



## KAPITEL 6

# Stoffe als globale Ressource

Woher kommen die Stoffe, die wir täglich brauchen? Wie nutzen wir sie – und was passiert, wenn sie aufgebraucht sind?

### Lernziele

- ✓ Ich kenne verschiedene Rohstofftypen und kann Beispiele nennen.
- ✓ Ich kann den Weg vom Rohstoff zum Produkt beschreiben.
- ✓ Ich verstehe den Kohlenstoffkreislauf.
- ✓ Ich weiss, warum Recycling chemisch wichtig ist.
- ✓ Ich kenne Grundlagen der Nachhaltigkeit.

Lehrplan 21: NT.3.3

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung: Dein Smartphone und die Welt
2. 6.1 Rohstoffe – die Grundlage unserer Wirtschaft
3. 6.2 Vom Rohstoff zum Produkt (Aluminium & Erdöl)
4. 6.3 Wasser als Ressource
5. 6.4 Der Kohlenstoffkreislauf
6. 6.5 Fossile Brennstoffe und Klimawandel
7. 6.6 Recycling, Kreislaufwirtschaft und Green Chemistry
8. Kapitelabschluss-Test
9. Zusammenfassung und Glossar

### Lernziele

- Ich kenne wichtige Rohstoffe und ihre Vorkommen.
- Ich kann den Wasserkreislauf und den Kohlenstoffkreislauf beschreiben.
- Ich verstehe die Entstehung und Nutzung fossiler Brennstoffe.
- Ich kann erklären, warum Recycling wichtig ist.
- Ich kann den ökologischen Fussabdruck von Produkten einschätzen.

## Stoffe als globale Ressource

---

Nimm dein Smartphone in die Hand – sofern du gerade eines bei dir hast – und betrachte es einmal nicht als Gerät zum Chatten, Fotografieren oder Musikhören, sondern als eine Sammlung chemischer Elemente. In diesem kleinen Gehäuse stecken über 30 verschiedene Elemente aus dem Periodensystem: Lithium in der Batterie, Silizium im Prozessor, Kupfer in den Leiterbahnen, seltene Erden wie Neodym für den Lautsprecher, Indium im Touchscreen, Gold an den Kontaktstellen, Tantal in den Kondensatoren. Viele dieser Stoffe werden in Minen auf der ganzen Welt abgebaut – in Australien, in der Demokratischen Republik Kongo, in Chile, in China. Dein Smartphone ist ein wahrhaft globales Produkt, und es beginnt seine Reise tief unter der Erde.

Doch es geht nicht nur um Smartphones. Schau dich einmal in deinem Zimmer um: Der Schreibtisch aus Holz, der Stuhl mit Metallbeinen und Kunststoffsitz, die Glasflasche auf dem Tisch, das T-Shirt aus Baumwolle, die PET-Flasche im Rucksack – all diese Dinge bestehen aus Stoffen, die irgendwo auf der Welt als Rohstoff gewonnen wurden. Manche davon wachsen nach, wie das Holz im Wald. Andere brauchten Millionen von Jahren, um zu entstehen, wie das Erdöl, aus dem Kunststoffe hergestellt werden. Wieder andere werden aus Gestein herausgelöst, wie die Metallerze.

Wasser – scheinbar unendlich vorhanden, wenn man auf den Rhein in Basel oder auf den Zürichsee blickt. Doch trinkbares Wasser, sauberes Grundwasser, ist eine kostbare Ressource. Weltweit haben über zwei Milliarden Menschen keinen sicheren Zugang zu sauberem Trinkwasser. Die Schweiz ist da privilegiert: Sie gilt als «Wasserschloss Europas», weil vier grosse Flüsse hier entspringen. Aber auch hier müssen wir das Grundwasser schützen, denn Pestizide, Medikamentenrückstände und Mikroplastik gefährden die Qualität unseres Wassers.

Und dann ist da das Erdöl – jener Rohstoff, der nicht nur unsere Autos antreibt, sondern auch in Plastikflaschen, Medikamenten, Kosmetik und sogar Kleidung steckt. Erdöl geht uns alle an, denn seine Verbrennung setzt riesige Mengen Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) frei und verstärkt den Treibhauseffekt. Der Kohlenstoffkreislauf der Erde gerät aus dem Gleichgewicht. In diesem Kapitel wollen wir verstehen, woher unsere Stoffe kommen, wie sie verarbeitet werden, warum Recycling so wichtig ist und was Nachhaltigkeit aus chemischer Sicht bedeutet. Denn die Chemie liefert nicht nur Probleme – sie liefert auch Lösungen.

## 6.1 Rohstoffe – die Grundlage unserer Wirtschaft

**Rohstoff:** Ein **Rohstoff** ist ein natürlich vorkommender Stoff, der wirtschaftlich genutzt und zu Produkten weiterverarbeitet wird. Rohstoffe sind das Ausgangsmaterial für nahezu alle Gegenstände unseres Alltags.

Rohstoffe lassen sich nach ihrer Entstehung und Verfügbarkeit in drei grosse Gruppen einteilen: **nachwachsende Rohstoffe**, **fossile Rohstoffe** und **mineralische Rohstoffe**. Diese Einteilung ist wichtig, denn sie bestimmt, ob ein Rohstoff theoretisch unbegrenzt verfügbar ist oder ob er eines Tages aufgebraucht sein wird.

### Nachwachsende Rohstoffe

Nachwachsende Rohstoffe stammen aus der belebten Natur und können sich innerhalb menschlicher Zeiträume erneuern. Dazu gehören **Holz** (für Bau, Papier, Möbel), **Baumwolle** (für Textilien), **Naturkautschuk** (für Reifen und Dichtungen), **Stärke** (als Klebstoff und Rohstoff für Biokunststoffe), **Pflanzenöle** (für Nahrung, Biodiesel, Seife) sowie **Wolle und Seide**. Ihr grosser Vorteil: Wenn sie nachhaltig bewirtschaftet werden, stehen sie theoretisch unbegrenzt zur Verfügung. Allerdings braucht auch ihr Anbau Fläche, Wasser und Energie.

### Fossile Rohstoffe

Fossile Rohstoffe sind über Millionen von Jahren aus abgestorbenen Lebewesen entstanden. Die drei wichtigsten sind **Erdöl**, **Erdgas** und **Kohle**. Sie dienen als Energieträger (Heizen, Strom, Treibstoff) und als chemische Rohstoffe (Kunststoffe, Medikamente, Dünger). Ihr grösstes Problem: Sie sind **nicht erneuerbar** – was in Millionen Jahren entstanden ist, kann nicht in wenigen Jahrzehnten nachgebildet werden. Zudem setzt ihre Verbrennung CO<sub>2</sub> frei, das zum Klimawandel beiträgt. Die Menschheit verbraucht fossile Rohstoffe gegenwärtig etwa eine Million Mal schneller, als sie entstehen.

## Mineralische Rohstoffe

Mineralische Rohstoffe werden aus der Erdkruste gewonnen. Dazu gehören **Erze** (Eisenerz, Bauxit für Aluminium, Kupfererz), **Sand und Kies** (Beton, Glas), **Kalkstein** (Zement, Baustoffe) und **Steinsalz** (Nahrung, Chemie-Industrie). Erze enthalten Metalle in chemisch gebundener Form – sie müssen aufwendig **verhüttet** (aufgeschmolzen und reduziert) werden, um das reine Metall zu gewinnen. Mineralische Rohstoffe erneuern sich nicht oder nur extrem langsam durch geologische Prozesse.

### Die Schweiz und ihre Rohstoffe

Die Schweiz besitzt nur wenige eigene Rohstoffe. Nennenswert sind **Kalkstein** (für die Zementindustrie), **Kies und Sand** (für den Bau), **Salz** (die Schweizer Rheinsalinen in Pratteln BL!) sowie **Holz** aus den Schweizer Wäldern. Metalle, Erdöl und Erdgas müssen fast vollständig importiert werden. Die Schweiz ist daher wirtschaftlich stark von globalen Handelswegen abhängig. Umso wichtiger ist es, mit Rohstoffen sparsam umzugehen und Recycling zu fördern!

Rohstofftyp	Beispiele	Erneuerbar?	Zeitraum der Entstehung
<b>Nachwachsend</b>	Holz, Baumwolle, Kautschuk, Stärke	Ja (Monate bis Jahrzehnte)	Jahre bis Jahrzehnte
<b>Fossil</b>	Erdöl, Erdgas, Kohle	Nein (praktisch nicht)	Millionen Jahre
<b>Mineralisch</b>	Eisenerz, Bauxit, Sand, Kalk, Salz	Nein (geologische Zeiträume)	Millionen bis Milliarden Jahre

## Hefteintrag: Rohstofftypen

**Rohstoff** = natürlich vorkommender Stoff, der wirtschaftlich genutzt wird.

**Drei Rohstofftypen:**

1. **Nachwachsende Rohstoffe** (erneuerbar): Holz, Baumwolle, Kautschuk, Stärke

---

2. **Fossile Rohstoffe** (nicht erneuerbar, Mio. Jahre alt): Erdöl, Erdgas, Kohle

---

3. **Mineralische Rohstoffe** (nicht erneuerbar): Erze, Sand, Kalk, Salz

---

**Schweiz:** wenig eigene Rohstoffe (Kalk, Kies, Salz, Holz) → stark importabhängig

---

## Aufgaben zu 6.1

**6.1a** ★ WISSEN Nenne je zwei Beispiele für nachwachsende, fossile und mineralische Rohstoffe.

---

---

**6.1b** ★ WISSEN Erkläre mit eigenen Worten, was ein Rohstoff ist. Nenne drei Gegenstände in deinem Schulzimmer und ordne sie je einem Rohstoff zu.

---

---

**6.1c** ★★ VERSTEHEN Erkläre, warum fossile Rohstoffe als «nicht erneuerbar» gelten, obwohl sie aus natürlichen Prozessen entstanden sind. Verwende die Begriffe «Entstehungszeit» und «Verbrauchsrate» in deiner Antwort.

---

---

---

**6.1d** ★★★ ANWENDEN E/P Die Schweiz besitzt kaum eigene Rohstoffe. Erstelle eine Tabelle mit fünf Alltagsgegenständen aus deinem Haushalt. Gib für jeden an: (a) Hauptmaterial, (b) Rohstofftyp, (c) mögliches Herkunftsland des Rohstoffs.

---

---

---

---

**6.1e** ★★★★★ ANALYSIEREN P Baumwolle ist ein nachwachsender Rohstoff. Trotzdem ist Baumwollanbau nicht immer «nachhaltig». Recherchiere und diskutiere: Welche ökologischen Probleme sind mit dem Baumwollanbau verbunden (Wasser, Pestizide, Fläche)? Warum reicht die Einteilung «nachwachsend = gut» nicht aus?

---

---

---

---

---

---

## 6.2 Vom Rohstoff zum Produkt

### Beispiel 1: Aluminium

Aluminium ist nach Eisen das am häufigsten verwendete Metall der Welt. Es ist leicht, stabil, korrosionsbeständig und gut recyclebar. Doch der Weg vom Rohstoff zum fertigen Aluminiumprodukt ist lang und energiereich. Aluminium kommt in der Natur nicht in reiner Form vor, sondern ist chemisch gebunden im Mineral **Bauxit**. Bauxit enthält vor allem **Aluminiumoxid** ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), zusammen mit Eisenoxiden und Silicaten, die ihm die typisch rötliche Farbe verleihen.

#### Schritt 1: Bauxit-Abbau

Bauxit wird im Tagebau abgebaut, hauptsächlich in Australien, Guinea, Brasilien und Jamaika. Riesige Flächen tropischen Regenwaldes werden dafür teilweise gerodet – ein gravierendes Umweltproblem. Für eine Tonne Aluminium braucht man etwa vier bis fünf Tonnen Bauxit.

#### Schritt 2: Bayer-Verfahren – Aluminiumoxid gewinnen

Im **Bayer-Verfahren** wird Bauxit bei hohen Temperaturen in konzentrierter Natronlauge (NaOH) aufgelöst. Dabei entsteht lösliches Natriumaluminat. Die unlöslichen Bestandteile – vor allem Eisenoxide – werden als **Rotschlamm** abgetrennt. Dieser giftige Abfall ist ein grosses Umweltproblem: Weltweit fallen jährlich über 150 Millionen Tonnen davon an. Aus der gereinigten Lösung wird dann reines Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ausgefällt und getrocknet.

#### Schritt 3: Schmelzflusselektrolyse – reines Aluminium

Im letzten Schritt wird Aluminiumoxid durch **Schmelzflusselektrolyse** (Hall-Héroult-Verfahren) in reines Aluminium umgewandelt. Dabei wird  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in geschmolzenem Kryolith ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) bei etwa 960 °C aufgelöst und mit starkem elektrischem Strom zersetzt. An der Kathode scheidet sich flüssiges Aluminium ab. Dieser Prozess verbraucht **enorm viel elektrische Energie**: Für eine Tonne Aluminium werden rund 13 000 bis 15 000 Kilowattstunden Strom benötigt – genug, um einen durchschnittlichen Schweizer Haushalt vier Jahre lang mit Strom zu versorgen!

#### Merke: Aluminium-Recycling

Das Einschmelzen von Aluminium-Schrott (Recycling) benötigt nur etwa **5 % der Energie**, die für die Herstellung aus Bauxit nötig wäre – eine Energieersparnis von 95 %! Deshalb ist Aluminium-Recycling ökologisch und wirtschaftlich äusserst sinnvoll. Jede recycelte Aludose spart genug Energie, um einen Fernseher drei Stunden lang laufen zu lassen.

