

seminaristische Vorlesung (WISO Wahlpflichtfach):

Rohstoffe und Recycling

1 Einführung

2 Rohstoffe und ihre Endlichkeit

Warum ist etwas und nicht etwa nichts?

3 Fossile Rohstoffe

Vor Jahrmmillionen entstanden, in wenigen Hundert Jahren verbraucht

4 Abfallverwertung und -entsorgung

Abfälle sind Rohstoffe am falschen Platz

5 Stoffkreisläufe und Energiefluss

Die Erde ist gleichzeitig ein offenes und ein geschlossenes System.

6 Datenanalyse: Wahr, falsch oder beides?

Sind Sie gegen Denkfehler gewappnet?

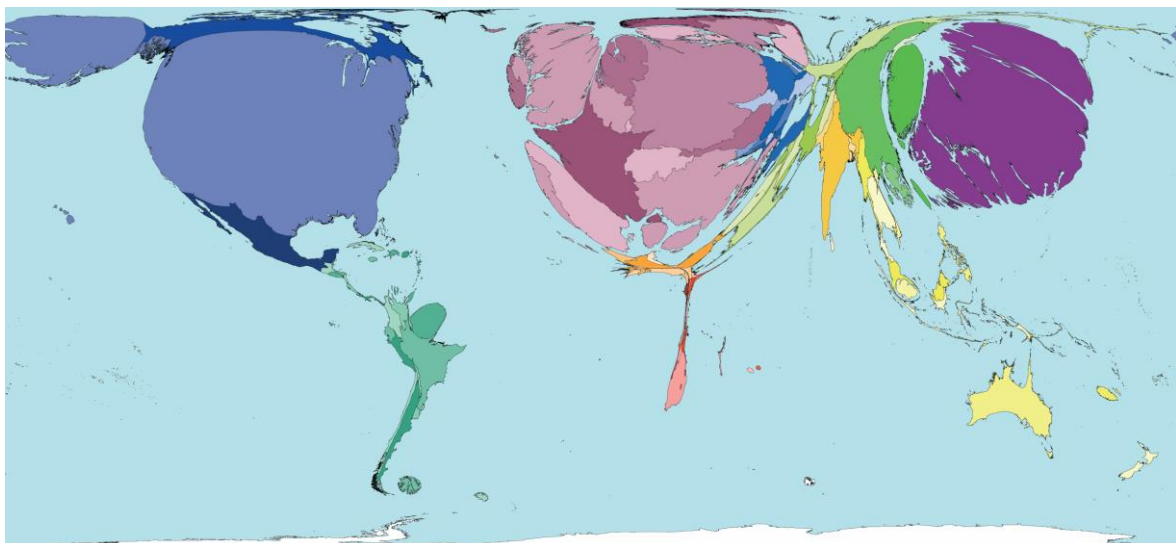
7 Umweltstandards

Wieso sind Grenzwerte so, wie sie sind?

8 Geschichte der Ressourcennutzung

Die Rohstoffknappheit ist kein neues Thema

9 Zusammenfassung und Ausblick





Zum Weiterlesen und Weiterschauen:

Bücher in unserer Bibliothek z.B. :

- Angerer, Gerhard et al. *Rohstoffe für Zukunftstechnologien* Fraunhofer Verlag Stuttgart 2009. Signatur: 330.15 Roh
- Angrick, Michael. *Ressourcenschutz für unseren Planeten*. Metropolis Marburg. 2008, Signatur: 33:57 Ang
- Angrick, Michael. *Nach uns, ohne Öl. Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Produktion*. Metropolis Marburg. 2010, Signatur: 330.15 Nac
- Bardi, Ugo *Der geplünderte Planet. Die Zukunft des Menschen im Zeitalter schwindender Ressourcen*. oekom verlag München, 2013. Signatur 330.15.Bar
- Bliefert, Claus. *Umweltchemie*. Weinheim. Wiley-VCH Verlagsgesellschaft. 2003.
- Bode Thilo. *TTIP. Die Freihandelslüge*. DVA. München 2015
- Braun Reiner, Brickwedde Fritz, Held Thomas, Neugebohrn Eberhard, von Uexküll Ole. *Kriege um Ressourcen. Herausforderungen für das 21. Jahrhundert*. Oekom München. 2009. Signatur: 008 Kri
- Braungart, Michael, McDonough William. *Die nächste industrielle Revolution. Die Cradle to Cradle Community*. EVA Hamburg. 2008. Signatur: 628.2. Nae
- Bukold, Steffen. *Öl im 21. Jahrhundert. Band I und II*. Oldenbourg München 2010. Signatur: 330.15 Buk
- D'Alisa Giacomo, Federico DeMaria, Giorgos Kallis. *Degrowth: A Vocabulary for a New Era* 2014
- Dietz Rob, Dan O'Neill, Herman Daly. *Enough Is Enough: Building a Sustainable Economy in a World of Finite Resources* 2013
- Eisbacher, Gerhard H, Kley J. *Grundlagen der Umwelt- und Rohstoffgeologie*. Enke im Georg Thieme Verlag Stuttgart. 2001.
- Elsberg, Marc. *Black out. morgen ist es zu spät*. (Roman). Signatur: 830 Els
- Enquete Kommission des Deutschen Bundestages. Bericht: „*Wachstum Wohlstand Lebensqualität*“ 2010
- Fischer, Ernst Peter und Klaus Wiegandt. *Die Zukunft der Erde*. Fischer Taschenbuch Verlag Frankfurt am Main 2006. Signatur: 008 Zuk
- Follath Erich, Jung Alexander. *Der neue kalte Krieg. Kampf um Rohstoffe*. Deutsche Verlagsanstalt München. 2006. Signatur 327.5 Neu
- Goldacre, Ben. *Bad Science*. Forth Estate London 2009. Signatur: 61 Gol
- Goudie, Andrew. *Physische Geographie. Eine Einführung*. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg Berlin. 2002. Signatur: 55Gou
- Grandt, Michael. *Unternehmen Wüste. Hitlers letzte Hoffnung. Das NS-Ölschieferprogramm auf der Schwäbischen Alb*. Silberburg Verlag 2002. Signatur: 943 Gra

- Hartmann, Kathrin. *Aus kontrolliertem Raubbau. Wie Politik und Wirtschaft das Klima aufheizen, Natur vernichten und Armut produzieren*. Blessing Verlag. 2015.
Signatur: 008 Har
- Haug, Albert. *Kulturlandschaft Illerkanal. Hundert Jahre Illerkanal-Verband. 1910-2010*. Süddeutsche Verlagsgesellschaft Ulm. 2010. Signatur: 627 Hau
- Jackson Tim *Wohlstand ohne Wachstum: Leben und Wirtschaften in einer endlichen Welt* oekom Verlag 2013
- Kausch, Peter, Matschullat Jörg (Hrg.) *Rohstoffe der Zukunft. Neue Basisstoffe und neue Energien*. Frank und Timme Berlin 2005. Signatur: 330.15 Roh
- Killops, Stephen, Killops Vanessa. *Einführung in die organische Geochemie*. Enke Verlag Stuttgart 1997 Signatur: 547 Kil
- Klein, Dieter. *Milliardäre - Kassenleere. Rätselhafter Verbleib des anschwellenden Reichtums*. dietz Berlin. 2006. Signatur: 330.2 Kle
- Konzeptwerk Neue Ökonomie e.V. *Zeitwohlstand: Wie wir anders arbeiten, nachhaltig wirtschaften und besser leben* 2013
- Kreiß Christian. *Profitwahn - Warum sich eine menschengerechtere Wirtschaft lohnt*. Tectum Sachbuch. 2013. Signatur: 330.3 Kre
- Kreiß Christian. *Geplanter Verschleiß. Wie die Industrie uns zu immer mehr und immer schnellerem Konsum antreibt und wie wir uns dagegen wehren können*. Europa Verlag 2014.
- Martens, Hans. *Recyclingtechnik. Fachbuch für Lehre und Praxis*. Signatur: 628.2 Mar
- McNeill, John R. *Blue Planet. Die Geschichte der Umwelt im 20. Jahrhundert*. Campus Verlag. Frankfurt/New York. 2003. Signatur: 008 (091)McN
- Meadows, Donella , Jorgen Randers und Dennis Meadows. *Grenzen des Wachstums. Das 30 Jahre update. Signal zum Kurswechsel*. Hirzel Verlag Stuttgart. 2007.
- Miegel, Meinhard. *Exit. Wohlstand ohne Wachstum*. List Verlag 2012. Signatur: 33:57 Mie
- Mies, Maria. *Globalisierung von unten. Der Kampf gegen die Herrschaft der Konzerne*. Europäische Verlagsanstalt Hamburg 2002. Signatur: 339.9 Mie
- Mies, Maria. *Krieg ohne Grenzen. Die neue Kolonisierung der Welt*. PapyRossa. Neue Kleine Bibliothek 94. 2005. Signatur: 339.9 Mie
- Pohl, Walter. *Mineralische und Energie-Rohstoffe. Eine Einführung zur Entstehung und nachhaltigen Nutzung von Lagerstätten*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart. 2005. Signatur: 553 Poh
- Reicholf, Josef H.. *Der blaue Planet*. München. Deutscher Taschenbuch Verlag. 1998.
- Rothe, Peter. *Schätze der Erde. Die faszinierende Welt der Rohstoffe*. Primus Verlag. WBG Darmstadt. 2010. Signatur: 553 Rot
- Schäfer, Bernd. *Naturstoffe aus der chemischen Industrie*. Elsevier München. 2007
- Seidl, Irmi, Angelika Zahrnt. *Postwachstumsgesellschaft: Konzepte für die Zukunft von Befreiung vom Überfluss: Auf dem Weg in die Postwachstumsökonomie*. April 2012
- Swift, Richard . *S.O.S. Alternatives to Capitalism (World Changing)* 2014
- Stoll R.D., Niemann-Delius C., Drebenstedt C., Müllensiefen K. *Der Braunkohlentagebau*. Springer Berlin Heidelberg 2009. Signatur: 622 Bra
- Werner, Klaus und Hans Weiss. *Das neue Schwarzbuch Markenfirmer. Die Machenschaften der Weltkonzerne*. Ullstein Verlag Wien 2006. Signatur: 339.9 Wer
- Wilson, Edward O.. *Der Wert der Vielfalt. Die Bedrohung des Artenreichtums und das Überleben des Menschen*. München Zürich. Piper Verlag. 1997
- Winiwarter Verena, Bork Hans-Rudolf. *Geschichte unserer Umwelt. Sechzig Reisen durch die Zeit*. Primus Verlag WBG Darmstadt. 2014. Signatur: 930 Win
- Ziegler, Jean. *Das Imperium der Schande: Der Kampf gegen Armut und Unterdrückung* Pantheon 2005. Signatur: 339.9 Zie
- Zumach, Andreas. *Die kommenden Kriege. Ressourcen, Menschenrechte, Machtgewinn. Präventivkrieg als Dauerzustand?* KiWi Köln 2005. Signatur: 327.5 Zum

Lindström, Martin *Buyology* 2014

Dohmen, Caspar *Otto Moralverbaucher. Vom Sinn und Unsinn engagierten Konsumierens.*
orel Füssli Verlag 2014

Filme in unserer Bibliothek: z.B.

Abgefackelt

Addicted to Plastic - the rise and demise of a modern miracle

Blood in the mobile

Die Eisenfresser

Die Macht, das Öl und der Tod: die Ermordung des nigerianischen Schriftstellers Ken
Saro-Wiwa

Home

The oil crash: der wichtigste Dokumentarfilm zur brennendsten Frage unserer Zeit

Menschen, Träume, Taten

Naturkautschuk - die Filme

Peak Oil

Reisen durch die Zeit - die atemberaubende Entwicklungsgeschichte unseres
Planeten

Unser blauer Planet

Working men's death

Yellow Cake

Zur Lage des Planeten

1 Einführung

- 1 Die wirtschaftliche Dimension des Themas „Rohstoffe und Recycling“
- 2 Die soziale Dimension des Themas „Rohstoffe und Recycling“
- 3 Die ökologische Dimension des Themas „Rohstoffe und Recycling“
- 4 Prioritätensetzungen bei Bewertungen am Beispiel von Windenergieanlagen
- 5 Der Bedarf an Rohstoffen im Wandel der Zeit

- Wussten Sie, dass Deutschland mit einem Prokopffrohstoffverbrauch von 200 kg/d weltweit an der Spitze liegt?
- Wussten Sie, dass von ca. 3 Millionen Autos, die in Deutschland jedes Jahr stillgelegt werden, nur etwa eine halbe Million in Deutschland verwertet wird? Der größte Teil der Alautos hat in Afrika oder in Osteuropa ein zweites Leben. Da dort die Recyclingtechnik meist noch in den Kinderschuhen steckt, gehen wertvolle Rohstoffe, wie z. B. Platin verloren.
- Derzeit werden jährlich über 1 Milliarde Handys/Smartphones verkauft, mit steigender Tendenz. Wussten Sie, dass dieses Wachstum nicht selbstverständlich so weitergehen kann, da in Handys seltene Metalle wie Indium oder Tantal enthalten sind, deren Nachfrage die Fördermenge zurzeit schon übersteigt?
- China hat in den Jahren 2011 bis 2013 mehr Beton verbaut als die USA im gesamten 20. Jahrhundert (China 6,6 und USA 4,5 Gigatonnen). Die Qualität der Hochhäuser, Brücken etc. in China ist vergleichbar mit der Qualität der Produkte, die von dort zu uns exportiert werden

Im Laufe der Vorlesung werden Sie Hintergrundinformationen für derartige Beispiele und Lösungsstrategien für die Zukunft kennenlernen.

Im ersten Kapitel sprechen wir nur kurz über die ökonomische Dimension und etwas ausführlicher über die soziale Dimension des Themas. Die ökologische Dimension wird uns in allen weiteren Kapiteln beschäftigen.

1 Die wirtschaftliche Dimension des Themas „Rohstoffe und Recycling“

Wussten Sie, dass für die produzierende Wirtschaft in Deutschland die Material- und Rohstoffpreise eine wachsende Rolle spielen? Z.B. wird für den Elektromagneten eines Offshore Windrades bis zu einer Tonne Neodym benötigt, dessen Preis in den vergangenen sieben Jahren auf das 28-fache gestiegen ist.

Unser Wohlstand und unser Wirtschaftswachstum basiert ganz entscheidend auf der Verfügbarkeit von Rohstoffen für die Produktion. Rohstoffe machen mehr als ein Drittel aller Güter im Welthandel aus. Die Sicherung der Rohstoffversorgung in Europa ist ein wichtiges Thema in der nationalen und internationalen Politik. Deutschland hat eine Nationale Rohstoffagentur eingerichtet und eine „Rohstoffstrategie“ verabschiedet, um die Versorgungssicherheit für die deutsche Industrie zu verbessern. Umwelt- und Sozialaspekte in den Herkunftsländern stehen dabei nicht im Vordergrund. Es wurde auch ein Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) erarbeitet. Außerdem hat die Bundesregierung mit mehreren Ländern, z.B. Chile, Kasachstan, Mongolei, Abkommen geschlossen, um die Rohstofflieferungen auch längerfristig zu sichern. Es gibt unterschiedliche Meinungen dazu, inwieweit die Sicherung des Zugangs zu Rohstoffen militärische Präsenz rechtfertigt.

Die Rohstoffweltmarktpreise sind heute stark vom „virtuellen Handel“ (Spekulation (Hedgefonds, Termingeschäfte), Schwarzmarkt, Leerverkäufe...) geprägt. Allein in London wurde 2012 das 23-fache der Jahresweltproduktion von Kupfer gehandelt. Diese Situation führt zu sehr stark schwankenden Marktpreisen.



Aktuelle Information: Transatlantisches Freihandelsabkommen (Transatlantic Trade and Investment Partnership = TTIP)

Seit 2013 ist in geheimen Verhandlungen ein Freihandelsabkommen zwischen USA und EU in Arbeit, bei dem nur offizielle Berater der Großkonzerne Zugang zu den Dokumenten haben. Alle staatlichen Stellen, Regierungen bis zu den Kommunalverwaltungen, müssten sich diesem Regelwerk jedoch unterordnen, wenn es verabschiedet ist.

Nach Vertragsabschluss sind Änderungen nur noch mit Zustimmung aller Staaten möglich. Demokratische Kontrollmechanismen sind nicht vorgesehen.

Inhalte:

Es sollen einheitliche Regelungen für USA und EU für „freien“ Handel (ohne Zölle und ohne „nicht-tarifäre Handelshemmnisse“) verabschiedet werden.

Dieses Handels- und Investitionsabkommen soll die Privilegien von Konzernen und Investoren in USA und der EU sichern.

Es ist ein Schiedsgericht geplant, das es Konzernen erlaubt, Staaten zu verklagen, wenn ihre „erwarteten künftigen Profite“ nicht eingetreten sind. Da die Rechte von Unternehmen nach TTIP als höherwertig angesehen werden, müssen die Staaten dann aus Steuergeldern die Profitausfälle und Entschädigungen zahlen.

Es sind empfindliche Handelssanktionen vorgesehen, wenn sich ein Land nicht daran hält und die Strafen nicht zahlt.

Umwelt-, Gesundheits- und Verbraucherschutz werden als „nicht-tarifäre Handelshemmnisse“ angesehen, (z.B. Kennzeichnungen von Lebensmitteln, Grenzwerte von Schadstoffen in Produkten, Gesundheitswesen, Privatsphäre, Energieversorgung, Kulturelle Einrichtungen, Patente und Urheberrechte)

Schon jetzt gibt es Beispiele auf der Basis der aktuellen WTO-Regelungen, die illustrieren, wie es in Zukunft aussehen könnte: Die WTO verbietet den USA, Konserven zu kennzeichnen, die den Schutz von Delphinen garantiert. Die WTO verpflichtete die EU zig Millionen € Strafe zu zahlen, weil sie Wachstumshormone für Schlachttiere nicht zulässt. In den USA wurden schon mehr als 400 Mio. \$ Steuergeld an Investoren gezahlt, die gegen Verbote giftiger Substanzen, Gesetze zum Wasserschutz oder zur Walnutzung oder andere „investitionsfeindliche“ Regelungen geklagt hatten. Derzeit sind in den USA Klagen von Unternehmen mit einem Streitwert von 14 Mrd. \$ anhängig (bzgl. Haftung von Umweltschäden, Klimaschutz- und Energiegesetze).

