abbruch von Gebäuden.



→ Welche Rohstoffe werden beim Abbruch von Gebäuden, Straßen und Brücken rückgewonnen? Und wozu werden sie anschließend verwendet?

Wiederverwertete Baumaterialien (Beton, Keramik, Zement und Natursteine können anstelle von Sand verwendet werden).

Einige dieser sekundären Rohstoffe sind im Recyclingbeton und im Mischgrauulat in der Schublade «Recycling von Baumaterialien» erkennbar.



Weltweit wird auf umweltschädigende Art und Weise Sand abgebaggert und vom Meeresgrund abgesaugt. So verschwinden ganze Sandstrände und sogar kleine Inseln. Mit dem Sand wird vor allem gebaut.



200 Tonnen Sand: ein Einfamilienhaus  
30 000 Tonnen Sand: ein Kilometer Autobahn

Ausschnitt aus einem Interview mit dem Baustoff-Experten Dietmar Stephan zum Thema «Alternativen zum Sandabbau»:

Ganz ohne Bausand geht es also nicht?  
Er ist leider unverzichtbar für die meisten Bauvorhaben. Deshalb halte ich Bauschutt-Recycling für vielversprechender. Wenn Bauschutt schadstofffrei ist, kann er, geschreddert und gesiebt, relativ leicht wiederverwertet werden. Recyclingmaterial aus der Bauschutttaubereitung wird heutzutage vor allem im Tief- und Straßenbau eingesetzt. Künftig sollte man den rezyklierten Beton auch höherwertig verwenden, also auch für die Herstellung von neuem Beton.

Auch das ist sicher sehr aufwendig.  
Nicht unbedingt. (...) Und wenn man bei Gebäuden von vornherein das Recycling mitdenkt – also vorausplant, wie sich die einzelnen Stoffe später wieder leicht und mit weniger Kosten aufwand trennen lassen –, dann kann man etwa 20 bis 30 Prozent davon dem Baukreislauf wieder zuführen. Das wäre der Idealzustand.

Und welche Bedingungen müssen dafür erfüllt sein?  
Man braucht mehr Investitionen in die Forschung, um optimale Verfahren, Maschinen und Bauzusatzmittel zu entwickeln (...)

Kaum jemand wird sich bei den hohen Kosten die Mühe machen ...  
Da wäre ich mir nicht so sicher. Denn die Ressource nimmt so dramatisch ab, dass man zu Massnahmen gezwungen sein wird. Irgendwann ist der Punkt erreicht, an dem man für Sand so viel Geld bezahlen muss, dass es nicht mehr teurer wäre, den Aufwand des Recyclings zu betreiben.

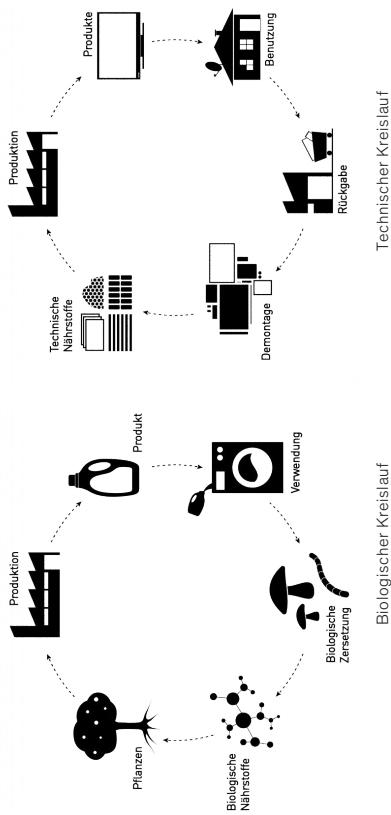
Quelle: Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren,  
21.1.2016

Die im Interview beschriebene Ausrichtung, bei einem Neubau schon den Abbruch mitzuplanen, entspricht der Idee des «Cradle to Cradle»-Prinzips.

#### «Cradle to Cradle»-Prinzip

Übersetzt bedeutet das «von der Wiege bis zur Wiege», also ein ewiger Kreislauf. Nach diesem Prinzip entwickelte Produkte enthalten keine Schadstoffe und können zu 100 Prozent wiederverwertet werden.

Das wären zum Beispiel kompostierbare T-Shirts oder Turnschuhe. Bei diesem Prinzip werden technische Produkte bereits im Design- und im Herstellungsprozess als Ressourcen für die nächste Nutzungsphase optimiert. Materialien, Rohstoffe und Wertstoffe gehen so nicht verloren und sollen nach ihrem Gebrauch möglichst verlustfrei zurückgewonnen und im Idealfall unendlich oft wiederverwertet werden.



