



AB 1 FAKTEN-CHECK GOLD

Gold ist ein gelbglänzendes Metall und bildet mit Silber und Kupfer die Gruppe der Münzmetalle. Seit mindestens 6 Jahrtausenden wird als ritueller Schmuck und als Zahlungsmittel genutzt. Die Gier nach Gold bietet Anlass zu Raubzügen und Krieg.

Gold kommt auf der Erde vorwiegend gediegen, das heißt in elementarer, metallischer Form vor. Der Goldanteil in der kontinentalen Erdkruste beträgt 4 ppb, also etwa 4 Gramm pro 1000 Tonnen Gestein. Der Anteil schwankt je nach Region – in Lagerstätten, die abgebaut werden, liegt der Goldanteil oft bei mehreren Gramm pro Tonne. Es findet sich in primären Rohstoffvorkommen als goldhaltiges Gestein (Golderz) sowie in sekundären Vorkommen bspw. in Seifen-Lagerstätten.

Etwa 43 % des 2017 geförderten Goldes stammen aus China, Australien, den USA, Russland und Kanada. Die tiefsten Goldbergwerke weltweit befinden sich in Südafrika. Dort wird Gold fast 4000 Meter unter der Erdoberfläche abgebaut. Das Bergbauunternehmen AngloGold Ashanti errichtet Schächte in bis zu 5000 Metern Tiefe.

2016 fielen rund 17 % der geförderten Goldmengen als Nebenprodukt bei der Raffination anderer Metalle wie Kupfer, Nickel oder der anderen Edelmetalle an, sodass unter Umständen erst die Gewinnung von Gold als Nebenprodukt die Ausbeutung anderer Lagerstätten wirtschaftlich macht.

Gold ist als reaktionsträges Metall beständig gegen Korrosion. Es ist besonders dehnbar (duktil) und kann daher zu hauchdünnen Folien ausgezogen werden. In 2020 wurden etwa 3500 Tonnen geförderten – 50 % wird als Geldanlage verwendet, 40 % wurde zu Schmuck verarbeitet und 8 % wurden von der Industrie nachgefragt. Aber es wird noch in vielen weiteren technischen Bereichen verwendet. Wichtig sind auch die zahlreichen Goldlegierungen mit weiteren metallischen Elementen (Blei, Kupfer, Platin etc.) die entsprechend ihren Eigenschaften eine breite Verwendung finden.

AUFGABEN:

1. Recherchieren Sie zum Werkstoff Gold und seinen vielseitigen Verwendungen.
2. Ergänzen Sie die Tabelle.

Bereich	Verwendet in / als...
Schmuck, Deko	
Medizin	
Lebensmittelindustrie	
Wertanlage	
Elektronik	
Nanotechnologie	
Spiegelbeschichtung	
Messtechnik	

Der Goldpreis gilt als Konjunkturindikator der Weltwirtschaft. Für eine Feinunze (31,3 g) Gold wurden 2021 1815 US Dollar gezahlt.

AB 2 INFO BLATT PRODUKTION VON GOLD

Abbau am Beispiel des Goldbergwerks bei Karibib im Westen von Namibia, Afrika

Im Gegensatz zu den meisten anderen Metallen kommt das chemisch inerte Gold meist gediegen vor. Es muss nicht durch Reduktion aus Erzen gewonnen werden. Es wird zunächst mechanisch aus dem Gestein gelöst. Da Gold aber chemisch kaum reaktiv ist und nur schwierig in lösliche Verbindungen überführt werden kann, sind spezielle Verfahren zur Goldgewinnung nötig.



AUFGABEN

3. Recherchieren Sie die Verfahren zur Extraktion des Goldes.
4. Erläutern Sie die Begriffe duktil, gediegen, Feinunze und Nugget.
5. Was hatte es mit dem „Goldtausch“ auf sich?