2 Die soziale Dimension des Themas „Rohstoffe und Recycling“

Die Folgen der Rohstoffgewinnung und –verwendung für die Menschen sind sehr unterschiedlich. Während die einen zu großem Reichtum kommen, sind die anderen die Verlierer. Sogar beim Recycling gibt es erstaunlich große soziale Ungleichgewichte.

Beispiel: Recycling von Schiffen in Bangladesch

Schritt 1: Wer ist alles beteiligt?

Schritt 2: Welche Themen wurden im Film angesprochen? (1. Spalte in der Tabelle)

Ist Zustand: Beschreibung der aktuellen Lage und der bestehenden Probleme

Schritt 3: Wie könnte sich die Situation ändern? (2. Spalte in der Tabelle)

Wer von den Parteien will, dass die Situation so bleibt? Wer will, dass sie sich ändert und wie?

Ist-Zustand:	Lösungsvorschläge:	Wer könnte etwas ändern?

--	--	--

Schritt 4: Schlussbesprechung

Verschiedene Stufen der Analyse:

1. Situation beschreiben	
2. Probleme identifizieren	
3. Problem lösen wollen	
4. Lösungsmöglichkeiten suchen	
5. Lösungsmöglichkeit für sich auswählen	
6. Handeln	

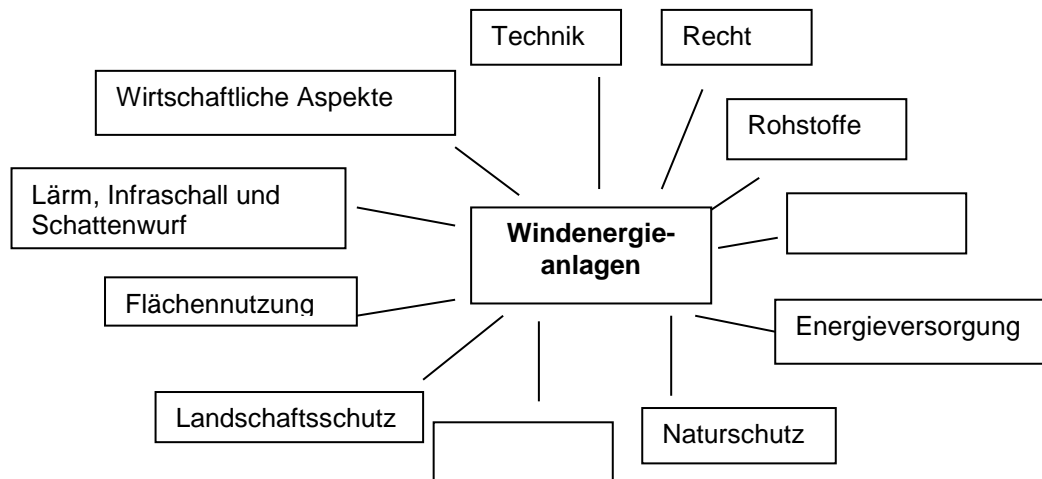
3 Die ökologische Dimension des Themas „Rohstoffe und Recycling“

Die Bedeutung der Rohstoffgewinnung, -verwendung und –entsorgung für die Umwelt wird in allen Kapiteln dieser Vorlesung im Vordergrund stehen. Dazu gehören die Auswirkungen auf Lebensräume (z.B. Zerstörung von Regenwald), auf den Boden (z.B. bei Tagebau), auf das Wasser (z.B. beim Eintrag von Stoffen in den Wasserkreislauf), auf die Luft (z.B. bei der Verbrennung von Kohle) etc.

4 Prioritätensetzungen bei der Bewertung am Beispiel von Windenergieanlagen

Aufgabe:

Bei der Beurteilung von Windenergieanlagen sind z.B. folgende Aspekte bedeutend:



a) Sind für Sie noch weitere Aspekte relevant, die hier nicht aufgeführt sind? Schreiben Sie sie in die leeren Felder oder ergänzen noch weitere.

b) Welche dieser Aspekte können Sie dem wirtschaftlichen, sozialen oder ökologischen Themenfeld zuordnen?

	wirtschaftlich	sozial	ökologisch
Wirtschaftliche Aspekte			
Technik			
Recht			
Rohstoffe			
Energieversorgung			
Naturschutz			
Landschaftsschutz			
Flächennutzung			
Lärm und Schattenwurf			

c) Wie wichtig sind Ihnen die verschiedenen Themenfelder? Stellen Sie die Themen in Ihre persönliche Prioritätenliste:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.
- 9.
- 10.
- 11.

d) Können Sie sich vorstellen, dass sich Ihre Reihenfolge im Laufe Ihres Lebens ändert? Wie und warum könnte sie sich ändern?

e) Schlussfolgerungen: Warum haben wir diese Überlegungen angestellt?

Die Politik und Gesellschaft kümmern sich nicht um alle oben genannten Aspekte in gleichem Maße, sondern setzt auch Prioritäten.

5 Der Bedarf an Rohstoffen im Wandel der Zeit

Werfen wir einen Blick zurück.

Bei vielen Techniken wurde das Potential nicht erkannt, was folgende Zitate zeigen:

1901 Daimler Motoren Gesellschaft:

„Die weltweite Nachfrage nach Kraftfahrzeugen wird eine Million nicht überschreiten, allein schon aus Mangel an Chauffeuren.“

1932 Albert Einstein:

„Es gibt nicht das geringste Anzeichen dafür, dass wir jemals Atomenergie entwickeln können.“

1943 Thomas J Watson, Präsident von IBM:

„Ich glaube auf dem Weltmarkt besteht Bedarf für 5 Computer, nicht mehr.“

1977 Ken Olsen, Präsident Digital:

„Ich sehe keinen Grund, weshalb einzelne Individuen ihre eigenen Computer haben sollten.“

Viele Techniken (Geräte, Methoden oder Stoffe) wurden nur begrenzte Zeit eingesetzt und zum Teil unerwartet schnell durch andere Alternativen abgelöst. Bei manchen Beispielen hat die Verwendung nicht komplett aufgehört, sondern ging nur stark zurück oder wurde von einer anderen Technik, die in viel größerem Umfang eingesetzt wird, ergänzt. Mit diesen Veränderungen ändert sich auch jeweils der Bedarf an bestimmten Rohstoffen. Deshalb lohnt sich ein genauerer Blick darauf:

Technik	Seit wann ungefähr?	Bis wann ungefähr?	Grund für den Rückgang und Ersatz durch	Zukunfts-chancen?
Holzkohle				
Kautschuk				
Gutta-percha				
Kutsche				
Windmühlen				

Dampf- maschine				
Glühbirne				
Kassetten- recorder				
Floppy Disks, Hard Disks				
Buch- druck nach Johannes Gutenberg				
me- chanische Schreib- maschine				
Oberlei- tungs- busse				

Kennen Sie noch andere Beispiele dieser Art?

Was könnte in der Zukunft dazukommen?

2 Rohstoffe und ihre Endlichkeit

Warum ist etwas und nicht etwa nichts?

- 2.1 Der Reichtum dieser Erde
- 2.2 Entstehung der chemischen Elemente im Universum
- 2.3 Rohstofflagerstätten auf der Erde
- 2.4 Abbau und Verhüttung
- 2.5 Reichweite
- 2.6 Beispiel: Bergbau in Katanga (Film)
- 2.7 Alternativen

Was war vor dem Urknall?

Wie stellen Sie sich den unendlichen Raum des Weltalls vor?

Wie kann sich der Weltraum ausdehnen, wenn er doch unendlich ist?

Haben Sie sich noch weitere derartige Fragen gestellt?

Dagegen sind die Antworten auf die folgenden Fragen relativ einfach, und wir werden Antworten dazu in diesem Kapitel besprechen.

Wieso gibt es verschiedene chemische Elemente?

Was sind Metalle, was Nichtmetalle?

Wo sind welche Rohstoffe in der Erdkruste und in welcher Form?

Wie lange reichen die Rohstoffe noch bei unserer aktuellen Wirtschaftsweise?

2.1 Der Reichtum dieser Erde

Wir werden in der Vorlesung einige grundlegende Begriffe aus Chemie verwenden.

Welche der folgenden Begriffe kennen Sie, welche nicht?

Wie lauten die Definitionen?

Abbaubarkeit

Anorganischer Stoff

Atmung

Atom

Biomasse

Chemie

Chemikalien

Dampfdruck

Emissionen

Element

Erz

Flüchtigkeit

Halbmetalle

Immissionen

Ion

Kohlenstoff

Materie
Metall
Molekül
Nichtmetall
Organischer Stoff
Oxidation
Periodensystem
Phosphor
Ressourcen
Rohstoffe
Salz
Schwermetalle
Stickstoff
Substanzen
Wasserlöslichkeit
Verbindung
Verbrennung
Vorräte

Einschub:

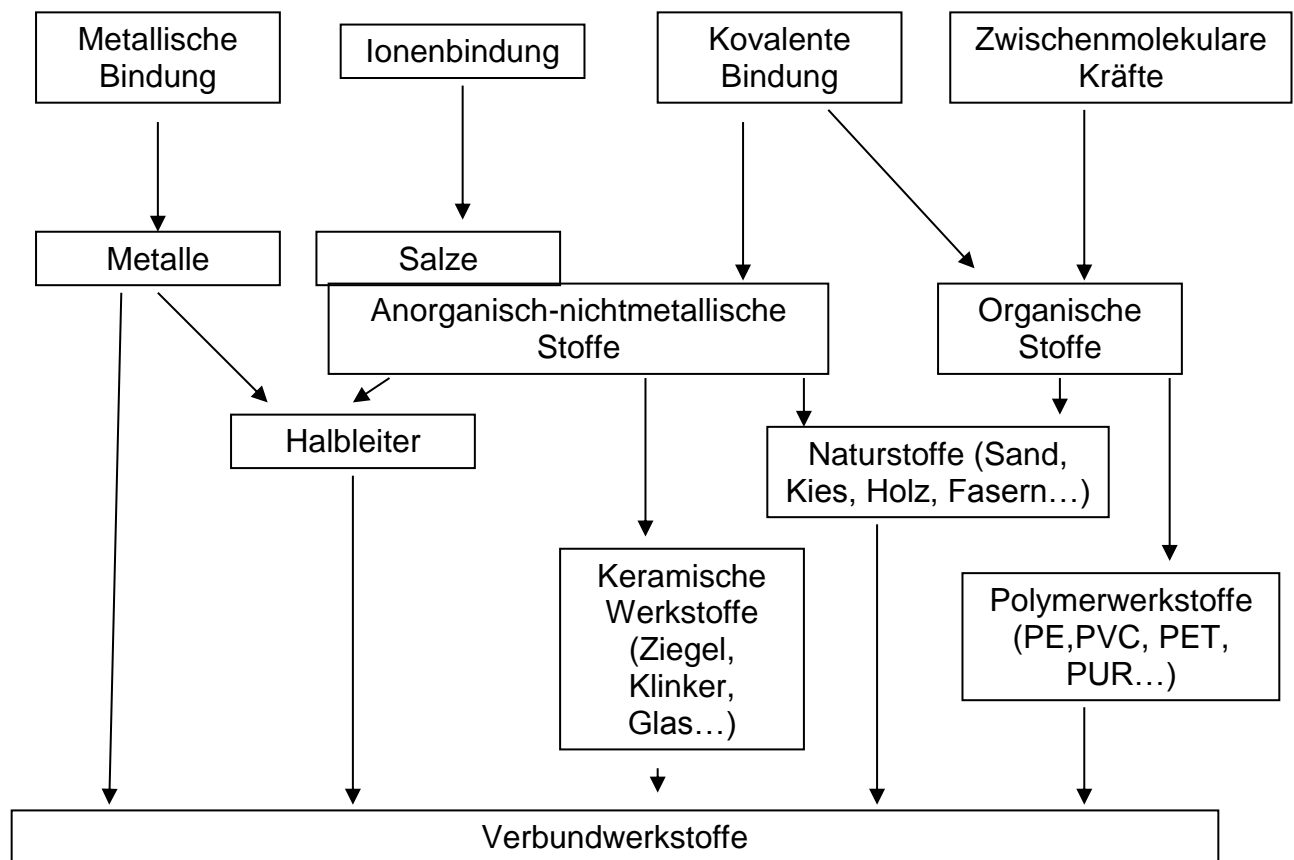
Was ist Chemie? naturwissenschaftliche Disziplin, die sich mit der Zusammensetzung, Charakterisierung und Umwandlung von Materie befasst.

Was ist Materie?

wichtig: **Alles** Stoffliche, Körperliche besteht aus chemischen Stoffen.

	organische Stoffe	anorganische Stoffe
Definition		
in der Natur		
vom Menschen hergestellt		

Einteilung der Feststoffe nach verschiedenen Bindungsverhältnissen



Den Begriff „Ressourcen“ kann man im Sinne von „Rohstoffen“ verwenden. Man kann folgende Begriffe unterscheiden:

Ressourcen = die bekannte und vermutete Gesamtmenge aller Vorkommen

Vorräte = Reserven = Teil, der mit den gegenwärtigen Gewinnungsmethoden wirtschaftlich nutzbar gemacht werden kann.

Basis-Reserve = Teil, der mit den gegenwärtigen Gewinnungsmethoden noch nicht wirtschaftlich nutzbar gemacht werden kann

Zu den **mineralischen Rohstoffen** (mineral resources) gehören zum einen die metallischen Rohstoffe (Buntmetalle und Edelmetalle) und zum anderen die nicht-metallischen Rohstoffe (fossile Rohstoffe und Salze).

Erze (ores) = metallhaltige Mineralien und Mineralgemische, wie sie in der Natur vorkommen



Beispielhafte Darstellung der Anteile eines Rohstoffs auf der Erde (nicht maßstabsgerecht)

Man unterscheidet primäre und sekundäre Rohstoffe:

primäre Rohstoffe wurden nach der Gewinnung verwendet,

sekundäre Rohstoffe wurden schon einmal verwendet und kamen durch Recycling wieder in die Nutzung.

Das Periodensystem der Elemente

Alkali- metalle	Erd-alkali- metalle	Bor- gruppe	Kohlen- stoff- gruppe	Stick- stoff- gruppe	Chal- ko- gene	Halo- gene	Edel- gase
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
H Wasserstoff							He Helium
Li Lithium	Be Beryllium	B Bor	C Kohlenstoff	N Stickstoff	O Sauerstoff	F Fluor	Ne Neon
Na Natrium	Mg Magnesium	Al Aluminium	Si Silicium	P Phosphor	S Schwefel	Cl Chlor	Ar Argon
K Kalium	Ca Calcium	Ga Gallium	Ge Germanium	As Arsen	Se Selen	Br Brom	Kr Krypton
Rb Rubidium	Sr Strontium	In Indium	Sn Zinn	Sb Antimon	Te Tellur	I Iod	Xe Xenon
Cs Caesium	Ba Barium	Tl Tellur	Pb Blei	Bi Wismut	Po Polonium	At Astat	Rn Radon

Metall: im Periodensystem links unten

Nichtmetalle: im Periodensystem rechts oben

Halbmetalle: dazwischen B, Si, Ge, As Te

Die Trennung ist nicht scharf, es gibt eine breite Übergangszone!

Zusatzinformation: Verschiedene Technologien der Gegenwart und Zukunft sind auf bestimmte Metalle angewiesen. Hier sind nur ein paar Beispiele genannt:

Technologien/ Elemente	Sb	Cr	Ga	Ge	In	Co	Li	Mn	PGM	REE	Ag	Ta	Te	V	Sn
<i>Elektronik- bauteile</i>										X					
<i>Photovoltaik</i>	X		X	X	X				X		X		X		X
<i>Solarthermie</i>											X				
<i>Wasserkraft</i>		X													
<i>Windenergie</i>		X								X					
<i>Bioenergie/ biokraftstoffe</i>						X									
<i>Elektrochemi- sche Energie- speicher</i>						X	X	X						X	
<i>Brennstoff- zellen</i>									X	X					
<i>Elektromotoren</i>						X				X					
<i>Hochleistungs- kraftwerke</i>		X				X	X			X					
<i>CCS</i>		X				X				X					
<i>Supraleiter</i>										X					
<i>Thermoelektrik</i>	X			X							X		X		
<i>Kernfusion</i>							X								

PGM = Platingruppenmetalle (Platin, Palladium, Iridium, Osmium Ruthenium)

REE = Seltene Erden (Rare Earth Elements): Scandium, Yttrium, Lanthan, Praseodym, Neodym, Promethium, Samarium, Europium, Gadolinium, Terbium, Dysprosium, Holmium, Erbium, Thulium, Ytterbium, Lutetium, Cer

CCS = Carbon Capture and Storage

Anschauungsmaterial: 20 Metalle

1 Magnesium Mg	2 Aluminium Al	3 Silicium Si	4 Titan Ti
5 Chrom Cr	6 Mangan Mn	7 Eisen Fe	8 Kobalt Co
9 Nickel Ni	10 Kupfer Cu	11 Zink Zn	12 Molybdän Mo
13 Silber Ag	14 Zinn Sn	15 Antimon Sb	16 Tellur Te
17 Cer Ce	18 Wolfram W	19 Blei Pb	20 Wismut Bi

1. In welcher Reihenfolge sind die Metalle in dem Kästchen angeordnet?

2. Welches Element ist kein echtes Metall wie die anderen?

3. Welche sind Schwermetalle?

4. Welches ist ein Edelmetall?

5. Welches Element gehört zu den sogenannten „seltenen Erden“?

5. Wodurch entsteht der metallische Glanz?

7. Welche Metalle werden von einem Dauermagneten angezogen?

8. Wo wird was eingesetzt? Nennen Sie 5 Beispiele.

9. Welches ist das häufigste Metall in der Erdkruste?

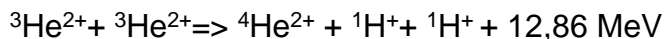
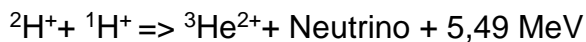
	Plan für Metallgruppe
1.	<u>Eigenarbeit</u>
2.	<u>Erzgruppe</u> kommt und Sie zeigen und erklären
3.	Zur <u>Erzgruppe</u> gehen, dann zuhören und mitschreiben
4.	<u>Gesteinsgruppe 1</u> kommt und Sie zeigen und erklären
5.	Zu <u>Gesteinsgruppe 1</u> gehen, dann zuhören und mitschreiben
6.	<u>Gesteinsgruppe 2</u> kommt und Sie zeigen und erklären
7.	Zu <u>Gesteinsgruppe 2</u> gehen, dann zuhören und mitschreiben

2.2 Entstehung der chemischen Elemente im Universum

Kosmochemie: Nucleosynthese = Nucleogenese = Elemententstehung

Wasserstoff und daraus Helium (und Spuren von Lithium) entstanden direkt in den ersten Sekundenbruchteilen nach dem Urknall vor rund 14 Milliarden Jahren (primordiale Nucleosynthese). Zuerst fusionierten je zwei Wasserstoffkerne (Protonen) zu Deuteriumkernen (^2H), die dann z.B. wieder mit einem Proton zu Heliumkernen (^4He) verschmolzen:

Beispiele für Reaktionen:



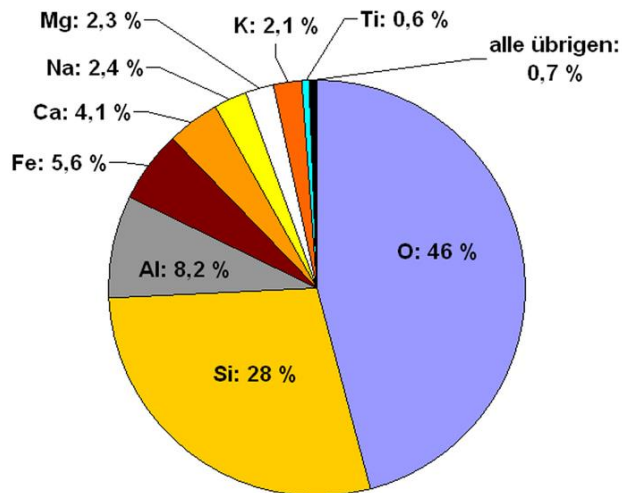
Alle schwereren chemischen Elemente entstanden viel später aus Wasserstoff und Helium durch Kernreaktionen bei extrem hohen Temperaturen (z.B. im Orionnebel 10 Millionen Kelvin) im Innern von Fixsternen z.B. durch Kernfusionen, Neutronenanlagerung oder Protonenanlagerung (stellare Nucleosynthese). Da die meisten dieser Stoffe instabil sind, zerfallen sie, bis stabile Kerne übrigbleiben (s. Periodensystem). Zum Beispiel verschmelzen ab 1,4 Milliarden Kelvin je zwei Sauerstoffatome zu Silicium-28, Phosphor-31 oder den beiden Schwefelisotopen S-32 oder S-31, unter Umständen auch zu Chlor oder Argon.