→ Kennst du Beispiele von Produkten, die sich gut recyclieren lassen? Was begünstigt die Rezyklierbarkeit von Dingen?

→ Diskutiere und mach dir Notizen:

**Materialien lassen sich präzise bestimmen.**

**Materialien lassen sich trennen.**

**Geräte, die sich öffnen lassen und (von Robotern) demontierbar sind.**  
...

→ Recycling von pflanzlichen Abfällen Schuhblätter Bereich Naturmat.  
Welche dieser bioasierten Kunststoffprodukte können in einen biologischen Kreislauf zurückgeführt werden?

**PLA-Einweggeschirr, TPS-Plastiksäcke**

## Wo kommen die Metalle her?

Erze Schublade im Bereich Metall

Metalle werden aus Erzen gewonnen, also aus metallhaltigen Steinen.

Recycling von Metallen Schublade im Bereich Metall

Die Gewinnung von Metallen ist aufwendig. Das Beispiel Aluminium zeigt, was es braucht, um Metall aus Erz zu erhalten.

→ Welche Aspekte sind problematisch beim Abbau von Aluminium oder überhaupt bei der Gewinnung von Metallen?

**Minen zerstören Landschaften und Wilder.**

**Enormer Energieverbrauch bei Verhüttung der Erze.**

**Giftige Gase entweichen, giftige und gefährliche Schläcken werden deponiert.**



**Weite Transportwege.**

→ Warum lohnt sich das Recycling von Aluminium?

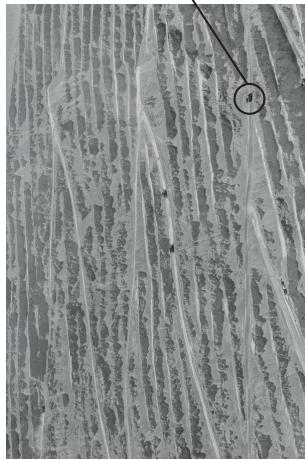
**um Aluminium aus dem Erz Bauxit zu verhütteten, braucht es sehr viel elektrischen Strom. Wird Aluminium durch Recycling gewonnen, braucht dies nur 1/10 der Energie.**

→ Informiere dich auch in den Schubladen «Aluminium» und «Gold» im Bereich Metall.



Bingham Canyon Mine, südwestlich von Salt Lake City, Utah, USA

Aus dieser menschengemachten Grube wird im Tagebau kupferhaltiges Erz gefördert. Die Mine wird seit 1906 betrieben und umfasst 770 Hektaren, sie ist 970 Meter tief und 4 Kilometer breit. Wenn du genau hinsiehst, kannst du die eigentlich riesigen Muldenkipper im Bild als kleine, viereckige Objekte erkennen.



Jedes Produkt wird irgendwann zu Abfall. Aber bei Metallen fällt schon sehr viel Abfall an, bevor das Material überhaupt für die Anfertigung von Produkten verwendet wird.



Es bleiben Schutthalde übrig. Diese Lager enthalten häufig noch Reste des verhütteten Metalls sowie begleitende Elemente. Das kann giftige Schwermetalle bis hin zu radioaktiven Elementen wie Uran umfassen. Die Halden müssen also unterhalten werden, damit die schädlichen Stoffe bei der Verwitterung des Gesteins nicht frei werden.

Bei der Verhüttung einiger Metalle entsteht als Abfall ein metallhaltiger Schlamm, der für die Umwelt gefährlich ist. So zum Beispiel Rotschlamm, der bei der Gewinnung von Aluminiumoxid anfällt. Rotschlamm-Deponie bei Stadt-Bützleth, DE

Wenn wir ein Produkt sehen, denken wir selten darüber nach, wie viel Energie bereits bei der Gewinnung und Erzeugung des Materials verbraucht wird und wie viel Abfall dabei entsteht.

→ *Unterstreiche die Materialien, deren Gewinnung du als ähnlich aufwendig einschätzt:*

Holz	Kunststoff	Stein	Leder
Papier und Karton	Glas		
Keramik	Baumwollstoff		

→ *Begründe eine dieser Einschätzungen:*



Da alle Metallsorten verschiedene Eigenschaften haben, müssen sie für das Recycling nach Sorten getrennt werden. Nur so können wieder möglichst hochwertige Metalle gewonnen werden.

Recycling von Metallen Schublade im Bereich Metall  
Das Sortieren von Metallen ist gar nicht so einfach. Meistens werden Metalle beim Recycling in mehreren Schritten sortiert und gereinigt.