### Anwendungen von Aluminium

- **Verpackung:** Getränkedosen, Alufolie, Joghurtdeckel
- **Fahrzeugbau:** Flugzeuge (bis zu 80 % Aluminium!), Autos, Züge
- **Bauwesen:** Fensterrahmen, Fassaden, Dächer
- **Elektrotechnik:** Kabel, Stromleitungen (leichter als Kupfer)

- **Alltag:** Kochtöpfe, Fahrräder, Smartphones

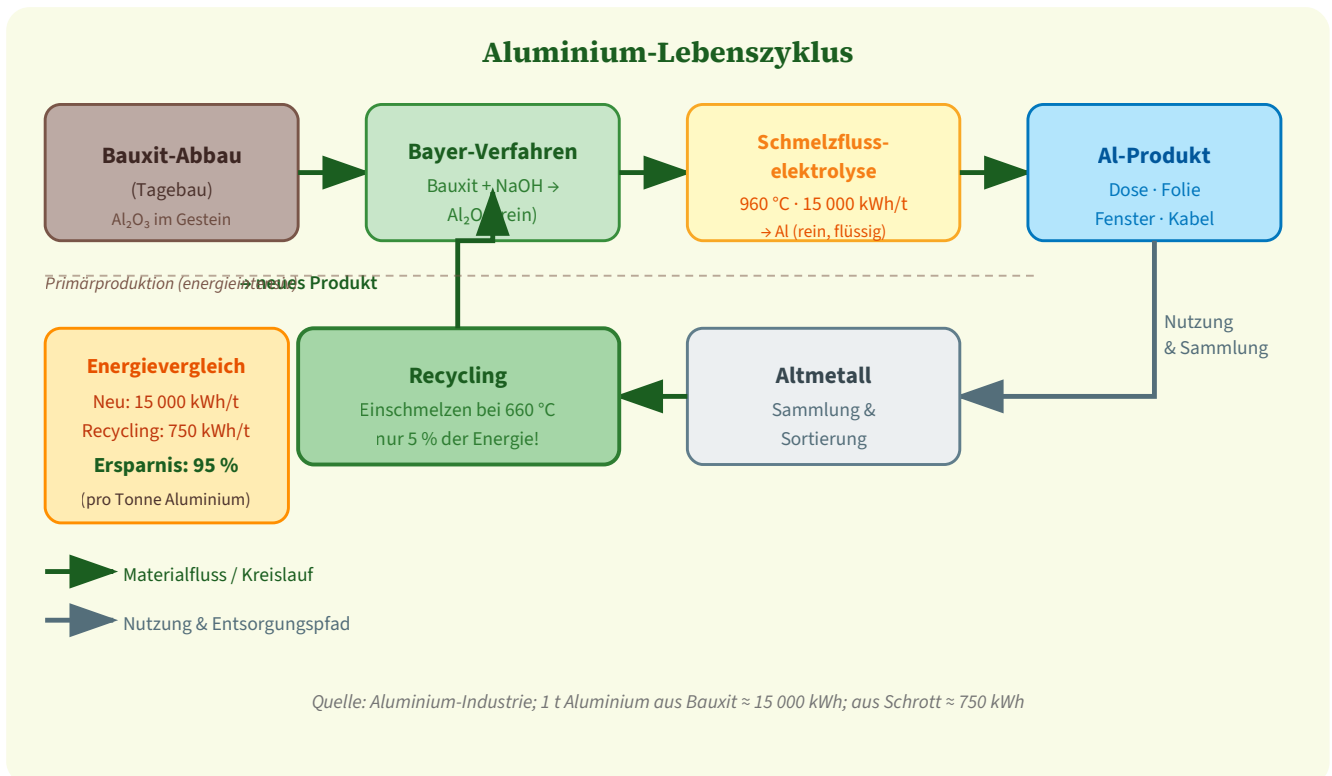


Abb.: Lebensweg des Aluminiums – Primärproduktion (oben) und Recycling-Kreislauf (unten). Recycling spart bis zu 95 % Energie.

## Beispiel 2: Erdöl

### Entstehung von Erdöl

Erdöl entstand vor 50 bis 500 Millionen Jahren aus winzigen Meeresorganismen – vor allem **Plankton** (mikroskopisch kleine Algen und Kleinstlebewesen). Als diese Organismen starben, sanken sie auf den Meeresboden und wurden von Sedimenten (Sand, Ton) bedeckt. Unter Ausschluss von Sauerstoff, bei hohen Temperaturen und enormem Druck, verwandelten sich die organischen Reste über Jahrtausende in ein Gemisch aus **Kohlenwasserstoffen** – das Erdöl. Erdöl ist also gespeicherte Sonnenenergie aus einer längst vergangenen Zeit!

### Fraktionierte Destillation in der Raffinerie

Rohes Erdöl (Rohöl) ist ein Gemisch aus Hunderten verschiedener Kohlenwasserstoffe. Um daraus nutzbare Produkte zu gewinnen, wird es in einer **Raffinerie** durch **fraktionierte Destillation** aufgetrennt – ein Trennverfahren, das du bereits aus Kapitel 2 kennst! Das Prinzip: Rohöl wird auf etwa  $400^\circ\text{C}$  erhitzt und in einen hohen Destillationsturm geleitet. Die verschiedenen Bestandteile haben unterschiedliche Siedetemperaturen und kondensieren daher in verschiedenen Höhen des Turms.

Fraktion	Siedebereich	Verwendung
Gase (Methan, Propan, Butan)	< 30 °C	Heizgas, Camping-Gas, Petrochemie
Benzin (Naphtha)	30–180 °C	Treibstoff für Autos, Lösungsmittel
Kerosin	180–250 °C	Flugzeugtreibstoff
Diesel	250–350 °C	Treibstoff für LKW, Busse, Schiffe
Heizöl	350–500 °C	Heizung, Schiffstreibstoff
Bitumen (Rückstand)	> 500 °C	Strassenbelag, Abdichtung

## Erdöl als Basis für Kunststoffe

Nicht nur als Treibstoff ist Erdöl bedeutend – rund 8 % des weltweit geförderten Erdöls wird zu **Kunststoffen** (Plastik) verarbeitet. Aus der Benzin-Fraktion (Naphtha) werden durch chemische Verfahren (Cracken, Polymerisation) Kunststoffe wie **Polyethylen** (PE – Plastiktüten, Flaschen), **Polypropylen** (PP – Lebensmittelverpackungen), **PET** (Getränkeflaschen) und **Polystyrol** (PS – Styropor) hergestellt. Auch **Medikamente**, **Kosmetik**, **Farben**, **Waschmittel** und **Textilfasern** (Polyester) basieren auf Erdöl. Plastik ist in unserem Alltag allgegenwärtig – und das ist aus Sicht der Nachhaltigkeit ein ernstes Problem, wie wir noch sehen werden.

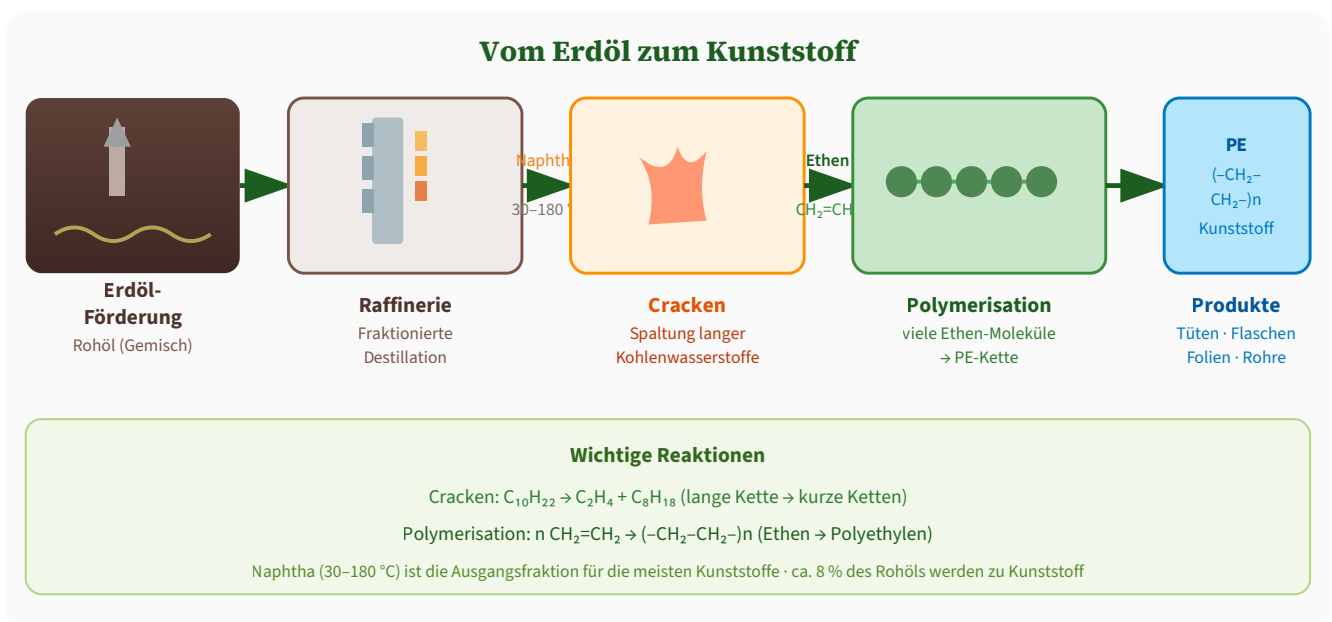


Abb.: Prozesskette vom Rohöl zum Kunststoff Polyethylen (PE) in vier Schritten.

## Hefteintrag: Vom Rohstoff zum Produkt

**Aluminium:** Bauxit → Aluminiumoxid (Bayer-Verfahren) → Aluminium (Schmelzflusselektrolyse)

Recycling spart 95 % Energie!

---

**Erdöl:** fossiler Rohstoff aus Meeresorganismen (Mio. Jahre alt)

Fraktionierte Destillation → Benzin, Diesel, Kerosin, Kunststoffe

---

## Aufgaben zu 6.2

**6.2a** ★ WISSEN Beschreibe die drei Schritte der Aluminium-Herstellung aus Bauxit. Benenne jeweils das Verfahren und das Zwischenprodukt.

---

---

**6.2b** ★ WISSEN Erdöl wird in der Raffinerie durch fraktionierte Destillation aufgetrennt. Nenne vier Fraktionen mit ihrem ungefähren Siedebereich und ihrer Verwendung.

---

---

**6.2c** ★★ VERSTEHEN Erkläre, warum Aluminium-Recycling so viel Energie spart. Welcher der drei Herstellungsschritte ist besonders energieintensiv und warum fällt er beim Recycling weg?

---

---

---

**6.2d** ★★★ ANWENDEN E/P Vergleiche die lineare Wirtschaft mit der Kreislaufwirtschaft anhand einer Aluminiumdose. Zeichne zwei Flussdiagramme (eines für jedes Modell) und berechne: Wenn die Herstellung einer neuen Dose 15 MJ Energie kostet und Recycling nur 5 % davon – wie viel Energie wird bei 1000 recycelten Dosen gespart?

---

---

---

---

**6.2e** ★★★★★ ANALYSIEREN P Erdöl dient sowohl als Energieträger (Benzin, Heizöl) als auch als Rohstoff für Produkte (Kunststoffe, Medikamente). Diskutiere: Sollte man Erdöl lieber verbrennen oder als Rohstoff nutzen? Begründe deine Meinung mit chemischen Argumenten.

---

---

---

---

---

**6.2f** ★★★★★ ERSCHAFEN P Entwirf einen Fahrplan, wie dein Haushalt in einem Jahr auf eine Woche ohne Plastikverpackung kommen kann. Beschreibe konkrete Schritte Monat für Monat, nenne Alternativen zu typischen Plastikverpackungen und erkläre, welche chemischen Vorteile diese Alternativen haben.

