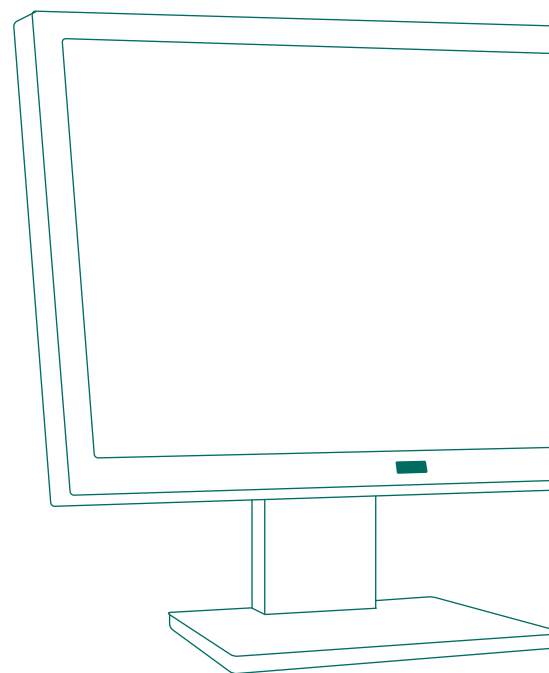


Handreichung Gold

Diese Handreichung zum Element Gold zielt auf die Erstellung einer Stoffgeschichte zu Gold. Dazu werden Texte und Recherchehinweise zu fünf ausgewählten Themen bereitgestellt, anhand welcher die SchülerInnen wesentliche Fakten und Aspekte zu Gold herausarbeiten sollen. Erst alle Informationen zusammen ergeben, in einen Strukturbaum eingetragen, ein umfassendes Bild zum Lebenszyklus von Gold: dessen Abbau, Geschichte, Anwendungen, Auswirkungen auf die Umwelt und der besonderen Ambivalenz zwischen einem als unkritisch betrachteten Material, das dennoch Bargeldreserve und eines der begehrtesten Schmuckmaterialien weltweit ist.

Das Handbuch Band 1 bietet weitere Informationen und Recherchehinweise zu den einzelnen Informationsblöcken.



Inhaltsverzeichnis

Arbeitsmaterialien G1: Artisanaler Bergbau - Kleinbergbau	2
Arbeitsmaterialien G2: Der hochtechnisierte Bergbau - die Grenzen des technisch Möglichen sind erreicht	3
Arbeitsmaterialien G3: Gold von der Frühzeit bis heute - um welche Mengen es geht	4
Arbeitsmaterialien G4: Wofür Gold heute genutzt wird - Von Naheliegenderem und sehr Besonderem	5
Arbeitsmaterialien G5: Recycling von Gold	6
Arbeitsmaterialien G6: Strukturbaum Vorlage	7
Arbeitsmaterialien G6: Strukturbaum mit Musterlösung	8

Herausgeber: Universität Augsburg, Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung (AMU), Universitätsstr. 1a, 86159 Augsburg
Kontakt Projektleitung: Dr. Marietta Menner, Tel. +49 821 598 - 3598, E-Mail: marietta.menner@amu-uni-augsburg.de
Kontakt Sekretariat: Andrea Kandler, Tel. +49 821 598 - 3590, E-Mail: andrea.kandler@amu-uni-augsburg.de
Web: www.flatscreenjourney.de und www.uni-augsburg.de/de/forschung/einrichtungen/institute/amu/bildung/school_lab/
Stand: Januar 2021
Weitere Informationen und Erläuterungen sind den Handbüchern zu entnehmen, die als Download unter www.flatscreenjourney.de verfügbar sind.

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

UNIA
Universität
Augsburg
University

Arbeitsmaterialien G1:

Artisanaler Bergbau – Kleinbergbau

ANLEITUNG:

Lies den Text durch und trage die entsprechenden Informationen in den Strukturbaum ein. Weitere Informationen findest Du in Handbuch Band 1 sowie in den Recherchehinweisen.

Jährlich werden etwa 4.500 t Gold, davon 3.200 t aus dem Bergbau (Primärförderung genannt) und 1.300 t aus dem Recycling, der sogenannten Sekundärproduktion, produziert. Der Anteil des Kleinbergbaus an der Primärförderung beträgt etwa 700 t/Jahr. (Achtung: diese Beschreibung ist sehr vereinfacht und es gibt noch viele weitere Details zum Abbau. Dies würde hier jedoch zu weit führen.)