→ *Notiere drei Schritte des Recyclings:*

*Aussortieren von Hand (z. B. Getränkeflaschen)*

*Abfall wird von Hand aussortiert*

*Material wird geschreddert*

*Eisenmetalle werden mit Magneten aussortiert*

*Der Rest wird maschinell nach Gewicht sortiert*

*Möglichst reine Metalle werden eingeschmolzen*

Metalle bestimmen Experimentierisch Bereich Metall  
Ein Recyclingfachmann könnte die Metalle dieser Münzen problemlos erkennen. Schaffst du das auch?

→ *Wenn du dich am Experimentiertisch zu Aussen- hen, Gewicht und magnetischen Eigenschaften informierst, kannst du die Metalle der Münzen bestimmen.*

## Elektroschrott

Seltenen Erden und kritische Metalle Schublade Bereich Metalle

→ Wofür sind die sogenannten Seltenerdmetalle für uns so wichtig?

Elektronik, IT, Akkus, Energiegewinnung

Zum Beispiel das Seltenerdmetall Neodym.  
→ Welche Eigenschaft macht Neodym zum wichtigen Bestandteil in Windturbinen, Motoren, Lautsprechern und Mikrofonen?



Neodym ist wichtigster Bestandteil kleiner, leichter, sehr starker Magnete  
«Supermagnete»

Elektroschrott ist einer der am schnellsten wachsenden Teile des weltweiten Abfallberges. Er wächst dreimal schneller als der Anteil an Haushalts- Pro Person fallen in der Schweiz jährlich rund 14 Kilogramm Elektroschrott an.

Quelle: Swico, 2016

Seltenerdmetalle aus Elektroschrott Filmstation Material-Archiv

Lies die folgenden Fragen und sieh dir dann den Film an.  
→ Warum kann der Abbau des Metalls Indium nicht beliebig gesteigert werden?

Abbau von Indium ist an den Zinkabbau gekoppelt. Das Indium ist nur ein Nebenprodukt des Zinkabbaus. Deshalb bestimmt der Zinkbedarf die verfügbare Menge an Indium.



→ Im Film erwähnt der Wissenschaftler einen Lösungsansatz, um die Rückgewinnung von Seltenerdmetallen zu fördern. Welchen?

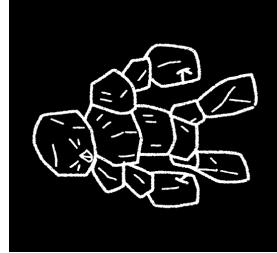
Geräte und Produkte könnten beim Hersteller gemietet anstatt gekauft werden.  
Defekte oder nicht mehr genutzte Produkte werden so zum Hersteller zurückkommen.  
Dieser könnte die in den Geräten enthaltenen Wertstoffe in die Produktion zurückfließen lassen.



Seltenen Erden und kritische Metalle Schublade Bereich Metalle  
Nicht selten, aber gut versteckt.  
→ Warum ist der Abbau von Seltenerdmetallen eine Herausforderung?

Seltenerdmetalle stehen immer in Verbindung mit anderen Metallen.  
Seltenerdmetalle haben sehr ähnliche chemische Eigenschaften und sind daher schwierig voneinander zu trennen.

Warum hat sich vor 200 Jahren niemand für Seltenerdmetalle interessiert?  
Sie waren noch nicht entdeckt.





Elektroschrott Schublade im Bereich Metall  
Leider bietet noch immer keine europäische Firma ein nennenswertes Recycling von Seltenerdmetallen an.

→ Warum werden Seltenerdmetalle in Europa nicht im grossen Stil (oder grundsätzlich) recykliert, sondern erst in kleinen Versuchsanlagen?

*Es lohnt sich finanziell nicht, die Kosten für den Abbau im Förderland China sind tief.*

*Das Recycling ist anspruchsvoll und teuer.*

→ Notiere hier Gründe, die grundsätzlich für ein Recycling von Seltenerdmetallen sprechen:  
*Die verfügbare Menge der knappen Ressource wird vergrössert.*

*Umwelt- und Landschaftsschutz*

→ Und Gründe für das Recycling innerhalb Europas:  
*Strenge Sicherheits- und Schutzmaßnahmen in Europa sorgen für umwelt- und Arbeitnehmerenschutz.*  
*unabhängigkeit (wirtschaftlich und politisch) Europas von nichteuropäischen Förderländern.*

Was schätzt du persönlich an dieser Thematik als wichtig ein?  
→ Welche angedachten Verbesserungen der Situation findest du am wichtigsten?

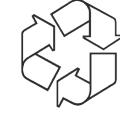
→ Wie kannstest du das Erreichen dieser Verbesserungen persönlich unterstützen?

→ Diskutiert miteinander über eure Wünsche, Möglichkeiten und deren Auswirkungen.