Bei der Bildung des Eisenatoms durch Fusionsreaktion ist die Energiebilanz noch positiv. Daher gibt es viele Sterne, deren Kern aus Eisen besteht. Schwerere Elemente entstehen bei Supernovaexplosionen bei Temperaturen von Milliarden Kelvin und werden dann ins Universum freigesetzt. Mit zunehmendem Alter des Universums nehmen die schweren Elemente zu. (Hinweis: Wenn in Kernkraftwerken Uranatome gespalten werden, dann wird m. o. w. die Energie freigesetzt, welche bei der Supernova zur Kernfusion geführt hat.)

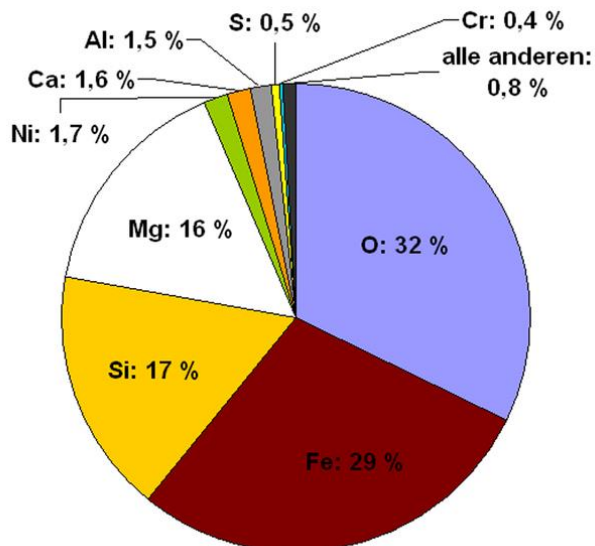
Von 1000 Atomen im Weltall sind 900 Wasserstoffatome, weitere 99 sind Heliumatome. Atome mit gerader Protonenzahl (O, S, Fe) sind häufiger als Atome mit ungerader Protonenzahl.

Durch die Gravitation verändert sich die Verteilung der chemischen Verbindungen auf einem Stern. Auf jedem Stern oder Planeten, so auch auf der Erde, konzentrieren sich andere chemische Elemente als im Durchschnitt im Universum, je nach Alter, Gesamtmasse, Temperatur und Rotationsgeschwindigkeit.

Die Vorgänge im Universum sind nur zu erklären, wenn in den Berechnungen „dunkle Materie“ angenommen wird, die eine vielfach größere Masse enthält als die für uns sichtbaren oder messbaren Elemente. (Hinweis: Die „dunkle Materie“ ist etwas anderes als die Antimaterie! Die „Dunkle Energie“ ist eine hypothetische Form von Energie, um die Expansion des Universums zu erklären.)



Häufigkeit der Elemente auf der Erdkruste
Wo finden Sie O, Si und Al?



Häufigkeit der Elemente auf der gesamten Erde

2.3 Rohstofflagerstätten auf der Erde

Die mineralischen Rohstoffe (*mineral resources*), die der Mensch gewinnen kann, stammen aus den obersten 3-5 km der Erdkruste. Die Verteilung der Rohstofflagerstätten ist extrem heterogen. Viele Lagerstätten entstanden unter ganz außergewöhnlichen Bedingungen, die sonst nirgends vorlagen.

Die Anreicherungen der verschiedenen Metalle in den Erzen sind sehr unterschiedlich: Die Lagerstätten der häufigen Metalle (Fe, Al, Mg, Mn, Ti) sind nur etwa 10 Mal so konzentriert wie im Durchschnitt auf der Erdkruste. Die weniger häufigen Metalle (Cu, Ni, Zn, Co) sind etwa 100 mal so konzentriert, die seltenen Metalle (Pt, U, Ag, Sn, Pb, Mo, Au) sind etwa 1000 mal so konzentriert und die sehr seltenen (W, Hg) sind etwa 10 000 mal so konzentriert wie im Durchschnitt auf der Erdkruste.

Die Metalle der sogenannten „seltenen Erden“ (Rare Earth Elements = REE) sind 17 Elemente der 3. Nebengruppe des Periodensystems und der Lanthanoide. Einige von ihnen kommen auf der Erde sogar relativ häufig vor, wie Cer, Yttrium oder Neodym, häufiger sogar als Blei, Gold, oder Platin. Ihr Vorkommen ist jedoch meist weit verstreut. Die größte

Förderung findet derzeit in China statt. Die Bedeutung der „seltene Erden“ hat in den letzten Jahren durch ihren Einsatz in erneuerbaren Energiesystemen und Elektronikgeräten stark zugenommen. Mobiltelefone, PCs, Flachbildschirme, Hybridautos und andere Produkte kommen heutzutage nicht ohne „seltene Erden“ aus.

Chemisch sind die Erzminerale meist

Sulfide (z.B. Pyrit FeS_2)

Oxide (z.B. Hämatit Fe_2O_3 , Magnetit Fe_3O_4 , Bauxit Al_2O_3 , Rutil TiO_2)

Silikate (z.B. Beryll $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$, Talk $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, Feldspäte (z.B. Kalifeldspat $\text{K(AlSi}_3\text{O}_8)$ in Granit, Gneis, Porphyry, Glimmer)

Hydroxide (z.B. Hydrargillit $\text{Al}(\text{OH})_3$ im Bauxit)

Carbonate (z.B. Magnesit MgCO_3 , Siderit FeCO_3 , Kalkstein CaCO_3)

oder Sulfate (z.B. Baryt BaSO_4)

Nur wenige Metalle treten in Elementarform auf (z.B. Gold, Silber, Platin).

Die Erde ist ca. 4,5 Milliarden Jahre alt. Die verschiedenen Rohstofflagerstätten entstanden zu unterschiedlichen Zeiten:

Zusatzinformation:

Aus dem Archaikum (vor 3,8-2,5 Milliarden Jahren) stammen Kupfer, Gold und Zink Vorkommen.

Im Proterozoikum (vor 2,5-1,6 Milliarden Jahren) verschoben sich die Kontinentalplatten m.o.w. bis zu ihrer jetzigen Form. Es wurden Sedimente abgelagert. Da die Atmosphäre zu dem Zeitpunkt noch keinen Sauerstoff enthielt, lagerten sich die Stoffe nicht im oxidierten, sondern im reduzierten Zustand ab, z.B. Gold und Uran. Außerdem entstanden Eisenlagerstätten von Eisen ausfällenden Bakterien und Kupfer (z.B. in Red Bed Lagerstätten in Katanga).

Aus dem Phanerozoikum (von 0,57 Milliarden Jahren bis heute) stammen Lagerstätten aufgrund von Gebirgsfaltungen (z.B. Chuquicamata in Chile, bisher der größte Tagebau der Welt), Salzlagerstätten und Kohlevorkommen.



„Sehr gut, mein Lieber. Und wo investieren wir nun?“: Karikatur von Amigos de Tierra, Mexiko

Anschauungsmaterial: 20 Erze

1 Eisen Magnetit Fe_3O_4	2 Eisen Hämatit Fe_2O_3	3 Eisen Siderit FeCO_3	4 Mangan Hartmanganerz MnO_2	5 Mangan Rhodonit MnSiO_3
6 Chrom Chromit= Chrom- eisenstein FeCr_2O_4	7 Wolfram Scheelitt CaWO_4	8 Kupfer Chalkopyrit= Kupferkiesit CuFeS_2	9 Blei Galenit (Bleiglanz) PbS	10 Zink Zinkblende ZnS
11 Quecksilber Zinnober HgS	12 Antimon Antimonit Sb_2S_3	13 Silizium Quarz SiO_2	14 Aluminium Bauxit Versch. Al-hydroxide	15 Magnesium Magnesit MgCO_3
16 Beryllium Beryll $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$	17 Schwefel- Selen-Tellur Magnetkies FeS	18 Barium Baryt BaSO_4	19 Lithium Lepidolith $\text{K}_2(\text{Li,Al})_5(\text{Si}_6\text{-7Al}_{2-1}\text{O}_{20})(\text{OH,F})_4$	20 Rubidium und Cäsium Carnallit $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

1. Welche der Erze enthalten Sauerstoff?
2. Einige dieser Sauerstoffverbindungen sind Oxide, andere Carbonate (CO_3^{2-}) andere Sulfate (SO_4^{2-}). Was finden Sie?
3. Welche der Erze sind Schwefelverbindungen und enthalten keine Sauerstoffatome?
4. In welchen Erzen taucht das Element, weshalb man das Erz abbaut, gar nicht in der Summenformel auf?
Was bedeutet das?
5. In welchen Erzen sieht man mit bloßem Auge den metallischen Glanz?
6. Welche Erze werden von einem Dauermagneten angezogen?
7. Welches sind Erze von Halbmetallen?

	Plan für Erzgruppe
1.	<u>Eigenarbeit</u>
2.	Zur <u>Metallgruppe</u> gehen, dann zuhören und mitschreiben
3.	<u>Metallgruppe</u> kommt und Sie zeigen und erklären
4.	<u>Gesteinsgruppe 2</u> kommt und Sie zeigen und erklären
5.	Zu <u>Gesteinsgruppe 2</u> gehen, dann zuhören und mitschreiben
6.	<u>Gesteinsgruppe 1</u> kommt und Sie zeigen und erklären
7.	Zu <u>Gesteinsgruppe 1</u> gehen, dann zuhören und mitschreiben

Manche Stoffe haben sich durch verschiedene Prozesse an bestimmten Stellen der Erdkruste angereichert. Daher unterscheidet man die Lagerstätten vereinfacht nach ihren unterschiedlichen Entstehungsweisen (auch wenn oft mehrere Prozesse beteiligt waren):

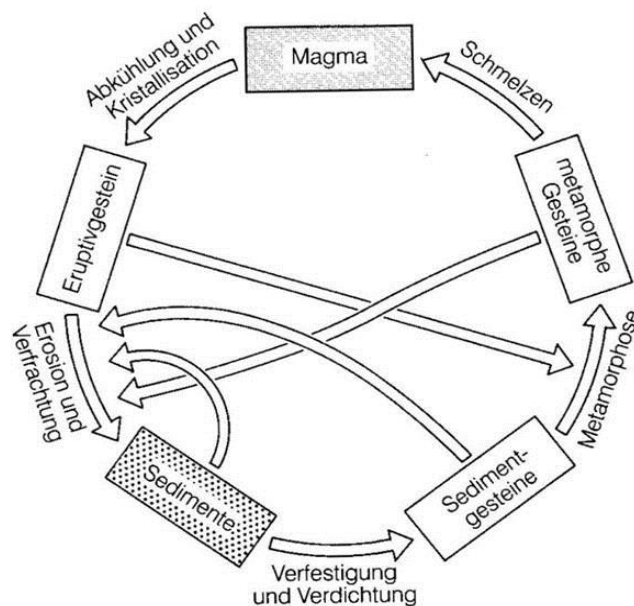
Es gibt drei verschiedene Gesteinstypen:

- Magmatische Gesteine = Eruptivgesteine, die aus Magma (Gesteinsschmelzen) aus dem Erdinneren stammen. Dabei konnten sich bestimmte Stoffe abscheiden und sind dann nach der Abkühlung an bestimmten Stellen in höherer Konzentration vorhanden (z.B. Ganglagerstätten von Gold, Silber, Kupfer und Zinn, aber auch Quarz, Glimmer, Rutil...).

- Metamorphe Gesteine, die durch hohe Temperaturen und Druck umgewandelt wurden. (z.B. Gneis, Schiefer, Marmor)

- Sedimentgesteine (Ablagerungsgesteine), die das Ergebnis von Gesteinserosion und Verwitterung sind. Ablagerungen im Meer nennt man marine Sedimente. Salzlagerstätten entstanden nach Verdunstung von Meerwasser.

Diese drei Gesteinstypen können sich ineinander umwandeln, wie es in der folgenden Abbildung dargestellt ist:



Darüber hinaus können nach besonders intensiver Verwitterung und Auslaugung von meist tropischen Böden Reste übrigbleiben, die reich an Metallen sind (z.B. in Katanga). Dies sind sogenannte Verwitterungslagerstätten. Die meisten Bauxit-Lagerstätten (wichtigste Quelle von Aluminium) sind Verwitterungslagerstätten in tropisch-subtropischen Gebieten in der obersten Erdkruste und werden daher im Tagebau abgebaut.

Wenn heiße Metall führende Flüssigkeiten im Untergrund durch erstarrtes Gestein strömen, können sich bestimmte Mineralien anreichern. Dies sind hydrothermale Lagerstätten.

Anschauungsmaterial Gesteine (Gesteinsgruppe 1):

1. Welches ist erstarnte Lava? Was ist Lava? Wo könnten Sie Lava finden? Was fällt Ihnen bei der erstarrten Lava auf?

2. Welches der Gesteine ist Sedimentgestein? Was fällt Ihnen dabei auf?

3. Bei welchen Gesteinen waren Organismen bei der Entstehung beteiligt?

4. Welche der Gesteine können Sie in dem obigen Schema, das die Umwandlung von Gesteinen zeigt; zuordnen?

5. Versuchen Sie, einige wesentliche Punkte auf dem Poster zu erkennen und zu beschreiben.

	Plan für Gesteinsgruppe 1
1.	<u>Eigenarbeit</u>
2.	Zur <u>Gesteinsgruppe 2</u> gehen, dann zuhören und mitschreiben
3.	<u>Gesteinsgruppe 2</u> kommt und Sie zeigen und erklären
4.	Zur <u>Metallgruppe</u> gehen, dann zuhören und mitschreiben
5.	<u>Metallgruppe</u> kommt und Sie zeigen und erklären
6.	Zur <u>Erzgruppe</u> gehen, dann zuhören und mitschreiben
7.	<u>Erzgruppe</u> kommt und Sie zeigen und erklären

Anschauungsmaterial: 20 Gesteine (Gesteinsgruppe 2):

1 Granit	2 Syenit	3 Diorit	4 Gabbro
5 Quarzporphyr	6 Trachyt	7 Basalt	8 Diabas
9 Gips	10 Konglomerat	11 Sandstein	12 Kalkstein
13 Löss	14 Kreide	15 Ton	16 Tonschiefer
17 Gneis	18 Glimmerschiefer	19 Amphibolit	20 Marmor

1. Weshalb habe ich die Gesteinsnamen auf der Übersicht mit drei Farben markiert?

1-8

9-16

17-20

Welche merken Sie sich?

2. Was kennen Sie aus dem Alltag zu Hause oder an der Hochschule? Welche Verwendungen dieser Gesteine kennen Sie?

3. Wissen Sie bei einigen der Gesteine, in welcher Region sie abgebaut werden?

4. Was kennen Sie aus dem Urlaub?

5. Wo ist viel Kohlenstoff enthalten? Für welches Themenfeld im Umweltschutz ist das relevant?

6. Wo ist viel Silizium enthalten?

7. Was ist der Unterschied zwischen diesen Steinen und den Erzen?

8. Die metamorphen Gesteine sind aus anderen Gesteinen durch Umwandlung entstanden: Aus welchen? Legen Sie die Pfeile entsprechend über die Steine. Welche merken Sie sich? Vergleichen Sie diese Gesteine und die Pfeile mit dem Schema auf der vorigen Seite.

