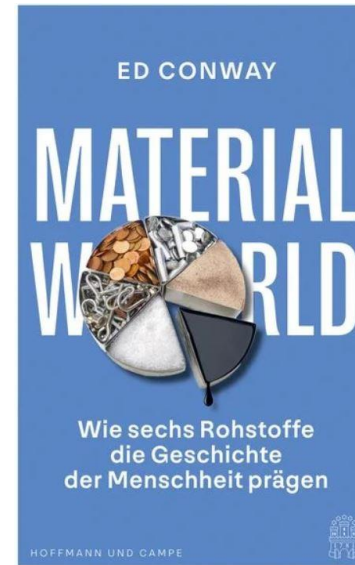
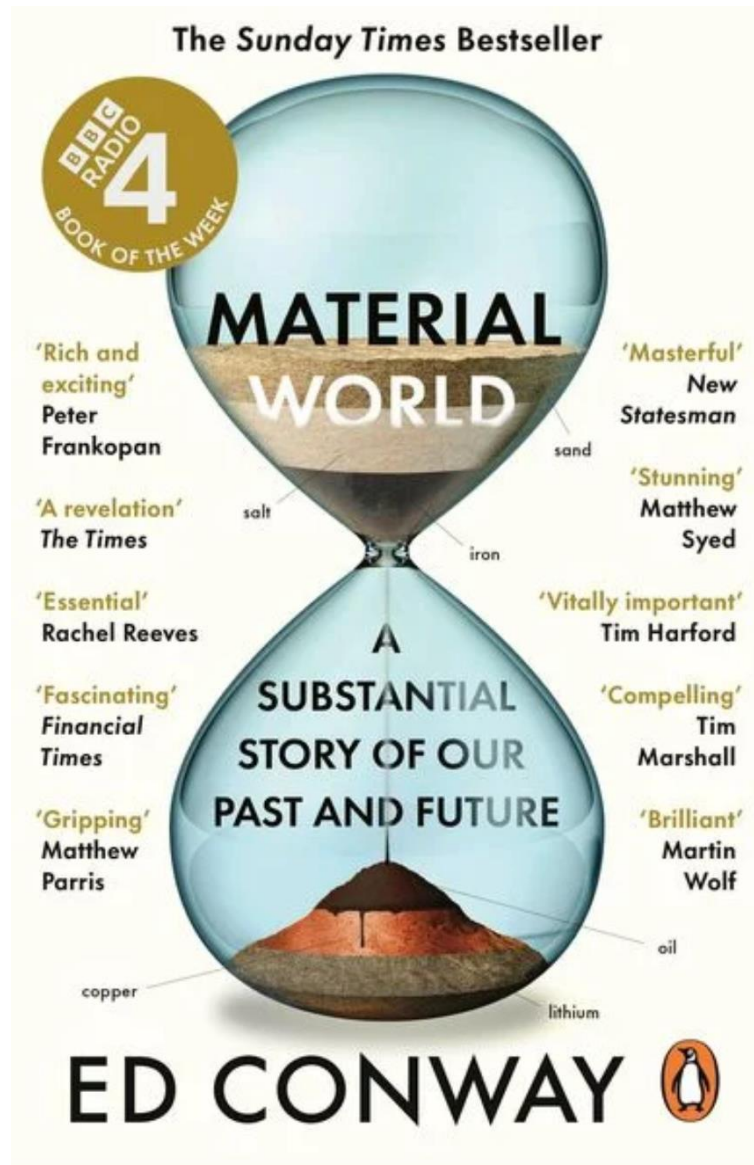




Material World

Ed Conway

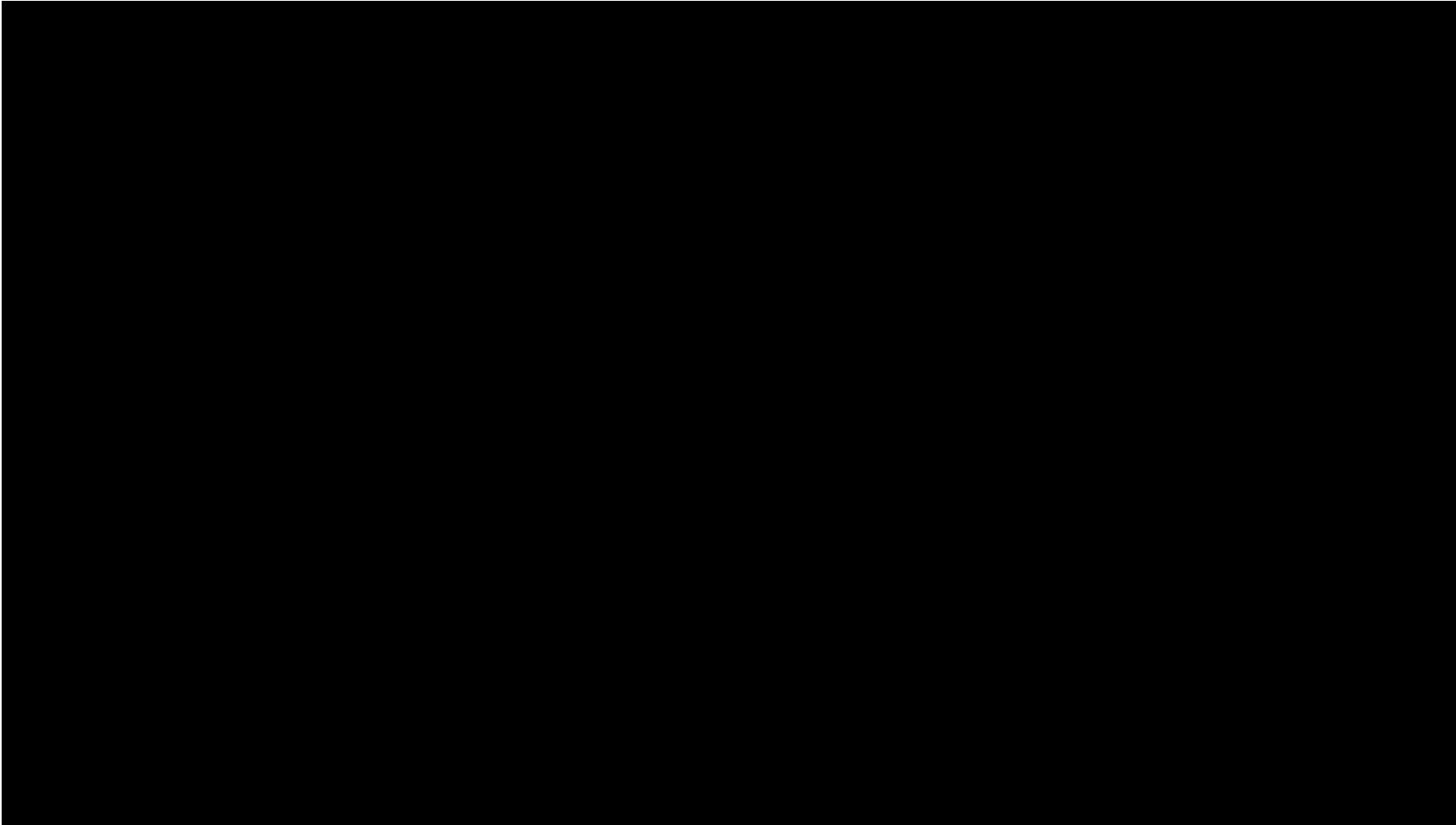
A Substantial Story of Our Past and Future

Die Idee zum Buch - Einführung

- ▶ Recherche zum „Weg des Goldes“
 - ▶ Ausgangspunkt Zahlen zu Goldexport UKs führen zu einer weiter gehenden Recherche
 - ▶ Besuch der Cortez Mine in Utah am Mount Tenabo im Shoshonen Reservat bei Barrick Gold
 - ▶ Je Gold Standardbarren (400 Feinunzen = 12440g) werden ca. 5000 Tonnen Erde bewegt
 - ▶ Der britische Ökonom [John Maynard Keynes](#) bezeichnete Gold als ein „barbarisches Relikt“
 - ▶ 90% Schmuck bzw. Wertanlage aber nur 10% in Chemie & Elektronik
 - ▶ Wieviel Aufwand wird getrieben & wie wichtig ist es für die Menschheit?
 - ▶ [Preis](#) & Bedeutung
 - ▶ Sinkender Rohstoffverbrauch in Industrieländern, steigender in anderen Ländern
 - ▶ Klimawandel rückt fossile Brennstoffe ins Blickfeld, für jede Tonne Erdöl werden ca. 6 Tonnen andere Materialien gefördert (Sand, Salz, Metalle)
 - ▶ Klimawandel verlangt kurz und mittelfristig signifikant mehr Rohstoffe
meine Empfehlung dazu auch ZDF-Mediathek [„Wo bleibt der Wasserstoff?“](#)
 - ▶ Der Fußabdruck der Menschheit auf diesem Planeten ist inzwischen gigantisch & steigt weiter
 - ▶ Rohstoffe haben eng mit Entwicklung von Menschheit & später Nationen zu tun (Stein-, Bronze-, Eisenzeit) aber heute hat die Menschheit sehr viel größere Abhängigkeiten von Rohstoffen
 - ▶ Welche Rohstoffe sind extrem wichtig UND nicht anderweitig ersetzbar?
 - ▶ Sichtbar machen der Abhängigkeiten & auch einige Lektionen aus der Corona Krise
 - ▶ Die Komplexität der Lieferketten zu einem Produkt werden von niemand mehr verstanden.
 - ▶ Wie wenig verstehen wir, wie unsere Produkte hergestellt werden.



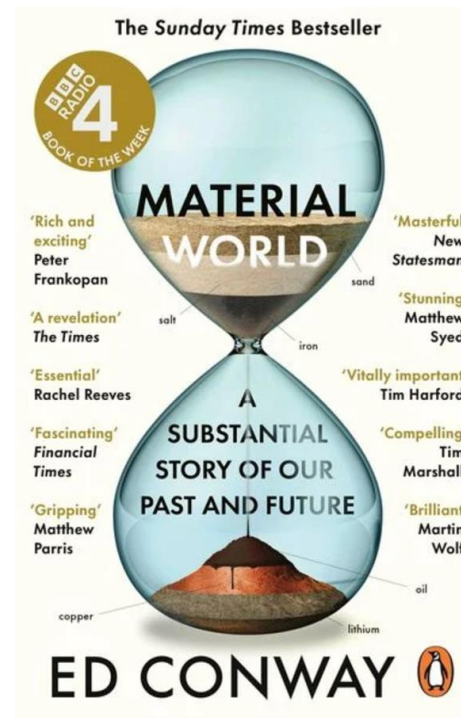
Ich, der Bleistift - Leonard E. Read 1958



- ▶ <https://youtu.be/iFGf5RE5lno>
- ▶ <https://prometheusinstitut.de/wp-content/uploads/2016/08/Prometheus-Ich-der-Bleistift.pdf>

Worum geht es?