Kleinbergbau wird in der Fachsprache ‚artisanaler Bergbau‘ genannt (Englisch: artisanal small scale mining, kurz: ASM). Dahinter verbirgt sich diejenige Art von Bergbau, bei der Menschen von Hand Rohstoffe abbauen. Meist haben sie dazu weder adäquates Werkzeug noch Schutzausstattung oder angemessene Kleidung. Auch wenn diese Bedingungen oft miserabel sind, bietet dieser Kleinbergbau überhaupt eine Möglichkeit, Einkommen zu erwirtschaften. Dabei hilft manchmal die ganze Familie. Es ist jedoch nicht gesagt, dass regelmäßig Gold gefunden wird, sodass das Einkommen stark schwankt. Nur wenn die Arbeiter Gold finden, können sie es verkaufen. Doch auch für dieses Gold erhalten sie meist nur sehr geringe Preise. Es wird geschätzt, dass weltweit etwa 10-15 Mio. Menschen mit dem artisanalen Abbau von Gold ihren Lebensunterhalt verdienen. Deshalb sollte und kann der Kleinbergbau nicht einfach verboten werden. Vielmehr sollten die Arbeitsbedingungen dahingehend verbessert werden, dass die Arbeiter mindestens eine einfache Schutzausstattung, Werkzeug und eine faire Bezahlung erhalten. Diese Grundbedingungen sollten ausreichend Einkommen ergeben, sodass die Arbeiterkinder die Schule besuchen können und eine medizinische Grundversorgung bezahlbar wird.

Ein weiteres Problem, das v.a. die Förderung von Gold betrifft, sind die noch weit verbreiteten und völlig unsachgemäßen Gewinnungsmethoden: Gold hat den Vorteil gegenüber anderen Metallen, dass es gediegen, d.h. in Reinform, beispielsweise als Goldklumpen (Nugget), in der Natur vorkommen kann. Durch Jahrmillionen dauernde tektonische Prozesse wie Gebirgshebungen oder Senkungen gelangen goldhaltige Gesteinsschichten an die Erdoberfläche. Die Erosion führt nun dazu, dass die Gesteine zerkleinert und die Goldklümpchen freigelegt werden. Mit dem nächsten Nie-

derschlag gelangen diese Klümpchen dann talwärts in die Flüsse. Dort lagern sie sich in Ufernähe ab. Folglich kann man meist an den Ufern von Flüssen solche Goldklumpen aus dem Ufersand auswaschen. Dazu benötigt man nur eine tellerähnliche metallene Waschkübel und viel Wasser. Am Schluss bleiben kleine Goldklümpchen, Sand und andere Verunreinigungen übrig. Wenn jetzt Quecksilber zu diesem Brei dazu gemischt wird, verbindet sich das Gold mit dem Quecksilber. Das Quecksilber kann dann mit einer offenen Flamme verdampft werden und das reine Gold bleibt übrig. Dieses an sich recht einfache und billige Verfahren wird Amalgamierung genannt, aber es birgt große Gefahren, weil Quecksilber sehr giftig ist: für die Menschen, die Tiere und die Umwelt. Viele Kleinbergbauern fassen Quecksilber mit der bloßen Hand an und verdampfen die Quecksilber-Gold-Klumpen oft in ihren Küchen und Häusern. Dann setzt sich der Dampf an den Wänden ab, sodass die giftigen Partikel von dort langsam aber ständig an die Luft abgegeben werden. So vergiften sich die Menschen langsam immer mehr. Weggeschüttetes Quecksilber gelangt in die Flüsse, wo Fische erkranken, oder in Böden, sodass das Gift in die landwirtschaftlichen Produkte übergeht. Meist wissen die Menschen nicht, dass es einfache Hilfsmittel und Methoden gibt, wie das Quecksilber zu handhaben ist, ohne dass es Mensch und Natur vergiftet. Hierzu haben weltweit viele Organisationen begonnen die Kleinbergbauern zu schulen.

Dies ist nur ein Beispiel für die Gefahren beim Kleinbergbau, der noch viele weitere Einzelprobleme birgt. Wenn jedoch jedes einzelne betrachtet wird, zeigen sich für die meisten Probleme auch Lösungen.

INTERNET-RECHERCHETIPPS:

Die Organisation Artisanal Gold Council stellt viele gute Informationen für Kleinbergbauern zusammen und bietet für diese auch Hilfsprojekte an. Im Internetauftritt gibt es zahlreiche Bilder, Informationen und Projektbeispiele - allerdings in englischer Sprache.