---

---

---

---

---

---

---

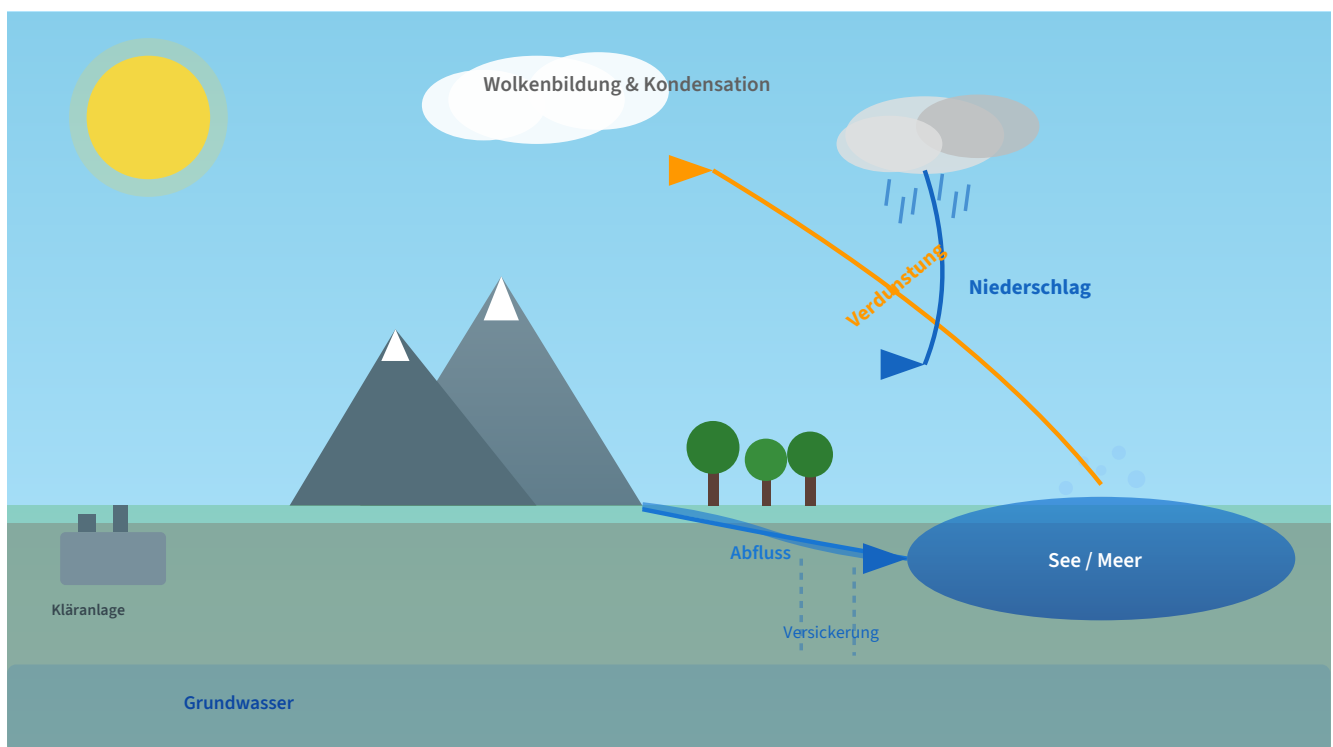
## 6.3 Wasser als Ressource

Wasser ist der wichtigste Stoff auf unserem Planeten. Ohne Wasser gäbe es kein Leben. Rund 71 % der Erdoberfläche sind mit Wasser bedeckt – doch 97,5 % davon ist Salzwasser. Von den verbleibenden 2,5 % Süßwasser sind wiederum rund zwei Drittel in Gletschern und Eiskappen gebunden. Nur etwa 0,3 % des gesamten Wassers auf der Erde ist direkt als Trinkwasser verfügbar – eine winzige Menge!

### Der Wasserkreislauf

Wasser bewegt sich in einem ständigen Kreislauf, dem **Wasserkreislauf** (hydrologischer Kreislauf). Die Sonne liefert die Energie: Sie erwärmt Oberflächenwasser in Meeren, Seen und Flüssen. Das Wasser **verdunstet** und steigt als Wasserdampf in die Atmosphäre auf. In der Höhe kühlt der Dampf ab und **kondensiert** zu winzigen Wassertröpfchen – es bilden sich **Wolken**. Wenn die Tröpfchen gross genug werden, fallen sie als **Niederschlag** (Regen, Schnee, Hagel) auf die Erde zurück. Ein Teil fliesst über Bäche und Flüsse zurück ins Meer (**Oberflächenabfluss**), ein Teil versickert im Boden und bildet **Grundwasser**. Der Kreislauf beginnt von vorne.

### Der Wasserkreislauf – Illustration



### Trinkwasseraufbereitung

Rohwasser – ob aus Grundwasser, Seewasser oder Flusswasser – muss aufbereitet werden, bevor es als Trinkwasser in unsere Leitungen kommt. Die wichtigsten Verfahren sind:

- **Filtration:** Mechanisches Entfernen von Schwebstoffen durch Sand- und Kiesfilter (ein Trennverfahren aus Kapitel 2!).
- **Aktivkohlefiltration:** Aktivkohle adsorbiert (bindet an der Oberfläche) organische Schadstoffe, Pestizidreste und Geschmacksstoffe.

- **Chlorung oder Ozonierung:** Chemische Desinfektion – Chlor ( $\text{Cl}_2$ ) oder Ozon ( $\text{O}_3$ ) töten Bakterien und Viren ab.
- **UV-Desinfektion:** Ultraviolettes Licht zerstört die DNA von Krankheitserregern, ohne chemische Stoffe hinzuzufügen.

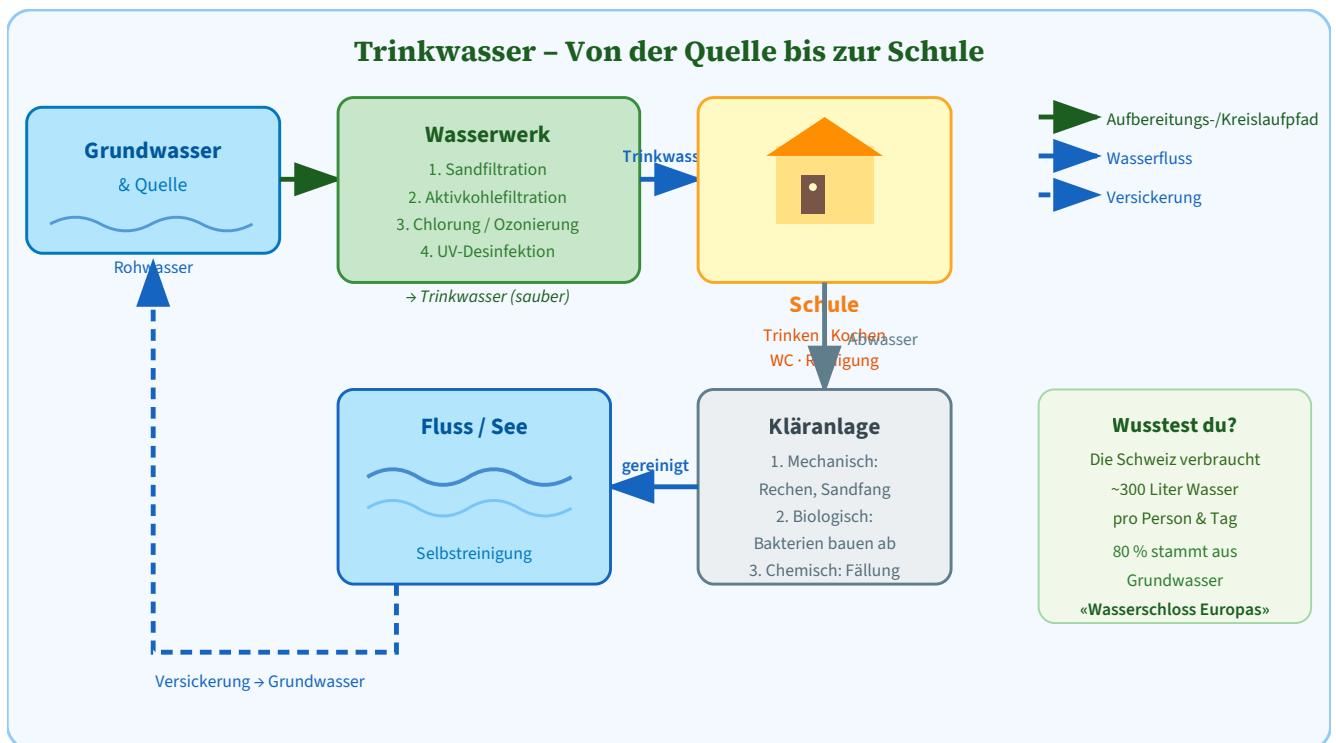


Abb.: Trinkwasserkreislauf – Aufbereitung im Wasserwerk, Nutzung in der Schule, Reinigung in der Kläranlage und Rückführung ins Grundwasser.

## Wasserverschmutzung – unsichtbare Gefahren

Viele Schadstoffe im Wasser sind mit bloßem Auge nicht sichtbar. Zu den grössten Problemen gehören:

- **Mikroplastik:** Winzige Kunststoffpartikel (< 5 mm), die aus Kosmetik, Reifenabrieb und dem Zerfall grösserer Plastikteile stammen.
- **Medikamentenrückstände:** Hormone, Antibiotika und Schmerzmittel gelangen über Urin und Abwasser ins Wasser und können selbst in Kläranlagen nicht vollständig entfernt werden.
- **Nitrat:** Aus Düngemitteln in der Landwirtschaft. Hohe Nitratkonzentrationen gefährden die Gesundheit, besonders von Säuglingen.
- **Schwermetalle:** Blei, Quecksilber und Cadmium aus Industrie und Altlasten sind bereits in geringen Mengen giftig.

## Die Schweiz – das Wasserschloss Europas

Die Schweiz verfügt über grosse Süsswasserreserven. Rhein, Rhone, Inn und Tessin entspringen in den Schweizer Alpen und versorgen halb Europa mit Wasser. Rund 80 % des Schweizer Trinkwassers stammen aus Grundwasser und Quellen – von hervorragender Qualität. Dennoch ist Grundwasserschutz wichtig: In landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten (z. B. Mittelland) wurden erhöhte Konzentrationen von Pestizid-Abbauprodukten gemessen. Weltweit haben über 2 Milliarden Menschen keinen sicheren Zugang zu sauberem Trinkwasser. **Meerwasserentsalzung** (z. B. durch Umkehrosmose) ist eine chemisch-technische Lösung, die aber viel Energie benötigt.



## Experiment: Einen Wasserfilter bauen

### Fragestellung

Wie können wir verschmutztes Wasser mit einfachen Mitteln reinigen? Welche Filterschichten entfernen welche Verunreinigungen?

### Material

1 grosse PET-Flasche (1,5 L)

Schere oder Cutter

Watte (Baumwollwatte)

Feiner Sand

Grober Kies (gewaschen)

Aktivkohle (aus der Apotheke oder Tierhandlung)

Becherglas oder Auffanggefäss

Schmutziges Wasser (z. B. mit Erde, Blättern, Tinte)

### Durchführung

1. Schneide die PET-Flasche unterhalb der Schulter durch. Der obere Teil (mit Deckel) wird umgedreht und dient als Trichter.
2. Entferne den Deckel **nicht** (oder bohre ein kleines Loch hinein), damit das Wasser langsam durchfliesst.
3. Schichte die Filtermaterialien **von unten nach oben** in den Trichter:
  - **Unterste Schicht:** Watte (ca. 2 cm) – hält feine Partikel zurück
  - **Zweite Schicht:** Aktivkohle (ca. 3 cm) – adsorbiert gelöste Schadstoffe und Farbstoffe
  - **Dritte Schicht:** Feiner Sand (ca. 5 cm) – filtert Schwebstoffe
  - **Oberste Schicht:** Grober Kies (ca. 3 cm) – hält grobe Verunreinigungen zurück
4. Stelle den Trichter auf das Auffanggefäss.
5. Giesse langsam das schmutzige Wasser in den Filter und beobachte.
6. Lass das Wasser mehrmals durch den Filter laufen (2–3 Durchgänge).

**Sicherheit:** Das gefilterte Wasser ist NICHT trinkbar! Es wurde nur mechanisch gereinigt, aber nicht desinfiziert (Bakterien können noch vorhanden sein).

## Beobachtung und Auswertung

Beobachtung	Notizen
Farbe des Wassers vorher	
Farbe des Wassers nachher	
Trübung vorher / nachher	
Geruch vorher / nachher	
Verbesserung nach 2. Durchgang?	
Welche Schicht hat am meisten bewirkt?	

### Auswertungsfragen

1. Welche Filterschicht entfernt die groben Verunreinigungen? Welche die feinen?
2. Was ist die Aufgabe der Aktivkohle? Warum ist sie besonders wichtig?
3. Warum ist das gefilterte Wasser trotzdem nicht trinkbar?
4. Vergleiche deinen Filter mit der Trinkwasseraufbereitung im Wasserwerk. Welche Schritte fehlen?
5. **Bezug zu Kapitel 2:** Welches Trennverfahren wendest du beim Filtern an? Nenne den Fachbegriff.

## Aufgaben zu 6.3

**6.3a** ★ WISSEN Beschreibe den Wasserkreislauf in vier Schritten. Verwende dabei die Begriffe: Verdunstung, Wolkenbildung, Niederschlag, Abfluss.

---

---

**6.3b** ★ WISSEN Wie viel Prozent des gesamten Wassers auf der Erde ist direkt als Trinkwasser verfügbar? Nenne vier Verfahren der Trinkwasseraufbereitung.

---

---

**6.3c** ★★ VERSTEHEN Erkläre für jedes der vier Verfahren der Trinkwasseraufbereitung, welche Art von Verunreinigung es entfernt und auf welchem Prinzip es beruht.

---

---

---

**6.3d** ★★★ ANWENDEN E/P In deinem Experiment hast du einen Wasserfilter gebaut. Vergleiche deinen Filter mit der Trinkwasseraufbereitung im Wasserwerk. Welche Schritte fehlen in deinem Filter? Warum ist das gefilterte Wasser trotzdem nicht trinkbar?

---

---

---

---

**6.3e** ★★★★★ ANALYSIEREN P Mikroplastik, Medikamentenrückstände und Nitrat sind «unsichtbare» Schadstoffe im Wasser. Wähle einen dieser Schadstoffe und analysiere: Woher kommt er, warum ist er problematisch, und welche Massnahmen könnten helfen, ihn zu reduzieren? Berücksichtige sowohl technische als auch persönliche Handlungsmöglichkeiten.