- ▶ Zusammenhänge einer komplexen Welt
- ▶ Abhängigkeit der Menschheit von verschiedensten Rohstoffen
- ▶ Kreativität der Menschheit im Umgang mit ebendiesen Rohstoffen
- ▶ Welche Rohstoffe werden primär betrachtet?
 - ▶ Sand
 - ▶ Salz
 - ▶ Eisen
 - ▶ Kupfer
 - ▶ Öl/Erdgas bzw. Kohle
 - ▶ Lithium



1

1,008

H

Wasserstoff

2,2

0,09

2

9,0122

He

Helium

—

0,18

3

6,94

Li

Lithium

0,98

0,53

4

9,0122

Be

Beryllium

1,57

1,85

11

22,990

Na

Natrium

0,93

0,97

12

24,305

Mg

Magnesium

1,31

1,74

19

39,098

K

Kalium

0,82

0,86

20

40,078

Ca

Calcium

1,0

1,55

21

44,956

Sc

Scandium

1,36

2,98

37

85,468

Rb

Rubidium

0,82

1,53

38

87,62

Sr

Strontium

0,95

2,63

39

88,906

Y

Yttrium

1,22

4,47

55

132,91

Cs

Caesium

0,79

1,90

56

137,33

Ba

Barium

0,89

3,59

57

138,91

La

Lanthan

1,10

6,15

87

223,03

Fr

Francium

0,7

?

88

226,03

Ra

Radium

0,9

5,5

89

227,03

Ac

Actinium

1,1

10,1

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

17

35,451

Cl

Chlor

3,16

3,21

<

Legende

Ordnungszahl
Atomgewicht

Symbol
Name

Elektronegativität
Dichte

Symbol

schwarz = Feststoff
blau = Flüssigkeit
rot = Gas
grau = unbekannt
unterstrichen = radioaktiv

Dichte

rot = kg / m³
schwarz = kg / dm³
grau = unbestimmt

Serie (Flächenfarbe)

Alkalimetalle
Erdalkalimetalle
Übergangsmetalle
Lanthanoide
Actinoide

Metalle
Halbmetalle
Nichtmetalle
Halogene
Edelgase
unbekannt

Schraffur
durchgehend = natürliches Element
schraffiert = künstliches Element

Lanthanoide

58 140,12 Ce Cer 1,12 6,77	59 140,91 Pr Praseodym 1,13 6,48	60 144,24 Nd Neodym 1,14 7,01	61 144,91 Pm Promethium — 7,22	62 150,36 Sm Samarium 1,17 7,54	63 151,96 Eu Europium — 5,25	64 157,25 Gd Gadolinium 1,2 7,89	65 158,93 Tb Terbium — 8,25	66 162,50 Dy Dysprosium 1,22 8,55	67 164,93 Ho Holmium 1,23 8,78	68 167,26 Er Erbium 1,24 9,05	69 168,93 Tm Thulium 1,25 9,32	70 173,05 Yb Ytterbium — 6,97	71 174,97 Lu Lutetium 1,27 9,84
90 232,04 Th Thorium 1,3 11,72	91 231,04 Pa Protactinium 1,5 15,4	92 238,03 U Uran 1,38 18,95	93 237,05 Np Neptunium 1,36 20,45	94 244,06 Pu Plutonium 1,28 19,82	95 243,06 Am Americium 1,3 13,67	96 247,07 Cm Curium 1,3 13,51	97 247,07 Bk Berkelium 1,3 14,78	98 251,08 Cf Californium 1,3 15,1	99 252,08 Es Einsteinium 1,3 ?	100 257,10 Fm Fermium 1,3 ?	101 258,10 Md Mendelevium 1,3 ?	102 259,10 No Nobelium 1,3 ?	103 262,11 Lr Lawrencium — ?

Actinoide

Sand - Homo Faber

- ▶ Glas „Geschmolzener Sand“ - natürlich als Obsidian (Schwarzes Vulkanglas)
 - ▶ Meteorit vor ca. 29 Mio. Jahren in der heutigen Sahara
 - ▶ Glasuren bereits als Nebenprodukt 5 Jahrtausend vor Chr., Ägypten 2000 Jahre später als Glasperlen, Antike als Trinkgläser, bis 19 Jh. geblasen
 - ▶ Phönizische Händler mit Natronblöcken an der Küste des heutigen Israels
 - ▶ Mittelalter Venedig Murano (Sand vom Lido, Soda aus Ägypten, Holz aus den Alpen) - Rezepturen gestohlen von Niederländern & Engländern
 - ▶ 1873 Expedition Gerhard Rohlfs in „Große Sand See“ bzw. „Land des Todes“, westlich von Oase Dakhla stieß auf eine unüberwindbare Barriere sogenannte „Schwertdünen“, musste nach Norden abdrehen & kam dank eines sehr seltenen Regens in Oase Siwa nach Wochen lebendig an
 - ▶ 1922 fand Howard Carter das Grab Tutanchamun - mit einem Pektoral Tutanchamuns „kanariengelbe Käfer“
 - ▶ 1932 nächste Sahara Expedition Ralph A. Bagnold - gelbe Glasflächen in Dünen
 - ▶ 17.+18. Jh. Großbritannien führend in der Glass Produktion => 19. Jh. Deutschland wegen Steuern (GB Fenster Steuer, Glassteuer 1745-1845 führte zum Niedergang in GB, Preußen unterstützte Glasindustrie & garantierte Aufträge)
 - ▶ 18.+19. Jahrhundert Fortschritt in Europa durch Glaslinsen (Astronomie, Mikroskope, Spiegel, Brillen)
 - ▶ Otto Schott, Ernst Abbe, Carl Zeiß - neue Glasrezepturen für höchstreine Gläser & Optiken
 - ▶ 1914 1. Weltkrieg - Deutschland ist der weltweit führende Hersteller von Präzisionsoptik
 - ▶ 70-80% Quarzsand + ca. 20% Kalk + Natron (Flussmittel senkt Schmelztemperatur von 1700 Grad) => Kalk-Natron-Glas
 - ▶ 1934 Corning James Franklin Hyde stellte erstmals Glas synthetisch her aus Siliziumtetrachlorid das reinste Glas, was bisher produziert wurde
 - ▶ 1966 STL (Standard Telecommunication Laboratories) Charles Kao Grundlagen für Glasfaserkommunikation „wenn Glas rein genug ist ...“
 - ▶ Internet basiert auf Glasfasern
 - ▶ Glasverarbeitung zu Glasfaser - Kommunikation, Glasfaser als Verbundwerkstoff (z.B. in Windrädern, Karosserie, etc.)
 - ▶ Mit Zusätzen wie Bor zu Borsilikat z.B. „Pyrex“ von Corning (Reagenzgläser, Medizin Flaschen - Covid Engpass weltweit)
 - ▶ Saint-Gobain-Glass (FR), AGC Inc. (Ashai Glas Company, JP), Corning Inc. (US), NSG Group (Nippon Sheet Glas, JP), Guardian Industries (US)

Sand - Auf Sand gebaut

- ▶ Sand ist ein Sammelbegriff, zumeist meint man SiO_2 = Quarz mit 0,063- 2 mm Korngröße
 - ▶ Matthäus 7:26-7 „Wer aber meine Worte hört und nicht danach handelt, ist wie ein unvernünftiger Mann, der sein Haus auf Sand baute. Als nun ein Wolkenbruch kam und die Wassermassen heranfluteten, als die Stürme tobten und an dem Haus rüttelten, da stürzte es ein und wurde völlig zerstört.“
 - ▶ Auf Sand gebaut - Burj Khalifa, 828m, ruht auf 47m tiefen Fundamenten, Anker basieren auf Reibung des Sandes!!!
 - ▶ Landerweiterung: Palm Jumeirah, Niederlande, Tokio 25 km², China vergrößert seine Küsten bis 2010 um 700 km², Singapur importierte 600 Mio. Tonnen Sand bis 2020, Indonesien, Malaysia, etc. exportierten nach Singapur aber offiziell nur 280 Mio. Tonnen => Sandmafia, großes Problem speziell in Asien aber auch Nordafrika
 - ▶ Jährlich wird 24x mehr Sand abgebaut als durch Sedimentierung neu entsteht. Die Menschheit ist zu schnell für die Natur!
 - ▶ Zwischen 68-85% des weltweiten Bergbaus gilt dem Produkt Sand
 - ▶ Sand + Zement = Beton, ohne Beton keine Städte wie wir sie heute kennen
 - ▶ Baumaterial, bereits als Beton bei den Römern > 1000 Jahre später wiederentdeckt
 - ▶ Gebrannter Kalk bereits bei 10.000 Jahre alten neolithischen Ruinen in Türkei, 6500 Jahre alt Syrische Ruinen, Römer für Fundamente Kolosseum, Kuppel des Pantheons
 - ▶ „Portlandzement“ 1824 von Joseph Aspdin patentiert, 1910 erfindet Thomas A. Edison den Drehofen für industrielle Zementproduktion
 - ▶ Für jeden derzeit lebenden Menschen gibt es 80 Tonnen Beton in Summe 650 Gigatonnen (mehr als das Gesamtgewicht aller derzeitigen Lebewesen Kühe, Bäume, Menschen, etc.)
 - ▶ 2018-2020 hat China mehr Beton gegossen als die USA seit der Gründung bis heute.
 - ▶ Rezept für Zement ist einfach, das für Beton jedoch nicht ... Rom Pantheon 2000 Jahre ... viele Brücken & Bauten manchmal nur Jahrzehnte ... jüngstes Beispiel: Carolabrücke Dresden
 - ▶ 7-8% des weltweiten CO₂ Ausstoßes gehen auf das Konto der Zementproduktion (60% chemische Reaktion in Kreide/Kalkstein / 40% Energie zur Herstellung) , CCS (Carbon Capture and Storage) aber sehr teuer!
 - ▶ Die Herstellung von Beton benötigt etwa ein 10% des weltweiten Wasserbedarfes
 - ▶ Sand + Kies + Bitumen = Asphalt
 - ▶ Cemex (Mexiko), Vulcan Materials Company (USA), CRH plc (Irland), Heidelberg Materials (DE)