## Was übrig bleibt

Recycling Schublade im Bereich Metall

Recycling: Der Begriff bezieht sich auf «Cycle», das englische Wort für «Kreislauf».



Das Prinzip des Kreislaufes kennen wir aus der Natur. Die Natur erneuert sich ständig, nichts ist Abfall, vielmehr ist alles der Anfang für Veränderung und für Neues. Unser Leben hinterlässt aber Abfall.

Dazu gehören die Begriffe Schläcke und Deponie.

→ *Informiere dich darüber, was Schläcke ist.*

*Material, das nach der Kehrichtverbrennung zurückbleibt, weil es nicht verbrannt wurde.  
Ein Gemisch aus Stein, Glas, Keramik, Metallen, usw.*

→

Nassschläcke:

*Die Schläcke wird langsam abgekühlkt, die Rückstände bleiben trocken und locker.  
das Material verklinkt.*

Trockenschläcke:

*Die Schläcke wird langsam abgekühlkt, die Rückstände bleiben trocken und locker.  
das Material verklinkt.*

→ **Betrachte das Gemenge der Trockenschläcke aus der Anlage der Kehrichtverwertung Zürcher Oberland.**

Die Anlage ragt so hoch wie ein dreistöckiges Haus auf. Der Lärm ist ohrenbelästigend. Jährlich kommen knapp 100'000 Tonnen Trockenschläcke aus den Kantonen Zürich, Solothurn und Wallis per Bahn und Lastwagen nach Hilfswil. (...) Was sich alles ansammelt, erstaunt selbst Recycling-Fachleute. 65 Kilogramm Gold im Wert von 2.1 Millionen Franken und 1750 Kilogramm Silber im Wert von 0.8 Millionen Franken haben die Spezialisten aus der Trockenschläcke herausgeholt. Je 2.5 Millionen Franken wirtschaftete die Anlage mit 800'000 Kilogramm Kupfer und 2.9 Millionen Tonnen Aluminium. «Das ist extrem viel und entspricht dem Gehalt einer Gold-, Silber- oder Kupfermine im Ausland», sagt Böni. Quelle: SRF online, Dienstag, 30.1.2018

Die Rohstoffe werden maschinell sortiert. Wie das geht? – In dieser Anlage stecken 10 Jahre Forschung ...

→ *So wird Glas aussortiert:*

*Transparentes Glas wird von einem Sensor erkannt und mittels Druckluft ausgeblasen.*

→ *So werden Eisen und Stahl aussortiert:*

*Mittels Magneten.*

→ *So wird Aluminium aussortiert:*

*Mit dem Wirbelstromabscheider, aufgrund des Gewichtes.*

Der Abfallsektor ist ein wachsender und innovativer Sektor im Bereich der grünen Ökonomie und Industrie. Diese versucht, mit den Mitteln der kapitalistischen Marktwirtschaft deren Auswüchse – Aufsiedlung von Rohstoffen und Hinterlassen giftiger Abfälle – zu zähmen: Abfälle werden zu Rohstoffen, mit denen sich späteren dann, wenn eine Rohstoffverknappung und somit Verteuerung eintritt, Gewinn erwirtschaften lässt. Quelle: Booklet, Times of Waste – Was übrig bleibt



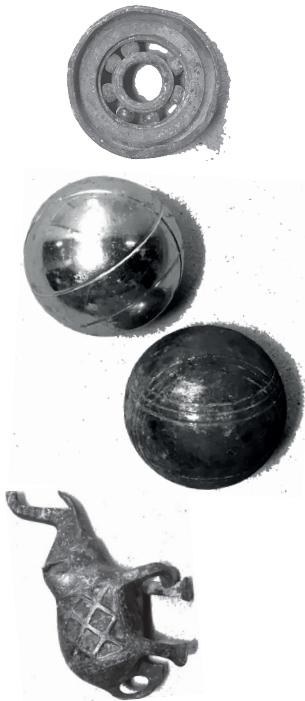


Häufige Fundstücke in der Schlacke der Kehrichtverwertung Zürcher Oberland



#### Beglehtes Kupfer Filmstation im Material-Archiv

Abfall löst sich nicht in Nichts auf. Weder heute noch früher. Überall auf der Welt finden sich sogenannte Deponien, in denen diese Reste unserer Gesellschaft gesammelt und eingelagert werden oder wurden.



#### Recycling Schuhblase im Bereich Metall

Im Vergleich zum letzten Jahrhundert versucht man heute, mehr Material im Nutzungskreislauf zu behalten oder wenigstens durch Verbrennungen als Energie zu nutzen. So wird das Material minimiert, das in Deponien eingelagert werden muss. Es bleibt aber trotzdem Material zurück, das in Deponien kommt.