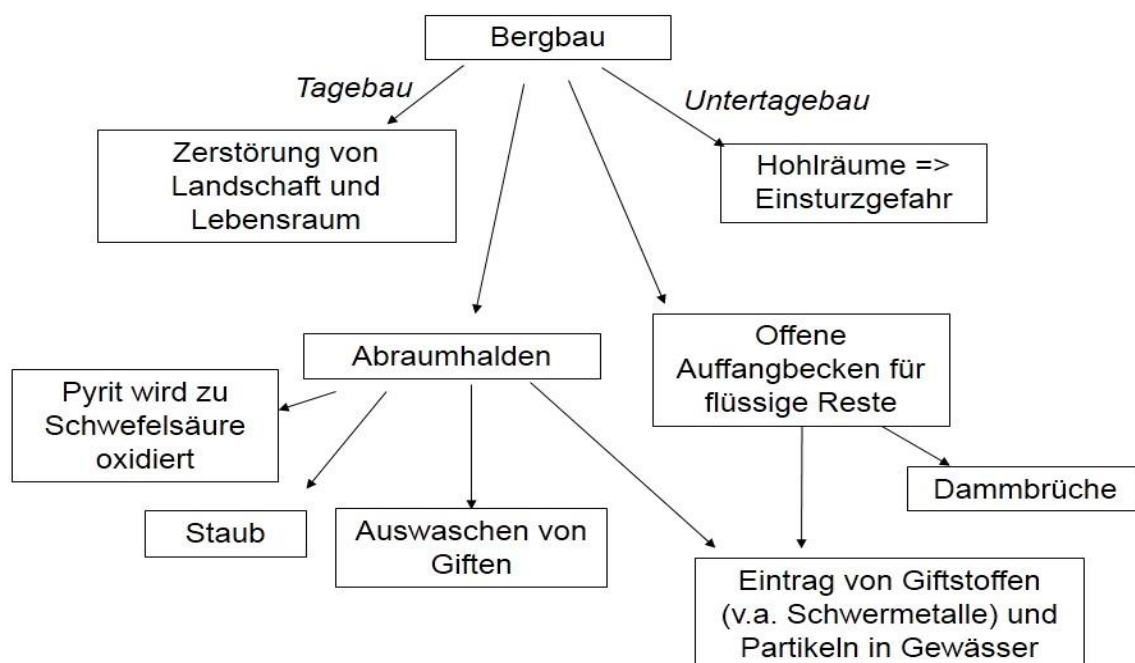
	Plan für Gesteinsgruppe 2
1.	<u>Eigenarbeit</u>
2.	Zur <u>Gesteinsgruppe 1</u> gehen, dann zuhören und mitschreiben
3.	<u>Gesteinsgruppe 1</u> kommt und Sie zeigen und erklären
4.	Zur <u>Erzgruppe</u> gehen, dann zuhören und mitschreiben
5.	<u>Erzgruppe</u> kommt und Sie zeigen und erklären
6.	Zur <u>Metallgruppe</u> gehen, dann zuhören und mitschreiben
7.	<u>Metallgruppe</u> kommt und Sie zeigen und erklären

2.4 Abbau und Verhüttung

Rohstoffe können nur an den Stellen abgebaut werden, wo sie in höheren Konzentrationen auftreten und ihre Gewinnung wirtschaftlich ist, den sogenannten Lagerstätten (deposits). Neben der Menge und Konzentration des Rohstoffs spielt bei der Gewinnung auch die Zugänglichkeit der Lagerstätte (z.B. Tiefe in der Erdkruste, Lage unter dem Meeresgrund oder dem Eisschild der Antarktis), die Infrastruktur (Transport- und Verarbeitungsmöglichkeiten) und der Weltmarktpreis eine Rolle.

Bei der Gewinnung Über- oder Untertage werden gewaltige Mengen an Aushub abgetragen, um an den Rohstoff zu gelangen. Die technischen Herausforderungen sind neben dem Auffinden der geeigneten Lagerstätten der Abbau, der Abtransport oder die Kontrolle des Grundwasserspiegels.

Es gibt Länder, die den Tagebau in ihrem Land untersagen: z.B. Costa Rica und Panama. Übersicht über einige Umweltaspekte beim Bergbau:



Aufgabe: Die Umweltbelastung ist nicht proportional mit der Wertschöpfung entlang der Wertschöpfungskette vom Erzabbau, über Verhüttung, Halbzeugproduktion und Fertigwarenproduktion.

a) Wie verläuft die Kurve für die meisten Rohstoffe?



b) Was bedeutet dies?

Beispiel:

Gold gewinnt man im Normalfall mit folgenden drei Verfahrensweisen:

- 1.
- 2.
- 3.

Es gibt jedoch auch eine sogenannte biologische Methode, bei der man Blätter des Balsaholzbaums verwendet, um die Goldkrümel vom Schlamm abzutrennen. Dabei wird auch im Tagebau das Gestein abgetragen, aber es werden keine giftigen Chemikalien eingetragen.

In vielen Ländern, v.a. in Südamerika ist das Wasser durch Cyanid oder Quecksilber untrinkbar. In El Salvador ist es z.B. besonders schlimm.

ökologischer Rucksack

Definition: Der Ökologische Rucksack gibt die Summe aller Stoffe an, die bei der Herstellung, dem Gebrauch und der Entsorgung eines Produktes oder einer Dienstleistung „verbraucht“ werden, meist als Summe aller Massen in kg oder t. Dabei werden die Giftigkeit der Stoffe, die Seltenheit oder andere Faktoren nicht berücksichtigt.

2.5 Reichweite

Wie lange reichen die Rohstoffe noch?

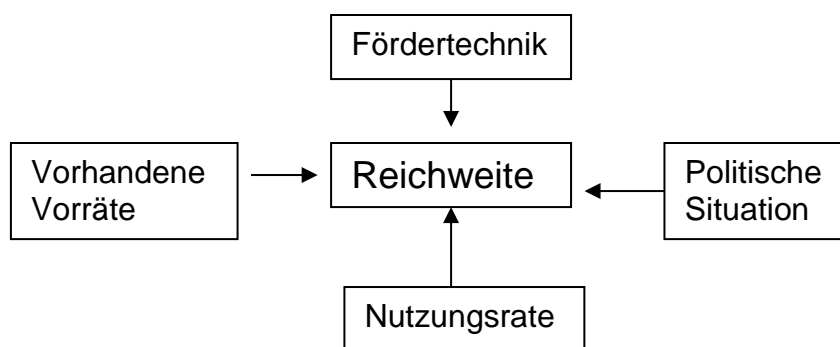
Es gibt dazu verschiedene Sichtweisen:

Auf der einen Seite sagen die Optimisten, dass es in der Vergangenheit immer Lösungen gab und dass es auch in der Zukunft Lösungen geben wird, also machen sie weiter wie bisher.

Auf der anderen Seite sagen die Pessimisten, dass die Ressourcen endlich sind, und man kann mit den bekannten Vorräten und Verbrauchsdaten ausrechnen, wann sie aufgebraucht sind.

Wie lange die Rohstoffe noch in dieser Form, wie sie zur Zeit genutzt werden können, reichen, ist schwer abzuschätzen und hängt von vielen Faktoren ab.

Aufgabe: Stellen Sie Faktoren in Form eines Mindmaps zusammen, die die Reichweite beeinflussen.



Umgekehrte Frage: Wie könnte man Rohstoffe maximal vergeuden?

Die **statische Reichweite (= Lebensdauer)** einiger Metall- und Nichtmetallrohstoffe ist der Quotient aus den derzeit bekannten Rohstoffreserven und der aktuellen Jahresförderung (Angaben in Jahren bei gleichbleibendem Verbrauch).
(Bitte verwechseln Sie nicht „statisch“ mit „statistisch“!)

Zusatzinformation: (Angaben in Jahren)

Metall	Schätzung 1 (ab 2003)	Schätzung 2 (ab 2007)	Schätzung 3 (2009)	Basis Reserve Schätzung (ab 2003)
Aluminium/Bauxit		139	181	
Blei	25	28	14	50
Cadmium			32	
Chrom			195	
Eisenerz	65	111	267	135
Gold	17	17		34
Indium			13	
Kupfer	35	38	36	70
Manganerz	40	64	108	625
Nickel	45	46	144	100
Platinmetalle	200	153	180	220
Quecksilber			67	
Silber	15		28	30
Zink	25	25	50	55
Zinn*	25		435	45

*Neue Schätzung 2014: Ab 2018 wird es einen Engpass bei Zinn geben.

Es gibt sehr unterschiedliche Zahlenangaben, da die Schätzungen auf sehr unterschiedlichen Szenarien und Ausgangsdaten basieren. Allen gemeinsam ist jedoch, dass die Reichweite für einige Stoffe erstaunlich kurz ist.

Bei den folgenden Elektronikmetallen sind nach der bisherigen Gewinnungsweise Engpässe in nächster Zeit zu erwarten. Es gibt jedoch Möglichkeiten, darauf zu reagieren z.B.:

Gallium ist in Bauxit vorhanden. Die **Raffinadekapazitäten** müssen jedoch erhöht werden.

Indium lagert in alten **Bergbauhalden**.

Bei Tantal wurde bisher wenig gefördert, da es sich bei dem **Marktpreis** nicht lohnte.

Germanium ist in vielen **Kohlevorkommen** vorhanden und könnte daraus gewonnen werden.

Daraus folgt, dass die Knappheit nicht immer durch die Erschöpfung der geologischen Vorkommen begründet ist, sondern dass es noch andere Gründe dafür geben kann. Man spricht dann von **relativer Knappheit**: Strategische Metalle können bisher als Neben- oder Kuppelprodukt bei der Gewinnung eines Hauptmetalls anfallen. Viele Metalle kommen nur in begrenzten Regionen vor. Wenn die jeweiligen Staaten oder Unternehmen die Lieferung einschränken, kommt es auch zu einer geringeren Verfügbarkeit auf dem Weltmarkt.

Rechenbeispiel:

In einem Beispiel beträgt die statische Reichweite 36 Jahre.

a) Um wie viel verkürzt sich die Reichweite, wenn sich der Verbrauch um 3,5% jährlich erhöht?

Tipp: Überlegen Sie sich, wie der Rechenweg ist, indem Sie die Rechnung für das erste, das zweite, das dritte,das n. Jahr durchführen. Dann müssen Sie die Zahlen nur noch einsetzen.

b) Wird dagegen der Verbrauch um 1% jährlich reduziert, verlängert sich die Reichweite. Auf wie viele Jahre?

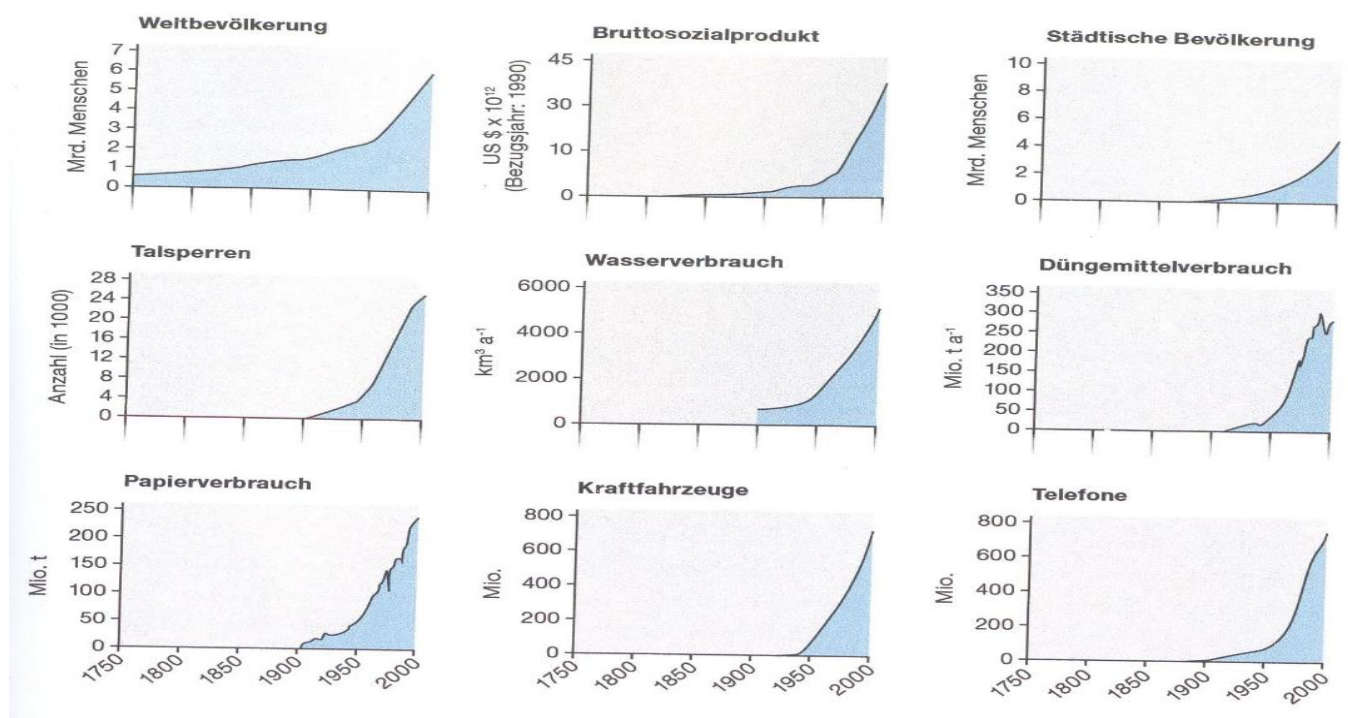
Schlussfolgerungen: Wie lange reichen die Rohstoffe noch?

Was sagen die Realisten auf die eingangs gestellte Frage?

Ökonomisches Wachstum und Postwachstumsgesellschaft

Growth oder Degrowth?

Globale Entwicklungen:



„Dauerndes Wirtschaftswachstum ist für die Fortexistenz unserer Gesellschaft notwendig.“

Oder: „Das dauernde Wirtschaftswachstum muss zu einem Kollaps führen.“

Was sagen Sie dazu?

Wir stellen zur Diskussion dieser Fragen im Folgenden einige Überlegungen an.

Tipp: Film: *Wachstum, was nun?*

Einschub: Wachstum in der Biologie

exponentielles Wachstum und logistisches Wachstum:

Räuber-Beute-Beziehung:

Dichteregulation durch sozialen Stress:

Schlussfolgerung:

Aufgaben:

- a) Es gibt Argumente, Meinungen, Fakten für und wider wirtschaftliches Wachstum. Versuchen Sie, die fehlenden Gegenargumente zu finden.
- b) Wie ist Ihre Position?
- c) Können Sie sich bei einigen Punkten vorstellen, wessen Argumente Sie jeweils vorgetragen haben?

Argumente, Meinungen und Fakten für und wider für wirtschaftliches Wachstum:

1. *Die Wirtschaft muss wachsen, um Profite zu machen. Das sind die Regeln im Kapitalismus. Wenn alle Länder so wirtschaften, müssen wir das auch.*

Aber:

2. *Mehr Wachstum heißt mehr Produktion.*

Aber:

3. *Die Konkurrenz belebt das Geschäft, das führt zu Wachstum. Sonst kann man am Markt nicht bestehen. Wachstum gehört zur Globalisierung dazu. Wachstum sichert Fortschritt, Stagnation ist Rückschritt.*

Aber:

4. Konsum ist für viele Bürger extrem wichtig geworden. Werbung sagt ihnen, was sie konsumieren sollen. Wirtschaftswachstum wird gebraucht, da sich viele Menschen über den materiellen Besitz definieren (Statussymbole).

Aber:

5. Wachstum sichert den Wohlstand und die Lebensqualität. Man hat mehr Auswahl und kann unter vielen Möglichkeiten wählen.

Aber:

d) Welche Lösungen für eine Postwachstumsgesellschaft gibt es?

e) Welche Schwierigkeiten könnte es bei der Umsetzung dieser Lösungen geben?

2.6 Beispiel: Bergbau in Katanga (Filmausschnitt)

Wer ist beteiligt und wer hat welche Interessen?

Können Sie auf einem Diagramm darstellen, wie die Erzgewinnung in Katanga sich im Laufe der Zeit wandelt?

Wem gehört das Erz? Wie könnte eine gerechte Verteilung aussehen?

Welche Faktoren bestimmen, zu welchen Preisen das Erz gehandelt wird?

Wie hoch ist der wahre Wert des Erzes?

Welche rechtlichen Regelungen könnten helfen?

Wie sieht die Situation dort wohl in 20 Jahren aus? Wie verändert sich die Umwelt dort?

Schlussfolgerungen:

Einige Metallerze von Kupfer, Zink oder Eisen werden weltweit überwiegend in industriellem Maßstab mit großen Geräten abgebaut. Dagegen gehören Zinn, Tantal (Coltan), Wolfram und Gold zu den Metallen, die vorrangig im artisanalen oder Kleinbergbau (wie im Film) abgebaut werden. Die geringe Mechanisierung reduziert die Effektivität, und es fehlen minimale Arbeits- und Umweltstandards.

Hinweis:

Es gibt verschiedene Zertifizierungssysteme, nach denen in der Lieferkette über die Produktionsstandards Bericht erstattet werden kann oder muss. Zum Beispiel hat die OECD (Organization of Economic Cooperation and Development) 2011 Empfehlungen zur Gewinnung von Rohstoffen aus Krisengebieten erarbeitet: "Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas".

Lieferkette:

Kleinbergbau => Mine/Aufbereiter => lokaler Exporteur=> Verhüttung=> industrieller Produzent=> Elektronikindustrie=> Endverbraucher

2015 wurde in der EU eine Konfliktmineralienverordnung erlassen, die die Importeure verpflichten über die Lieferketten der Konfliktmetalle Wolfram, Tantal, Zinn und Gold (3TG, tungsten, tantal, tin, gold) zu berichten.

Es gibt Schmuck aus fair gehandeltem Gold aus der Sotrami Mine in Perus Atacama Wüste.

2.7 Alternativen

Die Verwendung der Rohstoffe hat sich im Laufe der technischen Entwicklung stark verändert. Optimierungen bei der Gewinnung und Verwendung und verbesserte Recyclingtechniken werden immer wichtiger werden.

Ersatz für mineralische Rohstoffe zu finden ist extrem schwierig und wird wohl nur in wenigen Anwendungsbereichen sinnvoll und möglich sein. Welche Alternativen zu mineralischen Rohstoffen könnte man in der Zukunft einsetzen?

Rückbesinnung auf alte Materialien und andere Strategien:

z.B.

Neue Entwicklungen:

z.B.