Sand - Die längste Reise

- ▶ Chips (chipped of a wafer)
 - ▶ Silizium ist ein Halbleiter bzw. ein Halbmetall,
 - ▶ Computer, Schalter, Kamera Chips, Sensoren, etc.
 - ▶ 1947 kurz vor Weihnachten erster Transistor, Walter Brattain + John Bardeen bei Bell Labs
 - ▶ 1959 Integrierte Schaltkreis, Robert Noyce bei Fairchild Semiconductors, gründete mit Gordon Moore 1968 Intel, 1971 Intel 4004 mit 2000 Transistoren auf 1 cm² (ca. Abmessungen eines Blutkörperchens), 2020 Smartphone Prozessoren ca. 12 Mrd. Transistoren je cm² (ca. 4 Transistoren = 1 Covid Virus), Strukturen inzwischen kleiner als Wellenlängen des sichtbaren Lichts im Nanometer-Bereich, 0,1 nm = 1 Ängström.
 - ▶ Beispiel iPhone - auf der Verpackung: Entworfen in Kalifornien - gefertigt in China, aber Apple stellt selbst nichts physisch her! Materialien aus aller Welt: Display, Glas, Batterie, Kamera, Speicher, Energie Management, etc. Prozessor z.B. von TSMC, belichtet von ASML-Anlagen, deren Linsen von Carl-Zeiss, das Glas dazu von Schott, die Laser für die Belichtung von Trumpf ...
 - ▶ Die (stark vereinfachte) Reise zum Chip:
 - ▶ Spanien Quarzblöcke 25km südlich von Santiago de Compostela, Serrabal Quarzmine, mit reinstem Quarz gehört Ferroglobe
 - ▶ A Coruña, Sabón-Werk 45 MW zur Schmelze bei 1800°C als Gemisch mit Koks + massive Ströme, gibt Sauerstoff ab => 98-99% reines Silizium (6t Rohstoff => 1t Si).
 - ▶ Deutschland Wacker Chemie AG in Burghausen, Siemens-Verfahren (Si zu Pulver gemahlen + Chlorwasserstoff => 1150°C destilliert) => ultrareines Polysilizium, Reinheit zw. 99,999999% & 99,99999999%. (Extrem Energieintensiv - 1000x mehr Energie als bei Stahlproduktion pro kg. Großteil des Polysiliziums geht in Solarzellen Produktion.)
 - ▶ Oregon US Shin-Etsu, Czochralski-Verfahren im Quarztiegel Umbau zu einkristallinem Silizium bei 1500°C mit perfektem Kristallgitter, mit Siliziumkarbidsäge anschließend in Scheiben < 1mm gesägt, chemisch gereinigt und geschliffen, Quarztiegel für die Züchtung dieser Einkristalle gehen NUR mit Quarz aus Spruce Pine (North Carolina) von der belgischen Firma Sibelco
 - ▶ Taiwan, Tainan, TSMC, modernsten FABs weltweit, Auftragsfertigung für AMD, Apple, Qualcomm, Nvidia, Broadcom, etc. Fertigung inzwischen bis 3 nm, von 2021-2024 ca. 135 Mrd. Investition, Fab 18 (3nm) ca. 17 Mrd., Reinräume, Gebäudedämpfer, 25 Fußballfelder groß, einzelne Wafer 3-4 Monate Durchlauf, ASML Belichter wie TWINSCAN 3600D Photolithografie mit Masken aus Quarzglas & EUV Licht aus per Laser verdampften Zinntropfen in Vakuumkammern 50.000/s - Triumph Laser, Zeiss Spiegel - Bragg Reflektoren aus Si + Molybdän, das glatteste von Menschenhand hergestellte, Dotierung, Ätzprozesse, Unmengen an Chemikalien etc. - gesamt ca. 10.000 Bearbeitungsschritte pro Wafer - Prozessoren beinhalten inzw. bis zu 60 Elemente
 - ▶ Malaysia - Wafer werden gechipped, Träger, Bondig => an die Kunden
 - ▶ TSMC, ASML, Intel, GlobalFoundries, Samsung, Micron, Infineon, IBM, Sony, ...
 - ▶ Chipkrieg - US Exportverbote für definierte Chips & Anlagen zur Chipherstellung nach China, China gibt mehr Geld für Chips, als für Erdöl aus

Salz - Salzstraßen

- ▶ Salze sind magische Materialien, verwandeln Dinge, wichtig für Ernährung & Gesundheit (Nerven, Muskel & Sehnen), Grundlage für Hygiene, Pharmasektor, Chemie
- ▶ Salznutzung durch Menschheit nachweisbar bis vor ca. 6000 Jahren in der Jungsteinzeit (Neolithikum)
- ▶ Salzstraßen Venedig - Triest - Wien, Augsburg - Salzburg, Lüneburg - Lübeck- Norwegen,
- ▶ Städtenamen: Salzburg, Bad Salzungen, Salzgitter, Salzwedel, ...
- ▶ Salz => Wohlstand, Venedig kontrollierte Salzproduktion an Adria mehrere Jh. + Salzhandel (Camera Salis => 1/7 der Staatseinnahmen Venedigs)
- ▶ Parmigiano Reggiano (20 Tage in Salz + 1 Jahr gereift), Parmaschinken, Prosciutto, Salami - Salz => Geschmack UND Haltbarkeit
- ▶ Salz der Ozeane reicht für eine 150 m Salzkruste auf der Erde
- ▶ Salz lange Zeit Zahlungsmittel (Römische Soldaten bekamen „Salär“)
- ▶ 1875 Matthias Jacob Schleiden Buch „Das Salz“ - Zusammenhang von Salzsteuern & Despotismus
- ▶ Salz als Machtinstrument
 - ▶ China - Salzmonopol bis 600 v. Chr. nachweisbar, „Guanzi“ Werk zu Realpolitik beschäftigte sich u.a. mit Salz. Im 3. Jh. Einnahmen aus der Salzsteuer 90% der Staatseinnahmen der damaligen Dynastie, bis 2016 in China 25.000 Personen Salzpolei, Preiskontrolle aufgehoben 2016
 - ▶ Frankreich - Gabelle - Salzsteuer, eine Ursache der franz. Revolution 1790, Napoleon führte die Salzsteuer 1806 wieder ein
 - ▶ Indien - mit der Britischen Besetzung Einführung Salzmonopol & Übernahme der lokale Salzproduktion => die Reaktion war 1930 Gandhis 380 km/24 Tage Salzmarsch an die Küste => es folgte eine Kette von zivilem Ungehorsam & 1947 die Unabhängigkeit
- ▶ Salz war Grundlage des Handels, Machtinstrument, Symbol des Protests
- ▶ heute ist Salz ein stiller, unsichtbarer und nicht ersetzbarer Teil des Rückgrats der modernen Welt

Salz - Das Salz der Erde

- ▶ 3 Formen der Förderung
 - ▶ Verdunstung - meist Meerwasser - derzeit noch ca. 3% der Salzproduktion
 - ▶ Mittelmeer, Indien, historisch vorherrschend Art der Salzgewinnung
 - ▶ Untertage Bergbau mit großem Gerät - Steinsalz - ca. 67%
 - ▶ Khewra Salz Mine Pakistan - angeblich schon zu Zeiten Alexander des Großen, „Himalaya Salz“
 - ▶ Hallein Österreich genutzt seit den Kelten, K+S AG (Kaliwerk Zielitz)
 - ▶ Salzlösung - mit Wasserdruck & Bohrungen - ca. 30%
 - ▶ USA Kansas, Louisiana, Texas, New York (New Ark) - Morton
- ▶ GB fördert in Cheshire Salz, mehrere 100 Mio Jahre alt aus Trias, bereits die Kelten & Römer nutzten die Salzquellen von Middlewich, Northwich, Nantwich, Leftwich, Orte mit „wich“ im Namen stehen Salzgewinnung, 17. Jh. Start der Salzindustrie in GB, Wandel vom Importeur (FR/DE) zum Exporteur über Liverpool & Bristol, möglich durch Kohlefunde (nötig für Verdampfung) in der Nähe, Beginn des Handels & der Industrialisierung - Export von „Liverpool-Salz“ nach Irland, Holland, Preußen, Kanada, Russland & die britischen Kolonien inkl. Indien, Import von Eisen, Holz, Hanf, Flachs, häufig Probleme mit Erdrutschen & Löchern, ab 1888 langsamer Niedergang durch Überangebote, heute nur noch Salzlösungsbergbau mit 2-4 Mio Tonnen pro Jahr
- ▶ Chloralkali-Elektrolyse, benötigt Unmenge Strom, erzeugt massive Magnetfelder, produziert Chlorgas (PVC, Reinigung von Trinkwasser, aber auch Giftgas [1915 Deutschland im 1. Weltkrieg bei Ypern {Fritz Haber} aber auch 2014 in Syrien], Grundlage für Sedativa & Antidepressiva, Antibiotika, Malariabekämpfung) + Salzlösung und Wasserstoff mit Natriumhydroxid (Ätznatron für Herstellung von Papier, Alu, Seifen & Reinigungsmittel)
- ▶ Nicolas Leblanc - Erfindung eines Prozesses zur Herstellung von Soda Ash = Natrium Carbonat = Natron - Leblanc-Verfahren etwa 100 Jahre das Verfahren zur Herstellung von Natron bis ...
- ▶ Solvay-Verfahren von Ernst Solvay löste Leblanc Verfahren ab, deutlich umweltfreundlicher
- ▶ Salzbergwerke - Nutzung als Bunkieranlagen, Gasspeicher, Atommüll, künftig Kohlendioxid, grünen Wasserstoff