→ Schaut bei der Filmstation unter der Rubrik «Metalle» den Film «Beghrtes Kupfer» an.

→ Was ist letztendlich entscheidend bei der Frage, ob ein Material recycelt wird oder nicht? Was entnimmt du den Aussagen der befragten Männer?

#### Angebot und Nachfrage

#### Der finanzielle Wert eines Materials

→ Welche nächste Rohstoffquelle (im Sinne von Urban Mining) ziehen die beiden Männer in Betracht?

- Was geschieht mit den in der Deponie eingelagerten Materialien?
- Was steuert dauerhaft da.  
Die Deponie ist ein Endlager.



## Papier

### Papierrohstoffe

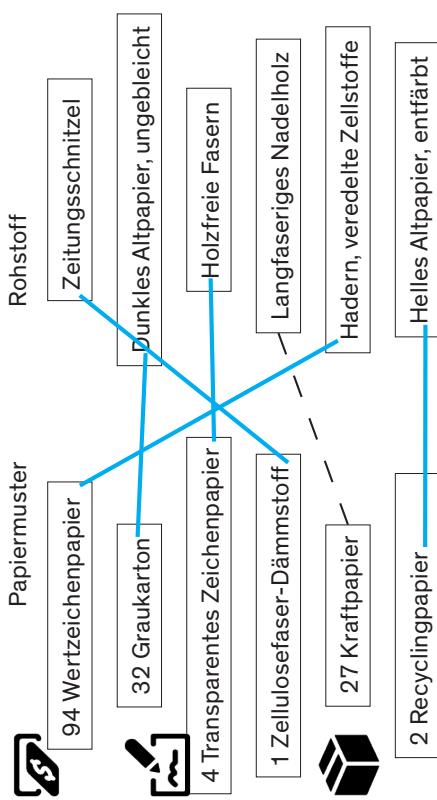
Schublade Bereich Papier

### Primäre Rohstoffe für Papier



**Holz, Baumwolle.**

**Materialmuster** Materialmuster Papiere und Kartons  
Ordne die Rohstoffe den unterschiedlichen Papierqualitäten zu. Die Muster findest du in den entsprechenden Schubladen der Materialmustersammlung. Leg das Muster auf die markierte Fläche unter dem Monitor und informiere dich im aufgerufenen Datensatz.



→ Warum ist es sinnvoll, Papier aus sekundären Rohstoffen, vor allem aus Altpapier und Altkarton, herzustellen?

**Afholzung von Wäldern reduzieren.**

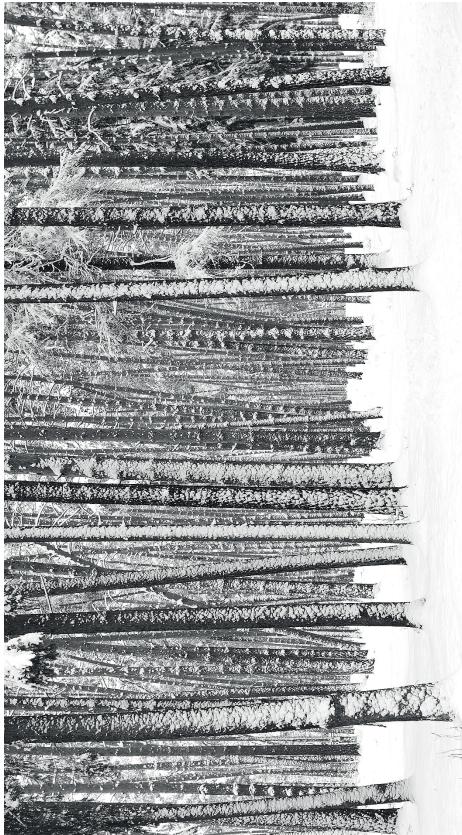
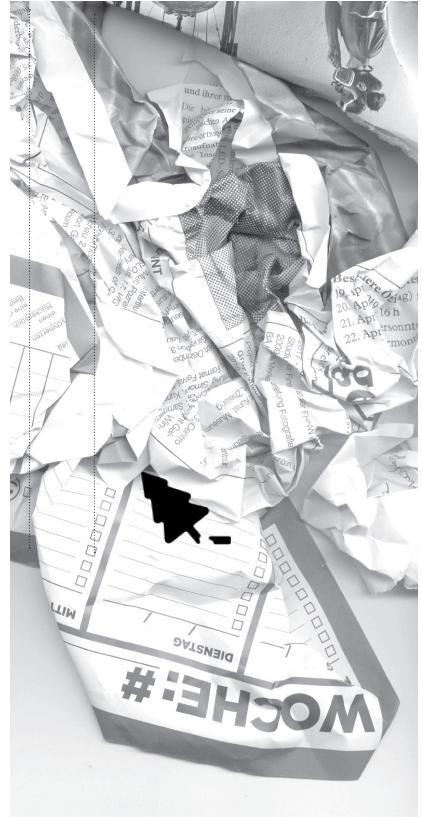
**Wasser und Energie sparen.**