Umweltauswirkungen

Viele der heutigen Minen enthalten fast nur noch Gold in Spuren enthalten. Zur Produktion eines einzigen Goldrings fallen daher bis zu 20 Tonnen Schutt an. Das führt zur Zerstörung ganzer Landschaften. Beträchtliche Mengen von hochgiftigem Quecksilber, schon bei der Goldgewinnung mit ausgeschwemmt oder beim Verdampfen wissentlich in die Umwelt freigesetzt, vergiften zudem große Gebiete und Flussläufe dauerhaft. Da Goldgewinnung oft improvisatorische Züge trägt und fernab von effektiver behördlicher Überwachung stattfindet, werden Umweltaspekte häufig untergeordnet behandelt oder ignoriert. Es kommt oft zu Konflikten zwischen den Goldschürfern und der einheimischen Bevölkerung. Jedoch gibt es erste Projekte ökologischen Goldabbaus, wie das *Oro Verde* in Kolumbien. Für Barren, deren Gold aus dieser Mine stammt, wurde im Februar 2011 erstmals das Fair-Trade-Siegel vergeben.

Recycling Gold ist sehr gut wiederverwendbar. Durch Urban Mining (u.a. E-Geräte von Recyclingstationen, Dental- und Schmuckverarbeitungsabfällen, Galvanik- und Klärschlammaschen (mit bis zu 0,3 Gramm Gold pro Tonne Klärschlamm Schlacke), Shredderfeinsande, Katalysatoren etc.) gelangen die metallhaltigen Schrotte in die Sekundärkreisläufe.

Durch verschiedene Recyclingverfahren werden vor allem die werthaltigen Metalle Gold, Silber, PGM, Kupfer und die sogenannten strategisch bedeutsamen Metalle (die für E-Mobilität und Digitalisierung wichtig sind) zurückgewonnen. Die Wiederaufbereitung stellte 2016 rund 30 % des gesamten Goldangebots.

Die Multi-Metall-Gewinnung, die u.a. von Degussa, Umicore, ESG und Aurubis AG vollzogen wird, kombiniert mechanische, pyro- und hydrometallurgische Verfahren zur Auftrennung komplexer Sekundärrohstoffe, wie bspw. Schlacken, Stäube, Leiterbahnen und Platinen, um die besonders werthaltigen Elemente zu gewinnen. Gold wird häufig aus Anodenschlämmen gewonnen, die bei der Raffination anderer Metalle, vor allem von Kupfer, zurückbleiben. Der bei der Elektrolyse des Kupfers entstehende Anodenschlamm hat beispielsweise einen Silbergehalt von 45 bis 50 %. Das Silber wird aufgereinigt und seinerseits zu Elektrolyse-Anoden gegossen. Bei deren Raffination fällt im sich unter der Anode ansammelnden Schlamm Gold, Platin und Palladium an. Dieser Schlamm wird in einer Wertmetallaufbereitung durch die elektrolytische Raffination zur maximalen Ausbeute und Reinheit von Gold weiterverarbeitet. Kupfererze enthalten oft so viel Edelmetalle, dass Kupferhersteller damit bedeutende Nebenerlöse erzielen.

AB 3 Schadstoffe und Einflussparameter am Beispiel GOLD – aus Gestein oder recycelt aus E-Schrott?

Vor dem Hintergrund zunehmender Ressourcenverknappung, Umweltverschmutzung und weltweiten klimatischen Veränderungen gewinnen nachhaltige Produktionstechnologien und Änderungen im Konsumverhalten allen wirtschaftlichen, sozialen und politischen Bereichen an Bedeutung. Life Cycle Assessment (LCA) ist ein methodisches Gerüst, um Produkte, Materialien und Dienstleistungen zu analysieren, um ihre Einflüsse auf Gesundheit, Umwelt und Ressourcenverbrauch zu ermitteln.

Die drei genannten Einflussgrößen stellen die Endpunkte des LCA dar. Sie resultieren aus elf Schadenskategorien, die die relevanten Umweltkompartimente (Lebewesen, Boden, Wasser, Luft) mit den Schadstoffeinträgen (Stoffe, Strahlung, Lärm) sowie deren Migration betrachten. Mineralische und fossile Ressourcen als auch Flächen- und Wasserbedarfe werden ebenso berücksichtigt wie die Emissionsfracht aller untersuchten Subsysteme.

Diese Schadenskategorien werden im LCA (Life Cycle Inventory; LCI) mit Hilfe der Materialangaben, der angewandten Verarbeitungsprozesse, den Energieeinträgen und der Entsorgungsrouten berechnet. Durch Stoffstromanalysen mit dem SimaPro5-Tool gelingt eine ÖKOBILANZ.