Salz - Die Feuermedizin

- ▶ Salpeter - explosiver Rohstoff, Pflanzendünger, Basis für Schwarzpulver als Sauerstoffspender, Konservierungsmittel in Lebensmitteln (E251, E252), zum Pökeln, Medizin blutgefäßerweiternd
- ▶ Wegen hoher Löslichkeit nur in extrem trockenen Wüsten signifikante Vorkommen Atacama-Wüste Chile, Turpan-Senke China, Mojave-Wüste USA
- ▶ Chinesen nutzen als erste Schießpulver „Huo Yao“ = Feuerdroge, Lateinisch: salpetre - „Salz vom Stein“, von Ziegeln, Steinen, in Kellern - Kaliumnitrat (KNO_3) gemischt mit winzigem Anteil Schwefel + Holzkohlestaub => Schießpulver, aber sehr selten! In früheren Jh. aus Fleischabfall/Urin gewonnen => daher auch der Name => „Peterman“, 1626 König Karl I. rief zu Urinspenden für den König auf! Salzflöten im Ganges => Besetzung Ostindiens - Ostindien Company, Mitte 19 Jh. Chincha Inseln vor Peru (nur Kormorane, Tölpel, etc.) aber 30 m dicke Kotschicht - der Dünger - ca. 10 Jahre - dann erschöpft! Atacama Wüste - „Caliche“ - brennende aber auch fruchtbare „Teufelssteine“, Salze mit Natriumnitrat (NaNO_3), Chemiker konnten daraus Salpetersäure, Nitroglycerin bzw. Dynamit herstellen - Alfred Nobel, 1870 Förderung der Nitrats durch „Antofagasta Nitrate and Railways Company“ (1870 noch in Bolivien/Peru => 1884 in Chile nach Salpeterkrieg - große Teile der Atacama wechselten im Krieg den Besitzer), Kriege (Deutsch-Französischer, Krim-Krieg, Burenkriege) Nachfrage nach Sprengstoff, dramatisches Wachstum der Städte, Druck auf die Bauern bei Erträgen - Dünger - Nachfrage nach Nitraten. Chile durch Nitrats reichstes Land Südamerikas. Daniel Guggenheim investierte massiv in Nitratsförderung in der Atacama im Tausch gegen seine Kupferminen.
- ▶ Erste Seegefechte zw. deutschen und britischen Schiffen im Rahmen des 1. Weltkriegs nicht in Europa sondern vor Chiles Küste wegen Schifffahrtsrouten für Nitrats
- ▶ Ca. 78% der Luft besteht aus Stickstoff in Form von Molekülen mit 2 Stickstoffatomen mit hoher Atombindung. Andere „fixierte“ Stoffverbindungen lassen sich nur mit hohem Energieaufwand herstellen. Fast alle Sprengstoffe basieren auf Nitrat.
- ▶ 1909 Fritz Haber zeigte Stickstoffgewinnung aus der Luft, ab 1913 mit Carl Bosch im Haber-Bosch-Verfahren in Produktion bei den Badischen Anilin und Soda Fabriken (BASF), Verfahren ernährt Milliarden Menschen (Mangelernährung weltweit 1950 bei 65%, 2010 noch bei 10%), ca. 40-50% des im menschlichen Körper enthaltenen Stickstoffs entstammt diesem Verfahren. Haber entwickelte aber auch Phosgen & Chlorgas als Waffe, 1. Weltkrieg, Einsatz in Ypern. Haber-Bosch-Verfahren => beendete chilenischen Nitratsindustrie

Salz - Nachtrag: Viele Salze ...

- ▶ Sylvin bzw. Kaliumchlorid Ausgangspunkt für Pottasche als Dünger aus England, Deutschland
- ▶ Phosphor aus Phosphatgestein, Florida, Idaho, China und Marokko (3/4 der weltweiten Reserven)
- ▶ Natrium, Phosphor, Kalium - Bausteine für Dünger
- ▶ Polyhalit ($\text{K}_2\text{Ca}_2\text{Mg}[\text{SO}_4]_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) wasserhaltiges Kalium-Calcium-Magnesium-Sulfat, „Viele Salze“ vom Boden des Zechsteinmeeres ergeben erhebliche bessere Ernten bzw. Erträge in Kombination mit stickstoffhaltigem Dünger
- ▶ Eine der derzeit größten Polyhalit Minen ist Boulby bis zu 1,5km tief, 37km Tunnel von Withby zum Hafen Teesside (Naturschutzgebiet)

Eisen - Du hast kein Land

- ▶ Eisen / Stahl bietet Widerstandskraft, Haltbarkeit und Verfügbarkeit
- ▶ Eisen fast überall, rote Blutkörperchen, Erdkern, das zweithäufigste Metall der Erdkruste mit 5%, Aluminium ca. 8%
- ▶ Vieles im Bau beruht auf Stahl, aber auch Maschinen, Werkzeuge, ca. 95% der Metalle, die die Menschheit verwendet basiert auf Eisen/Stahl
- ▶ 1837 erfand John Deere den Stahlpflug => statt 20h/ha nur noch 3h/ha, zur selben Zeit auch Zinkeneggen, Sämaschinen, Mähbinder, Dreschmaschinen
- ▶ Mitte 19Jh. Sir Henry Bessemer konstruiert seine Konverter = „Bessemerbirne“
- ▶ 1889 Eiffelturm aus Schmiedeeisen, Forth Bridge Schottland aus Stahl, Siegeszug des Stahls begann 1890igern
- ▶ Kohlenstoffgehalt: Guss-& Roheisen ca. 4%, Stahl ca. 2%, Schmiedeeisen nur Spuren
- ▶ Zar Alexander II. holte 1870 John James Hughes (Leiter des Millwall Iron Works London) in den Donbas und beauftragte die Stahlerzeugung am Asowschen Meer in „Huges-owka“ heute Donezk - Know-How-Import!
- ▶ Stalin 1932 Magnitogorsk - Stahlwerk mit 8 Hochöfen (von dt. Architekten geplant) ABER vor Ort keine Kohle & Infrastruktur
- ▶ Asow-Stahl, heutige Ost-Ukraine mit Eisen- & Kohlevorkommen. 1941 Hitler Versuch Werk für Betrieb zu erobern, gelang bis 1943 nicht, Zerstörung & Wiederaufbau durch Sowjetunion, die folgenden Jahrzehnte Azow-Stahl im Süden & Iljitsch im Norden Mariupols weltweit Hauptlieferanten für Stahl, Donbas Industrieregion der Ukraine, Umweltprobleme, Abfallprodukte wie Schlacke mit hohem Siliziumdioxid Gehalt & Kalzium => Zement, Neon aus Abgasen (für Neonröhren & Halbleiterindustrie), 2022 als Stahlwerk heruntergefahren => Ausfälle in der Halbleiterindustrie
- ▶ In Industrieländern USA, Japan & großen Teilen Europas besitzt statistisch gesehen jeder in seinem Leben 15 t Stahl, China 7 t, Afrika < 1 t, Stahlproduktion für ca. 7-8% der CO2 Emission verantwortlich
- ▶ Jährliche Förderung weltweit in Tonnen: Sand & Kies 43 Mrd., Öl & Gas ca. 8,1 Mrd., Kohle 7,7 Mrd., Eisenerz ca. 3,1 Mrd.
- ▶ Donald Trump twittet 2018 bei der Einführung von Zöllen auf chinesischen Stahl „WENN DU KEIN STAHL HAST, HAST DU KEIN LAND!“ - Protektionismus wie bereits auch Mao in den 1950igern mit Folgen wie Hungersnot & Überschwemmungen
- ▶ China kaufte Anfang 2000 ein Stahlwerk von Thyssen-Krupp, 1:1 am Yangtse aufgebaut, heute weltweit größtes Stahlwerk mit 13 Hochöfen, produziert allein mehr als ganz Thyssen-Krupp, China inzwischen größter Stahlproduzent der Welt, Shanghai das Stahlzentrum

Eisen - Im Innern des Vulkans

- ▶ Hochofen Temperaturen von 1400°C, Eisenerz wird unter Zusatz von Koks + Dolomit (Flussmittel & zur Schmelzpunktabsenkung) + gemahlene Kohle eingeblasen => Roheisen mit ca. 4-5% Kohlenstoffgehalt, pro Tonne Roheisen knapp eine Tonne Kohle, ergo massiv CO₂
- ▶ Hethiter schon 1400 v. Chr. konnten Eisen Schmelzen und Stahlherstellen, in Tutanchamuns Grab wurde eine edelsteinbesetzte Stahlklinge gefunden - 3000 Jahre & kein Rost, hergestellt aus einem Meteor (Eisen, Nickel, Kobalt Legierung), Verbreitung 5 Jh. China, um 1500 auch in Südwales, alle Öfen benutzten Holzkohle als Brennstoff, Rodung der Wälder wurde zu Umweltproblem, Start der fossilen Brennstoffe mit Steinkohle ab Anfang 17 Jh. (auch in Bierbrauer, Ziegelbrenner, Töpfer, Schmiede, Glasbläser, Textilindustrie), ab 1709 Einsatz von Koks durch Abraham Darby, Schwefelanteil der Steinkohle für Eisenherstellung zu hoch.
- ▶ Britische Eisenproduktion stieg rasant, Kohleförderung ebenfalls => Erfindung der Dampfmaschine durch Thomas Savery + Thomas Newcomen - später perfektioniert durch James Watt, für Einsatz in Bergwerken, als Antrieb von Rädern, zum Pumpen von Wasser aus Bergwerken & Lokomotiven, industrielle Revolution mit Eisen & Kohle, bereits 1800 in GB 95% der Energie aus Steinkohle / Frankreich 90% Holz, Anfang 1900 GB um ca. 80% höheres Pro-Kopf-Einkommen im Vergleich zu Frankreich
- ▶ Eisen zu Stahl, Linz-Donawitz-Konverter, zur Reduktion des Kohlestoffanteils auf 1600-1750°C unter Zugabe von Sauerstoff & von altem Stahl (Konserven bis Autoteile), hohe Recyclingquote, => Stahl mit 0,4% Kohlenstoffanteil, relativ billig, 1810 gaben Amerikaner für Eisennägel den gleichen Teil des Nationaleinkommens aus wie heute für Computer, in den USA unter Präsident Herbert Hoover Einführung der Standardisierung 1918 als AESC für Schrauben, Bolzen, etc. heute ANSI
- ▶ Der einfache Rohstahl geht dann in die Legierungen, Mangan (Ukraine) 1,7% => hart & geschmeidig => Eisenbahnschienen, Silizium elektrischer Stahl für Motoren & Transformatoren, 12% Chrom (Türkei) => rostfrei + eventuell noch Nickel, Flugzeugbau + Molybdän, Silizium, Vanadium, Niob (Brasilien) - stark, widerstandsfähig und geschmeidig
- ▶ Abschließend Walzen - von 200 mm Blöcken a 9m auf 1 mm Stahlblech gewalzt mit Genauigkeit auf 0,05mm
- ▶ Automobilindustrie - Fords Modell T basierte auf Vanadium Stahl, auch heute noch verbreitet bei Motoren in Legierungen mit Mangan, Silizium, Aluminium, ab & an auch Vanadium
- ▶ 1912 Untergang der Titanic, aus damals „bestem Stahl“ gefertigt, würde aber heute keine Kontrolle mehr passieren, zu hoher Schwefel- und zu niedrigem Mangananteil - deswegen brüchig bei niedrigen Temperaturen, Nieten aus Schmiedestahl, Liberty Schiffe im 2. Weltkrieg eilig zusammengebaute Frachtschiffe der Alliierten zerbrachen teilweise im kalten Wasser, heute ganze Palette von Stählen von Vakuumgeformten bis hin zum 3D Druck mit Stahlpulver
- ▶ Exotisches: 80% aller Kugelschreiber aus China, bis vor wenigen Jahren China nicht in der Lage Qualitätsminen zu liefern, nur aus Japan, Deutschland oder Schweiz, „Low-Background-Stahl“, ohne Radionuklide Verunreinigungen für Geigerzähler, Luft beinhaltet nukleare Verunreinigungen primär Kobalt-60 (Atombomben) - deshalb als Stahlquelle gesunkene Schiffer von vor 1945
- ▶ Heute noch ca. 500 Werke mit Hochöfen weltweit