- Nanotechnik, wie Kohlenstoffröhrchen (Nanotubes), Fullerene, Graphen, Nanopartikel aus Glas, Metall, Keramik
- Silifizierung von Holzwerkstoffen
- dreidimensionales Drucken, rapid prototyping
- Biotechnik
- Gentechnik
- neue Werkstoffe, z.B. Faserverbunde, keramische Fasern
- neue Legierungen, z.B. für Leichtbauweise mit Al, Mg, Li
- Oberflächenbeschichtung mit Bakterien
- Karbonfasern
- Kunststoff

Wiederholungsfragen
1. a) Geben Sie den Rechenweg an, wie man die statische Reichweite eines Rohstoffs bestimmt. b) Wie geht man vor, wenn jedes Jahr 3% weniger verbraucht wird?
2. Wann spricht man von „relativer Knappheit“ statt einfach nur von „Knappheit“ eines Rohstoffs?
<p>3. Ergänzen Sie folgende Sätze: Die statische Reichweite (= Lebensdauer) einiger Metall- und Nichtmetallrohstoffe ist</p> <p>Wasserstoff und daraus Helium (und Spuren von Lithium) entstanden direkt in den ersten Sekundenbruchteilen nach dem Urknall vor Jahren (<u>primordiale Nucleosynthese</u>).</p> <p>Man unterscheidet und Rohstoffe: wurden nach der Gewinnung verwendet, Rohstoffe wurden schon einmal verwendet und kamen durch Recycling wieder in die Nutzung.</p>
4. Was wissen Sie über seltene Erden?
5. Was sind Verwitterungslagerstätten?
6. Manfred Eigen sagte: „Nichts kann in einer endlichen Welt unendlich werden.“ Kommentieren Sie dieses Zitat.

3 Fossile Rohstoffe

*Vor Jahrmillionen entstanden,
in wenigen Hundert Jahren verbraucht*

3.1 Themenübersicht

3.2 Lebensweg

3.2.1 Herkunft und Zusammensetzung

3.2.2 Förderung von Rohöl, Kohle und Erdgas

3.2.3 Transport

3.2.3 Nutzung

3.2.4 Verbrennung und Entsorgung

3.3 Alternativen

3.4.1 Biogene Ersatzstoffe

3.4.2 Methanhydrat

3.4.3 Andere

Im Alltag ist den wenigsten Bürgern bewusst, wie sehr unsere Lebensweise von Nutzung fossiler Rohstoffe wie Erdöl und Kohle abhängt. Es lohnt sich, einmal darüber nachzudenken, dass diese Ressourcen nicht längerfristig zu so günstigen Preisen zur Verfügung stehen werden.

Dabei stellen sich auch Fragen wie:

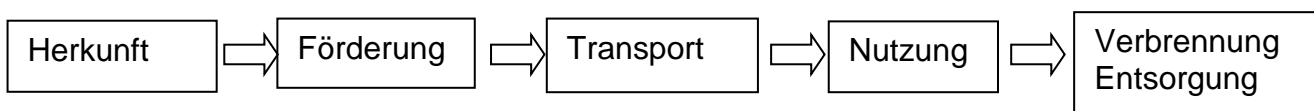
Kann noch genug Öl gefördert werden, wenn in China und Indien die Nachfrage dramatisch ansteigt?

Soll weiterhin so viel Öl gefördert und verbrannt werden angesichts des Treibhauseffekts?

Wie wird sich der Preis für Öl entwickeln und welcher Preis ist angemessen?

3.1 Themenübersicht

Zu den fossilen Rohstoffen gehören Erdöl, Kohle (Braun- und Steinkohle), Ölschiefer, Teersande und Erdgas. Man kann auch Methanhydrat dazurechnen.



Aufgaben: Bei welchen Schritten des Lebenswegs sind politische Konflikte aktuell?

Wenige erdölexportierende Länder sind Demokratien, sondern meist korrupte Diktaturen. Steuern und Mitbestimmung der Bürger werden nicht gebraucht, da genügend Geld durch den Verkauf von Öl ins Land kommt. Die Regierungen misstrauen dadurch dem Volk, da sie nicht gewählt wurden. Die Folge sind in der Regel häufige und willkürliche Einsätze von Armee und Polizei gegen die eigene Bevölkerung.

Es gab und gibt zahlreiche Kriege, bei denen Erdöl- oder Erdgasvorkommen oder Pipelines eine Rolle spielt.

3.2 Lebensweg

3.2.2 Bildung und Zusammensetzung

Einschub: Biomasse kann unter unterschiedlichen Bedingungen ganz unterschiedliche Reaktionswege durchlaufen und es bleiben jeweils verschiedene Reste übrig:

	<i>Bedingungen</i>	<i>Wie lange dauert der Prozess?</i>	<i>Was bleibt übrig?</i>	<i>Wie heißt die Reaktion?</i>
Biomasse	Mit O ₂ und Entzündung			
	Mit wenig O ₂ und Entzündung			
	+ O ₂ + Wasser + Mikroorganismen + mäßige Wärme			
	ohne O ₂ + Wasser + Mikroorganismen + mäßige Wärme			
	+ Wasser, Temperaturwechsel (Frost), Licht			
	(Torfmoose) saure Bedingungen, Ohne O ₂			
	Keine Organismen, hohe Temperatur, hoher Druck			

Vereinfacht kann man sich die Bildung von fossilen Rohstoffen so vorstellen. Viele heutige Kohle- und Erdöllagerstätten entstanden aus der Vegetation an ehemals flachen Küsten im Vorland von Gebirgen oder auf dem Grund von Meeren. Der Untergrund setzte sich langsam und die Pflanzendecke wurde mehrfach von Material, das aus dem Gebirge abgetragen wurde, zugeschüttet. So entstand eine Schichtung von abwechselnd mineralischem Sedimentgestein und abgestorbenem Pflanzenmaterial, die oft in der nachfolgenden Zeit gekippt oder gefaltet wurde. Ein großer Teil des Pflanzenmaterials wurde gleich zu Beginn von Mikroorganismen zersetzt. Nur ein kleiner Teil blieb übrig und wurde im Laufe von Jahrmillionen unter Luftabschluss und hohem Druck chemisch in andere Verbindungen umgewandelt. Zuerst entsteht eine Art Faulschlamm, das Kerogen, das noch einige einfache besonders stabile Vertreter einiger biologischer Moleküle enthält, z.B. Proteine, Kohlenhydrate, sogar Lipide und Lignin (aus dem Holz). Wenn das Kerogen weiter reift, entstehen bei unterschiedlichen Temperatur- und Druckverhältnissen verschiedene chemische Mischungen von Erdöl. Je nach Größe der Moleküle, Temperatur und Druck in der Lagerstätte liegen die Kohlenwasserstoffe als Gas, als Öl oder als Bitumen vor. Bei der Kohlebildung entsteht zuerst sogenanntes torfartiges Material, dann Braunkohle, dann Steinkohle und zum Schluss Anthrazit. Diesen Prozess der Metamorphose (= Umwandlung) nennt man Inkohlung. Flüssige oder gasförmige Verbindungen wanderten im Laufe der Zeit in den Gesteinsporen im Untergrund entsprechend ihrer Dichte und ihrer Mobilität und sammelten sich in porösem Gestein als Erdöl oder Erdgas. Da sie leichter als das umgebende Gestein sind, konnten sie sich nur

dort ansammeln, wo das Gestein so dicht war, dass es eine weitere Wanderung nach oben verhinderte.

Öl und Gas können nach ihrer Bildung im Untergrund je nach den Gegebenheiten Hunderte von Kilometern wandern, so dass der Entstehungsort und der Fundort nicht identisch sein müssen.

Ölschiefer ist geologisch aus Faulschlamm entstanden und enthält oft zahlreiche Fossilien (s. Grube Messel oder Posidonienschiefer). Er bildete sich in Gesteinsschichten, die nicht tief genug abgesunken sind und dort die Hitze und der Druck gefehlt haben, um Erdöl zu bilden. Anstelle von Öl reichert sich das Vorprodukt Kerogen an. Wenn man Ölschiefer auf 500°C erhitzt, entstehen Kohlenwasserstoffe, die man dann wie Erdöl oder Erdgas verwenden kann.

Wenn das ursprünglich hochwertige Öl mit der Erdoberfläche in Kontakt gekommen und dadurch chemisch abgebaut worden ist, entstehen nacheinander Schweröl, Teer und schließlich Asphalt. In Teersanden ist Teer vermischt mit Sand, Ton und Wasser.

Auch heute bildet sich noch neues Erdöl, aber in den geringen Geschwindigkeiten und Mengen, dass es keinerlei Bedeutung hat.

Flüssiges Erdöl und auch Kohle besteht vor allem aus einfachen, verzweigten oder ringförmigen Kohlenwasserstoffen, Erdgas vor allem aus Methan, Ethan und Propan. Es sind in der Regel geringe Mengen der Elemente Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel und einige Metalle enthalten.

Frage: Wie unterscheiden sich Mineralöl und Pflanzenöl chemisch?

Mineralöl:

Gemisch aus Molekülen mit 5 - 60 C-Atomen

v.a. 3 Gruppen von Kohlenwasserstoffen:

Lineare oder verzweigte Alkane:

z.B.

Zyklische Alkane:

z.B.

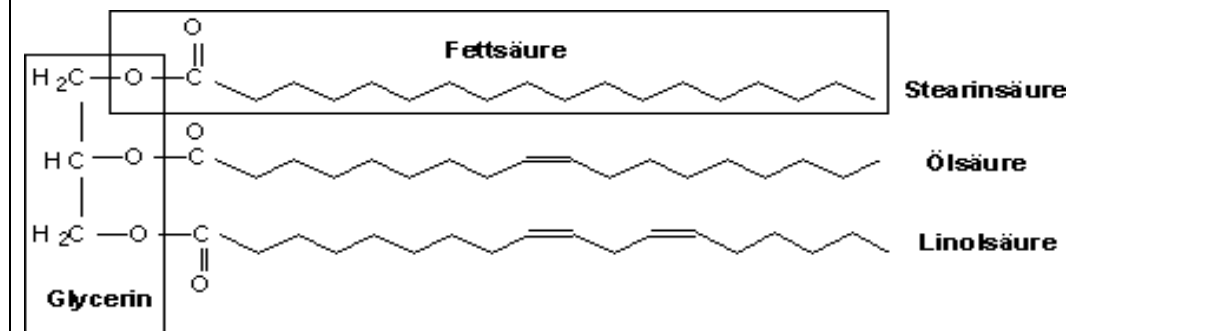
Aromaten:

z.B.

Pflanzenöl:

Vor allem Triglyceride mit unterschiedlichen Fettsäuren
(gesättigte (ohne Doppelbindung) und ungesättigte (mit Doppelbindung))

Beispiel:



Schätzaufgabe: Benzin wird aus Erdöl gewonnen, das aus fossilem Pflanzenmaterial entstanden ist. Im Allgemeinen ist Erdöl mindestens 1,5 Millionen Jahre alt. Aus wie viel Pflanzenmaterial ist ein Liter Benzin entstanden?

- ☐ 2,3 kg ☐ 23 kg ☐ 230 kg ☐ 2,3 Tonnen ☐ 23 Tonnen ☐ 230 Tonnen

Je nach der Zusammensetzung ist Erdöl mehr oder weniger giftig für Pflanzen und Tiere. z.B. wird Naphtha entsprechend der Einstufung und Kennzeichnung von Gefahrstoffen in der EU folgendermaßen eingestuft und gekennzeichnet:



Gefahr

H226 (entzündbare Flüssigkeit), H304 (Aspirationsgefahr), H319 (schwere Augenschädigung), H351 (Kancerogenität), H411 (chronische Gewässergefährdung)

1 Liter dünnflüssiges Mineralöl kann bis zu 10 Millionen Liter Wasser für den menschlichen Genuss unbrauchbar machen. Mikroorganismen können nur unter bestimmten Umweltbedingungen (ausreichend Wärme, keine anderen giftigen Stoffe etc.) manche Bestandteile des Erdöls abbauen.

3.2.2 Förderung von Rohöl, Kohle und Erdgas

Die Förderung von **Rohöl** erfolgt in drei Phasen.

Einen kleinen Teil des Öls und Erdgases kann man durch einfaches Abpumpen gewinnen (Primärförderung), da der eigene Druck des Öls in der Lagerstätte hoch genug ist.

Um mehr aus der Lagerstätte herausholen zu können, muss man Wasser oder Gas (z.B. Erdgas) einpressen (Sekundärförderung).

Zur weiteren Steigerung (Tertiärförderung) der Fördermenge hat man neue Methoden entwickelt: Mit der Dampfinjektion kann man Schweröl gewinnen, verbraucht aber zur Erzeugung des Dampfes ein Viertel der in dem Öl enthaltenen Energie. Durch Einspritzen von Bohrchemikalien (Drilling fluids) wie N₂, CO₂, Leichtbenzin, organische Polymere oder Tenside lässt sich Öl herauslösen, die Bohrchemikalien sind zum Teil teuer und das Rohöl muss von den Bohrschlämmen abgetrennt werden. Bei der Förderung im Meer werden die Reste meist in der Nähe der Bohrinself abgelagert. Auch mit diesen Methoden lassen sich nicht 100% des Erdöls aus den Lagerstätten holen, z. T. sind es nicht einmal 50%. Die Förderrate sinkt, je mehr Öl einer Quelle entnommen wurde.

Bei der Förderung kann es zu Wassereinbrüchen oder plötzlichen Druckverlusten kommen, dann kann ein Vorkommen zu einem wesentlich kleineren Anteil geborgen werden, als ursprünglich geplant.

Zusatzinformation:

Die Förderung von Rohöl ist teuer. Realistische Investitionskosten für die Förderung von 1 Barrel pro Tag liegen über 20 000 US \$. Für eine Fördermenge von 1 Barrel/d in Ölsandvorkommen oder in arktischen Regionen liegen sie sogar bei 60 000 US \$.

Rohöl wird weltweit in großen Mengen gefördert, sowohl an Land als auch auf dem Meeresgrund ("off shore"). Erdöl ist derzeit das größte Wirtschaftsgut weltweit. Es werden immer schwerer zugängliche (z.B. im Meer tiefer liegende) Vorkommen gefördert, die auch schwerer beherrschbar sind (s. Deep Water Horizon im Golf von Mexiko). Wenn der Ertrag bei der Ölförderung nachlässt, wie in der Nordsee, müssen mehr Bohrchemikalien zugesetzt werden, die ins Wasser gelangen und damit die Lebewesen in der Umgebung belasten. Bei der Gewinnung von Erdöl in der Nordsee fließt ständig Öl ins Meer: Bei 515 Unfällen seit 2007 (bis Juli 2010) sind 4000 t Öl ausgetreten, weitere 9600 t gelangten während des normalen Förderbetriebs ins Wasser.

Die Abwrackkosten von Bohrsinseln fallen in der Zukunft an, wenn Quellen versiegen. Allein in der Nordsee werden Hunderte von Anlagen Kosten im Bereich von zweistelligen Milliardenbeträgen verursachen.

Bei der Gewinnung von Erdöl ist es billiger, das Begleitgas einfach abzufackeln, statt es aufzufangen und zu nutzen.

Aufgabe: Geben Sie die Förderung von Erdöl durch den Menschen auf einer Zeitskala an, die bei der Entstehung von Erdöl beginnt.

Die konventionellen Lagerstätten von Rohöl, bei denen man Rohöl in flüssiger Form aus unterirdischen Lagerstätten fördert, gehen zur Neige. Daher konzentriert man sich zunehmend auf nicht-konventionelle Vorkommen, z. B. Ölschiefer und Ölsande, die meist im Tagebau abgebaut werden. Dieses Kerogen kann gefördert und in Rohöl verwandelt werden. Das ist sehr aufwendig, z.B. muss es dazu über mehrere Jahre hinweg erhitzt werden. (Hinweis: Wenn man dazu fossile Energieträger verwendet, stellt sich die Frage,

ob das Endprodukt wertvoller ist als das Ausgangsprodukt, oder ob man „Gold in Blei“ verwandelt hat.)

In großem Stil wird in Alberta, Kanada, Öl aus Teersanden gewonnen. Das Vorkommen umfasst 30 000 km², ist 50 m dick und liegt unter einer Deckschicht von 50-80 m. Das Öl wird durch Pyrolyse (bei ca. 500°C) gewonnen. Dazu werden große Flächen abgeholzt und sehr viel Wasser verbraucht und mit giftigen Chemikalien belastet. Die Auswirkungen auf Menschen und Umwelt sind dramatisch (Nähere Info zur Gewinnung von Ölsanden s. <http://oilsandstruth.org>).

Kohle wird unter Tage und im Tagebau gewonnen. In Südafrika und in China gibt es große Kohlefördergebiete. Im Ruhrgebiet (s. Garzweiler II) und in der Lausitz wird auch in Deutschland noch auf großen Gebieten Kohle im Tagebau abgebaut.

Im Ruhrgebiet sind auch nach der Beendigung des unterirdischen Steinkohleabbaus rund um die Uhr Hunderte von großen Wasserpumpen im Betrieb, um die alten Flöze trocken zu halten und das durch Setzungen abgesenkte Gebiet vor Überflutung zu bewahren. Diese Pumpen müssen auch in Zukunft unentwegt in Betrieb bleiben, wenn das Grundwasser sauber bleiben und das dicht besiedelte Gebiet nicht zu einer Seenlandschaft werden soll. Alte Untertagebergwerke könnten als Reservoir für Pumpspeicherkraftwerke Verwendung finden.

Hinweis: Man kann sich eine grobe Vorstellung vom Stromverbrauch bei der Braunkohlegewinnung und -nutzung machen, wenn man weiß, dass sie von der EEG Umlage befreit ist und dadurch jedes Jahr 900 Millionen € spart (630 Millionen allein für die Kraftwerke).