Am Beispiel des Metalls GOLD soll für die Menge von 0,1 kg die Umweltbelastungen ermittelt werden, wenn (1) das Metall aus dem Rohgestein gewonnen wird oder (2) zu 100 % recyceltem E-Schrott aufbereitet wird.

In der Tabelle sind zum einen die für eine Schädwirkung verantwortlichen Elemente, Stoffe und Strahlungen aufgeführt, zum anderen weitere Einflussgrößen die Verbräuche von Rohstoffen und Landflächen betreffend detailliert gelistet. Teilweise wirken Schadstoffklassen auf mehr als einen Endpunkt. So beeinträchtigen die Gase Kohlenstoffdioxid, Methan und Lachgas sowohl die menschliche Gesundheit als auch die Umwelt. Schwermetalle sind für alle Lebewesen toxisch.

Schadenskategorie	Ökobilanz für 0.1 kg Gold
	refinery operation
Carcinogens/Toxicity	0.016
Resp. Organics/Inorganic	0.0101
Climate Change	0.0000573
Radiation	0.0000181
Ozone Layer	0.00000121
	0.000000737
Ecotoxicity	0.00564
	0.00000396
Acidification	0.00000703
	0.00000164
Eutrophication	0.00000226
	0.00000749
Land Use	0.0000258
	0.00000993
Metal depletion	0.00000315
Fossile Fuels	692
Sum [in kPt]	318
	1010

Schadenskategorie	Ökobilanz für 0.1 kg Gold
	electronics scrap
Carcinogens/Toxicity	0.00116
Resp. Organics/Inorganic	0.000209
Climate Change	0.00000118
Radiation	0.000000129
Ozone Layer	1.17E-08
	2.33E-08
Ecotoxicity	0.000042
	1.85E-08
Acidification	3.58E-09
	1.29E-09
Eutrophication	1.94E-09
	6.3E-10
Land Use	1.43E-08
	4.32E-08
Metal depletion	2.04E-08
Fossile Fuels	0.166
Sum [in Pt]	3.7
	3.9

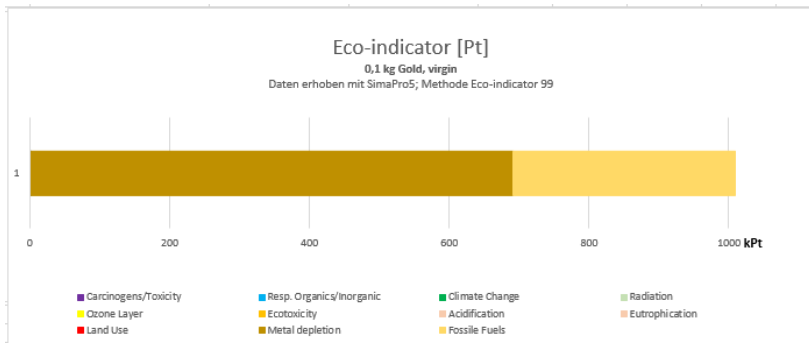
Die Schadenskategorien sind farblich codiert. Sie finden sich in den beiden gestaffelten Balken des Diagramms wieder.

Die erhobenen Daten wurden mit der Methode Eco-Indicator 99 erstellt.

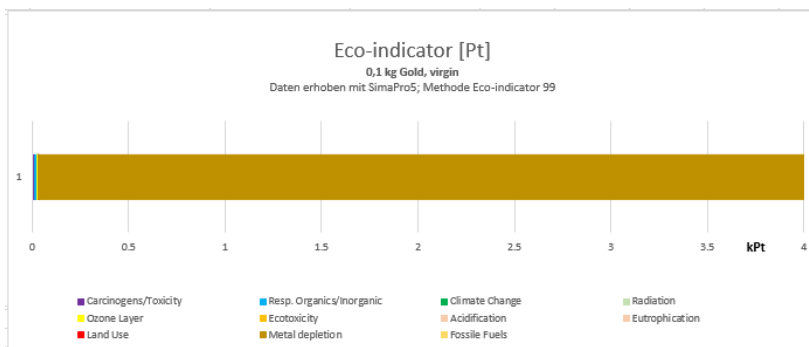
Die Einheit wird in Eco-Point **Pt** angegeben. 1 Pt ist 1/1000stel der jährlichen Umweltbelastung eines Durchschnitts-Europäers.