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe bietet umfangreiche, deutschsprachige Informationen mit den Schlagworten: BGR BUND, Gold, Kleinbergbau.

Arbeitsmaterialien G2:

Der hochtechnisierte Bergbau – die Grenzen des technisch Möglichen sind erreicht

ANLEITUNG:

Lies den Text durch und trage die entsprechenden Informationen in den Strukturbaum ein. Weitere Informationen findest Du in Handbuch Band 1 sowie in den Recherchehinweisen.

Jährlich werden etwa 3.200 t Gold gefördert. Etwa 2.500 t davon werden im hochtechnisierten Bergbau gewonnen, den es in zwei Varianten gibt: den Tagebau und den Untertagebau. Die Förderung von Gold erreicht bei beiden Varianten Rekorde: die Grasberg Mine in Papua Neuguinea, in der v.a. Gold und Kupfer abgebaut werden, ist einer der größten Tagebaue der Welt; in Südafrika wird Gold in den tiefsten Untertage-Bergwerken der Welt abgebaut.

Beide Bergwerksarten erfordern einen gewaltigen Einsatz von Maschinen, Energie, Logistik, Know-how und Personal. Im Tagebau werden meist zuerst Sprengstoffe benötigt, um die Gesteine in Blöcke zu zerkleinern, welchen von Baggern auf Muldenkipper verfrachtet werden können. Im Untertagebau sind die Verfahren vergleichbar, auch wenn hier die Maschinen andere sind und die Gesteine schon so zerkleinert werden, dass sie mit Aufzügen an die Erdoberfläche transportiert werden. An der Oberfläche werden die Gesteinsbrocken meist neben der eigentlichen Grube in großen Brechern weiter zerkleinert, um die weitere Verarbeitung und Sortierung zu vereinfachen. Wasser und Chemikalien helfen zudem, unerwünschte Stoffe abzutrennen. Danach wird das goldhaltige Material in Gesteinsmühlen fein gemahlen, um anschließend die eigentliche Gewinnung von Gold durchführen zu können. Hierzu werden wiederum Chemikalien und Energie benötigt. Insgesamt erfordert also der technische Bergbau eine Fülle an Betriebsstoffen wie Diesel, Schmieröle, Hydrauliköle aber auch elektrische Energie für die Brecher, Gesteinsmühlen und Förderbänder, Dynamit, Wasser und Chemikalien. All dies erzeugt Emissionen, Abfälle und Abwässer, welche die Umwelt belasten können, vor allem, wenn sie nicht richtig eingesetzt werden.

Bei der Gewinnung von Gold werden zudem oft das giftige Quecksilber und Zyanid eingesetzt, mit dem besonders sorgsam umgegangen werden muss, um Vergiftungen von Mensch und Natur zu verhindern. Meist haben Anlagen dieser Größe entsprechende Schutzvorrichtungen eingebaut, um die giftigen Abfälle nach den Regeln der Technik zu entsorgen. Jedoch

gibt es immer wieder Unfälle, bei denen Menschen und die Umwelt zu Schaden kommen.

In der Grasberg Mine hat die gewaltige Grube, die man sich wie einen Trichter vorstellen kann, an der Talsohle nun eine so kleine Fläche erreicht, dass dieser Tagebau nicht mehr weiter betrieben werden kann. Dieser Trichter hat oben einen Durchmesser von knapp 3 km, unten etwa 300 m und ist über 300 m tief. Ab dem Jahr 2020 wird nun die Förderung sukzessive in einen Untertagebetrieb umgebaut.

In Südafrika hingegen hat der Untertagebau inzwischen Tiefen von bis zu 4.000 m erreicht. Wegen einer geologischen Besonderheit herrschen dort anstelle von ‚normalerweise‘ ca. 100-120° C ‚nur‘ bis zu 50° C. Nur diese Anomalie erlaubt so einen tiefen Bergbau, bei dem jedoch die Gänge und Maschinen gekühlt werden müssen. Im meist heißen Südafrika ist dies eine technische Herausforderung, die große Mengen an Energie und Wasser benötigt. Beides ist dort Mangelware und die Energie wird meist von Kohlekraftwerken bereitgestellt, die ihrerseits die Umwelt belasten. Zusätzliche Probleme wie geringere Gehalte an Gold in den Gesteinen belasten seit Jahren den (Gold)Bergbau in Südafrika, sodass die Fördermengen seit einigen Jahren zurück gehen. Was hier nun eher gut für die Umwelt ist, bedeutet aber auch schlechtere Einkommenschancen für die Menschen.