Bei konventionellen Gasvorkommen befindet sich das **Erdgas** in den Gesteinsporen und findet seinen Weg zum Bohrloch von selbst. Diese Lagerstätten gehen zur Neige, so dass zunehmend unkonventionelle Lagerstätten interessant werden, in denen das Gas in den Gesteinsporen eingeschlossen ist, z.B. in Schiefergestein und in Kohleflözen. Mit der sogenannten Fracking Methode (Hydraulic Fracturing) sprengt man das Gestein in bis zu einigen Kilometern tiefen Bohrlöchern mit großem Wasserdruck, so dass ca. 1 cm große Risse entstehen, durch die das Gas (Shale Gas) dann entweichen kann. Oft liegen die Erdgasschichten unterhalb der Grundwasser führenden Schicht. Man spritzt gleichzeitig mit dem Wasser Stützmittel ein, z.B. Quarzsand oder Bauxite, damit die aufgesprengten Poren nicht wieder zufallen. Polymere (z. B. Guar oder Zellulose) und Vernetzungsmittel (wie Borate) stabilisieren die Mischung der Stützmittel im eingepressten Wasser. Damit das Gas entweichen kann, muss die viskose Flüssigkeit wieder an die Erdoberfläche zurückgepumpt werden, indem Bindungsbrecher, wie etwa Diammoniumdisulfat die Polymere in Stücke brechen und pumpbar machen. Biozide müssen dieser Flüssigkeit zugesetzt werden, damit sich keine Mikroorganismen vermehren. Die Frac-Flüssigkeit besteht insgesamt zum größten Teil aus Wasser mit Sand und 0.2 % - 1% chemische Additive. An einer Bohrung können es bis zu 60 t gefährlicher Stoffe sein. Ein Teil der Frac-Flüssigkeit bleibt für immer im Gestein. Ein weiterer Teil, den man wieder an die Erdoberfläche pumpen kann, wird wieder verwendet. Was zum Schluss nicht weiter eingesetzt werden kann, wird entsorgt, indem man die restliche Frac-Flüssigkeit in andere Gesteinsschichten verpresst. Ein Frac dauert zwischen 50 min und 2 h.

Nachteile und Risiken des Fracking:

3.2.3 Transport und Lagerung

Öl- und Gaspipelines:

In Deutschland wird 80% des Rohöls in Fernleitungen transportiert. In Ölpipelines wird das Öl mit Pumpen mit einer Geschwindigkeit von 3-5 km /h zu einem Tankzwischenlager und dann zur Raffinerie bewegt. Es besteht die Gefahr von Lecks, da der Druck in den Pipelines sehr groß ist und durch Korrosion undichte Stellen entstehen können. Zusätzliche Gefahrenursachen sind z.B. Erdbeben, Aufprall von Fahrzeugen, Baggerarbeiten (bei unterirdischen Pipelines), Brände, Explosionen (bei Gasleitungen) oder instabiles Gelände (z.B. ehemaliges Bergbauegebiet).

Das Öl von der deutschen Bohrinselform Mittelplate wird in einer Pipeline durch den Nationalpark Wattenmeer zum Festland geleitet.

Die Umweltbelastungen durch den Transport von Öl mit Lkw oder Bahn sind im Vergleich zu den Eingriffen in die Umwelt beim Bau von Pipelines und den Gefahren bei ihrer Nutzung meist

Tankschiffe: 90% des Öltransports zur EU erfolgt auf dem Seeweg. Schiffe verwenden sogenanntes Schweröl, das in den Raffinerien als Abfall anfällt. Viele Schiffe haben keine geeigneten Abluftreinigungsanlagen oder Entsorgungsmöglichkeiten für die Verbrennungsreste.

Zusatzinformation:

Beispiele für einige größere Tankerunglücke und Unfälle auf Ölplattformen:

Jahr	Ort	Schiffsnamen oder Namen der Bohrinselförderanlage	Stoffe, die ins Meer gelangten	Ursachen
1910	Nördlich von Los Angeles	Ölfeld der Lakeview Oil Company	1,4 Milliarden Liter	Rohr hielt dem Druck nicht stand
1978	Bretagne	Amoco Cadiz	230 000 t Rohöl	Sturm und Streit zweier Kapitäne
1989	Alaska	Exxon Valdez	40 000 t Rohöl	betrunkenen Kapitän
1991	Genua (Italien)	Haven	140 000 t	
1991	Persischer Golf	Golfkrieg	(vermutet) 1-1,5 Mio t Öl	
1996	Wales	Sea Empress	70 000 t Rohöl	
1997	Philippinen	ML Petron	200 000 l Öl	
1997	Tokio	Diamond Grace	1 500 t Öl	
1997	Zusammenstoß im Ärmelkanal	Teoatle, Bona Fulmar	4 500 m³ Benzin	
1998	vor Amrun, Schiff gerät in Brand, strandet und zerbricht	Pallas	60 t Schweröl	Nach 4 großen Unfällen stark lädiertes Schiff, mangelhafte Feuerlöscher
1999	französische Küste	Erika	17 000 t Öl	
2001	Galapagos Inseln	Jessica	900 000 l Treibstoff	
2001	Küste Brasiliens	größte Ölbohrinsel der Welt P-36	1,5 Mio l Öl und 1200 m³ Schweröl	

2001	Ostsee	Baltic Carrier	mit 30 000 t Öl beladen, 2700 t flossen aus, 15 km langer Ölteppich	
2002	Galizische Küste	Prestige	63 000 t Schweröl verschmutzt 3000 km Küste	Alter Tanker ist so marode, dass er auf dem offenen Meer auseinander bricht.
2003	Arabisches Meer, Pakistan	Tasman Spirit	24 000 t	
2007	Schwarzes Meer	mehrere Frachter nach starkem Sturm	Tausende Tonnen Heizöl, genaue Menge unbekannt	
2007	Küste von Südkorea	Öltanker	genaue Mengen unbekannt	
2010	Golf von Mexiko	Deep Water Horizon von BP	Öl strömt von April bis Juli ungehindert aus 666 000 t -1 Mio t	Explosion der Plattform, besonders risikoreich, weil sehr tiefe Bohrung
2010	Nigeria	Exxon Pipeline	160 Millionen l	“Leck”
2011	Küste vor Brasilien	Leck im Bohrloch von Chevron	2000-20000l Öl	Druck der Ölquelle in 1200 m Tiefe wurde unterschätzt

Es gibt Schätzungen, die besagen, dass diese großen Einträge durch Unfälle insgesamt kleiner sind als die täglichen „normalen“ Einträge bei Gewinnung, Transport, Verarbeitung und Gebrauch.

Aufgabe: Welche Handlungsmöglichkeiten nach Öltankerunfällen gibt es?

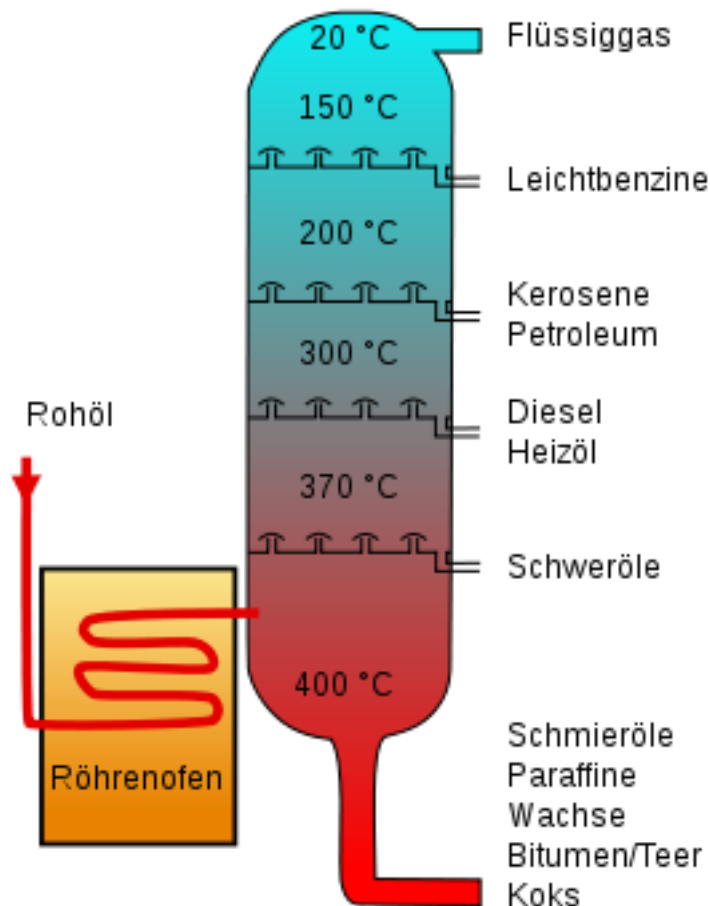
Das Ausmaß des Schadens durch ein Öltankerunglück/Unglück an einer Ölbohrinsel ist abhängig von:

Parameter	Konkretisierung	Wie ist die Situation im Golf von Mexiko nach der Explosion der Ölplattform im April 2010?	Vergrößert dieser Faktor den Schaden eher oder verkleinert er ihn?
Zeit	<i>kurzfristiger oder kontinuierlicher Eintrag Jahreszeit</i>		
Klima	<i>heiß - trocken, feucht – kalt</i>		
Küstenform	<i>Felsenküste, Sandstrand, Wattflächen, Kiesstrand, Mangrovenwälder, Salzwiesen, Korallenriff Nähe zur Küste</i>		
Anwesenheit von Tieren und Pflanzen	<i>Brutgebiet, Mauser, Durchzugsgebiet.....</i>		
Maßnahmen	<i>Abgraben des Substrats, Abbrennen etc...</i>		
Zusammensetzung des Öls	<i>Flüchtigkeit, Viskosität, Dichte, Giftigkeit.....</i>		
Menge			
Wetter	<i>Sturm, ruhige See</i>		
Tidenhub			
Nutzung	<i>Aquakultur, Fischfang, Muschelgründe, Tourismus</i>		
Verdünnung	<i>Meerestiefe, Meeresströmung, Vermischung</i>		

3.2.4 Nutzung

In Raffinerien wird Rohöl verarbeitet.

In einem ersten Schritt, der Destillation, wird es in seine Komponenten aufgetrennt und man erhält verschiedene Fraktionen entsprechend den Siedepunkten (Heizöl, Benzin, Kerosin, Schweröl). Sie werden damit nach ihrer Molekülgröße sortiert.


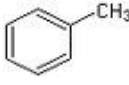
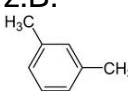


Fraktion	Verwendung
Flüssiggas	Butan, Propan zur Qualitätsverbesserung von Benzin
Rohbenzin (=Naphtha)	Benzin oder chemische Industrie
Mitteldestillat	Diesel, leichtes Heizöl, Kerosin
Reste	Schweres Heizöl, zur Stromerzeugung, Schiffsdiesel Bitumenreste für den Straßenbau

Weiterhin kann man gezielt schwere in leichte Moleküle zerbrechen (Konversion, Cracken). Das wird in Abhängigkeit vom Bedarf und den Preisen gemacht. Verunreinigungen, wie Schwefel, werden entfernt (Reinigung).

Fossile Rohstoffe, vor allem die Bestandteile von Erdöl der Naphtha-Fraktion, sind wichtigstes Ausgangsmaterial für die chemische Industrie (Kunststoffe, Farben, Lösemittel, Arzneimittel.....s. Tabelle), sie dienen als Schmieröle, zur Stromgewinnung (v. a. Kohle), zur Wärmeerzeugung oder als Benzin, Diesel oder Kerosin als Kraftstoff für Fahrzeuge. Darunter ist der Straßenverkehr der größte Einzelposten.

Zusatzinformation:

Grund-chemikalien:	Ethylen $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	Propylen $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_3$	Buten z.B. $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Benzol 	Toluol 	Xylol z.B. 
Beispiele für Folgeprodukte:	Polyethylen Ethanol Vinylacetat Olefine Fettalkohole (für Waschmittel)	Acrylsäure Epoxid Acrylnitril (\Rightarrow ABS) Polypropylen	1,3 Butadien Isobuten	Styrol Phenol Bisphenol A Cyclohexan Nitrobenzol Anilin	Polyurethan Nylon	Polyester

Kennen Sie den Shell **Eco-Marathon**? Das ist ein Wettbewerb, bei dem die Teilnehmer ein Fahrzeug entwerfen und konstruieren, das mit einem Liter Kraftstoff die größtmögliche Entfernung zurücklegt und dabei so wenig Schadstoffe wie möglich ausstößt. Die Fachhochschule Offenburg hat dort schon oft mit dem Supermodell Schluckspecht mitgemacht. Können Sie sich vorstellen, wie hoch der Rekord ist?

Schätzaufgabe: Bei der Verlustschmierung (von Sägeketten, Radschmierstoffe,...) und der Umlaufschmierung (Verdampfung, Leckagen....) gelangt Schmieröl in die Umwelt. Schätzen Sie wie viel pro Jahr in Deutschland in die Umwelt eingetragen wird.

☐ 500 t ☐ 5 000 t ☐ 50 000 t ☐ 500 000 t

Reichweite:

Zurzeit werden jeden Tag im Durchschnitt weltweit 87 Millionen Barrel (= 13,8 Milliarden l) Öl verbraucht, mit einem jährlichen Wachstum von 2 %. Deutschland ist der sechstgrößte Verbraucher der Welt.

Nach der Aussage von Shell wird sich bis 2050 die Energienachfrage verdoppeln und damit „unsere sicheren Reserven bei der derzeitigen Fördermenge 13 Jahre reichen!“ Der Pro Kopf Verbrauch in Deutschland ist ca. l/a.

Wie bei allen Rohstoffen gibt es unterschiedliche Schätzungen für die Reichweite bei derzeitiger Fördermenge:

	<i>Schätzung 1 (ab 2004)</i>	<i>Schätzung 2</i>
Braunkohle		200
Steinkohle	169 Jahre	160
Erdöl	43 Jahre	42
Erdgas	66 Jahre	60
(Uran		70)

Die Schätzungen unterscheiden sich oft stark. Es ist nicht immer klar, ob die verbleibenden Reserven oder die verbleibenden Ressourcen abgeschätzt werden. Bei Erdöl liegen sie zwischen 850 Mrd. Barrel und 14 000 Mrd. Barrel. Die Unterschiede kommen vor allem durch folgende Faktoren zustande:

- Grad der Wahrscheinlichkeit: Werden bereits beschriebene Ölfelder, Ölfelder, von denen man aber noch keine Detailkenntnisse hat, einbezogen oder werden sogar Schätzungen über noch nicht entdeckte Felder, berücksichtigt und nicht-konventionelle Quellen berücksichtigt?
- Grad der Erschließung: Werden Ölfelder, in denen Öl gefördert wird, gezählt, solche die in der Erschließung sind oder auch solche, die erst in der Planungsphase sind, berücksichtigt?
- Grad der technischen Förderwürdigkeit: Werden die Quellen, in denen Öl leicht zu fördern ist oder auch solche, bei denen der personelle und technische Aufwand sehr groß ist, berücksichtigt? Zum Beispiel ist die Gewinnung von schwerem Öl in der Arktis technisch sehr schwierig, da es bei den niederen Temperaturen nicht flüssig genug ist und weil die Eiskappen das Erdöl in größere Tiefen gedrückt hat.
- Grad der ökonomischen Förderwürdigkeit: Fließen auch Quellen in die Schätzungen ein, bei denen die Ölgewinnung derzeit mehr Kosten verursacht, als mit dem Verkauf des Öls wieder eingenommen werden kann, oder werden nur die ökonomisch lukrativen Quellen gezählt?

Mit „Peak Oil“ beschreibt man, dass die Ölförderung kurz vor oder schon über dem Gipfel angekommen ist.

In den USA und in der Nordsee geht die Fördermenge schon länger deutlich zurück.

Frage: Was würde sich ändern, wenn Erdöl und Kohle das 10fache vom heutigen Preis kosten würde? Machen Sie ein möglich konkretes Szenario.

Freizeit:

Verkehr:

Ernährung:

Wohnen:

Technik:

Welche dieser Veränderungen sind eher positiv zu bewerten?

Welche negativ?

Einschub:

Was würde passieren, wenn wir fünf Tage lang in Deutschland keinen Strom hätten?

s. auch Elsberg, Marc. *Black out. morgen ist es zu spät.* (Roman). Signatur: 830 Els und Petermann, Thomas, Bradke Harald, Lüllmann Arne, Poetzsch Maik, Riehm Ulrich.

Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften – am Beispiel eines großräumigen Ausfalls der Stromversorgung, Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag 2010.

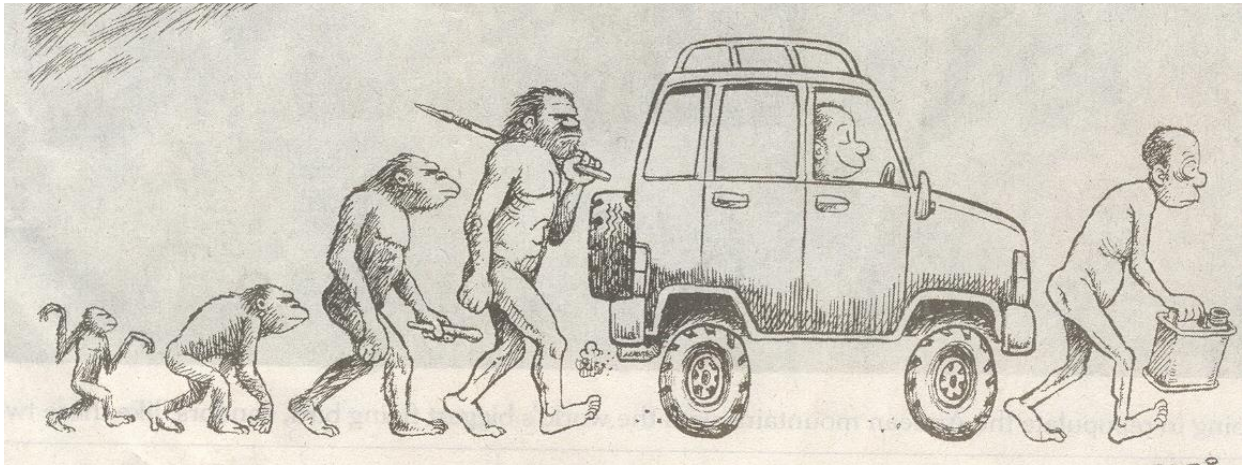
1. Tag:

2. Tag:

3. Tag:

4. Tag:

Welche Schlussfolgerungen ziehen Sie aus diesem Gedankenexperiment?



3.2.5 Verbrennung und Entsorgung

Abgase nach der Verbrennung und ihre Wirkungen:

- $\text{CO}_2 \Rightarrow$
- $\text{CO} \Rightarrow$
- Kohlenwasserstoffe bei unvollständiger Verbrennung \Rightarrow
- $\text{NO}_x \Rightarrow$
- $\text{SO}_2 \Rightarrow$
- Partikel \Rightarrow

Schadgasemissionen hängen von den Parametern bei der Verbrennung, der Abluftreinigung und der Zusammensetzung des Brennstoffs ab.