«Es ist wesentlich umweltverträglicher, Altpapier wieder zu recyceln und daraus neues Papier herzustellen, als Altpapier zu verbrennen, um daraus Energie zu gewinnen.» Und: «Es ist wesentlich umweltverträglicher grafische Papiere aus Altpapier herzustellen, als dafür frische Fasern aus dem Rohstoff Holz zu benutzen.»  
Quelle: Umweltbundesamt, Deutschland, 2000, Kap. 2.3

- Diskutiert miteinander!  
Ist es berechtigt, ausgerechnet Toilettenspapier, Servietten und Taschentücher aus neuem Holz und neuer Baumwolle herzustellen? Beziehungsweise, für welche Papierprodukte ist die Verwendung dieser primären Rohstoffe gerechtfertigt?

Was kann ich tun? Was tue ich schon?

- Besprecht Folgendes miteinander:  
Recyclingpapiere nutzen.  
Papierverbrauch reduzieren.  
Papier mehrfach verwenden.
- Sortentreine Verpackungen kaufen, denn beschichtete Kartonverpackungen können (noch) nicht recycelt werden.



Jede Person verbraucht im Jahr 150 Rollen Toilettenspapier.

Der WWF hat die Toilettenspäpier der größten Toilettenspäpier-Hersteller untersucht und herausgefunden, dass darin fast kein Altpapier verwendet wird. Für die Herstellung von Toilettenspäpier wird frisches Holz in natürlichen Wäl dern und in Plantagen rund um die Erde geschlagen.

Jahrhundertealte Wälder für Toilettenspäpier, Taschentücher und Haushalts- späpier? Das darf nicht sein! Wenn jede Schweizerin und jeder Schweizer nur eine Rolle Frischfaser-Haushaltspäpier pro Jahr weniger verbraucht, müssen 14.000 Bäume weniger gefällt werden.

## Nachwachsende Kunststoffe?

Was sind Kunststoffe? Schuhlaide Bereich Kunststoffe

- Versuche eine kurze Antwort zu formulieren, nachdem du den Haupttext in dieser Schuhlaide gelesen hast:

**Stoffe, die in chemisch gesteuerten Prozessen künstlich aus organischen Rohstoffen hergestellt werden.**



Kunststoffe aus pflanzlichen Rohstoffen sind erst seit Kurzem wieder Gegenstand intensiver Forschung. Die Vorteile im Gegensatz zum begrenzt verfügbaren Erdöl liegen auf der Hand.

- **Notiere hier Vorteile nachwachsender, pflanzlicher und tierischer Rohstoffe:**

*In kurzer Zeit erneuerbar.*

*Vergleichsweise günstig.*

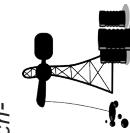
*Auch als Abfallprodukt vorhanden.*



Sogenannte Biokunststoffe, also Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, haben 2015 erst 1 Prozent der weltweiten Kunststoffproduktion ausgemacht. In den letzten Jahren ist der Anteil an Biokunststoffen gestiegen, Experten rechnen mit einem weiteren, starken Anstieg.



- **Haben auch diese Kunststoffe Nachteile?**



*Aber Erdöl und erdähnliche Rohstoffe haben Nachteile. Informiere dich zu den «nicht nachwachsenden Rohstoffen»:*

*In begrenzten Mengen vorhanden.  
Nicht erneuerbar.*

*Wirtschaftlich und politische Druckmittel.*

*Bei Verbrennung werden grosse Mengen an CO<sub>2</sub> freigesetzt.  
Landschaftsschutz  
...*



*Gibt es einen direkten Zusammenhang zwischen nachwachsendem Rohstoff und biologischer Abbaubarkeit?*

**Nein, biobasierte Kunststoffe sind nicht zwingend biologisch abbaubar.**



Damit biologisch abbaubare Kunststoffe auch wirklich zersetzt werden, müssen ideale Bedingungen herrschen. Im Salzwasser zum Beispiel also im Meer, lösen sich die meisten Bioplastiküien überhaupt nicht auf. Genauso wenig, wenn sie an einem Baum hängen oder irgendwo auf der Strasse liegen.

Ein Rohstoff, der nachwächst – genial!