Eisen - Der letzte Abstich

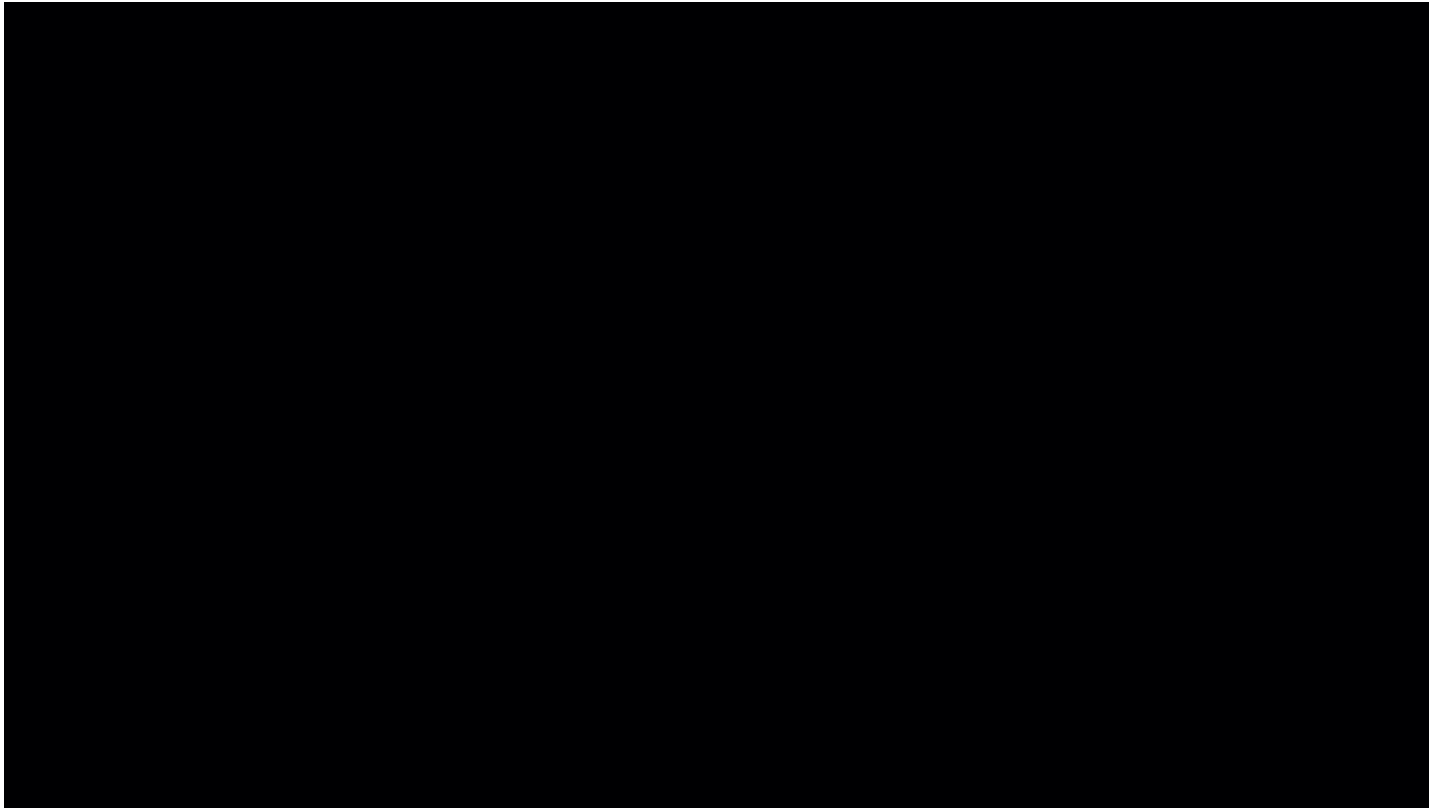
- ▶ [Australien](#) hat die größten förderbaren Eisenerzreserven, [China](#) ist der größte Eisen- bzw. Stahlproduzent weltweit & massiv abhängig von Australien
- ▶ [Hamersley Gebirge](#) Australien [Hämatit Erz](#) wird seit 1960 abgebaut durch [Rio Tinto Group](#), [BHP Group](#) baut ab in [Mount Whaleback](#) mittels Sprengung (ca. 10m tiefe Löcher + Ammonium Nitrat + Zünder) analog zum seit Ende 19. Jh. in der [Mesabi Range](#) verwendeten Verfahren in Minnesota (US-Autoindustrie) derzeit [US Steel](#) Pittsburgh (Pennsylvania)
- ▶ Australien Bergbau immer wieder in Konflikt mit Aboriginal / Archäologie, z.B. Juukan Höhlen mit 46.000 Jahre alten Artefakten ... 24.05.2020 gesprengt durch Rio Tinto.
- ▶ Pro Kopf Abbau von Stahl in US/GB steigt seit einigen Jahrzehnten nicht mehr - genug Infrastruktur, Recyclingquote auch sehr hoch - 2/3 Schrott (häufig in Minifabriken mit [Lichtbogenöfen](#)) in neuem Stahl in der 2. Hälfte dieses Jh. Mehr Schrott als Erzverarbeitung bei Stahl, ergo auf lange Sicht: China exportiert Stahlwerke 1:1 nach Afrika & grünem Strom => grünen Stahl für afrikanische Infrastruktur?
- ▶ Neue Eisenerzvorkommen in Brasilien im Bundesstaat Pará - [Carajás](#) - größte Eisenerzmine der Welt betrieben von [Vale](#) aber dicht am Regenwald ...
- ▶ Vorkommen in [Guinea](#), Rio Tinto + Chinesisches Konsortium, 2022 Militärjunta verbietet Abbau
- ▶ Alternativ: Suche nach Magnetit statt Hämatit, meist weniger rein, aber für Pellets geeignet, Reserven in [Kiruna](#), große Teile der Waffen und Panzer im 2. Weltkrieg aus Kiruna Stahl, Schweden heute Vorreiter bei grünem Stahl, Magnitogorsk produziert immer noch, Magnetit aus [Kryvyi Rih](#) (Asow-Stahl)
- ▶ Stahl bis heute nicht überall ersetzbar, Bauen mit Holz, Kohlefaser (Herstellung produziert mehr CO₂ als Stahl!), Auto mit Aluminium, ABER die Kosten für Stahl sind sehr viel niedriger ...
- ▶ Das zweithäufigste verwendete Metall ist Aluminium, aber auf jede Tonne hergestelltes Aluminium kamen 2021 28 Tonnen Stahl.

Kupfer – Das Zweitgrößte

- ▶ „Liebe Brüder & Schwester“ sagte ein Mann, „das Größte auf der Erde ist gewiss, die Liebe zu Gott im Herzen zu tragen. O ja. Aber das Zweitgrößte ist die Elektrizität im Haus.“ Der Mann war Bauer & hielt seine Ansprache 1940 in der Kirche einer ländlichen Gemeinde in Tennessee.
- ▶ Elektrisches Licht, Bügeleisen, elektrische Pumpen
- ▶ Kupfer Fähigkeit: Wärme & Elektrizität durch seine Atomgitter zu leiten, Biegsamkeit für Drähte, Stärke, Korrosionsbeständigkeit & Recyclingeignung
- ▶ im 19 Jh. 1000h Arbeit = Lichtmenge einer 100W Lampe,
- ▶ Heller = sauberer = hygienischer, längere Aktivitäten möglich
- ▶ Produktivität mit Elektromotoren doppelt so hoch wie mit Dampfmaschinen
- ▶ Elektroenergie in ersten Jahrzehnten des 20 Jh. vorherrschende Energie
- ▶ Heute Erzeugung Strom durch den Verbund von Turbinen & Generatoren
- ▶ Energiewende benötigt signifikant mehr Kupfer, (Aluminium ist leichter [Hochspannungskabel], Silber leitet besser, aber weniger fest)
- ▶ Kupferbergbau seit vor ca. 6000 Jahren in Zypern (griechisch kypros = Kupfer) & Vorderasien, Übergang von Stein- zu Kupferzeit (Chalkolithikum), Bronzezeit anschließend als Legierung von Kupfer und Zinn
- ▶ 18 Jh. Britische Marine Schiffe mit „Kupferbeplattung“, Südwales Swansea „Copperopolis“ Verhüttung von Kupfer wegen Kohlevorkommen 3t Kohle je t Kupfer => 65% der weltweiten Produktion, aktuell China 50%
- ▶ Stromnetze: Kupfer aus Elektrolyse, Thomas A. Edison machte Glühbirne massenmarkttauglich, war aber auch treibende Kraft beim Aufbau der Stromnetze, Goerge Westinghouse und Nikola Tesla => Wechselstrom mit dünneren Drähten & größere Entfernung für Energietransport möglich

Kupfer – Das Zweitgrößte

- ▶ Experiment Kupferrohr mit Magnet



Kupfer – Das Zweitgrößte

- ▶ Das Toaster Experiment - [Olympia-Bahnradfahrer Robert Förstermann](#)

HOW MUCH ENERGY DOES IT TAKE
TO TOAST A SLICE OF BREAD?