---

---

---

---

---

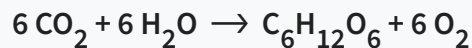
---

## 6.4 Der Kohlenstoffkreislauf

Kohlenstoff (C) ist das zentrale Element des Lebens. Alle organischen Verbindungen – Zucker, Fette, Proteine, DNA – enthalten Kohlenstoff. Aber Kohlenstoff kommt nicht nur in Lebewesen vor, sondern auch in der Atmosphäre (als CO<sub>2</sub>), in den Ozeanen (als gelöstes CO<sub>2</sub> und Carbonat), im Boden (als Humus) und tief in der Erde (als Kohle, Erdöl, Erdgas und Kalkstein). Der **Kohlenstoffkreislauf** beschreibt, wie Kohlenstoff zwischen diesen verschiedenen «Speichern» (auch **Reservoirs** genannt) ausgetauscht wird.

### Fotosynthese – CO<sub>2</sub> wird aufgenommen

Grüne Pflanzen, Algen und Cyanobakterien betreiben **Fotosynthese**. Sie nehmen Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) aus der Luft und Wasser (H<sub>2</sub>O) auf und wandeln diese mithilfe von Lichtenergie in Glucose (Traubenzucker, C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) und Sauerstoff (O<sub>2</sub>) um:



(Kohlenstoffdioxid + Wasser → Glucose + Sauerstoff) — Lichtenergie wird benötigt

### Zellatmung – CO<sub>2</sub> wird freigesetzt

Alle Lebewesen – Pflanzen, Tiere, Pilze, Bakterien, auch wir Menschen – betreiben **Zellatmung**. Dabei wird Glucose unter Verbrauch von Sauerstoff zu CO<sub>2</sub> und Wasser abgebaut. Die dabei freiwerdende Energie nutzen die Zellen für ihre Lebensprozesse:



(Glucose + Sauerstoff → Kohlenstoffdioxid + Wasser + Energie)

Fotosynthese und Zellatmung sind also Gegenreaktionen: Was die eine Reaktion aufnimmt, setzt die andere frei. In einem natürlichen Gleichgewicht halten sie sich die Waage.

### Verbrennung fossiler Brennstoffe – zusätzliches CO<sub>2</sub>

Wenn wir fossile Brennstoffe (Kohle, Erdöl, Erdgas) verbrennen, setzen wir Kohlenstoff frei, der Millionen Jahre lang tief in der Erde gespeichert war. Dieses «uralte» CO<sub>2</sub> kommt *zusätzlich* zum natürlichen Kreislauf in die Atmosphäre – und genau das ist das Problem. Die Verbrennung ist eine Oxidation, die du aus Kapitel 4 kennst. Die Menge an CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre steigt seit der Industrialisierung (ca. 1850) stetig an.

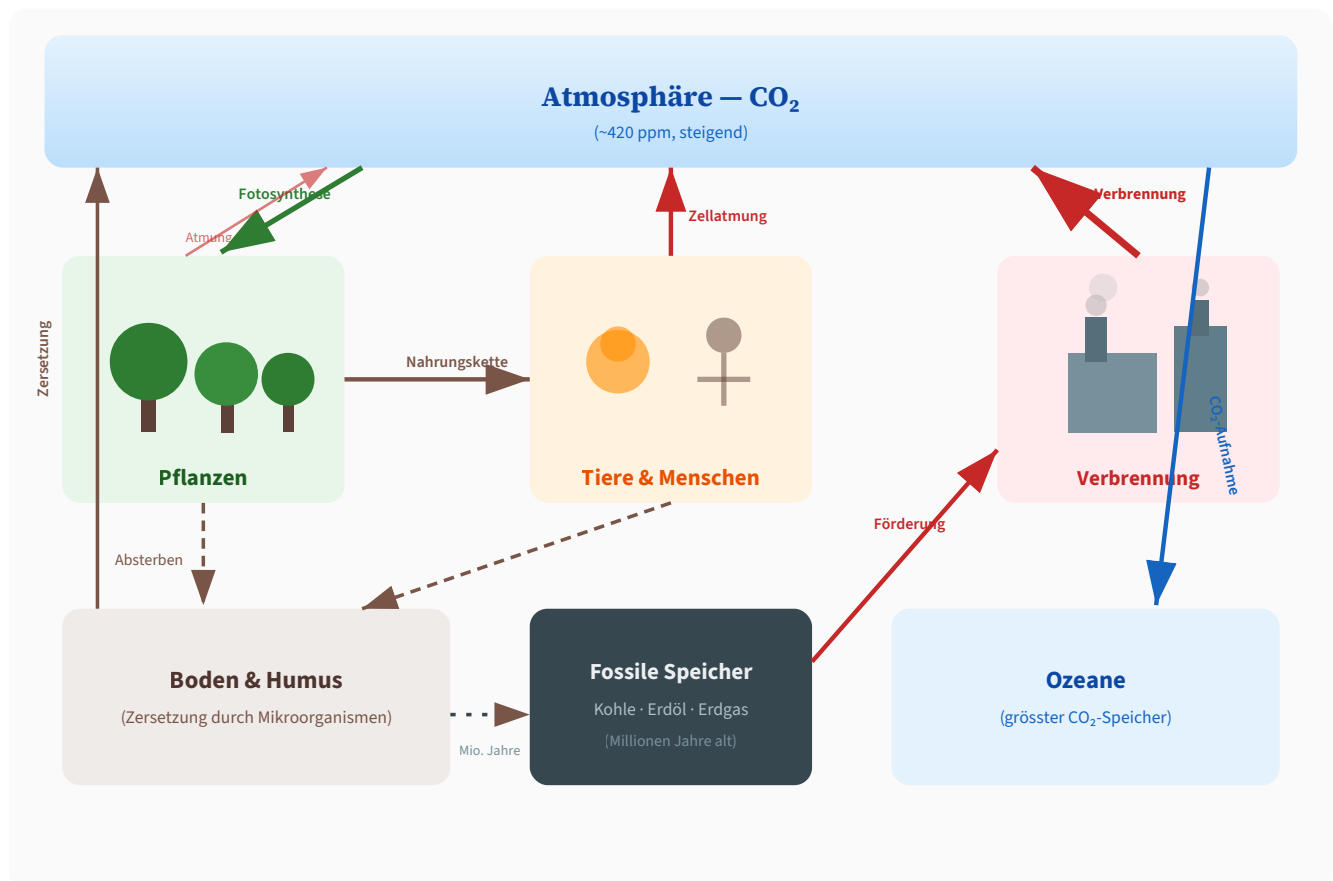
## Kohlenstoff-Senken

**Kohlenstoff-Senken** sind natürliche Speicher, die  $\text{CO}_2$  aus der Atmosphäre aufnehmen:

- **Ozeane:** Der grösste Kohlenstoffspeicher.  $\text{CO}_2$  löst sich im Meerwasser und wird von Meeresorganismen aufgenommen. Doch die Aufnahme von  $\text{CO}_2$  führt zur Versauerung der Ozeane – ein Problem für Korallen und Muscheln.
- **Wälder:** Bäume binden beim Wachstum grosse Mengen Kohlenstoff in ihrem Holz. Abholzung setzt diesen wieder frei.
- **Boden:** Humus (abgestorbene organische Substanz) speichert mehr Kohlenstoff als die gesamte Atmosphäre und alle Pflanzen zusammen.

## Der Kohlenstoffkreislauf – Interaktive Illustration

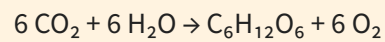
Klicke auf die farbigen Bereiche, um mehr zu erfahren.



## Hefteintrag: Der Kohlenstoffkreislauf

**Kohlenstoff (C)** kommt vor in: Atmosphäre (CO<sub>2</sub>), Lebewesen, Boden, Ozeanen, fossilen Lagerstätten.

**Fotosynthese** (CO<sub>2</sub> wird aufgenommen):



**Zellatmung** (CO<sub>2</sub> wird freigesetzt):



**Problem:** Verbrennung fossiler Brennstoffe setzt *zusätzliches* CO<sub>2</sub> frei

→ Natürlicher Kreislauf gerät aus dem Gleichgewicht → Treibhauseffekt verstärkt

**Kohlenstoff-Senken:** Ozeane, Wälder, Boden (nehmen CO<sub>2</sub> auf)

## Aufgaben zu 6.4

**6.4a** ★ WISSEN Nenne die fünf wichtigsten Kohlenstoff-Reservoirs (Speicher) und gib für jedes ein Beispiel an, in welcher chemischen Form der Kohlenstoff dort vorliegt.

---

---

**6.4b** ★ WISSEN Schreibe die Reaktionsgleichungen für die Fotosynthese und die Zellatmung auf. Benenne die Edukte und Produkte beider Reaktionen.

---

---

**6.4c** ★★ VERSTEHEN Erkläre den Zusammenhang zwischen Fotosynthese und Zellatmung. Warum werden sie als «Gegenreaktionen» bezeichnet? Was bedeutet das für den natürlichen Kohlenstoffkreislauf?

---

---

---

**6.4d** ★★★ ANWENDEN E/P Zeichne den Kohlenstoffkreislauf und beschrifte alle wichtigen Stationen (Atmosphäre, Pflanzen, Tiere, Boden, fossile Speicher, Ozeane). Markiere mit grünen Pfeilen, wo  $\text{CO}_2$  aufgenommen wird, und mit roten Pfeilen, wo es freigesetzt wird.

---

---

---

---

**6.4e** ★★★★★ **ERSCHAFFEN** P Die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre ist von 280 ppm (vor der Industrialisierung) auf über 420 ppm gestiegen. Entwickle einen Vorschlag, wie man die Kohlenstoff-Senken (Ozeane, Wälder, Boden) stärken könnte. Berücksichtige dabei sowohl naturbasierte Lösungen als auch technische Ansätze und bewerte deinen Vorschlag hinsichtlich Machbarkeit.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Lückentext: Kohlenstoffkreislauf

Pflanzen nehmen ..... aus der Luft auf und wandeln es in Glucose um.

Diesen Vorgang nennt man .....

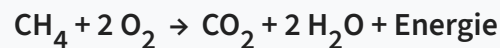
Bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe wird der gespeicherte ..... freigesetzt.

Der natürliche Kohlenstoffkreislauf ist durch menschliche Aktivitäten aus dem ..... geraten.

## 6.5 Fossile Brennstoffe und Klimawandel

### Die chemische Reaktion der Verbrennung

Fossile Brennstoffe bestehen hauptsächlich aus **Kohlenwasserstoffen** – Molekülen, die nur aus Kohlenstoff (C) und Wasserstoff (H) aufgebaut sind. Bei der Verbrennung reagieren sie mit Sauerstoff (O<sub>2</sub>). Die allgemeine Reaktionsgleichung lautet (vereinfacht für Methan als Beispiel):



(Methan + Sauerstoff → Kohlenstoffdioxid + Wasser + Energie)

Bei jeder vollständigen Verbrennung eines Kohlenwasserstoffs entstehen **immer** CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O. Dies ist eine **exotherme Reaktion** – es wird Energie frei (Wärme und Licht), wie du in Kapitel 4 gelernt hast.

### Der Treibhauseffekt

Die Erde wird von der Sonne erwärmt. Ein Teil dieser Wärme strahlt als Infrarotstrahlung zurück ins Weltall. Bestimmte Gase in der Atmosphäre – sogenannte **Treibhausgase** – absorbieren einen Teil dieser Wärmestrahlung und strahlen sie zurück zur Erdoberfläche. Die wichtigsten Treibhausgase sind:

- **Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>)**: Hauptverursacher durch Verbrennung fossiler Brennstoffe
- **Methan (CH<sub>4</sub>)**: Aus Landwirtschaft (Rinder), Reisanbau, Mülldeponien
- **Lachgas (N<sub>2</sub>O)**: Aus Düngemitteln und Industrie
- **Wasserdampf (H<sub>2</sub>O)**: Natürliches Treibhausgas, verstärkt andere Effekte

Der **natürliche Treibhauseffekt** ist lebenswichtig: Ohne ihn wäre die Durchschnittstemperatur der Erde bei eisigen –18 °C statt angenehmen +15 °C. Das Problem ist der **verstärkte Treibhauseffekt**: Durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe und andere menschliche Aktivitäten steigt die Konzentration der Treibhausgase. Die Folge: Die Erde erwärmt sich zusätzlich.

### Folgen des Klimawandels

- **Temperaturanstieg**: Die globale Durchschnittstemperatur ist seit 1850 um über 1,1 °C gestiegen.
- **Gletscherschmelze**: Die Schweizer Gletscher haben seit 1850 über 60 % ihres Volumens verloren. Der *Aletschgletscher*, grösster Gletscher der Alpen, zieht sich jedes Jahr weiter zurück. Bis Ende des Jahrhunderts könnten die meisten Schweizer Gletscher verschwunden sein!
- **Anstieg des Meeresspiegels**: Durch schmelzendes Eis und die Ausdehnung von warmem Wasser.
- **Extremwetter**: Häufigere Hitzewellen, Dürren, Starkregen und Überschwemmungen.
- **Artensterben**: Viele Tier- und Pflanzenarten können sich nicht schnell genug anpassen.

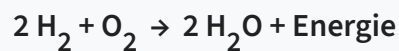
## Alternativen zu fossilen Brennstoffen

Um den Klimawandel zu begrenzen, müssen wir den Verbrauch fossiler Brennstoffe drastisch reduzieren. Alternativen sind:

- **Solarenergie:** Sonnenlicht wird in Strom (Photovoltaik) oder Wärme umgewandelt.
- **Windenergie:** Windturbinen erzeugen mechanisch Strom.
- **Wasserkraft:** In der Schweiz besonders wichtig – rund 60 % des Schweizer Stroms stammt aus Wasserkraft!
- **Wasserstoff (H<sub>2</sub>):** Kann als Energieträger dienen. Bei seiner Verbrennung entsteht nur Wasser:  $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ . Mehr dazu im Vertiefungstext!