INTERNET-RECHERCHETIPPS:

Mit dem Programm Google Earth (Suchbegriff: Grasberg gold copper mine) kann man die gewaltige Grasberg Mine gut betrachten, die sich von der Bergspitze bis zum Hafen zieht. Es sind sogar die einzelnen Minen-Trucks, Bagger und andere technische Anlagen gut zu erkennen (weit hineinzoomen). Ein guter Vergleich ist der Blick auf die tiefste Untertagemine TauTona (Suchbegriff: TauTona Mine, Carletonville) in Südafrika. Neben einer Industrieanlage ist keine Grube, sondern nur ein kleinerer Berg mit Abraum zu sehen. Der Schattenwurf des hohen Förderturms verrät den Eingang zur Untertagemine.

Arbeitsmaterialien G3:

Gold von der Frühzeit bis heute – um welche Mengen es geht

ANLEITUNG:

Lies den Text durch und trage die entsprechenden Informationen in den Strukturbaum ein. Einige Aufgaben sind Rechenaufgaben, bei denen ein paar grundlegende Formeln benötigt werden. Weitere Informationen findest Du in Handbuch Band 1 sowie in den Recherchehinweisen.

Gold ist schon seit Jahrtausenden ein begehrtes, wertvolles Metall. Bis heute gilt Gold als Zeichen des Reichtums und der Macht und wird nach wie vor als Schmuck zur Schau getragen. Das verdankt Gold mehreren Besonderheiten: Gold kommt gediegen (in Reinform) vor, d.h. es kann als Goldklumpen in der Natur gefunden werden und braucht dann nicht mit technischen Verfahren aus einem Erz gewonnen werden. Zudem lässt sich Gold relativ leicht bearbeiten und legieren,

sodass es sich sehr gut zur Schmuckherstellung eignet. Und dann ist Gold natürlich recht selten und damit sehr wertvoll.

Die gesamte Menge an Gold, die weltweit je gefördert wurde, wird auf etwa 190.000 t geschätzt. Die aktuellen Jahresproduktionen liegen bei etwa 3.500 t aus der Primärförderung und zusätzlich etwa 1.200 t aus dem Recycling.

AUFGABEN:

1. Suche in der Tageszeitung oder im Internet den tagesaktuellen Preis für Gold. Achte dabei auf die Währung; oft wird Gold als Dollar-Preis angegeben.
2. Rechne aus, welches Volumen das Gold hat (Kantenlänge eines Würfels):
 - a. Alles jemals geförderte Gold (190.000 t)
 - b. Jahresproduktion (3.500 t)
 - c. Recyceltes Gold (1.200 t)
3. Welchen Wert hat die Jahresproduktion von Gold?
 - a. Suche dazu den aktuellen Goldpreis.
 - b. Wie viel kostet ein Gramm Gold?
 - c. Wie viel Wert hat die Jahresproduktion (3.500 t)?
4. Eine olympische Goldmedaille wiegt heute ca. 500 g und enthält 6 g Gold; der Rest ist überwiegend Silber. Wie hoch ist also der Materialwert dieser Medaille? Bis 1912 war eine olympische Goldmedaille noch aus purem Gold, wog aber nur 23 g.

RECHERCHETIPPS UND HINWEISE ZUR LÖSUNG:

- Zu 1.** Wenn kein solcher Preis verfügbar ist, nutze € 1.800 je Feinunze für die weiteren Berechnungen.
- Zu 2.** Nutze die spezifische Dichte von Gold, um das Gewicht in eine Länge umzurechnen.
- Zu 3.** Achte darauf, dass der Goldpreis sich auf eine Feinunze (ca. 31,1 g) bezieht, die Fördermengen aber meist in Tonnen angegeben werden. Rechne die Jahresproduktion in Gramm um und teile den Wert durch 31,1 g. Multipliziere diesen Wert mit dem tagesaktuellen Preis von Gold.
- Zu 4.** Nutze für Silber den Wert von € 750 für 1 kg Silber.

LÖSUNGEN G3:

2a. 21,42 m³, **2b.** 5,65 m³, **2c.** 3,96 m³, **3a.** z.B. € 1.800, **3b.** 57,88 €/g, **3c.** ca. € 200 Mrd., **4.** € 792,78

Arbeitsmaterialien G4:

Wofür Gold heute genutzt wird – Von Naheliegenderem und sehr Besonderem

ANLEITUNG:

Lies den Text durch und trage die entsprechenden Informationen in den Strukturbaum ein. Weitere Informationen findest Du in Handbuch Band 1 sowie in den Recherchehinweisen.