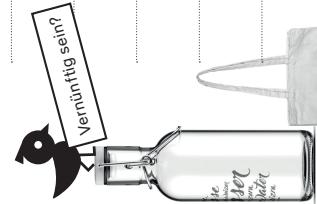
Aber können wir jetzt Kunststoff bedenkenlos verbrauchen und nach dem Gebrauch im Abfall verbrennen?

Was denkst du? Hätten wir genügend Anbaufläche und Wasser, um all die Pflanzen als Rohstoff für unseren derzeitigen Kunststoffverbrauch anzubauen?

→ Notiere Stichworte aus eurer Diskussion:

Sollten wir den Verbrauch von Kunststoffen einschränken? Falls ja, wie würden wir das machen?

→ Notiere Stichworte aus eurer Diskussion:



Kennst du Möglichkeiten, den Verbrauch von Kunststoffverpackungen, die nur eine sehr kurze Gebrauchszeit haben, zu verringern?

#### Recycling von Kunststoffen

Schublade Bereich Kunststoff

**Abfall entsteht nicht nur bei dir und bei mir zuhause.**

→ Was sind Industrieabfälle und was ist deren Recyclingqualität?

**Abfälle, die in der Produktion anfallen.**

**Kunststoffart ist bekannt.**  
**Kunststoffart ist rein, nicht vermischt mit anderen Sorten.**



Industrieabfälle: Stanzresten, Angüsse, Folienabschnitte

→ Was bedeutet Downcycling?

**Die Qualität des Materials sinkt durch Vermischung verschiedener Sorten und Vernureinigung.**  
**Spezielle Eigenschaften können verloren gehen.**

Die Vermeidung von Downcycling ist übrigens auch bei Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen eine Herausforderung: Beispielsweise dürfen PET-Flaschen aus nachwachsenden Rohstoffen im Recycling nicht mit herkömmlichen Flaschen vermischt werden. Leider sehen aber die Flaschen genau gleich aus ...

## Recyclingwunder PET-Flasche

Recycling von Kunststoffen Schublade Bereich Kunststoff

Kunststoff ist nicht gleich Kunststoff. Du siehst hier Materialeigenschaften zwischen flauschig und steinhart, durchsichtig bis bunt, modellierbar bis höchst formstabil, ...



Die Eigenschaften werden durch hochkomplexe Materialzusammensetzungen bestimmt. Einleuchtend also, dass Kunststoffe für ein erfolgreiches Recycling sortenrein gesammelt werden müssen.

→ Notiere die wichtigsten Eigenschaften der drei Kunststoff-Hauptgruppen.

Thermoplaste

*Mit Wärme umformbar*

Duroplaste

*Sind dauerhaft, schmelzen nicht*

Elastomere

*Sind flexibel, elastisch, nicht oder schwer wiederverarbeitbar*



Welche Gruppe lässt sich einfach recyceln?  
*Thermoplaste*

Zu dieser Kunststoffgruppe gehört beispielweise PET.

Recycling von PET Schublade Bereich Kunststoff

Informiere dich in der Schublade «Recycling von PET» oder bei der Filmstation (unter «Kunststoff», Film «PET»).

→ Warum werden in der Schweiz ausschliesslich Flaschen und nicht auch andere Verpackungen aus PET recycelt?

*Die Flaschen sind gut zu erkennen und sie sind aus reinem PET. So wird die Qualität des Reziklates sichergestellt.*

*Andere gekennzeichnete PET-Verpackungen, wie zum Beispiel Fleischschalen, sind häufig mit anderen Kunststoffen kombiniert. Diese Verbundstoffe verunreinigen das Reziklat.*

→ Warum ist es sinnvoll, PET-Flaschen zu recyceln?

*Der Rohstoff Erdöl ist knapp, ist endlich. Wir sparen in der Schweiz 40 Mio. Liter Erdöl pro Jahr durch PET-Recycling.*

→ Noch sinnvoller ist es, eine Flasche mehrmals zu nutzen. Wofür kannst du die Flasche weiter verwenden?