### Vertiefung: Wasserstoff – der Energieträger der Zukunft?

Wasserstoff (H<sub>2</sub>) gilt als einer der vielversprechendsten Energieträger der Zukunft. Und das aus einem einfachen chemischen Grund: Bei seiner Verbrennung entsteht ausschliesslich Wasser – kein CO<sub>2</sub>, kein Feinstaub, kein Russ:



Wasserstoff kann in **Brennstoffzellen** zur Stromerzeugung genutzt werden – in Autos, Bussen, Zügen und sogar Flugzeugen. In einer Brennstoffzelle reagiert Wasserstoff kontrolliert mit Sauerstoff und erzeugt dabei direkt elektrische Energie, ohne Verbrennung. Der Wirkungsgrad ist höher als bei einem Verbrennungsmotor.

Doch es gibt eine wichtige Herausforderung: Woher kommt der Wasserstoff? H<sub>2</sub> kommt auf der Erde kaum in freier Form vor – er muss erst hergestellt werden. Die umweltfreundlichste Methode ist die **Elektrolyse** von Wasser: Wasser wird mithilfe von elektrischem Strom in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt ( $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$ ). Wenn dieser Strom aus erneuerbaren Quellen (Solar, Wind, Wasser) stammt, spricht man von «grünem Wasserstoff». Leider wird heute der meiste Wasserstoff noch aus Erdgas gewonnen («grauer Wasserstoff»), wobei CO<sub>2</sub> entsteht. Erst wenn die Produktion von grünem Wasserstoff wirtschaftlich und in grossem Massstab möglich wird, kann Wasserstoff sein volles Potential als klimaneutraler Energieträger entfalten.

### Fossile vs. Erneuerbare Energieträger

#### Erdöl, Erdgas und Kohle

Fossile Brennstoffe sind über Millionen von Jahren aus abgestorbenen Organismen entstanden. Ihre Vorräte sind **endlich** – sie werden schneller verbraucht, als sie sich nachbilden können. Bei ihrer Verbrennung wird CO<sub>2</sub> freigesetzt, das über Jahrmillionen im Untergrund gespeichert war. Dies verstärkt den Treibhauseffekt und trägt massgeblich zum Klimawandel bei.

### Erneuerbare Energien

Solar-, Wind-, Wasser- und Biomasseenergie regenerieren sich fortlaufend. Sie sind praktisch unerschöpflich und verursachen bei der Nutzung einen deutlich geringeren CO<sub>2</sub>-Fussabdruck als fossile Energieträger. In der Schweiz stammt bereits ein grosser Teil des Stroms aus Wasserkraft.

### Warum der Umstieg so wichtig ist

Der verstärkte Treibhauseffekt durch fossile Brennstoffe führt zum Klimawandel mit gravierenden Folgen: schmelzende Gletscher, steigende Meeresspiegel, häufigere Extremwetter. Das international vereinbarte **2-Grad-Ziel** begrenzt die Erderwärmung. Die **Schweizer Energiestrategie 2050** setzt auf den schrittweisen Ausstieg aus fossilen Energien und den Ausbau erneuerbarer Quellen.

## Aufgaben zu 6.5

**6.5a** ★ WISSEN Was entsteht bei der vollständigen Verbrennung eines Kohlenwasserstoffs? Schreibe die Reaktionsgleichung für die Verbrennung von Methan ( $\text{CH}_4$ ) auf.

---

---

**6.5b** ★ WISSEN Nenne vier Treibhausgase und gib jeweils an, woher sie hauptsächlich stammen.

---

---

**6.5c** ★★ VERSTEHEN Unterscheide den natürlichen Treibhauseffekt vom verstärkten Treibhauseffekt. Warum ist der natürliche Treibhauseffekt lebensnotwendig, während der verstärkte problematisch ist?

---

---

---

**6.5d** ★★★ ANWENDEN E/P Die Schweizer Gletscher haben seit 1850 über 60 % ihres Volumens verloren. Erkläre die Ursache-Wirkungs-Kette: Wie führt die Verbrennung von Erdgas in einer Heizung letztendlich zur Gletscherschmelze? Benenne jeden Schritt.

---

---

---

---

**6.5e** ★★★★★ ANALYSIEREN P Wasserstoff wird als «Energieträger der Zukunft» bezeichnet. Analysiere die Vor- und Nachteile von Wasserstoff gegenüber fossilen Brennstoffen. Berücksichtige dabei: die chemische Reaktion bei der Verbrennung, die Herstellungsmethoden (grüner vs. grauer Wasserstoff) und die Energiebilanz.

---

---

---

---

---

## 6.6 Recycling, Kreislaufwirtschaft und Green Chemistry

### Linear vs. Kreislauf

Die bisherige Wirtschaft funktioniert oft nach dem Prinzip «**Produzieren** → **Nutzen** → **Wegwerfen**» – ein lineares Modell, das enorme Mengen an Rohstoffen verbraucht und Abfall erzeugt. Die **Kreislaufwirtschaft** verfolgt ein anderes Ziel: Materialien sollen möglichst lange im Kreislauf gehalten werden. Statt Abfall zu produzieren, wird er als Rohstoff für neue Produkte genutzt. Das schliesst den Kreislauf.

### Chemische Trennverfahren im Recycling

Recycling basiert auf denselben **Trennverfahren**, die du in Kapitel 2 kennengelernt hast! Beim Sortieren von Abfällen werden etwa Magnetabscheider für Eisen, Wirbelstromabscheider für Aluminium, Flotation für Kunststoffe und Destillation für Lösungsmittel eingesetzt. Die Chemie liefert die Werkzeuge für effizientes Recycling.

### PET-Recycling in der Schweiz

Die Schweiz ist beim PET-Recycling Weltspitze: Über **83 %** aller PET-Getränkeflaschen werden gesammelt und recycelt. Die leeren Flaschen werden sortiert, zerkleinert, gewaschen und eingeschmolzen. Aus dem so gewonnenen PET-Granulat (rPET) werden neue Flaschen, Textilfasern (Fleece-Jacken!), Folien oder Verpackungen hergestellt. Eine PET-Flasche kann so mehrfach im Kreislauf geführt werden.

### Vertiefung: Recycling in der Schweiz – Wie PET-Flaschen ein neues Leben bekommen

Jeden Tag werden in der Schweiz rund 3,5 Millionen PET-Flaschen verkauft. Über 83 % davon finden ihren Weg zurück in die Sammelstellen bei Supermärkten, Bahnhöfen und in Gemeinden. Doch was passiert dann mit den leeren Flaschen? Zunächst werden sie in grossen Sortieranlagen nach Farbe und Material getrennt. Dann werden sie geschreddert – das heisst, sie werden in kleine Flocken zerkleinert. Diese Flocken werden gründlich gewaschen, um Etikettenreste, Kleber und Verschmutzungen zu entfernen. Danach werden die sauberen PET-Flocken eingeschmolzen und zu kleinen Kügelchen geformt, dem sogenannten **Granulat**.

Aus diesem Granulat werden nun neue Produkte hergestellt: neue PET-Flaschen (Flasche-zu-Flasche-Recycling), Textilfasern für Fleece-Jacken und Sporttrikots, Folien für Verpackungen oder sogar Füllmaterial für Kissen. Es braucht etwa 25 recycelte PET-Flaschen, um genug Material für ein Fleece-Shirt zu gewinnen. Das Besondere an der Schweiz: Das PET-Recycling wird durch ein freiwilliges System finanziert, das ohne gesetzliche Pfandpflicht funktioniert – und trotzdem weltweit Spitzenwerte erreicht.

### Weitere Recycling-Formen

- **Metallrecycling:** Eisen, Stahl und Aluminium lassen sich nahezu unbegrenzt einschmelzen und wiederverwenden. Besonders Aluminium-Recycling ist sinnvoll (95 % Energieersparnis!).
- **Glasrecycling:** Altglas wird nach Farben sortiert, zerkleinert und bei über 1500 °C eingeschmolzen. Glas ist theoretisch unendlich oft recyclebar.

- **Papierrecycling:** Altpapier wird aufgelöst, gereinigt (De-Inking: Druckfarbe entfernen) und zu neuem Papier verarbeitet. Papierfasern können etwa 5–7 Mal recycelt werden.
- **Elektronikschrott:** Enthält wertvolle Metalle (Gold, Silber, Kupfer, seltene Erden). «Urban Mining» – das Gewinnen von Metallen aus Elektronikschrott – wird immer wichtiger.

## Upcycling vs. Downcycling

Nicht jedes Recycling ist gleich wertvoll. Beim **Upcycling** wird ein Material zu einem höherwertigen Produkt verarbeitet (z. B. aus einer PET-Flasche wird ein Fleece-Pullover). Beim **Downcycling** sinkt die Qualität des Materials bei jedem Durchlauf (z. B. hochwertiges Schreibpapier wird zu Karton, dann zu Eierkarton). Das Ziel der Kreislaufwirtschaft ist es, möglichst viel Upcycling und echtes Recycling zu ermöglichen.

## Nachhaltigkeit und Green Chemistry

**Nachhaltigkeit** bedeutet, die Bedürfnisse der heutigen Generation zu befriedigen, ohne die Möglichkeiten zukünftiger Generationen zu gefährden. In der Chemie gibt es dafür einen eigenen Ansatz: die **Green Chemistry** (Grüne Chemie). Sie formuliert Prinzipien, wie chemische Prozesse umweltfreundlicher gestaltet werden können. Hier sind drei besonders wichtige Prinzipien, die auch Einsteiger verstehen können:

### Drei Prinzipien der Green Chemistry

- 1. Abfall vermeiden statt entsorgen:** Es ist besser, einen chemischen Prozess so zu gestalten, dass von Anfang an möglichst wenig Abfall entsteht, als den Abfall nachher aufwendig zu entsorgen. Ein Beispiel: Katalysatoren ermöglichen Reaktionen mit weniger Nebenprodukten.
- 2. Ungiftige Stoffe bevorzugen:** Wo immer möglich, sollen ungiftige und umweltverträgliche Chemikalien verwendet werden. Statt giftiger Lösungsmittel kann man oft Wasser oder  $\text{CO}_2$  als überkritisches Fluid einsetzen. Statt gefährlicher Pestizide gibt es biologische Alternativen.
- 3. Energie sparen bei chemischen Prozessen:** Viele chemische Reaktionen erfordern hohe Temperaturen oder hohen Druck – das kostet viel Energie. Durch bessere Katalysatoren und clevere Verfahren kann der Energieverbrauch gesenkt werden.

## Was kann ICH tun?

Auch als Schülerin oder Schüler kannst du einen Beitrag leisten. Hier sind konkrete Ideen:

- **Trinkflasche statt PET:** Eine wiederverwendbare Trinkflasche spart Hunderte Einwegflaschen pro Jahr.
- **Richtig recyceln:** PET, Glas, Aluminium, Papier und Batterien getrennt entsorgen.
- **Reparieren statt wegwerfen:** Repair-Cafés besuchen, Kleidung flicken, Geräte reparieren.
- **Regional und saisonal einkaufen:** Kürzere Transportwege = weniger  $\text{CO}_2$ .
- **Strom und Wasser sparen:** Licht ausschalten, kurz duschen, Stand-by-Geräte ausschalten.
- **Bewusst konsumieren:** Brauche ich das wirklich? Qualität statt Quantität.
- **Wissen teilen:** Was du in diesem Kapitel gelernt hast, kannst du an Familie und Freunde weitergeben!

**Merke: Nachhaltigkeit ist kein Verzicht**

Nachhaltigkeit bedeutet nicht, auf alles zu verzichten. Es bedeutet, **klüger** mit unseren Ressourcen umzugehen. Die Chemie bietet dafür viele Lösungen: bessere Materialien, effizientere Prozesse, innovative Recycling-Verfahren und erneuerbare Energien. Du als zukünftige Generation hast die Chance, diese Lösungen weiterzuentwickeln!

## Aufgaben zu 6.6

**6.6a** ★ WISSEN Was bedeutet «Recycling»? Nenne drei Materialien, die in der Schweiz recycelt werden, und beschreibe kurz, wie der Recycling-Prozess jeweils abläuft.

---

---

**6.6b** ★ WISSEN Erkläre den Unterschied zwischen Upcycling und Downcycling. Gib für jedes ein konkretes Beispiel aus dem Alltag an.

---

---

**6.6c** ★★ VERSTEHEN Erkläre den Unterschied zwischen der linearen Wirtschaft und der Kreislaufwirtschaft. Warum ist das lineare Modell langfristig nicht tragbar? Verwende den Weg einer PET-Flasche als Beispiel.

---

---

---

**6.6d** ★★★ ANWENDEN E/P Die drei Prinzipien der Green Chemistry lauten: Abfall vermeiden, ungiftige Stoffe bevorzugen, Energie sparen. Wähle ein Alltagsprodukt (z. B. Waschmittel, Verpackung, Batterie) und entwickle Vorschläge, wie es nach diesen Prinzipien verbessert werden könnte.