Kupfer – Das Loch

- ▶ [Chuquicamata](#), die Mine mit dem bisher meisten abgebauten Kupfer weltweit (1/13 des weltweit geförderten Kupfers), Rohstoffgehalt nur begann bei 1,6%, nur noch 0,6%, Kupferbergbau schon seit Jahrhunderten, 1899 Funde des „Kupfermannes“ ca. 550 n. Chr., 1912 [Guggenheim Bros.](#), 1923 [Anaconda Copper Mining Company](#), 1971 verstaatlicht => [Codelco](#), inzw. 1000 m tief, Erz im Tagebau gefördert, Muldenkipper mit 40 bis 400 t - 1 Stunde für Aufstieg, [Elektrolyse](#) zu [Kathoden](#) und Kupferkonzentrat ca. 30%ig => China, Gesteinsabfälle (sogenannte „torta“) schütten Umgebung zu, 20.000 Einwohner mussten umgesiedelt werden 2008 nach [Calama](#), immenser Wasserbedarf
- ▶ Kupferförderung Chile (u.a. „[Escondida](#)“ - größte Kupfermine der Welt), Australien, Brasilien, Russland, Indien, Indonesien, D.R. Kongo, Sambia, nur 2 der Top 10 Minen aus diesem Jh.
- ▶ [Wette](#) zur inflationsbereinigten Preisentwicklung über 10 Jahre von Kupfer, Chrom, Nickel, Zinn & Wolfram vom 29.09.1980 - 29.09.1990 [Paul R. Ehrlich](#) („[Malthusianer](#)“, Club of Rome, „Die Grenzen des Wachstums“) / [Julian Simon](#) („[Kornukopianer](#)“)
- ▶ Chuqui - erste Adern Ende 19. Jh noch 10-15% Kupfergehalt, Tendenz fallend, Guggenheim Bros. Einführung schwere Dampfbagger + Sprengung in Utha in [Birmingham Canyon Mine](#)
- ▶ Von 1900 noch 50 Tonnen Gestein pro Tonne Kupfer, heute 800 Tonnen - Preise jedoch inflationsbereinigt nicht gestiegen, wegen steigender Produktivität mit z.B. seit 80iger Jahren [Ultraklasse Muldenkippern](#), „Blockbruchabbau“ - Tunnel drunter + Sprengung, sowohl in Chuqui als auch in [Grasberg-Mine](#) Indonesien, Beschäftigung im Bergbau im 20 Jh. Um 2/3 reduziert & Produktion Kupfer Faktor 4 gestiegen, zu Römer Zeiten 1t Kupfer = 40 Jahre Arbeitslohn / 1800 nur noch 6 Jahre / heute 0,06 Jahre
- ▶ Aussage: Kupferreserven reichen noch 30-40 Jahre = der Menge in den bekannten Minen, als aktuell wirtschaftlich sinnvoll abbaubares Material, 2010-2020 weltweit 207 Mio. Tonnen Kupfer abgebaut, gleichzeitig sind die globalen Kupferreserven um 240 Mio. Tonnen gewachsen!
- ▶ Von 2020 bis 2050 soll Primärenergie aus Elektrizität von 20 auf 50% steigen, Verbrennerautos enthalten heute 1,5 km Kupferdraht, in Elektroautos Faktor 4-5, die Hälfte in Motoren, pro Elektrobus 0,5 t Kupfer, in Hochgeschwindigkeitszügen noch erheblich mehr, Solarzellen benötigen für die gleiche Energie 5x mehr Kupfer als ein konventionelles Kraftwerk, Windräder Faktor 10!

Kupfer – Die Tiefe

- ▶ 1872 Entdeckung des Mittelatlantische Rücken durch HMS Challenger bei Vermessungsarbeiten, 1977 Bob Ballard „Schwarze Raucher“, etwas später auch „Weiße“ (Lost City)
- ▶ HMS Challenger entdeckte auch kartoffelgroße Klumpen, polymetallische Knollen - Manganknollen (Nickel, Mangan, Kobalt & Kupfer)
- ▶ Kobalt relativ selten, nur D.R. Kongo & Sambia ca. 25 Mio. Tonnen, Nickel aus Indonesien (Regenwälder), Nickelressourcen an Land ca. 300 Mio. Tonnen, unter Wasser erwartet ca. 120 Mio. Tonnen Kobalt + > 270 Mio. Tonnen Nickel & > 230 Mio. Tonnen Kupfer allein in der Clarion-Clipperton-Zone
- ▶ Inaktive Schwarze Raucher enthalten Eisen, Zink, Selen & Chalkopyrit mit bis zu 20% Kupfergehalt - aber nur wenige Schwarze Raucher - geschätzte Menge Kupfer & Zink bei ca. 30 Mio. Tonnen - aber neue Untersuchungen laufen noch!
- ▶ Kingston Jamaika - Sitz der Internationalen Meeresbodenbehörde ISA (International Seabed Authority) - Verwaltung des „gemeinsamen Erbes der Menschheit“ - 200 Seemeilen ab Küste beginnt „Hochsee“ - Seerecht, ISA-Abkommen - 4x China, 3x Südkorea & Russland, 2x Deutschland, Frankreich & GB, US keine! (da UN-Abkommen nicht unterzeichnet - aber US-Inseln)
- ▶ Bisher kein Unterseebergbau, Überlegungen: pro Kilo Kupfer klassisch 460kg Abraum, Untersee nur 29kg?! Aber weitgehend unbekannter Lebensraum, Artenvielfalt, Auswirkungen auf Ökosysteme bisher unbekannt
- ▶ Aktuell starten weiter neue Minen wie Kamoa-Kakula (D.R. Kongo), Ojuu Tolgoi (Mongolei), neue Verfahren planen aus minderwertigen Gesteinen & Abraum weiter Kupfer zu fördern
- ▶ Klimaneutralität geht Stand heute nur über den Weg der Elektrizität & benötigt massiv Kupfer!

Öl + Erdgas - Der Elefant

- ▶ Schwarzes Gold zusammen mit Erdgas die Energieträger des 20. Jh. nach Kohle, Anfangs Öl die Lösung & nicht das Problem
- ▶ Erdöl seit Jahrtausenden schon bekannt - Ägypter balsamierten Leichen mit Bitumen aus Teergruben, Byzantinisches Reich verwendete Öl als Brandwaffe
- ▶ Im 19. Jh. Chemiker destillieren aus Teer Petroleum, 6x heller als Waltran-Extrakt
- ▶ Ölfunde 1908 im Iran, 1927 im Irak, Kuwait & Bahrein in den 30igern, USA bereits 1859
- ▶ 1948 Ghawar Ölfeld in Saudi-Arabien entdeckt - größtes bisher entdecktes Ölfeld, gefördert bisher 70 Mrd. Barrel + ca. 50 Mrd. noch erwartet (Giganten Felder 500 Mio. / Super Giganten 5 Mrd. Barrel) - DER ELEFANT unter den Ölfeldern! Bis dahin USA #1 & ab 1947 sogar Importeur trotz Prudhoe-Bay & Felder im Golf von Mexiko, in den 70igern UdSSR führend, ab 90igern Saudi-Arabien
- ▶ Entstehung vor etwa 100 Mio. Jahren durch globale Erwärmung, Vulkanaktivität => CO₂ => Planktonbesiedlung damals an Nordküste des Superkontinents Gondwana, Absatz am Meeresboden, Druck + Hitze, => poröses & durchlässiges Gestein + undurchlässige Abdeckung, heute Golfregion kohlenwasserstoffreichste Erdregion ca. 50% Erdöls & 40% Erdgasreserven
- ▶ Industrielle Revolution basiert auf der Verfügbarmachung von Energie, immer thermodynamische Leiter hoch: 4x Holz > 2x Kohle > 1x Petroleum, ergo für gleiche Energie weniger Rohstoff, Motorflug nur weil 2x Petroleum > 1x Kerosin, flüssiges Öl kontinuierlich gepumpt, aber CO₂ Ausstoß & Klimaerwärmung!
- ▶ 2019 weltweit ca. 80% Primärenergie aus Öl, Gas + Kohle (analog 1990, 1980 85%), weltweit erneuerbare Energie erst bei 1.5%, Energieabhängigkeit 2022 durch Ukrainekrieg (Russland exportiert weltweit 17% Erdgas & 12% Erdöl) => Preisanstieg + Inflation wie seit 40 Jahren nicht mehr!
- ▶ 1980iger George P. Mitchell, Erdgas Fracking (Druck Wasser + Sand + Chemikalien) + Horizontalbohrungen in Texas (Poröses Ursprungsgestein - Barnett-Schiefer unter Dallas Texas) => in USA Preisverfall + seit 2013 unterstützt die US Regierung Export von Flüssiggas (LNG) nach Japan & Europa, „Rotes Tuch“ für Umweltschützer wegen Grundwasserverschmutzung, Seismische Störungen, Sandmengen, Kosten höher als klassische Förderung, zw. 2007-2021 USA wieder größter Ölförderer und unabhängig von Dritten als Energielieferant, amerikanische Chemie produzierte billiger als EU mit russischem Gas, CO₂ Emission besser, da weniger Kohle
- ▶ Erdöl/Tabellen und Grafiken