Welche Techniken kennen Sie, die Abgase aus der Abluft zu entfernen?

Entsorgung von Altöl

Öl verändert mit der Zeit seine Eigenschaften, v. a. wenn die Öle verunreinigt oder erhitzt werden. Sie sollten auf keinen Fall in die Umwelt gelangen. In der deutschen Altölverordnung ist vorgeschrieben, dass verschiedene Altöltypen nicht vermischt werden dürfen. Sie dürfen kostenlos an Altölsammelstellen abgegeben werden und werden dann stofflich verwertet (entweder gereinigt und fraktioniert oder als Brennmateriale eingesetzt).

3.3 Alternativen

3.3.1 biogene Ersatzstoffe

Historisches Beispiel: Am Ende des 2. Weltkriegs war Erdöl knapp. Die Japaner wollten in ihrer letzten Verzweiflung aus Kiefernwurzeln Flugbenzin gewinnen. Sie holzten riesige Flächen der bisher streng geschützten Bergwälder ab und ließen die Wurzeln von Hand ausgraben. Der Ertrag war insgesamt nur 3000 Barrel minderwertiges Flugbenzin, und es ist nicht gesichert, ob dies überhaupt in Flugzeugen eingesetzt wurde.

	Verfahren	Schwerpunkt Anwendung der
etablierte Verfahren:	Holz (Hackschnitzel, Pellets, Scheite, Abfälle.....)	weltweit
	Bioethanol aus	Brasilien
	Bioethanol aus	USA
	Bioethanol aus	Deutschland/Europa
	Biodiesel aus	Deutschland
	reines Pflanzenöl	Deutschland/weltweit
	Biogas aus	Deutschland/weltweit
	Fischer-Tropsch-Verfahren (Aus CO und H ₂ Herstellung von vielen verschiedenen Kohlenwasserstoffen, „synthetische Öle“)	(gibt es schon seit dem 2. Weltkrieg)
neue Pfade:	biotechnisch erzeugtes Ethanol aus Lignozellulose	Pilotanlagen v. a. in den USA
	Isolierung der Bestandteile von Holz und weitere chemische Umwandlungen	
	chemische Umwandlungen von Kohle zu Naphtha	
	Thermochemisch erzeugtes synthetisches Öl aus allen Biomassetypen durch BTL (Biomass to liquid) Verfahren	Pilotanlagen v. a. in Deutschland
	Künstliche Photosynthese	(s. Kapitel Stoffkreisläufe und Energiefluss)
	Kraftstoffe aus Algen	Laborversuche

Was ist umweltverträglicher: Kraftstoff aus Pflanzen oder mineralischer Kraftstoff aus Erdöl?

Diese Frage kann nur mit einer detaillierten Ökobilanz beantwortet werden, die wir hier nicht ausführlich besprechen können. Wir schauen uns nur den dritten Schritt der Ökobilanz an, in dem die Wirkungen auf die Umwelt errechnet werden.

Aufgabe: Tragen Sie mit unterschiedlich langen Balken zu jeder Wirkungskategorie ein, welches der beiden Produkte einen größeren Einfluss auf die Umwelt hat.

Zeichnen Sie zum Schluss ein Polardiagramm für das Produktpaar. Versuchen Sie dabei, die Achsen so anzuordnen, dass die beiden Produkte auf einen Blick gut zu vergleichen sind.

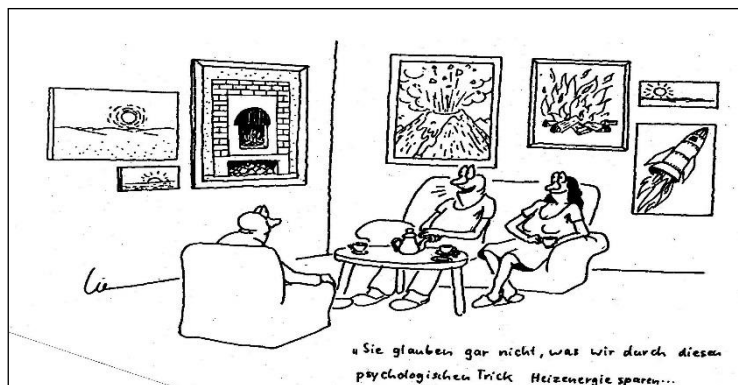
<u>Wirkungskategorie</u>	<u>Kraftstoff aus Pflanzen</u>	<u>Kraftstoff aus Mineralöl</u>	<u>Erläuterungen</u>
Ressourcenverbrauch			
Treibhauseffekt			
Human-toxizität			
Ökotoxizität			
Eutrophierung von Gewässern			
Flächenbedarf			
Abfall			
Naturschutz			

Zur Visualisierung der Ergebnisse zeichnen Sie die beiden Produkte in ein geeignetes Polardiagramm ein:

Schlussfolgerungen:



„Hier entsteht eine Biosprit-Anlage. Biosprit. Der Umwelt zuliebe.“



„Sie glauben gar nicht, was wir durch diesen psychologischen Trick Heizenergie sparen...“

3.3.2 Methanhydrat

Methanhydrat ist ein Klathrat, d.h. ein Gaskondensat, bei dem ein Methanmolekül von Wassermolekülen wie in einem Käfig umschlossen wird. Die Summenformel ist $\text{CH}_4 \cdot 5,75 \text{H}_2\text{O}$.

Methanhydrat ist nur bei hohem Druck und tiefen Temperaturen stabil. Es gibt große Vorkommen in 500-1000 m Tiefe an Kontinentalabhängen und in manchen Permafrostböden. Es wird geschätzt, dass in Methanhydrat mehr als doppelt so viel Kohlenstoff gebunden ist wie im gesamten Vorrat an Erdöl, Erdgas und Kohle. Es ist wahrscheinlich durch mikrobielle Zersetzung von Biomasse vor etwa 60 Millionen Jahren entstanden.

Die Gewinnung des Methanhydrats ist schwierig, da es leicht zu Instabilitäten an den Kontinentalhängen kommen kann, bei denen die Hangrutschungen riesige Tsunamis auslösen könnten und dabei Methanhydrat unkontrolliert freigesetzt und zur Klimaerwärmung beitragen würde.

3.3.3 Andere

Kennen Sie noch andere Alternativen?

Wiederholungsfragen
1. Wie unterscheiden sich Mineralöl und Pflanzenöl chemisch?
2. Was wissen Sie über Methanhydrat?
3. Wie entstand Kohle?
4. Was wird in einer Erdölraffinerie gemacht?
5. Kohleabbau hat auch nach Ende der Förderung noch verschiedene Folgen für die Umwelt. Beschreiben Sie sie.

4 Abfallverwertung und –entsorgung

Abfälle sind Rohstoffe am falschen Platz

4.1 Einführung

4.2 Abfallvermeidung

4.3 Abfallverwertung

4.4 Abfallbeseitigung

4.5 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) und benachbarte Regelungen

4.6 Beispiel: Elektro- und Elektronikgeräte

Es gibt keine Institution und kein Unternehmen, wo kein Abfall anfällt. Je größer die Abfallmenge und je gefährlicher die Abfälle sind, desto ausführlicher muss die betriebliche Dokumentation sein. Die Abfallvermeidung, -verwertung und -entsorgung ist daher ein sehr wichtiges Thema, mit dem jede/jeder konfrontiert ist. Zum Schluss werden Sie die interessante Problematik von Elektronikaltgeräten und ihrer Entsorgung kennenlernen.

4.1 Einführung

ALLE Produkte sind früher oder später Abfall!

Abfälle sind teuer hergestellte "Produkte" in der Wertschöpfungskette!

Es gibt im alltäglichen Leben kaum einen Bereich, in dem keine Abfälle anfallen. Ein vernünftiger Umgang mit diesen Abfällen erfordert sehr viel Wissen und Aufwand. Noch schwieriger als die alltägliche normale Abfallentsorgung wird die Entsorgung von großen Mengen an Abfällen, die nach einer Überschwemmung oder einer anderen Katastrophe entstehen.

Wenn Sie in einer Firma Abfall erzeugen, sollten Sie daran denken, dass Sie (d.h. die Geschäftsleitung) eine Sorgfaltspflicht tragen, d.h., dass Sie dafür verantwortlich sind, dass der Abfall ordnungsgemäß entsorgt wird. Sie dürfen daher Ihren Abfall nicht einfach irgendwelche „fliegende Händler“ übergeben, sondern Sie müssen sicherstellen, dass derjenige auch alle gesetzlichen Vorschriften für Verwertung und Beseitigung einhält.

Viele Firmen bestellen eine/einen Betriebsbeauftragte für Abfall (= **Abfallbeauftragte**) In der Verordnung für Betriebsbeauftragte für Abfall wird u. a. aufgeführt, welche Anlagenbetreiber Abfallbeauftragte brauchen.

Definition des Begriffs "Abfall": „Abfälle im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes sind alle Stoffe oder Gegenstände, derer sich der Besitzer entledigt, entledigen will (subjektive Komponente) oder entledigen muss (objektive Komponente).“ (§3(1)) Radioaktive, gasförmige, flüssige Stoffe, Bodenaushub etc. fallen unter andere Regelwerke.

Wenn bei einem Herstellungsprozess „Nebenprodukte“ anfallen (z.B. Holzspäne bei der Holzverarbeitung), brauchen diese nicht als Abfall bezeichnet werden. Sie fallen dann aber wie Produkte unter die jeweiligen anderen Rechtsvorschriften, die zum Teil noch aufwändiger sein können.

Abfälle sind sehr unterschiedlich in ihrer Umweltproblematik. Sie sollten daher getrennt gesammelt und entsorgt werden (wichtig sind Art und Menge!). Daher ist die Einteilung von Abfällen in Gruppen sehr wichtig. Es gibt drei verschiedene Systeme, nach denen Abfälle zur korrekten Entsorgung bestimmt werden müssen:

- Nach dem **Europäischen Abfallkatalog (EAK)** wird jeder Abfalltyp mit einer sechsstelligen Ziffer gekennzeichnet, dem **Abfallschlüssel** (EAK Nummer). Auf Bundesebene wird der EAK in der Abfallverzeichnisverordnung (AVV) zusammengefasst

Bsp: EAK-Einstufung von Bauschutt:

Kapitel: 17 Bau- und Abbruchabfälle (einschl. Straßenaufbruch)

Gruppe: 1701 Beton, Ziegel, Fliesen, Keramik u. Materialien auf Gipsbasis

Abfallschlüssel: 170104 Baustoffe auf Gipsbasis

Die getrennte Sammlung von Abfällen nach den Abfallschlüsseln ist entscheidend für die Entsorgungskosten. Wenn man bei Bauschutt alles zusammenwirft, hat man Baustellenmischabfälle (Abfallschlüssel 170903), die bis zu 50-fach höhere Kosten verursachen, als z. B., mineralischer Bausschutt (Abfallschlüssel 170107).

- **Abfälle zur Beseitigung** und **Abfälle zur Verwertung**.

„Abfälle zur Verwertung sind Abfälle, die verwertet werden. Abfälle, die nicht verwertet werden, sind Abfälle zur Beseitigung.“ KrwG §3 (1)

Für diese Unterscheidung spielt keine Rolle, ob Sie als Abfallerzeuger dafür Geld bekommen oder Geld bezahlen müssen.

- Außerdem werden die Abfallsorten nach ihrer Gefährlichkeit in zwei Gruppen eingeteilt:

nicht gefährliche Abfälle:

bisher Überwachungsbedürftige Abfälle Beispiele: Schlämme aus betriebseigener Abwasserbehandlung, Farbstoffe und Pigmente aus der Textilindustrie, Gießformen und Sande mit organischen Bindern vor oder nach dem Gießen, Altreifen, Shredderrückstände von Fahrzeugen, gemischte Siedlungsabfälle und Nicht überwachungsbedürftige Abfälle Beispiele: Papier, Karton, Styropor, Altglas....

Gefährliche Abfälle:

bisher besonders überwachungsbedürftige Abfälle (früher „Sonderabfälle“, aufgelistet in der Bestimmungsverordnung für besonders überwachungsbedürftige Abfälle): Beispiele: Schwefelsäure, Altöl, ölhaltige Stoffe, Bleibatterien, Leuchtstofflampen, Fixierbäder, arsenhaltige Abfälle, asbesthaltige Abfälle, Filterstäube, Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten

Die Vermischung von Abfällen ist verboten, damit man nicht gefährliche Abfälle mit ungefährlichen „verdünnen“ kann.

Für gefährliche Abfälle ist in einem Nachweisverfahren/Begleitscheinverfahren genau festgelegt, wer wann wie dokumentieren muss, welchen Abfall jemand in welcher Menge zu welchem Zeitpunkt hatte und wo der Abfall hingelangt ist. (**Nachweisverordnung**). Es gibt sowohl eine *Vorabkontrolle* zur Prüfung, ob die vorgesehene Entsorgung zulässig ist als auch eine *Verbleibkontrolle* über die tatsächlich erfolgte Entsorgung. Außerdem brauchen Sammler, Beförderer, Händler und Makler von gefährlichen Abfällen eine **behördliche Erlaubnis**. Für Kleinstmengen gibt es wohl bald eine Ausnahme. Für den Transport von nicht-gefährlichen Abfällen genügt eine Anzeige bei der Behörde (s. Beförderungserlaubnisverordnung).

4.2 Abfallvermeidung

Vermeiden ist immer ökologisch besser als verwerten oder entsorgen!

Die sogenannte Zielhierarchie im Umweltschutz

**„Vermeiden vor
Vermindern vor
Verwerten vor
Beseitigen“**

ist gerade im Abfallbereich entscheidend wichtig!

Am besten ist, wenn man Abfall mehrfach nutzt, indem man hintereinander geschaltete stoffliche und zum Schluss energetische Verwertungsmaßnahmen einsetzt (Kaskadennutzung), z.B. Frischpapier => Recyclingpapier (X Mal) => Verpackungsmaterial => energetische Verwertung durch Verbrennung.

Zusatzinformation: Im Abfallrecht wird neuerdings eine fünfstufige Abfallhierarchie definiert: 1. Vermeiden, 2. Vorbereitung zur Wiederverwendung, 3. Recycling, 4. Sonstige Verwertung insbesondere energetische Verwertung, 5. Beseitigung

Abfallvermeidungsstrategien				
Verzicht, Einsparung			technische Abfallvermeidung	
freiwillig	unfreiwillig		primäre Abfallvermeidung	sekundäre Abfallvermeidung
Information und Aufklärung	Verbote u. Einschränkungen	Mangel	optimierte Planung, Entwicklung und Produktion	Wieder- und Weiterverwendung Wieder- und Weiterverwertung
sog. "freiwillige Selbstverpflichtungen"				

(Beispiele für Abfallvermeidungsmaßnahmen im Kreislaufwirtschaftsgesetz Anlage 4)

- Information und Aufklärung

Durch Aufklärung im Betrieb und Bewusstseinsbildung lassen sich Schwachstellen wie undichte Ventile, Leckagen, Papierverschwendung, hohe Ausschussraten, etc. finden und ohne technische Veränderungen beheben. Andere Beispiele sind abfallarme Beschaffung, Verwendung anderer Ausgangsstoffe, bessere Wartung, bessere Kontrolle des Verbrauchs, optimale Abfalltrennung.

Aufgabe:

Eine Firma hat die Herstellung der Produktteile an andere Firmen vergeben und setzt die Teile nur noch zusammen. Nehmen Sie an, ein Produkt besteht aus 100 Teilen, und 99% der zugelieferten Teile sind von einer guten Qualität. Ein Produkt ist defekt, sobald ein Bauteil defekt ist. Wie viel Prozent der Produkte sind dann Ausschuss?

- Verbote und Einschränkungen

Der Staat fordert Verbote, Beschränkungen, Kennzeichnungen, wenn freiwillige Maßnahmen nicht greifen. Dabei gibt es folgende Möglichkeiten: Verbot, ein bestimmtes Produkt in den Verkehr zu bringen;

Verbot von Einwegverpackungen;

Sortierquoten;

Rücknahmeverpflichtungen;

Rückgabepflichten;

Zwangspfand;

Kennzeichnungen;

Frage: Welche dieser Möglichkeiten wurden schon realisiert? Für welche Produkte?

- sog. "Selbstverpflichtungen" oder "freiwillige Verzichtserklärungen"

Es gibt Vereinbarungen zwischen Staat und Industrie, die eine Zwischenstufe zwischen freiwilligen und unfreiwilligen Maßnahmen darstellen.

- Mangel

Umweltgüter sind begrenzte Ressourcen. Bei der derzeitigen nicht nachhaltigen Nutzung ist der Mangel vorprogrammiert.

- optimierte Planung und Entwicklung, optimierte Produktion:

rechtliche Grundlagen: (Teil 3 KrWG) **Produktverantwortung**

Entwickler, Hersteller, Be- und Verarbeiter und der Vertreiber eines Produktes tragen die Produktverantwortung. Damit setzt das KrWG sehr früh im Produktleben an.