---

---

---

---

**6.6e** ★★★★★ ANALYSIEREN P «Ein Smartphone enthält über 30 Elemente.» Recherchiere fünf Elemente, die in Smartphones verbaut sind, und gib für jedes an: In welchem Bauteil es steckt, woher der Rohstoff kommt und ob er recycelt werden kann. Diskutiere: Warum ist «Urban Mining» bei Elektronikschrott besonders wichtig?

---

---

---

---

---

**6.6f** ★★★★★ ERSCHAFEN P Entwirf ein Konzept für das Recycling von alten Smartphones in eurer Klasse. Welche Bauteile werden wiederverwendet, welche fachgerecht entsorgt? Erstelle einen Schritt-für-Schritt-Plan, der erklärt, wie die wertvollen Rohstoffe (Lithium, Gold, seltene Erden) zurückgewonnen werden könnten, und nenne drei chemische Trennverfahren, die dabei zum Einsatz kommen.

---

---

---

---

---

---

---

## 6.7 Materialien im Kreislauf – fünf Stoffe im Vergleich

Hinter jedem Material steckt eine Geschichte: Woher kommt es? Was wird daraus gemacht? Kann es recycelt werden? Und wie viel Energie kostet das? Klappe die fünf Karten auf und vergleiche.

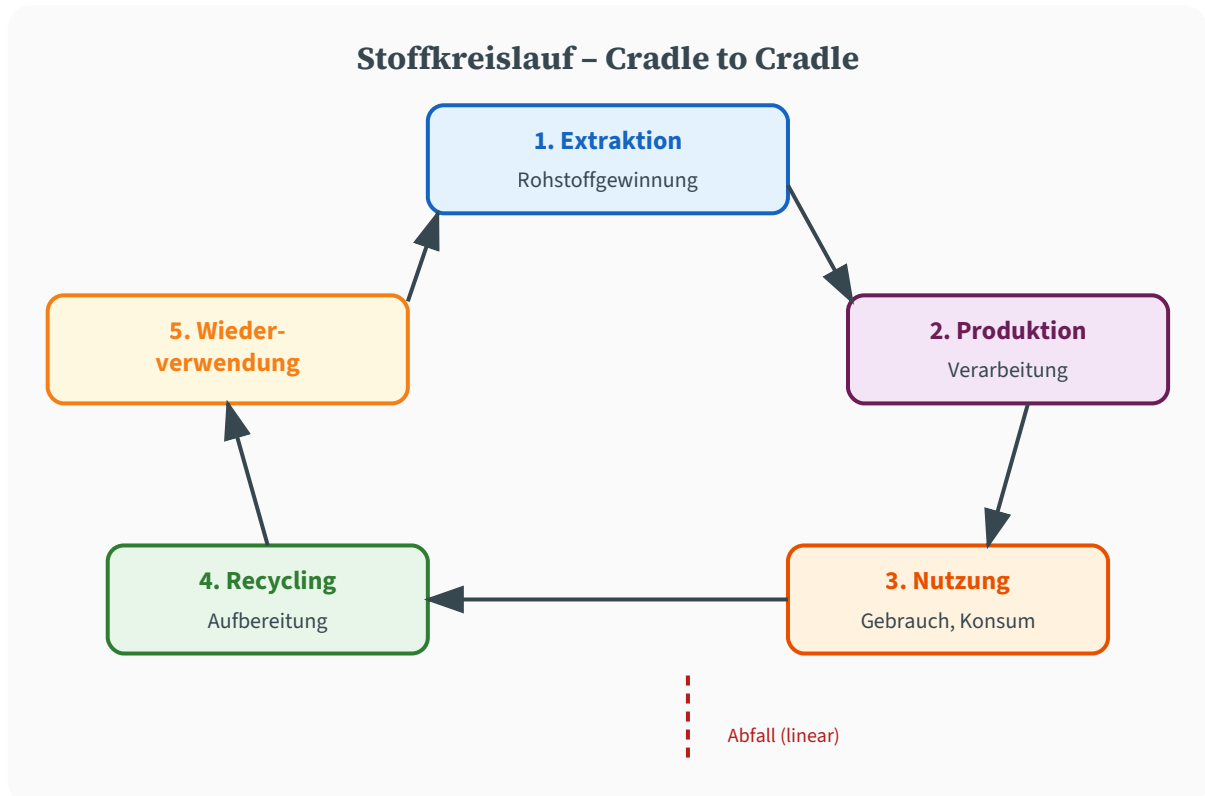


Abb. 6.7a: Im Kreislaufmodell (Cradle to Cradle) wird Abfall zum Rohstoff. Das lineare Modell endet im Abfall (gestrichelt).

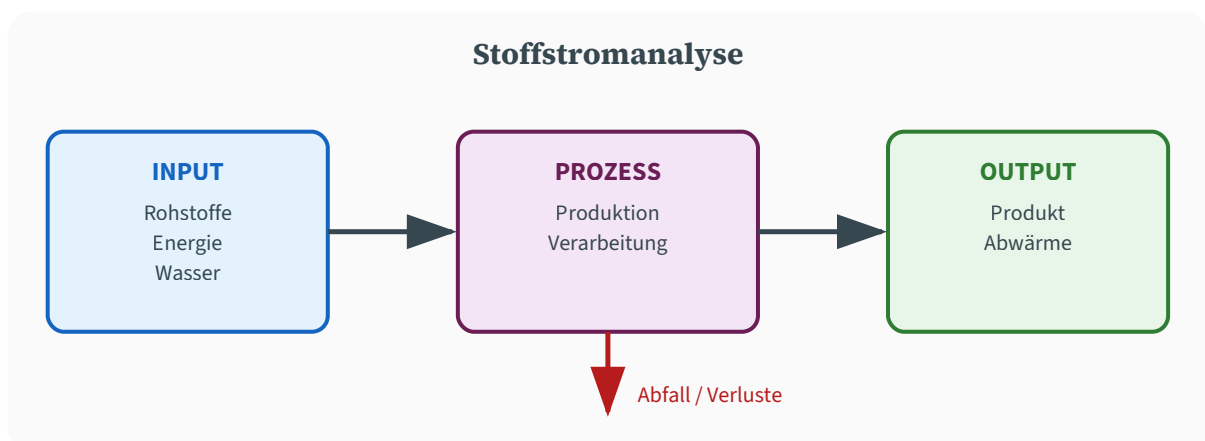


Abb. 6.7b: Stoffstromanalyse – In einem idealen Kreislauf werden Abfälle minimiert und als neuer Input zurückgeführt.

## Aluminium

### Gewinnung

Aluminium steckt im Mineral **Bauxit**, das vor allem in Australien, Guinea, Brasilien und Jamaika abgebaut wird. Pro Tonne Aluminium werden etwa 4–5 Tonnen Bauxit benötigt. Zuerst wird das Bauxit nach dem Bayer-Verfahren zu Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) aufbereitet. Dann folgt die energieintensive Schmelzflusselektrolyse: Mit elektrischem Strom wird das Aluminiumoxid bei 960 °C in reines Aluminium (Al) zerlegt. Die Umweltbelastung durch den Abbau ist erheblich – tropische Regenwälder werden gerodet.

### Nutzung

Aluminium ist leicht (Dichte: 2,7 g/cm<sup>3</sup>), formbar und korrosionsbeständig. Deshalb findet es sich überall: in Getränkedosen und Alufolie, im Flugzeugbau (Rumpf, Flügel), in Autoteilen, in Fensterprofilen, Fahrradrahmen und Verpackungsfolien. Auch Smartphone-Gehäuse und Laptop-Schalen bestehen oft aus Aluminium-Legierungen. Weltweit werden jährlich über 65 Millionen Tonnen Primär-Aluminium produziert.

### Rückführung

Aluminium ist eines der besten recycelbaren Materialien überhaupt: Es lässt sich **ohne Qualitätsverlust** beliebig oft einschmelzen. Alte Dosen, Alufolie und Bauteile werden gesammelt, sortiert, gereinigt und bei etwa 700 °C eingeschmolzen. Das Recycling-Aluminium (Sekundäraluminium) ist qualitativ identisch mit Primäraluminium. Die Schweiz hat eine Recyclingquote von rund 91 % für Aluminium-Verpackungen.

### Energieaufwand

Primäraluminium braucht enorm viel Strom: ca. 14–15 kWh pro Kilogramm (entspricht dem Strom eines Haushalts für drei Tage). Recycling-Aluminium benötigt nur 0,7 kWh/kg – eine **Ersparnis von 95 %**. Das macht Aluminium-Recycling zu einem der effizientesten Recyclingprozesse der Welt. Deshalb lohnt es sich immer, leere Dosen und Alufolie in die Aluminium-Sammelstelle zu geben.

## Kunststoff (PET)

### Gewinnung

Kunststoffe wie PET (Polyethylenterephthalat) basieren auf **Erdöl**, einem fossilen Rohstoff. Das Rohöl wird in Raffinerien durch fraktionierte Destillation aufgetrennt. Bestimmte Fraktionen werden anschliessend geknackt (Cracken) und zu Monomeren verarbeitet. Diese Monomere – z. B. Ethylen oder Terephthalsäure – werden in langen Ketten zu Polymeren verbunden (Polymerisation). Für 1 kg PET werden etwa 1,9 kg Rohöl benötigt.

### Nutzung

PET ist der meistverwendete Kunststoff für Getränkeflaschen. Er ist leicht, bruchstabil, hygienisch und gasdicht – ideal für kohlenensäurehaltige Getränke. Aber PET steckt auch in Fleece-Textilien, Verpackungsfolien, Lebensmittelbehältern und Medizinprodukten. In der Schweiz kommen täglich 3,5 Millionen PET-Flaschen in den Verkehr.

### Rückführung

PET ist gut recyclebar: Flaschen werden gesammelt, sortiert, geschreddert (PET-Flocken), gewaschen und eingeschmolzen zu rPET-Granulat. Daraus entstehen neue Flaschen (Flasche-zu-Flasche), Fleece-Jacken (aus 25 Flaschen entsteht ein Fleece-Shirt) oder Verpackungsfolien. Die Schweizer PET-Recyclingquote liegt bei über 83 % – Weltspitze. Beim mechanischen Recycling kann die Qualität mit jedem Durchgang leicht sinken (Downcycling).

### Energieaufwand

Die Produktion von 1 kg Primär-PET erzeugt etwa 2,3 kg CO<sub>2</sub>. Recycling-PET produziert nur ca. 0,6 kg CO<sub>2</sub>/kg – eine CO<sub>2</sub>-Einsparung von rund 75 %. Beim Recycling wird auch keine neue fossile Ressource verbraucht, was den ökologischen Fussabdruck deutlich senkt. Chemisches Recycling (Depolymerisation) kann sogar die Qualität vollständig erhalten, ist aber noch teurer.

 **Glas****Gewinnung**

Glas besteht hauptsächlich aus **Quarzsand** ( $\text{SiO}_2$ ), Soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) und Kalk ( $\text{CaCO}_3$ ). Quarzsand ist in der Schweiz und Europa ausreichend verfügbar. Das Gemisch wird bei ca. 1500 °C in Glasschmelzöfen erschmolzen und zu Flaschen, Gläsern oder Fensterscheiben geformt. Die Rohstoffe sind mineralisch und praktisch unbegrenzt verfügbar – das grosse Problem ist der hohe Energiebedarf beim Schmelzen.

**Nutzung**

Glas ist chemisch inert, geschmacksundurchlässig und leicht zu reinigen. Es wird für Getränkeflaschen, Konservengläser, Fensterscheiben, Laborgeräte, Brillengläser und Glasfaserkabel genutzt. Besonders im Lebensmittelbereich ist Glas wegen seiner neutralen Eigenschaften beliebt. Ein Nachteil: Glas ist schwer und zerbrechlich, was den Transport teuer macht.

**Rückführung**

Altglas wird nach **Farbe sortiert** (weiss, grün, braun), in Schmelzöfen bei über 1500 °C eingeschmolzen und zu neuen Produkten geformt. Glas ist theoretisch **unendlich recyclebar** ohne Qualitätsverlust. Die Schweizer Glasrecyclingquote liegt bei 95 %. Nicht recyclebar: Spiegel (Metallbeschichtung), Fensterglas (andere Zusammensetzung), hitzebeständiges Glas (z. B. Backformen).

**Energieaufwand**

Primärglas braucht etwa 5–8 kWh/kg. Beim Recycling sinkt der Energiebedarf um ca. 25–30 %, weil die Scherben schneller schmelzen als die Rohmischung. Zudem spart jede Tonne Altglas etwa 1,2 Tonnen Rohstoffe. Im Vergleich zu Aluminium ist die Energieersparnis durch Glas-Recycling kleiner, der Kreislauf funktioniert aber ebenfalls hervorragend.

 **Papier****Gewinnung**

Papier wird aus **Cellulosefasern** hergestellt, die hauptsächlich aus Holz gewonnen werden. Holzchips werden chemisch (Sulfit- oder Sulfatverfahren) oder mechanisch aufgeschlossen, um die Fasern zu trennen. Der entstehende Zellstoff wird gebleicht, gemahlen, auf einem Papiersieb ausgebreitet, gepresst und getrocknet. Für 1 kg Frischfaserpapier werden ca. 2,4 kg Holz und 10–20 Liter Wasser benötigt. Forstbewirtschaftung ist entscheidend für die Nachhaltigkeit.

**Nutzung**

Papier und Karton sind allgegenwärtig: Bücher, Zeitungen, Schulhefte, Verpackungen, Hygienepapier, Briefumschläge. Weltweit werden jährlich über 400 Millionen Tonnen Papier produziert. Besonders problematisch: Thermopapier (Kassenbons) ist mit BPA oder BPS beschichtet – Chemikalien, die das Hormonsystem beeinflussen können – und deshalb nicht recyclebar.