Neben der Verwendung als Schmuck wurde und wird Gold auch als Zahlungsmittel genutzt. Heute ist jedoch ein Goldtaler wie der Krügererrand mit dem Gewicht von einer Feinunze (ca. 31,1 g) knapp € 2.000 wert, sodass er als tägliches Zahlungsmittel natürlich nicht genutzt wird. Meist sind Goldmünzen eine Geldanlage oder Notreserve.

Überlege, welche weiteren Anwendungen Gold haben könnte und trage die Wesentlichen in den Strukturbaum ein.

INTERNET-RECHERCHETIPPS:

Viele Anwendungen für Gold lassen sich wohl allein durch Überlegen finden. Allerdings gibt es auch sehr ungewöhnliche Anwendungen. Suche dazu im Internet mit den Schlagworten „Gold essen“ und „teuerster Eisbecher der Welt“.

LÖSUNGEN G4:

Hier einige weitere Anwendungen von Gold: Zahnmedizin, Elektronik (vergoldete Kontakte in Smartphones, Flat-screens, Computern ...), Geschirr und Besteck mit Goldrand, Kunstwerke, Schmuck (Kettchen, Anhänger, Ohrringe, Fingerringe ...), Blattgold, das Künstler zur Vergoldung von Bilderrahmen oder Kunstwerken nutzen. Das Restaurant Serendipity 3 in New York bietet mit dem „Golden Opulence Sundae“ den teuersten Eisbecher der Welt an; er kostet über US\$ 1.000 und enthält neben teuersten Schokoladen auch essbares Gold. Es gibt auch essbare (Blatt) Goldflocken, mit denen Speisen vergoldet werden können. Was hältst Du davon, Gold zu essen? Vor allem wenn bekannt ist, unter welchen schwierigen Bedingungen Gold gewonnen wird?

Arbeitsmaterialien G5: Recycling von Gold

ANLEITUNG:

Lies den Text durch und trage die entsprechenden Informationen in den Strukturbaum ein. Weitere Informationen findest Du in Handbuch Band 1 sowie in den Recherchehinweisen.

Gold ist eines der teuersten Materialien und es ist als Metall praktisch beliebig oft recycelbar. Deshalb lohnt sich das Recycling von Gold und schon heute wird etwa $\frac{1}{4}$ des Jahresbedarfes an Gold durch Recycling gewonnen. Die beiden hierzu genutzten Recyclingverfahren sind im Prinzip einfach, wenngleich dazu spezielle Maschinen nötig sind.

Gold, das recycelt werden soll, wird Scheidegut genannt. Das sind beispielsweise Schmuck oder goldhaltige Abfälle aus der Elektronikindustrie, welche hohe Anteile an Gold haben, aber auch Verunreinigungen beinhalten. Zunächst wird dieses Scheidegut geschreddert, gemahlen und gesiebt. Anschließend wird es entweder in einem Pyrolyse-Verfahren oder einem nass-chemischen Aufschluss-Verfahren weiterverarbeitet. In der Pyrolyse erfolgt eine Kombination von Veraschung des Scheideguts bei sehr hohen Temperaturen und dem anschließendem Einschmelzen des goldhaltigen Materials. Mit dem nass-chemischen Verfahren wird das Gold aus dem Scheidegut mit Königswasser (einer sehr starken Säure) aufgelöst, reduziert und mittels Elektrolyse wieder zu reinem Gold umgewandelt.

Nun wird zwar recht viel Gold recycelt, aber wo bleibt all das andere Gold? In Verlauf der Menschheitsgeschichte wurden insgesamt schätzungsweise 190.000 t Gold gefördert. Überlege, wo sich dieses Gold heute befinden könnte.