AB 3 Interpretation der Ergebnisse am Beispiel Gold – aus Erz oder aus dem Recycling

Deutlich erkennbar sind der mineralische und energetische Ressourcenverbrauch und die negativen gesundheitlichen Auswirkungen bei der Rohstoffgewinnung, dem Transport und der Verarbeitung des Gesteins bei Gewinnung des Goldes aus Minen. Der Ressourcenverbrauch an Mineral und fossilen Brennstoffen dominiert die Ökobilanz.

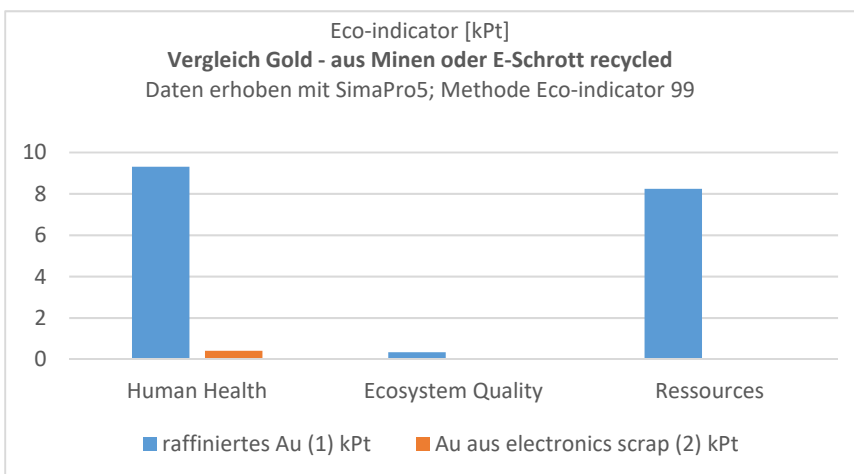
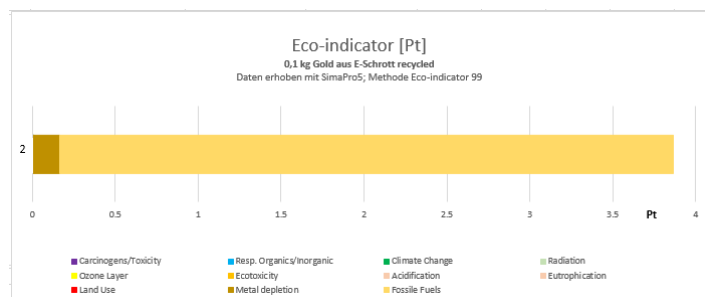


Die Skalierung befindet sich im Falles Goldes im kPt-Bereich!



Auch in der Detailansicht zur besseren Darstellung der weiteren Schadenskategorien sind diese kaum erkennbar.

Wesentlich günstiger fällt hingegen die Ökobilanz für recyceltes Gold aus. Aber auch dabei bringt die Aufbereitung des E-Schrotts durch die Staubbelastung erhebliche gesundheitliche Risiken mit sich, da in ihm weitere z.T. toxische Metallbestandteile enthalten sind.



FAZIT: Das Sammeln von Schmuck, Zahnkronen und alten Münzen lohnt sich!



LÖSUNG TABELLE AB 1

Bereich	Verwendet in / als...
Schmuck, Deko	Orden, Medaillen, Uhren,
Medizin	Zahnprothetik, Rheumatherapie
Lebensmittelindustrie	Ungiftig! E 175 Blattgold, Verzierung von Speisen, Danziger Goldwasser
Wertanlage	Zahlungsmittel, Münzen. Barren, Goldreserven
Elektronik	Lässt sich sehr gut löten, korrosionsbeständig, Kontakte auf Platinen, Leiterplatten, Relais und Steckverbindern
Nanotechnologie	Inertes Trägermaterial bei Katalysatorbeschichtung für „grüne“ organische Chemie (lösemittelfrei), Genkanone
Spiegelbeschichtung	Au wegen hohem Reflexionsgrad als Beschichtung in Scannern, Spiegeln, Scheinwerfern (Spiegelreflexkameras)
Messtechnik	Infrarotmesstechnik; Bedampfung von Spiegelteleskopen , Gläsern, Strahlteilern und Gittern, Hitzeschutzvisiere