**Rückführung**

Altpapier wird im Wasser zu einem Faserbrei aufgelöst, dann durch De-Inking (Entfernen der Druckfarbe) gereinigt, auf dem Sieb neu geformt und getrocknet. Papierfasern verkürzen sich mit jedem Recyclingdurchgang und können etwa **5–7 Mal** recycelt werden. Danach sind sie zu kurz und werden zu Kompost oder in der Energiegewinnung eingesetzt. Die Schweizer Altpapier-Sammelquote liegt bei ca. 79 %.

**Energieaufwand**

Recyclingpapier verbraucht im Vergleich zu Frischfaserpapier etwa **60 % weniger Energie**, ca. 30 % weniger CO<sub>2</sub> und rund 70 % weniger Wasser. Das Holzfällen entfällt, der Zellstoffaufschluss entfällt. Zudem schützt Recyclingpapier den Wald: Eine Tonne Altpapier ersetzt 1,5 Tonnen Holz. Trotzdem hat Recyclingpapier leichte Qualitätsunterschiede zu Frischfaserpapier (weniger weiss, weniger reissfest).

## Lithium

### Gewinnung

Lithium ist das leichteste Metall und wird hauptsächlich aus **Salzseesolen** (Lithium-Dreieck: Chile, Argentinien, Bolivien) oder aus Hartgestein (Australien) gewonnen. Bei der Solengewinnung wird lithiumhaltige Salzlake in Verdunstungsbecken geleitet, konzentriert und chemisch weiterverarbeitet. Pro Tonne Lithium werden 750 000 Liter Wasser verdampft – in einer der trockensten Regionen der Welt, was zu ernsthaften Wasserknappheitsproblemen für die Bevölkerung führt.

### Nutzung

Lithium ist der entscheidende Rohstoff für **Lithium-Ionen-Batterien** in Smartphones, Laptops, Elektroautos und Heimspeichern. Ein Elektroauto-Akku enthält 8–20 kg Lithium. Mit dem Boom der Elektromobilität explodiert die Lithium-Nachfrage: Bis 2040 wird ein Anstieg um das 40-fache erwartet. Daneben findet Lithium Verwendung in der Psychiatrie (Lithiumsalze als Medikament) und in Speziallegierungen.

### Rückführung

Lithium-Recycling steckt noch in den Kinderschuhen: Aktuell werden weniger als 5 % des weltweit verwendeten Lithiums zurückgewonnen. Die Batterien werden zwar gesammelt, aber das Recyclingverfahren ist komplex und energieintensiv. Methoden wie hydrometallurgisches Recycling (Lösen in Säuren) oder direktes Recycling (Struktur erhalten) sind in Entwicklung. Bis 2030 schreibt die EU eine Mindestquote von 50 % für das Lithium-Recycling vor.

### Energieaufwand

Die Lithium-Gewinnung ist sehr energieintensiv: Allein der Transportaufwand aus Südamerika oder Australien sowie die chemische Aufbereitung erzeugen einen hohen CO<sub>2</sub>-Fussabdruck. Recycling könnte den Energieaufwand um 60–80 % senken. Ein grosses Problem: viele alte Lithium-Batterien landen im Restmüll – obwohl sie Brandgefahr darstellen. Deshalb gehören Akkus grundsätzlich zur Sammelstelle (Migros, Coop, Verkaufsstellen).



## Resin Identification Codes (RIC) – Kunststoff-Recyclingzeichen



1=PET-Flaschen 2=Shampoo-Flaschen 3=PVC-Rohre 4=Plastikfolien 5=Joghurtbecher 6=Styropor 7=Gemische

Abb. 6.8a: RIC-Codes 1–7 kennzeichnen den Kunststofftyp. Code 1 (PET) und 2 (HDPE) sind am leichtesten recyclebar.

## 6.9 Energievergleich: Primär vs. Recycling

Wie viel Energie und CO<sub>2</sub> werden beim Recycling wirklich eingespart? Schiebe den Regler und erlebe den Vergleich direkt.

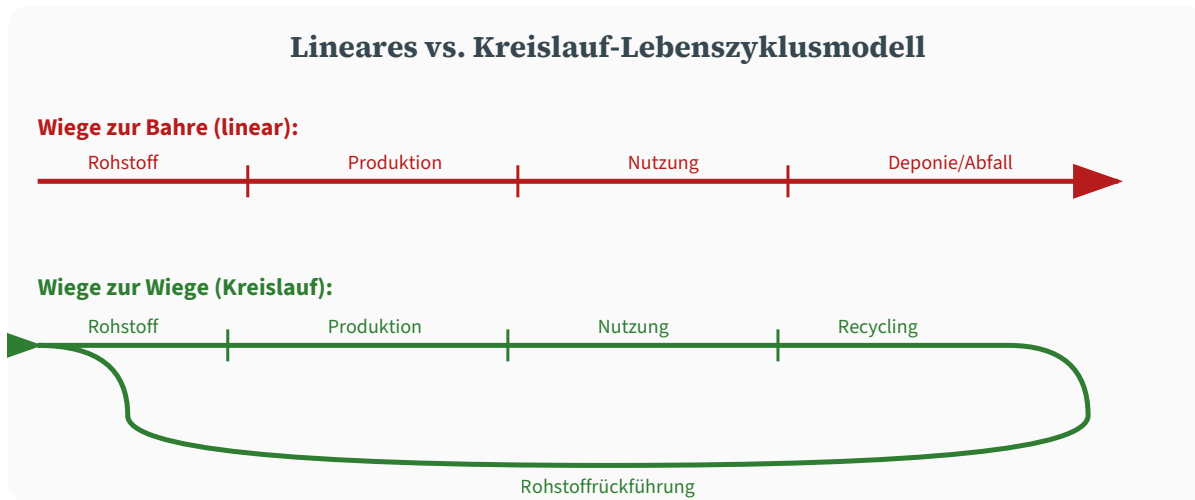


Abb. 6.9a: Wiege-zur-Bahre (linear, rot) endet im Abfall. Wiege-zur-Wiege (Kreislauf, grün) führt Materialien zurück in den Produktionsprozess.

## 6.10 Rohstoffe und Nachhaltigkeit im Alltag

Chemie steckt überall – in jedem Produkt, das du kaufst, und in jedem Abfall, den du entsorgst. Diese Boxen zeigen dir, was hinter alltäglichen Dingen steckt.

### **Im Alltag: Was steckt in deinem Handy?**

Dein Smartphone enthält über 30 Elemente aus dem Periodensystem. Kobalt (Co) für die Batterie kommt zu 70 % aus der Demokratischen Republik Kongo – oft unter schwierigen Arbeitsbedingungen. Lithium für den Akku stammt aus Salzseen in Chile und Argentinien. Indium im Touchscreen, Neodym im Lautsprecher und Tantal in den Kondensatoren sind seltene Erden, die in Bergwerken in China oder Afrika abgebaut werden. Ein einziges Smartphone verdeutlicht, wie global vernetzt die Rohstoffversorgung ist – und wie wichtig Recycling wird.

### **Im Alltag: Fast Fashion und Kleiderkonsum**

Die Schweizer Bevölkerung kauft durchschnittlich **30 kg Textilien** pro Person und Jahr – und wirft davon knapp die Hälfte nach weniger als zwei Jahren weg. Fast Fashion – billige Kleidung, die schnell unmodern wird – ist ein ökologisches Problem: Die Produktion eines einzigen T-Shirts benötigt ca. 2700 Liter Wasser. Kunstfasern wie Polyester bestehen aus Erdöl. Beim Waschen lösen sich Mikrofasern (Mikroplastik), die ins Abwasser gelangen. Kaufe bewusster: Qualität statt Quantität, Secondhand statt Neu, und bringe alte Kleider zu Texaid oder einem Brockenhaus.

### **Im Alltag: 8000 Liter Wasser für eine Jeans**

Eine einzige Jeans braucht vom Baumwollanbau bis zum fertigen Produkt rund **8000 Liter virtuelles Wasser** – das entspricht dem Trinkwasserbedarf einer Person für mehr als 21 Jahre. «Virtuelles Wasser» ist das Wasser, das für die Herstellung eines Produkts verbraucht wurde, aber im Produkt selbst nicht sichtbar ist. Baumwolle ist eine besonders wasserduurstende Pflanze: Das Aralsee-Desaster zeigt, wie die intensive Baumwollbewässerung den zweitgrössten Binnensee der Welt fast austrocknen liess.

### **Im Alltag: Food-Waste – 33 kg Essen pro Person im Müll**

In der Schweiz landen jährlich rund **33 kg Lebensmittel** pro Person im Abfall – das ist jedes dritte Lebensmittel, das produziert wird. Weltweit ist Food-Waste für ca. 8 % der globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich. Die Produktion von Nahrungsmitteln verbraucht enorme Mengen Wasser, Energie, Dünger und Land. Wenn das Essen weggeworfen wird, sind all diese Ressourcen verschwendet. Lösungen: Meal-Planning, Resteverwertung, «Hässliche Früchte» kaufen, und bei Gastrobetrieben Portionsgrössen anpassen.

### **Im Alltag: Pfandsystem Schweiz vs. Deutschland**

Deutschland hat ein gesetzliches Pfandsystem für PET-Flaschen und Dosen: **25 Cent Pfand** wird beim Kauf erhoben und bei der Rückgabe zurückerstattet. Das Ergebnis: eine Rückgabequote von über 98 %. In der Schweiz gibt es kein gesetzliches Pflichtpfand – das System funktioniert freiwillig über PET-Recycling Schweiz. Trotzdem werden über 83 % der PET-Flaschen gesammelt. Der Unterschied: In der Schweiz sind die Sammelstellen flächendeckend vorhanden und gut in die Einkaufsinfrastruktur integriert.

### **Im Alltag: Kreislauf-Textilien – Texaid und Tell-Tex**

Jährlich sammelt **Texaid** in der Schweiz rund 30 000 Tonnen Altkleider und Schuhe. Gut erhaltene Kleidung wird sortiert und geht in Secondhand-Läden oder in Entwicklungsländer. Beschädigte Textilien werden zu Putzlappen, Dämmstoffen oder industriellen Fasern verarbeitet (Downcycling). **Tell-Tex** ist ein Schweizer Pionier des textilen Recyclings: Alte Wolldecken werden aufgelöst und zu neuen Garnen gesponnen (Upcycling). Das zeigt: Auch Textilien können in einem Kreislauf gehalten werden.

### **Im Alltag: Biogas aus Küchenabfall**

In der Schweiz gibt es rund 30 Vergärungsanlagen, die Küchenabfälle und Grüngut zu **Biogas** verarbeiten. In der Kompogas-Anlage Bachenbülach (ZH) werden z. B. 37 000 Tonnen biogener Abfall pro Jahr zu Biogas und Kompost verarbeitet. Biogas besteht hauptsächlich aus Methan (CH<sub>4</sub>) und kann als Treibstoff oder zur Wärme- und Stromerzeugung genutzt werden. Das ist Kreislaufwirtschaft in reiner Form: Speisereste werden zu Energie, der Gärrest wird als Dünger auf Felder ausgebracht.

### **Im Alltag: Urban Mining – Gold aus alten Handys**

**Urban Mining** bezeichnet die Rückgewinnung wertvoller Rohstoffe aus Elektronikschrott. Eine Tonne alter Mobiltelefone enthält durchschnittlich **300 g Gold** – das ist 50 bis 80 Mal mehr als in einer Tonne Golderz! Weltweit werden jährlich über 50 Millionen Tonnen Elektroschrott erzeugt. Nur etwa 20 % davon werden fachgerecht recycelt. In Ghana (Agbogbloshie) verbrennen Kinder und Jugendliche informell Elektronikschrott, um Kupfer zu gewinnen – mit verheerenden Gesundheitsfolgen. Gib alte Geräte bei Interdiscount, Digitec oder Gemeindestellen ab.

### **Im Alltag: +30 % Abfall zu Weihnachten**

Zwischen Mitte Dezember und Ende Januar steigt die Abfallmenge in der Schweiz um rund **30 %**. Der Haupttreiber: Geschenkverpackungen. In der Schweiz werden jährlich Hunderte Tonnen Geschenkpapier, Schachteln, Polystyrol-Füllmaterial und Plastikfolien entsorgt. Viel davon landet im Restmüll, weil es Verbundmaterialien oder glänzende Beschichtungen enthält. Tipp: Zeitungspapier als Geschenkpapier verwenden, Schachteln wiederverwenden, Geschenke ohne Verpackung oder mit Stoff einwickeln (japanische Furoshiki-Technik).

### **Im Alltag: Kaffee-to-go – Gebühr für Einwegbecher**

In der Schweiz werden jährlich rund **160 Millionen Einwegkaffeebecher** verbraucht. Diese bestehen aus Karton mit einer dünnen Kunststoff-Innenbeschichtung (PE oder PLA) – ein Verbundmaterial, das kaum recyclebar ist. Viele Kantone und Städte diskutieren eine Gebühr von 20–50 Rappen pro Einwegbecher. In einigen Ländern ist die Gebühr bereits Pflicht (z. B. Deutschland: seit 2023 Pflicht zur Mehrweg-Alternative). Die Alternative: Mehrwegbecher aus Glas, Edelstahl oder Bambus-Verbund mitbringen – viele Cafés geben Rabatt.