Öl + Erdgas - Rohre

- ▶ Raffinerien Herstellung Kohlenwasserstoffe (Gase), Chemikalien, Kunststoffe (Petrochemikalien), Treibstoffe (Benzin + Diesel + Kerosin), Wachse, Schmieröle, Asphalt, aber auch sehr spezielle wie Nadelkoks (hart, schwarz, steinähnlich) => synthetisches Graphit => Anode in Lithium-Ionen-Akkus => Autos, Handys, Notebooks
- ▶ Div. Ölsorten - Ghawar => „Arab Light“ weniger zähflüssig & dicht als Venezuela - „Merey“ o. Mexiko „Maya“, süß o. sauer (hoher Schwefelgehalt), leichte + süße Rohöle teurer, weil leichter verarbeitbar
- ▶ Raffinierung: 1. Reinigung von Salzwasser + Verunreinigungen, 2. Destillation in mehreren Schritten (Gase Butan < 30°C, Benzin < 104°C, Asphalt 580°C) 3. Konversionsverfahren & Blending
- ▶ 12 Raffinerien in Dtl., Wesseling (ehem. Herman-Göring Werke für Flugbenzin, damals aber aus Kohle) große Bandbreite an Ölen, US-Verarbeitung schwere Öle aus Kanada, Venezuela & Mexiko, 1920 US Know-How aus Spirituosenindustrie (Prohibition schaffte Kapazitäten ☺), dt. Chemie basierte lange auf Kohle (US-Chemie auf Salzen), Bayer (Kohle zu Azetylsalizylsäure) => „Aspirin“, BASF (Kohle zu Farbstoffen)
- ▶ Friedrich Bergius (Fritz Haber Schüler) Bergius-Pier-Verfahren Kohle => Benzin, unter hohem Druck Moleküle aufgespalten („Cracken“), Kohlehydrierung, Kosten aber höher als Öl, Anfang 30iger neue Öl => IG Farben in finanziellen Schwierigkeiten - A. Hitler „Deutscher Motorentreibstoff muss Wirklichkeit werden, selbst wenn es mit Opfern verbunden ist. Deshalb ist es dringend notwendig, die Kohlehydrierung fortzusetzen.“
- ▶ 1. Weltkrieg erster Konflikt mit Maschinen aber auch Stellungskrieg, der 2. Weltkrieg Bewegungskrieg, Konflikt mit Öl & um Öl, teilweise auch wegen Öl (Ölfelder von Baku), Krieg der Raffinerien katalytische Crack-Verfahren => Brit. Flugbenzin 100 Oktan / Wesseling nur 85 Oktan => alleierte Flieger 15% schneller, 2000 km mehr Reichweite & 3000 m mehr Flughöhe
- ▶ GM Ing. Thomas Midgley jr., steigerte Oktanzahl (Klopffestigkeit) im Benzin in den 1920igern durch Zusatz von Tetraethylblei, in USA seit den 80igern verboten
- ▶ Wesseling wird inzwischen umgebaut auf Treibstoffe aus Pflanzen, Pflanzenöl, Haushaltsabfälle und Kuhdung

Öl + Erdgas - Der Alleskönner

- ▶ Kohlenwasserstoffe primär für Treibstoffe, Erdgas primär für Strom & Wärme, ca. 10% => Nebenprodukten (Kunststoffe, Düngemittel, Verpackungen, Arznei-, Konservierungsmittel, Lacke, Malerfarben, Klebstoffe, Textilfarbstoffe, Aromen, etc.)
- ▶ Die Wahrheit über Tomaten (Gurken, Paprika, Kopfsalat, etc.), hohe Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen durch Treibhauseanbau (bis zu 400facher Ertrag), gezielte Düngung (aus Erdgas) & Bewässerung, Wetterunabhängigkeit, künstliches Licht, konstant 20°C (Gasheizung), künstlich mehr CO₂, Transport (Diesel), 1kg Treibhaustomaten => 3kg CO₂ Emission
- ▶ Gaspreise 2022 stiegen, Produzenten stiegen temporär aus, Tomaten knapp, Lebensmittelpreise stiegen - primär wegen Gaspreis, Niederlande heute # 2 Lebensmittelexport, Spanien ([Almeria](#)) & Italien höhere Dieselpreise (je Tomate ca. 5 Esslöffel Diesel) + Düngemittelpreise
- ▶ 1894 [Hans von Pechmann](#) experimentierte mit [Diazomethan](#) zerfiel in weißes Pulver aus Wasserstoff und Kohlenstoff - er nannte es „Polymethylen“, 1930 Uni Illinois organische Arsenverbindungen wieder „weißes Pulver“, 27. März 1933 brit. [ICI](#) Chemiker [Eric W Fawcett](#) & [Reginald O. Gibson](#) - [Polyethylen](#), hochmolekular steifer als Stahl, Folien mit niedriger Dichte & weich wie Wachs, wasserbeständig & hitzefest bis oberhalb Siedepunkt des Wassers, wiederverwertbar, Isolator, 1944 erste Polyethylen-isolierte Telefonkabel über Ärmelkanal, Radar Isolation für Flugzeuge (leicht!), nach Kriegsende Plastikspielzeug, Perlen, Schmuck, Krimskrams - wegen Überschuss!
- ▶ [Polystyrol](#) (Verpackungen, aber auch klar gießbar), [Polyvinylchlorid](#) (PVC für Rohrleitungen, Duschvorhänge, etc.), [Polyamid](#) (Nylonstrümpfe aber auch Maschinenschrauben), [Polypropylen](#) (Flaschenverschlüsse, Möbel), [Epoxidharz](#) (Kleber), [Zelluloid](#) ersetzte Elfenbein (Billardkugeln, Klaviertasten), [Polyester](#) ersetzte Nerzpelze, Kunststoffverpackungen schonten Baumbestand (Papier & Karton) & Aufwand für Glas
- ▶ Bis heute steigt die Produktion von Kunststoffen weltweit sogar exponentiell, Mikroplastik löst sich aber im Gegensatz zu natürlichen Produkten nicht auf, Verbot von Einwegtüten, Trinkhalmen, etc.
- ▶ Recycling bei Kunststoffen schwieriger, einige sind dafür geeignet z.B. PET Flaschen [Polyethylenterephthalat](#), Recyclingquote in Europa bei 25%, USA nur 10% (verglichen mit Eisen 80%), Kunststoffe Produkt der Ölindustrie im Bemühen, alles zu verwerten (monetarisieren), die Kosten wurden zum Anlass für Entstehung neuer Materialien & Industriezweige, Plastik ist so billig in der Herstellung, üppig vorhanden & wurde damit zum Wegwerfprodukt!

Öl + Erdgas - Nachtrag: Pik Oil

- ▶ Ras Tanura, Saudi-Arabien, Hafen für Öl aus Ghawar, Eröffnet 1939 von König Abd al-Aziz Ibn Saud, Verkehr von VLCC (Very Large Crude Carrier) mit > 200.000 Tonnen Rohöl - länger als das Empire State Building, Beladung in 1-2 Tagen, nach Indien, China, Amerika, Europa => Straße von Hormus, Rotes Meer, Suezkanal mit teilweiser Entladung, immer wieder Dronen-Angriffe des Irans auf Saudische Anlagen, teilweise von Huti-Rebellen aus Norden Jemens von Iran finanziert
- ▶ Ras Laffan, Katar, Hafen für Erdgas, North-Field 9700 km² großes Gasfeld in Katarischen Gewässern bis zum Iran - liefert 4% der weltweit verbrauchten Energie, Förderung + Reinigung von CO₂ + Schwefel, Druck + Absenkung Temperatur unter -161 °C => LNG (Liquid Natural Gas) - Transport in Gastankern
- ▶ Energiewenden 1. Nutzbarmachung fossiler Brennstoffe, 2. Elektrifizierung ab 1880 bis weit ins 20. Jh., 3. Öl (Benzin, Diesel, Petro-Chemikalien) ca. um 1960 überholte Öl die Kohle 4. Gas überholt die Kohle aktuell, Bau von Pipelines aufwändig, Förderung auch in Russland im arktischen Sibirien, US Fracking Texas, Erdgas erzeugt 20% weniger CO₂ als Öl und 30% weniger als Kohle, Einsatz auch in Schmelzöfen (Glas, Eisen)
- ▶ Effizienz der Förderung anfangs 1:100 inzwischen auf 1:5
- ▶ Niemand redet mehr über „Pik Öl“ - ca. 2020 war Öl Plateau erreicht, Gas wird länger dauern, das Ziel: erneuerbare Energien: Wasserkraft, Sonne, Wind.

Lithium - Weißes Gold

- ▶ Lithium eines der 3 Urelemente neben Wasserstoff und Helium - einzigartige Kombination aus geringem Gewicht, hoher Leitfähigkeit & elektrochemischer Leistung, bester Energiespeicher, schwimmt auf Öl, weich, sehr reaktionsfähig mit Luft oder Wasser - deswegen nirgends in Reinform & das Kernstück leistungsfähiger Batterien fürs 21. Jh.
- ▶ Reduktion der Kohlestoffemission nur über Elektrifizierung (weniger Öl, mehr Kupfer), mehr Windräder (Stahl, SiO₂, Kupfer) mehr Solarzellen (Kupfer, metallisches Silizium), mehr Wasserkraft (Beton) UND MEHR SPEICHER
- ▶ „Das Universum hat uns nichts besseres gegeben.“ Seth Fletcher
- ▶ Chile - Salar de Atacama ca. 3000 km² - Abflusslose Senke zwischen Anden + Küstengebirge, weltweit größte bekannt Lithium Lagerstätte, eine der trockensten Gegenden der Welt - Luftfeuchtigkeit selten über 12%, manche Stellen 5 km dicke Salzschrift bzw. Sole (Natrium, Magnesium, Kalium, Bor & Lithium), weitere Minen in Bolivien (Salar de Uyuni ca. 10500 km²), Argentinien, China, Förderung auch als Lithium-Aluminium-Silikat = Spodumen (Lithos griechisch für Stein) in Australien im Bergbau - Aufbereitung in China, sehr energieintensiv, aber auch als Jadarit in Serbien, Deutschland Schwarzwald Quellen
- ▶ Abbauunternehmen: Albemarle + SQM, Verdunstung in Becken, zuerst Ausfall Natriumchlorid, => nächstes Becken Ausfall Kaliumsalze, dann Magnesiumsalze, am Ende nach über einem Jahr gelbgrün 25% Lithiumchlorid, grün von den Borsalzen
- ▶ Lithium Mitte des 20. Jh. Medikament bei bipolaren Störungen, Kühlmittel für Flüssigsalzreaktoren, zum Ausbrüten des Tritiums - für Kernfusion, verstärkt Glas, Legierungen, Schmiermittel, Keramikindustrie
- ▶ Chemische Batterie Grundlagen Alessandro Volta 1800 (gestapelte Zink- & Kupferscheiben getrennt mit Pappe in Salzlösung => Volta-Zelle), wiederaufladbare Zelle 1854 Gaston Planté Bleiakkumulator, Thomas A. Edison: “Wenn die Natur die Absicht gehabt hätte, Blei in Batterien für den Antrieb von Fahrzeugen zu verwenden, hätte sie es sicher nicht so schwer gemacht.“ Edison nutze Lithiumhydroxid => 10% mehr Ladung, Nickel-Kadmium- & Nickel-Metall-Hydrid, erst 1970 erste Lithiumbatterie durch ExxonMobil Stan Whittingham für Armbanduhrgröße - aber 15x mehr Energie als vergleichbare Bleiakkumulatoren, größer Akkus erst in den 80igern - John B. Goodenough Kathodenmaterial aus Kobaltoxid deutlich weniger Batterieexplosionen, Akira Yoshino 1985 Anode auf Graphitverbindungen & aufgerollt auf dünnen Folien in einem Metallgefäß, ab 1991 Sony produktreif => heute in Smartphones, Laptops, E-Autos - 2019 Nobelpreis für die 3 letztgenannten
- ▶ Lithiumgewinnung - Eingriff in die Natur, wir lösen mit Lithium Probleme - schaffen dabei aber neu!
- ▶ „Ölstaaten heute“ Saudi-Arabien, Russland, USA => „künftige Elektrostaaten“ Chile, Bolivien, Argentinien, Australien, China?
- ▶ Aber: 1. Es geht die thermodynamische Leiter erstmals abwärts, Lithium-Ionen-Akkus haben kleinere Energiedichte als Öl.
2. abgebaute Stoffe werden nicht verbrannt 3. Länder nicht sicher, ob sie das weiter machen wollen ...