*eigene Ideen ...*



Lösungen zu den Aufgabenstellungen



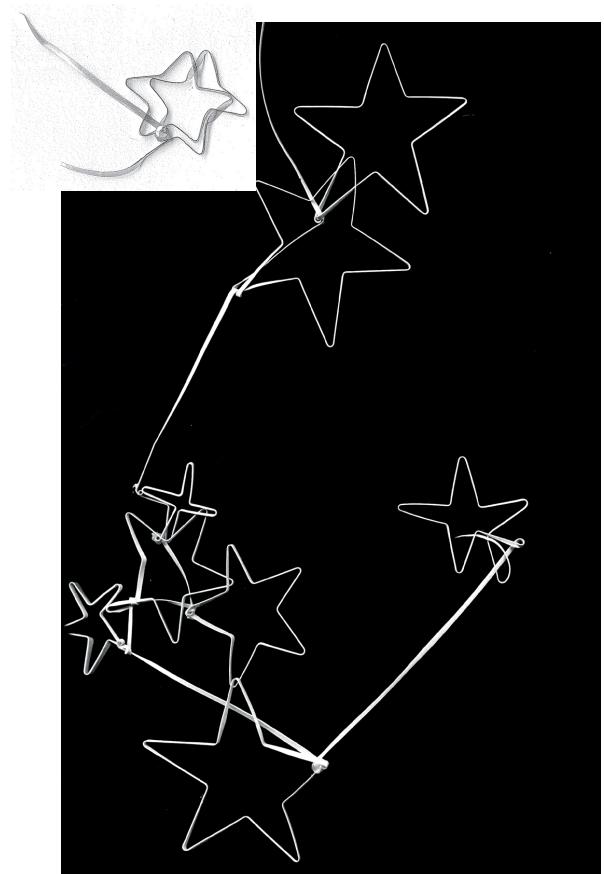
### PET-Schnüre umformen

Experimentiertisch Bereich Kunststoff  
Kunststoffe wie PET und viele andere Verpackungs-Kunststoffe lassen sich mit Wärme umformen. So ist es einfach, diesen Kunststoffen eine neue Form und einen neuen Nutzen zu geben. Sie eignen sich speziell fürs Recycling.

Das kannst du am Experimentiertisch in der Nähe der Filmstation ausprobieren.

→ *Gib einem PET-Streifen eine neue Form. Befolge die Anleitung auf dem Tisch. Das geformte Schnürchen kannst du mitnehmen und damit zum Beispiel ein Geschenk dekorieren.*

PET-Flaschen sind in vielen Ländern ein grosses Müllproblem. Aber mit Schutt und Sand gefüllt werden sie ohne weitere Veränderungen zum Ersatz für Ziegelsteine.



Gewerbemuseum  
Kirchplatz 14  
8400 Winterthur  
T 052 267 51 36  
F 052 267 68 20  
[gewerbemuseum@win.ch](mailto:gewerbemuseum@win.ch)  
[www.gewerbemuseum.ch](http://www.gewerbemuseum.ch)

Di–So 10–17 Uhr  
Do 10–20 Uhr  
Besondere Öffnungszeiten Feiertage

Bildnachweis:

Alle Fotos der Ausstellungen: © Michael Lio

Titelseite:

Mitte: Aleks G, Russia Moscow Region. Winter pine wood, lake Kratovskoe area, CC BY-SA 3.0

Unten links: Graeme Williams Media Club Sishen Mine, a Kumba Iron Ore mine, CC BY-SA 2.0

Unten rechts: Muntaka Chasan, Burning sheathed cables to cover copper at the Agbogbloshie e-waste landfill near the center of Accra, Ghana's capital city, CC BY-SA 4.0

Bilder im Begleitheft für Klassen der Sekundarstufe:

S.7: MsSaraKelly, Graffiti in Shoreditch, London, CC BY 2.0

S.8: Laerol, Tayside House demolition, CC0 1.0

S. 11: Kreislaufmodelle: EPEA Switzerland GmbH

S.13 oben: Spencer Musick, Bingham Canyon copper mine, UT, USA, gemeinfrei

S.13 unten links: Diego Delso, delso.photo, Mina de Chuquicamata, Calama, Chile, License CC-BY-SA

S.13 unten rechts: TZorn, Minen-LKW Caterpillar, Aitik-Kupfermine, CC BY-SA 3.0

S.14: Volker Herrmann, Abraumhalde des Kupferbergbaus bei Volkstedt, CC BY-SA 3.0

S.14: Ra Boe / Wikipedia, Luftaufnahmen Nordseeküste, CC BY-SA 3.0 DE

S.19: Muntaka Chasan, Burning sheathed cables to cover copper at the Agbogbloshie e-waste landfill near the center of Accra, Ghana's capital city, CC BY-SA 4.0

S.20: Times of Waste, Gewerbemuseum Winterthur, Schlackendeponie Elbisgraben/BL

S.21: Times of Waste, Gewerbemuseum Winterthur, E-Waste, Immark/ZH

S. 29 oben: Aleks G, Russia Moscow Region, Winter pine wood, lake Kratovskoe area, CC BY-SA 3.0

Impressum:

Herausgeber: Gewerbemuseum Winterthur

Konzept, Texte und Layout: Kathrin Keller

Lektorat: Luzia Davi

Grafisches Konzept: Alexandra Noth

Ausgabe: August 2019