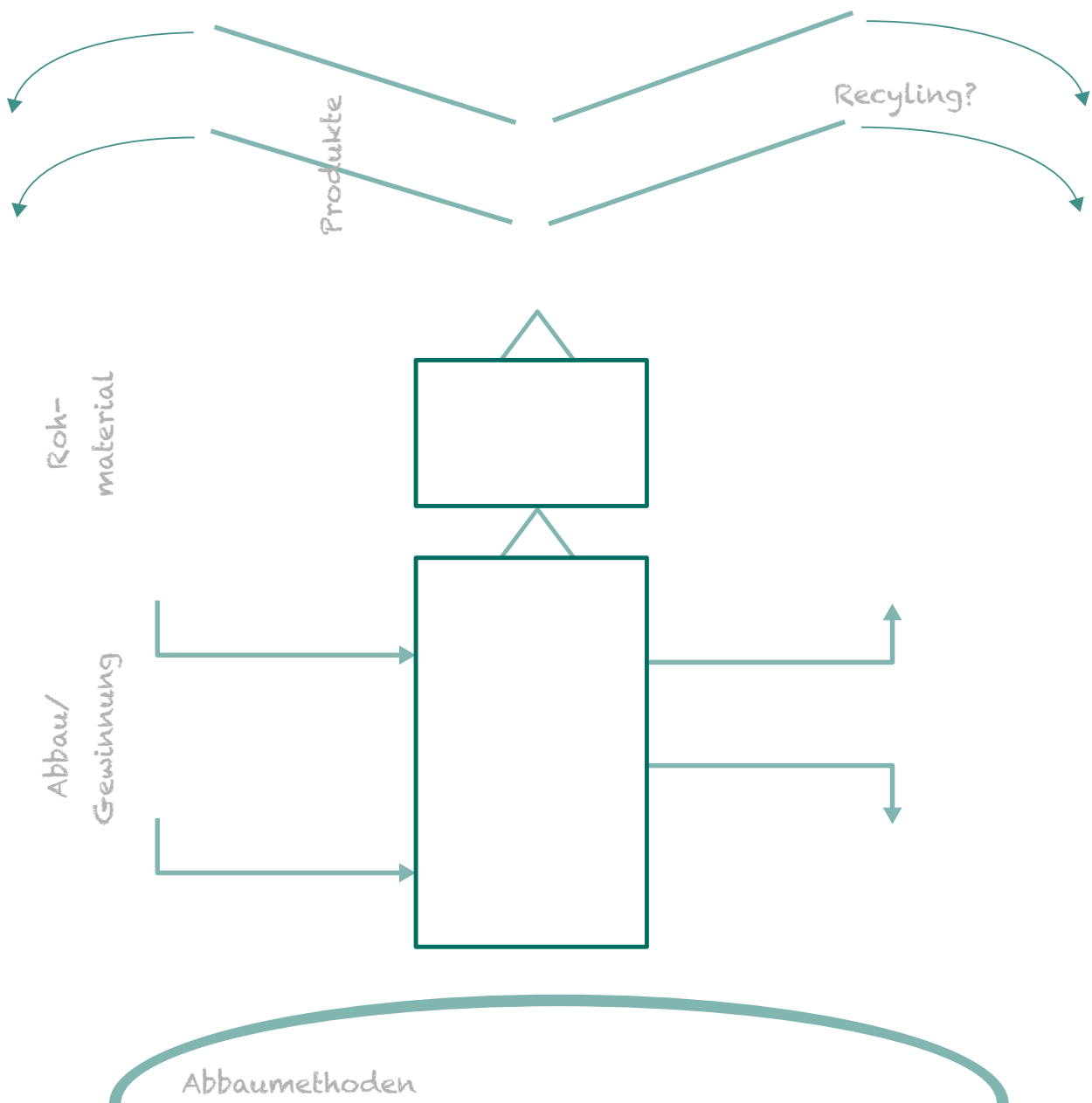
INTERNET-RECHERCHETIPPS:

Im Internet gibt es gute Informationen mit den Suchbegriffen „Gold Recycling“. Auch der Suchbegriff „Scheideanstalt“ führt zu den Recyclingbetrieben, welche viele Informationen zu den Edelmetallen, Preise und Recyclingverfahren bereitstellen.

LÖSUNGEN G5:

Der Verbleib von all dem Gold ist nicht bekannt. Aber Einiges ist wahrscheinlich oder teilweise bekannt. Zum Beispiel: Sehr viel Gold lagert als Währungsreserve in schwer gesicherten Tresoren der Welt, auch wenn die Banken die genaue Menge nicht bekannt geben. Münzen und Schmuck haben viele Menschen zu Hause oder in Tresoren der Bank. Schmuck und Münzen werden oft an die Nachkommen vererbt. Kunstwerke in Museen enthalten Gold, und einige Menschen tragen Gold in Form von Schmuck und Zahngold ...

Arbeitsmaterialien G6: Strukturbaum Vorlage



Arbeitsmaterialien G6: Strukturbaum mit Musterlösung