Lithium - Bisquitrollen

- ▶ Lithium-Ionen-Akkumulator, 2020 ca. 20% CO₂ Ausstoß Verbrennerfahrzeuge
- ▶ Tesla Gigafactory Nevada (2016 Betriebsstart, Hersteller der Akkus Panasonic - Zusammenbau der Zellen zu Batteriepaketen Tesla), Shanghai, Berlin (Grünheide), Texas, Nevada stellt NUR Batterien her, keine Autos, Batteriehersteller Panasonic, LG Chem, Northvolt & BYD, Erfindung DVD => Freisetzung von Bandmaschinen für Kassetten + Videotapes, Sony => Maschinen + Know-How im Aufwickeln von Anode & Kathode auf dünnen Filmen, Sanyo => Panasonic, TDK => CATL
- ▶ Aufgerollte Kathode (Aluminium + Lithium + Kobalt + Sauerstoff), Anode (Kupfer + Graphit), Separator, Elektrolyt, alles in Stahlhülle luftdicht verschlossen mit Stahlkappe = „Jelly Roll“ = Bisquitrolle
- ▶ Im E-Auto Batterie der kostbarste Bestandteil, Elektromotoren kann jeder, massive Auswirkungen auf Automobilindustrie, China kontrolliert ca. 80% der weltweiten Batterie Produktionskapazitäten - aber China selbst auch massiv Abhängig von Lithiumvorkommen außerhalb Chinas, CATL (Robin Zeng) Ankündigung 2022 60 GWh Produktionskapazität in Fuding (China), Werke auch in Deutschland, Ungarn, etc. Belieferung von BMW, Daimler, VW, Volvo, Jaguar, Stellantis, Land Rover
- ▶ Lithiumkobaltoxid (LCO) in Smartphones + Laptops, Lithium, Nickel, Mangan, Kobalt (NMC) für Autos - geringere Energiedichte, aber haltbarer, Panasonic produziert etwas andere Zusammensetzung mit Nickel, Kobalt, Aluminiumoxid zum Lithium (NCA), außerdem noch Lithiumferrophosphat (LFP) weitaus stabiler
- ▶ Aber immer wird Lithium benötigt! Akkus in Häusern hinter Solaranlagen / Stromspeicher Langfristige Alternativen: Natrium-Ionen-Batterien, Festkörper- oder Feststoffbatterien ohne Elektrolyte, Batterien mit Luftreaktionen, fast alles auf Basis Lithium
- ▶ Typische E-Autobatterie enthält ca. 40kg Lithium, 10kg Kobalt, 10kg Mangan, 40kg Nickel und Graphit, Stahl und Kupfer, Gewicht Batterie Tesla Model S 544kg, Model Y 771kg, Nissan Leaf 303kg

Lithium - Entproduktion

- ▶ Belgien, Brüssel, [König Leopold der II](#), Kolonialist - [Kongo-Freistaat](#) als persönliches Eigentum von 1876/85-1809, Elfenbein, Kautschuk, Ausbeutung & ca. 10 Mio. Opfer in der Zeit, Provinz Katananga, [Shinkolobwe](#) Uranbergbau mit Konzentrationen von 70% (anderswo 0,1%!), Anfang 20. Jh. defacto Monopol => „Little Boy“ Hiroshima, Kupfer- (10-15%) & Kobaltlagerstätten, ab 1906 Bergbau durch belgisches Unternehmen Union Minière du Haute-Katananga (heute [Umicore](#)), Kupfer, Kobalt, Zinn, Uran, Zink, Germanium, Silber & Gold, Gewinne fast komplett => Belgien, in 20igern größter ww Kupferproduzent, in 60igern größter Kobalt- und Uranproduzent, D.R. Kongo Unabhängigkeit 1960 - [Patric Lumumba](#), Staatsstreich CIA, 1961 ermordet, 1971-1997 franz. Zaire, Bürgerkrieg, Wahlen aber immer noch diktatorisch regiert
- ▶ Großbritannien, Frankreich, Deutschland, Spanien bedienten sich in Afrika, Wettbewerb um Ressourcen (von den Römern bis zur Eroberung Amerikas) als Bodenschätze & auch Menschen(Sklaven), Fluch der Ressourcen => D.R. Kongo extrem reich an Bodenschätzen ABER niedrigstes Pro-Kopf-Einkommen weltweit & geringste Lebenserwartung
- ▶ Umicore, [Hoboken](#), Werk für Kathodenmaterial für Batterien, verarbeitet Material aus D. R. Kongo, Nickel, Mangan, Lithium zu hochreinen Mischungen & inzwischen Pionier auf dem Gebiet des Recyclings (ww Stahl zw. 70-90%, Aluminium 42-70%, Kobalt 68%, Kupfer 43-53%, Lithium aktuell bei < 1%) => Kreislaufwirtschaft, Abfall zu Geld machen als Geschäftsmodell, Umicore recycelt E-Autobatterien in großen Hochöfen, Schmelze aus Nickel, Kobalt, und Kupfer, in der Schlacke Lithium, Prozess bringt 95% Kupfer, Nickel und Kobalt + 50% Lithium - Tendenz steigend
- ▶ Bis 2030 wird Stand heute nicht genügend Lithium für Batterien zur Verfügung stehen ...

Fazit

- ▶ Wir sind von der physischen Welt abhängiger als je zuvor.
- ▶ Wir haben herausgefunden, wie man komplexe Produkte zu Alltagsgegenständen macht.
- ▶ Gegenstände sind in den meisten Fällen auch billig. [Adam Smith](#) in „[Der Wohlstand der Nationen](#)“: „Wenn Menschen sich auf bestimmte, unterschiedliche Tätigkeiten spezialisieren, können sie insgesamt mehr Arbeit leisten“, [Theodore P. Wright: Wrights Law](#) „Jedes Mal wenn sich die Produktion eines Gegenstandes verdoppelt, sinken die Kosten um ungefähr 15%.“
- ▶ Fortschritt hat auch Kehrseite: Es wird immer mehr Energie benötigt & Kohlenstoffemissionen müssen verringert werden
- ▶ Ehrgeizige Energiewende: Holz -> Kohle -> Öl -> Gas -> Wasserstoff
- ▶ Wasserstoff Elektrolyse sehr ineffizient - benötigt viel Energie, Stromherstellung ist einfacher aber Speichern schwerer
- ▶ Was ist ein Offshore-Windrad? Ein Bauwerk aus Glas, Eisen, Kupfer & Öl mit einer Prise Salz ☺
- ▶ Der Unterschied zu den letzten 300 Jahren, fossile Materialien werden nicht mehr verbrannt sondern verbaut
- ▶ Anstrengungen gewaltig: Eine Erdgasturbine für 100 MW für ca. 100.000 Haushalte (300t Eisen, 2.000t Beton, 50t Kupfer) entspricht ca. 20 [Windkraftanlagen](#) (30.000t Eisen, 50.000t Beton, 900t Kunststoff, 540t Kupfer [das Dreifache bei Offshore]), Für Energiewende deutlich mehr Ressourcen benötigt
- ▶ Der Effekt weit in der Zukunft, daher div. Risiken: 1. Verzweiflung & Aufgabe weil mehrere Generationen einen Teil der Einkünfte opfern müssen 2. Behinderung durch politische Widerstände & passive Öffentlichkeit z.B. Bürokratie 3. Zerfall geopolitischer Fundamente durch Kriege & Handelskonflikte (z.B. 1970 Ölkrise, 2022 Ukraine-Invasion)
- ▶ Aktuell fehlt der Politik brauchbares Bild aktueller Zusammenhänge, 1940 gab US-Handelsministerium System nationaler Wirtschaftsberechnungen in Auftrag - daraus entstand [BIP](#)-Berechnung, 2020 „Halbleitersouveränität“ mit Lieferkettenanalysen - Stoffstromanalysen erstellt
- ▶ Jedes Containerschiff transportiert heute mehr als die gesamte Kauffahrerflotte des 16. Jh.
- ▶ Wir sind in der Lage ein nachhaltigeres Leben zu führen, unsere Eingriffe in die Natur auf ein verträgliches Maß zu reduzieren & in einer harmonischen Beziehung zur Erde zu leben.
- ▶ Auf diesem Planeten leben & denken inzwischen 8 Mrd. Menschen

ED CONWAY

MATERIAL WORLD



Wie sechs Rohstoffe
die Geschichte
der Menschheit prägen

HOFFMANN UND CAMPE