### **Im Alltag: Mehrweg-Gemüsesäcke bei Migros und Coop**

Seit 2021 haben Migros und Coop die kostenlosen **Einweg-Plastiktragetaschen** abgeschafft. Stattdessen gibt es günstige Mehrweg-Netze und Tragetaschen aus Recyclingmaterial. Für Obst und Gemüse sind Stoff-Netze im Angebot, die tausende Male verwendet werden können. Ein Baumwoll-Netzbeutel hat eine deutlich bessere Ökobilanz als hunderte Einweg-Plastiksäcke – wenn er mindestens 50-mal genutzt wird. Das zeigt: Grosse Handelsketten haben durch kleine Massnahmen einen grossen Einfluss auf den Ressourcenverbrauch.

### **Im Alltag: E-Waste in Ghana – Agbogbloshie**

Agbogbloshie, ein Vorort von Accra (Ghana), gilt als eine der grössten informellen Elektroschrott-Deponien der Welt. Täglich werden dort Tonnen alter Computer, Monitore und Kabel – oft als «gebrauchte Waren» aus Europa und Nordamerika importiert – verbrannt, um Kupfer und andere Metalle zu gewinnen. Die giftigen Dämpfe (Blei, Quecksilber, Dioxine) zerstören die Gesundheit der Arbeiter, viele davon Kinder und Jugendliche. Das zeigt die Kehrseite unserer Wegwerfgesellschaft: Unser Elektroschrott landet oft in Ländern ohne ausreichende Entsorgungsinfrastruktur.

## 6.11 Lückentext: Nachhaltigkeit und Recycling

Fülle die Lücken aus – tippe das fehlende Wort und drücke Tab oder Enter zum Prüfen.

Endliche Rohstoffe wie Erdöl heissen \_\_\_\_\_ Rohstoffe.

Das Gegenteil einer linearen Wirtschaft ist die \_\_\_\_\_ wirtschaft.

PET-Recycling spart im Vergleich zur Neuerstellung rund \_\_\_\_\_ % CO<sub>2</sub>.

CO<sub>2</sub>-Äquivalent misst die Klimawirkung aller \_\_\_\_\_ gase.

«Graue Energie» ist die Energie, die für die \_\_\_\_\_ eines Produkts benötigt wird.

Die Schweizer Recyclingquote für Aluminium liegt bei etwa \_\_\_\_\_ %.

## 6.12 Vertiefung: Raffinerie und Sortieranlage

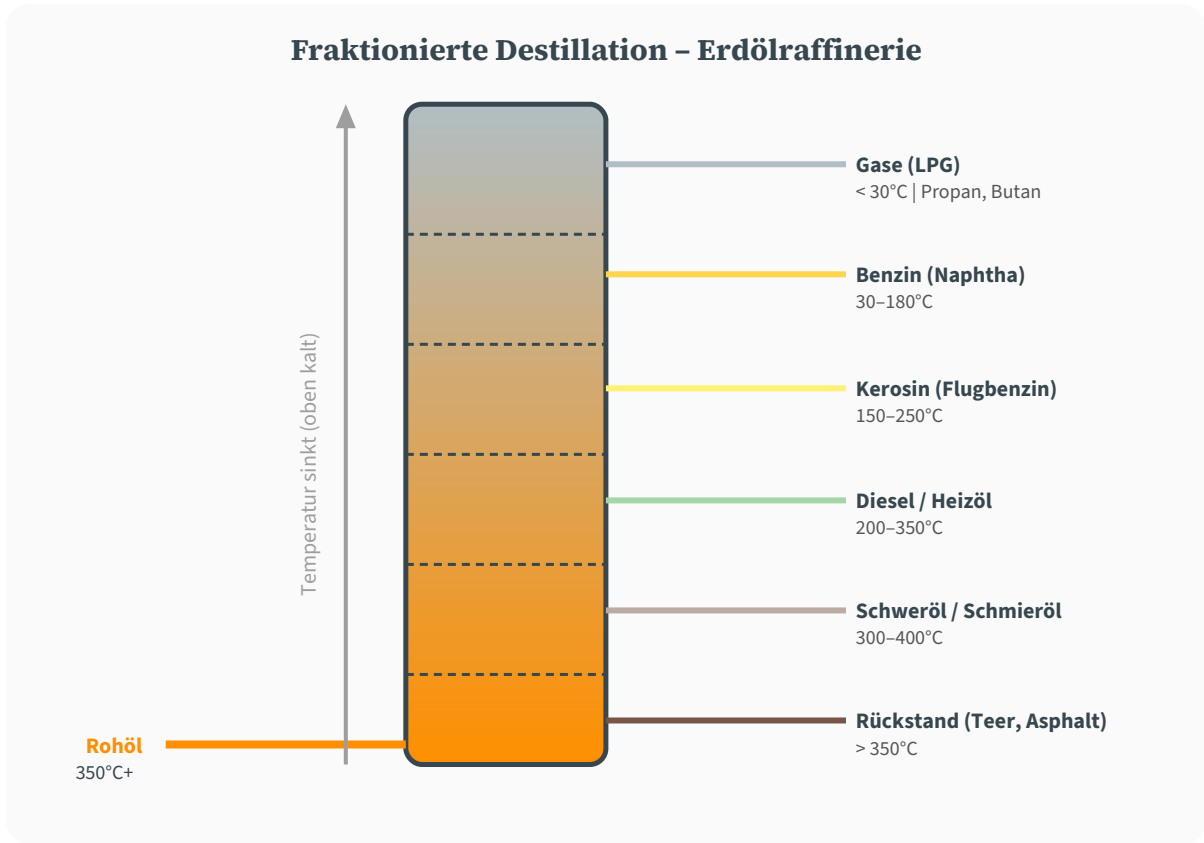


Abb. 6.12a: Fraktionierter Destillationsturm. Rohöl wird erhitzt; die verschiedenen Fraktionen kondensieren je nach Siedetemperatur auf verschiedenen Böden.

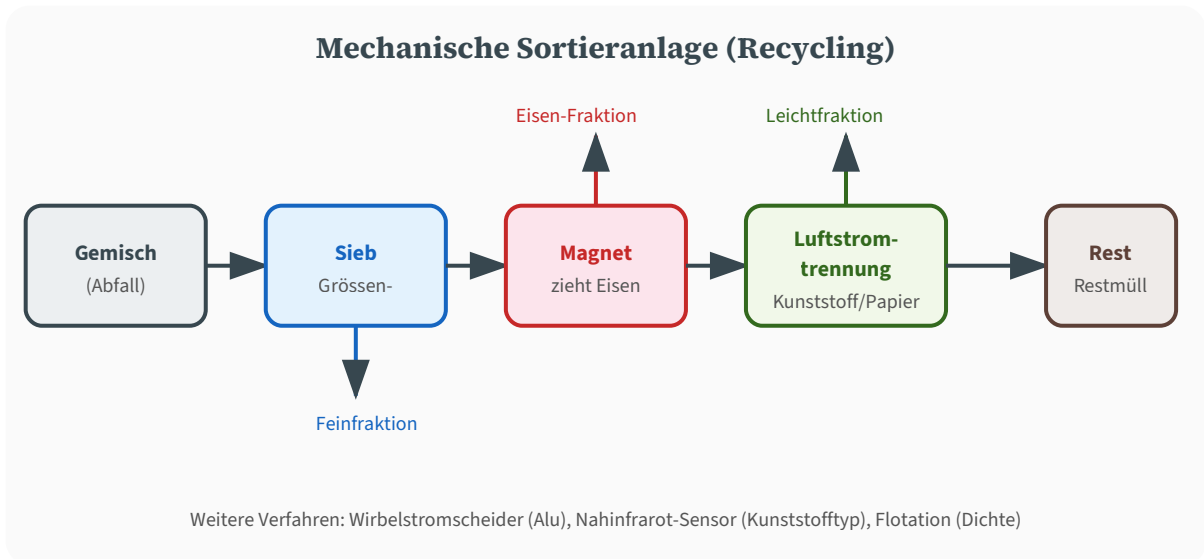


Abb. 6.12b: Vereinfachtes Schema einer mechanischen Sortieranlage. In modernen Anlagen kommen zusätzlich Wirbelstromscheider (für Aluminium) und NIR-Sensoren (Nahinfrarot, für Kunststofftypen) zum Einsatz.

## Kapitelzusammenfassung

- **Rohstoffe** sind natürlich vorkommende Stoffe, die wirtschaftlich genutzt werden. Es gibt nachwachsende, fossile und mineralische Rohstoffe.
- **Aluminium** wird aus Bauxit gewonnen (Bayer-Verfahren + Schmelzflusselektrolyse). Recycling spart 95 % Energie.
- **Erdöl** entstand über Millionen Jahre und wird durch fraktionierte Destillation in Benzin, Diesel, Kunststoffe usw. aufgetrennt.
- **Wasser** ist die wichtigste Ressource. Der **Wasserkreislauf** verbindet Verdunstung, Wolkenbildung, Niederschlag und Grundwasser. Trinkwasser muss aufbereitet werden.
- Im **Kohlenstoffkreislauf** wird Kohlenstoff zwischen Atmosphäre, Lebewesen, Boden und Ozeanen ausgetauscht. Fotosynthese nimmt  $\text{CO}_2$  auf, Zellatmung und Verbrennung setzen es frei.
- **Fossile Brennstoffe** setzen bei der Verbrennung  $\text{CO}_2$  frei und verstärken den Treibhauseffekt. Alternativen sind Solar-, Wind- und Wasserkraft sowie Wasserstoff.
- **Recycling** spart Rohstoffe und Energie. Die Kreislaufwirtschaft strebt an, Abfall als Rohstoff zu nutzen. Die Schweiz ist beim PET-Recycling weltweit führend.
- **Green Chemistry** verfolgt drei Prinzipien: Abfall vermeiden, ungiftige Stoffe verwenden, Energie sparen.

## Glossar – Wichtige Begriffe in Kapitel 6

### Rohstoff

Natürlich vorkommender Stoff, der wirtschaftlich genutzt und weiterverarbeitet wird.

---

### Nachwachsende Rohstoffe

Rohstoffe aus der belebten Natur, die sich innerhalb menschlicher Zeiträume erneuern (z. B. Holz, Baumwolle).

---

### Fossile Rohstoffe

Rohstoffe, die über Millionen Jahre aus abgestorbenen Lebewesen entstanden sind (Erdöl, Erdgas, Kohle). Nicht erneuerbar.

---

### Mineralische Rohstoffe

Rohstoffe aus der Erdkruste, z. B. Erze, Sand, Kalk, Salz.

---

### Bauxit

Aluminiumhaltiges Gestein (Erz), aus dem Aluminium gewonnen wird.

---

### Schmelzflusselektrolyse

Verfahren zur Gewinnung von Aluminium aus Aluminiumoxid durch Zersetzung in einer Salzschmelze mit elektrischem Strom.

---

### Fraktionierte Destillation

Trennverfahren, bei dem ein Gemisch (z. B. Rohöl) durch schrittweises Verdampfen und Kondensieren in Fraktionen verschiedener Siedetemperaturen aufgetrennt wird.

---

### Kohlenwasserstoff

Organische Verbindung, die nur aus Kohlenstoff (C) und Wasserstoff (H) besteht (z. B. Methan  $\text{CH}_4$ ).

---

### Wasserkreislauf

Ständiger Kreislauf des Wassers: Verdunstung → Wolkenbildung → Niederschlag → Abfluss → Grundwasser → zurück.

---

### Kohlenstoffkreislauf

Austausch von Kohlenstoff zwischen Atmosphäre, Lebewesen, Boden, Ozeanen und fossilen Lagerstätten.

---

### Fotosynthese

Aufnahme von  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  durch Pflanzen, Umwandlung in Glucose und  $\text{O}_2$  mithilfe von Lichtenergie.

---

### Zellatmung

Abbau von Glucose mit  $\text{O}_2$  zu  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  unter Freisetzung von Energie. Findet in allen Lebewesen statt.

---

### Treibhauseffekt

Erwärmung der Erde durch Treibhausgase ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  u. a.), die Wärmestrahlung zurückhalten.

---

### Kohlenstoff-Senke

Natürlicher Speicher, der CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre aufnimmt (Ozeane, Wälder, Boden).

---

### Kreislaufwirtschaft

Wirtschaftsmodell, bei dem Materialien möglichst lange im Kreislauf gehalten und Abfälle als Rohstoff genutzt werden.

---

### Upcycling

Verarbeitung eines Materials zu einem höherwertigen Produkt.

---

### Downcycling

Recycling, bei dem die Materialqualität sinkt.

---

### Green Chemistry

Ansatz der Chemie, Prozesse umweltfreundlicher zu gestalten: weniger Abfall, ungiftige Stoffe, weniger Energie.

---

### Nachhaltigkeit

Prinzip, die Bedürfnisse der heutigen Generation zu erfüllen, ohne zukünftige Generationen zu gefährden.

---

### Elektrolyse

Zersetzung eines Stoffes durch elektrischen Strom (z. B. Wasser in H<sub>2</sub> und O<sub>2</sub>).

---

Re:aktiv – Lehrmittel Chemie 8. Klasse Kapitel 6: Stoffe als globale Ressource Sekundarschule Basel-Landschaft | Lehrplan 21 NT.3.3

Re:aktiv

Lehrmittel Glossar Lernkarten Datenschutz Impressum

Lehrplan 21 BL · Fachbereich NT

Ein Projekt von Lucca Spohn · © 2025/26