Die abfallarme Produktgestaltung hat abfallarme, mehrmals verwendbare und langlebige Produkte und eine abfallvermeidende Produktion zum Ziel. Der Faktor Abfall wird in der ganzen Produktentwicklung und Herstellung von Anfang an einbezogen. "Vom Abfall her denken."

mögliche konkrete Umsetzungen der **Produktverantwortung**:

- Umweltverträglichere Produktion: Identifizierung der umweltrelevanten Lebenszyklusphasen, Beurteilung der Umweltverträglichkeit von Produkten z.B. durch Ökobilanzierung oder Stoffstromanalyse, Entscheidung für die umweltverträglichere Alternative (s. auch Vergabegrundlage für Umweltzeichen, in dem die wesentlichen Umweltaspekte berücksichtigt werden)

- Anlageninterne Kreislaufwirtschaft: abfallarme Produktionsprozesse, Verwendung der Abfälle als sekundäre Rohstoffe in der Produktion, Kreislaufführung und Prozessänderungen, Hilfs- und Betriebsstoffe nur ersetzen, wenn es nötig ist, Wiederverwendung von Farbabfällen, Standzeitverlängerung von Prozessbädern, Rückgewinnung von metallischen Prozessbestandteilen,

- Reduzierung des Materialeinsatzes: Materialreduzierung in der Konstruktion, z.B. Leichtbauweise oder Verwendung anderer Methoden, z. B. Reinigung von Spritzpistolen durch Ultraschall statt durch Nitroverdünner, Nassreinigung statt chemischer Reinigung

- Verlängerung der Produktlebensdauer durch verbesserte Reparaturfähigkeit (Repair Cafe in Ulm Magirusstr. 28 (repair-cafe-ulm.de) „*Reparieren macht glücklich!*“), zeitloses Design, Langlebigkeit der Komponenten, lokale Wiederinstandsetzung vor Ort, lokales technologisches Hochrüsten vor Ort, zentrales Aufarbeiten in einer Fabrik, z.B. Aufarbeitung von Einmalküvetten aus Labors, zentrales Hochrüsten in einer Fabrik, mehrjährig lieferbare Bauteile, Mehrwegsysteme z.B. für Getränke, Lebensmittel, Farben, Mehrwegsprühdosen, Aufarbeitung statt Materialrecycling,...., Komponentenstandardisierung

- Intensivere Nutzung: multifunktionale Produkte, Baukastenprinzip, Konzentrate statt verdünnte Produkte, Vermietung, Elektronik-Gebrauchtgeräte-Vertrieb mit Garantie,
- Abfallarmer Vertrieb: z.B. Leasing: Verkauf der Funktion statt des Produktes (Leihgeschäften, Kopien, Carsharing...) => Produktlanglebigkeit wird ein Faktor, der vom Verleiher sehr erwünscht ist!
- längere Garantiezeiten

- Wieder- und Weiterverwendung

	Form	Funktion	Beispiele
<i>Wiederverwendung</i>			
<i>Weiterverwendung</i>			

Aufgabe:

Bier wird in einer Brauerei zu 6% in Einwegflaschen verkauft und zu 90% in Mehrwegflaschen derselben Größe, die 30 mal verwendet werden können (Rest in Dosen oder Fässern). Wie ist das Mengenverhältnis zwischen Einweg- und Mehrwegflaschen?

Teilen und Tauschen

Tauschbörsen, Tauschringe (www.talent-tauschring-ulm.de), Kleiderkreisel, oxfam Läden, Gebrauchtwarenzentren, Werkstatt für die Aufarbeitung von Geräten, Reparaturläden, Warentauschtag in Kommunen, Sperrmüllbörse, Geschirrverleih für Feste, Tauschparties, give-Boxen, Recyclingbörse der IHK (<http://recy.ihk.de>)

*Zusatzinfo: **UBA**-Präsidentin Maria Krautzberger: „Um die 450 Jahre dauert es, bis sich ein Produkt aus Plastik in der Umwelt zersetzt. Auch danach ist es noch nicht weg. In der Form winziger Partikel mit gesundheitsschädlichen Zusatzstoffen wie Weichmachern kann es von Muscheln und Plankton aufgenommen werden und so in den Anfang der Nahrungskette gelangen. Größere Plastikteile stellen für viele Meerestierarten eine große Gefahr da. Das betrifft insbesondere die Reste von Plastiktüten, die bei Abfalluntersuchungen an Stränden und Meeren regelmäßig gefunden werden. Das Umweltbundesamt empfiehlt daher weiterhin, eine Bezahlpflicht für Plastiktüten einzuführen.“*

6.3 Abfallverwertung

Abfallvermeidungsstrategien sind verknüpft mit Abfallverwertungsstrategien.

	Form	Funktion	Beispiele
<i>Wiederverwertung</i>			
<i>Weiterverwertung</i>			

Wichtig:

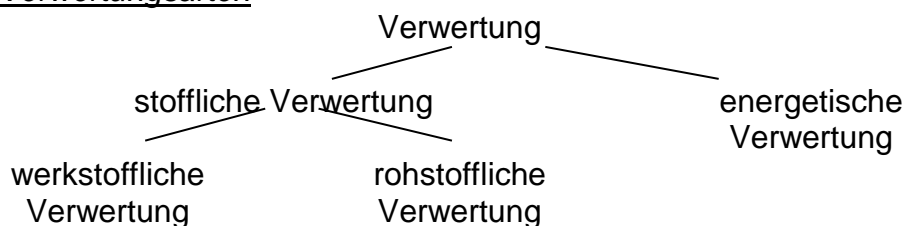
Die **Verwertungspflicht** bei unvermeidbaren Abfällen gilt, wenn die Verwertung

1. technisch möglich
2. wirtschaftlich zumutbar ist und
3. ein Markt (für den gewonnenen Stoff oder die gewonnene Energie) vorhanden ist.

Der Vorrang der Verwertung gilt jedoch nicht, wenn die Beseitigung das umweltverträglichere Verfahren ist. Zur Beurteilung sollen Emissionen, Ressourcenschonung, Energiebedarf, Vermeidung von Schadstoffanreicherung und der Schadstoffeintrag beim Recycling berücksichtigt werden.

(Eine Verwertung liegt nur dann vor, wenn das Verhältnis zwischen Energie-Output zu Input mindestens 0,6 (Altanlagen), bzw. 0,65 (Neuanlagen) liegt.)

4.3.1 Verwertungsarten



A) Stoffliche Verwertung

Definition: Unter stofflicher Verwertung versteht man die Substitution (den Ersatz) von Rohstoffen durch die Gewinnung von Stoffen aus Abfällen (z.B. Öl aus Kunststoffen), durch die Verwendung als Sekundärrohstoffe (z.B. Altpapier als Rohstoff für die Papierherstellung) oder die Nutzung der stofflichen Eigenschaften, wobei die 1. Priorität die Nutzung des Abfalls und die 2. Priorität die Beseitigung ist.

- werkstoffliche Verwertung

Definition: Bei der werkstofflichen Verwertung wird der Stoff als solcher wieder- oder weiterverwertet. Er wird dabei chemisch nicht verändert. Bei guter Sortenreinheit sind qualitativ gleichwertige Produkte möglich. Das vielfach (oft falsch) verwendete Wort "Recycling" entspricht genau genommen nur der werkstofflichen Verwertung.

Ziele sind eine Verwertung auf einer möglichst hohen Wertschöpfungsstufe, möglichst kein Downcycling, möglichst geringer Energieaufwand, möglichst gute stoffliche Qualität und möglichst geringe Kosten.

Beispiele: Altpapier wird zu Recyclingpapier. Aus Altglas werden neue Glasflaschen hergestellt.

Voraussetzungen für werkstoffliche Verwertung:

- sortenreine Erfassung
- Markt für die sekundären Rohstoffe vorhanden
- Recyclingfähigkeit der Materialien (v. a. geeignet: homogene Monomaterialien, s. VDI 2243 Richtlinie für recyclingorientierte Produktentwicklung)
- ökologisch sinnvolle Verfahren (gute Gesamtökobilanz)



	„Recycling“
Metalle	<p>Im Unterschied zu organischen Verbindungen wie zum Beispiel Kunststoffen sind Metalle gut schmelzbar und so beim Recycling abzutrennen. Manche Metalle sind ineinander löslich, was bei der Herstellung von Legierungen genutzt wird, was aber auch zu einer schwierigen Trennung der Metalle voneinander führen kann (s. <u>eutektische Gemische</u>). Wenn es möglich ist, setzt man die Altmetalle in dem Mengenverhältnis ein, wie man es im Endprodukt braucht, und spart sich dann die Trennung in die reinen Elemente. Beim Schmelzprozess können an der Oberfläche zur Gasatmosphäre chemische Reaktionen stattfinden. Dort entsteht dann sogenannte <u>Krätze</u>, das sind Oxide von Metallen und Verunreinigungen im Altmetall, die in der Regel auf der Metallschmelze schwimmen. Deshalb arbeitet man bevorzugt mit <u>Induktionsöfen</u>, unter <u>Schutzgasatmosphäre</u> oder im <u>Vakuum</u>. Verunreinigungen der Schrotte durch Öle, Fette, andere brennbare Stoffe, Gefahrstoffe oder Wasser können zu schlagartiger Verdampfung und zur Bildung explosiver Gemische führen. Schleifschlämme und –späne müssen daher vor dem Recycling entölt werden. Man kann durch Einblasen von Luft auch selektiv Verunreinigungen oxidieren, die dann als Krätze aufschwimmen und abgetrennt werden können. Bei der Hochtemperaturschmelze können auch <u>Schlacken</u> entstehen, die aus Oxiden von Si, Ca, Fe oder Al bestehen und als Abfall anfallen. Man setzt dem Schmelzprozess Sand (SiO_2) oder Kalk (CaCO_3) als Zuschläge zu, damit sich neu gebildete Schlacke darin löst und abtrennbar wird. Abgase und Stäube müssen in Abgasbehandlungsanlagen gereinigt werden.</p> <p>Durch Elektrolyse kann man aus Schrott reines Kupfer abtrennen (Das Auflösen einer 400kg schweren Anode dauert drei Wochen.)</p> <p>Es gibt auch neue biotechnologische Verfahren in der Erprobung, bei denen man Bakterien oder Algen einsetzt, die spezifische Metalle aus Boden oder Wasser anreichern können.</p> <p>Mit diesen Informationen wird deutlich, dass das Metallrecycling auf die jeweilige Zusammensetzung des Metallabfalls genau abgestimmt werden muss und sehr viel Können und Aufwand erfordert.</p>
Glas	<p><u>Zusammensetzung:</u> v.a. aus Silikaten und Oxiden (Al_2O_3, MgO, ZrO), Carbiden oder Nitriden , Kalk, Soda, etc. Theoretisch unbegrenztes Recycling Verschiedene Glastypen sollten nicht gemischt werden: Flachglas, Behälterglas, Bleikristall, Bildschirmglas, Beleuchtungsglas.... Blaue oder rote Glasflaschen können nur mit grünen Glasflaschen vermischt werden</p> <p><u>Abtrennen der Störstoffe:</u> Papier und Lebensmittelreste sind keine Probleme, weil sie verbrannt werden, aber wenn man das Glas vor dem Recycling wäscht, muss man es wieder trocknen, weil die kleinen Bruchstücke mit Wasser aneinander kleben bleiben und man sie dann nicht richtig sortieren kann. Auch weitere Zusätze (Einfärbungen, Drähte, PVC Folien bei Sicherheitsglas etc.) sind problematisch.</p> <p><u>Schritte beim Behälterglasrecycling:</u> Handauslese, Siebklassierung, Magnetabscheidung (Deckel), Windsichtung (Papier, Kunststoffe, Folien), Prallmühle (Zerkleinerung) Sensorgestützte Sortiertechniken (Abtrennen</p>

	nach Farben und Materialien Kamerasystem für Farben, Nichttransparenz,) Zerkleinern auf ca 2cm ² , Schmelzen, evt Zufügen von Neumaterial, Homogenisierung
Papier	Schritte: Sammeln, Sortieren (65 Sorten!), Sensorgestützte Sortierung: bildverarbeitende Verfahren (Erkennen von Pappen, beschichteten Papier) Nahinfrarotspektroskopie, Störstoffe (Kunststoffe, Stoff, Metall, Holz, beschichtete Papiere (Photos!) entfernen, Pressen, Shreddern, Nassaufbereitung: mit Deinking, Zusatz von Füllstoffen, wie Kaolin, Leimstoffe und Farben zur Pulpe Zeitungspapier kann aus 100% Recyclingpapier hergestellt werden
Ver- bund- stoffe	
Kunst- stoffe	
Photo- voltaik- module	Meist zusammen mit Altglas, Shreddern, Entfernung der Metalle mit nasschemischen Verfahren Probleme: CdTe, Indium und Gallium Zukunft: Kennzeichnung der Module Informationen über die Inhaltsstoffe gemäß REACH entlang der Lieferkette Einführung eines Sammelsystems Liste der bisherigen Sammelstellen Regelung der Finanzierung
Pkws	Trockenlegen Wiederverwendbare Teile entfernen Pressen, Shreddern und Trennen der Fraktionen

Tipp: Die Firma Terracycle bietet Sammelprogramme von verschiedenen Abfällen an und entwickelt Recyclingtechniken, bei denen wieder neue Produkte entstehen können. Zum Beispiel hat sie eine Methode entwickelt, bei der man aus den Filtern von Zigarettentstummeln Kunststoffprodukte, wie Parkbänke oder Aschenbecher, machen kann (www.terracycle.de).

- rohstoffliche Verwertung

Definition: Bei der rohstofflichen Verwertung wird der Stoff chemisch verändert, z. B. durch Zerlegung in kleinere Moleküle durch verschiedene Reaktionen: („Öl aus Müll“)

Zusatzinformation:

Solvolyse: chemische Spaltung, z.B. Hydrolyse (Spaltung mit Wasser als Reaktionspartner), Umkehrung des Herstellungsprozesses, Zerlegung von Polymeren in Monomere, die für eine neue Synthese verwendet werden können

Thermolyse: Gewinnung von Gas, Koks oder Öl als Energieträger oder Ausgangsmaterial für neue Synthesen

Hydrierung: Reaktion unter Druck, erhöhter Temperatur und H₂-Atmosphäre, für alle Kunststoffe einsetzbar

Pyrolyse (Schwelung, Verkokung): thermische Spaltung unter Luftausschluss führt zu einer Vielzahl von Reaktionsprodukten, die für weitere chemische Prozesse verwendet werden können

Bei der stofflichen Verwertung haben sich im Laufe der Zeit zwei Wege ausgebildet:

- einmal das zerstörungsfreie Zerlegen der Teile, das vor allem dann gut funktioniert, wenn die Produkte recyclinggerecht produziert wurden.
- zum anderen das Zerkleinern im Shredder in winzige Stückchen, die dann aufgrund ihrer Stoffeigenschaften sortiert werden können. Es gibt heute sehr vielfältige Varianten, wie die Partikel getrennt werden: nach Dichte, Gewicht, Form, Farbe, nach Reflexionsfähigkeit, magnetischen Eigenschaften.

Aufgabe: Was sind jeweils die Vor- und Nachteile der beiden Vorgehensweisen?

	Vorteile	Nachteile
Zerstörungsfreies Zerlegen		
Shreddern		

Stoffe, die chemisch rein gewonnen werden können (viele Metalle), werden wieder auf einer hohen Wertschöpfungsstufe eingesetzt. Viele Produkte bestehen zu einem großen Teil aus Sekundärrohstoffen, ohne dass die Konsumenten es merken. So bestehen manche Neuwagen zu 40 % des Gesamtgewichts aus weiterverwertetem Material (v. a. Metall, aber auch Kunststoffe, Glas und Betriebsflüssigkeiten). Bei Fahrzeugen lässt sich eine Recyclingquote von 85% erreichen.

B) Energetische Verwertung

Definition: Bei der energetischen Verwertung wird der Energieinhalt des Abfalls genutzt, i. d. R. durch Verbrennung.

Die **Ziele** bei der energetischen Verwertung sind neben der Volumenreduzierung, die Energiegewinnung und optimale Energienutzung.

Beispiele: Papier-, Kunststoff- oder Holzabfälle setzen bei Verbrennung viel Energie frei.

4.3.2 Verfahrensschritte bei der Abfallverwertung

- **Sammlung:** mit geeigneten Redistributionsstrategien zur effektiven Rückführung der Produkte und geeigneter Logistik für Sammlung und Sortierung
(**Holsysteme:** Abfall wird bei den Erzeugern abgeholt,
Bringsysteme: Abfallerzeuger müssen den Abfall zu Sammelstellen bringen)
- **Transport:** meist mehrstufig mit anderen Fahrzeugen, wichtig ist die Transportentfernung, Zwischenlagerung als Pufferfunktion (Bei privatem Hausmüll und Gewerbeabfall können die Kosten von Sammlung und Transport bis zu 70% der gesamten Recyclingkosten ausmachen!)

- Demontage und Sortierung = Trennung in verschiedene Fraktionen mit dem Ziel hoher Sortenreinheit

Ob eine Demontage und Sortierung von bestimmten Altprodukten durchgeführt wird, hängt ab von gesetzlichen Vorschriften (Verwertungsquoten), ökonomischen Rahmenbedingungen, technischen Möglichkeiten, ökologischen Notwendigkeiten, selbstgesetzten Verwertungszielen und auch von sozialen Kriterien (manuelle oder maschinelle Demontage und Sortierung).

Eine Sortieranlage besteht meist aus einer manuellen Aussortierung großer Wertstoffe, dann folgen Siebanlagen, magnetische Abscheidung von Eisenmetallen, Zerkleinerung als Vorstufe zur Windsichtung in Wirbelstromanlagen und Sichteranlagen zur Trennung nach spezifischem Gewicht. Mit sensorgestützter Sortiertechnik kann sehr differenziert sortiert werden: Nah-Infrarot-Spektroskopie kann Oberflächeneigenschaften und Farben von z. B. Kunststoffteilen erkennen, die Röntgensortiertechnik wird eingesetzt, um organische von anorganischen Fraktionen zu unterscheiden. Die Teile werden dann mit einem Hochdruckimpuls getrennt. Bei triboelektrischen Verfahren werden die Teile elektrostatisch aufgeladen und können dann im Hochspannungsfeld getrennt werden.

- Verwertung der sortenreinen Fraktionen als Sekundärrohstoff

Aufgabe zu Metallrecycling: In Europa gibt es ungefähr 10 000 Logistikunternehmen, die die Abfall sammeln (A), 1000, die demontieren (B), 100 die aufbereiten (C) und 3 die, die einzelnen Metalle zurückgewinnen (D). A erfassen 30%, B 90%, C 60% und D 95%. Wie hoch ist dann die gesamte Erfassung des Metalls, das wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückfließt?

Wo sollte also als erstes optimiert werden?

"Recycling um jeden Preis ist Unsinn". Das sind die Gründe:

Hinweis: Beachten Sie bei der Abfallentsorgung immer den Datenschutz! Shreddern Sie z.B. Papiere mit persönlichen oder vertraulichen Informationen, machen Sie elektronische Medien vorher unbrauchbar, bevor Sie sie zur Entsorgung geben.

4.4 Abfallbeseitigung

4.4.1 Thermische Verfahren

Es gibt verschiedene Verbrennungsverfahren, bei denen folgende Parameter variiert werden können: Temperatur, Druck, Luft- oder O₂-Zufuhr, Zerteilungsgrad des Mülls, Verweildauer im Verbrennungsraum.

Bei allen Verbrennungsverfahren ist eine Anlage, bei der im Vorfeld verwertbare Stoffe aussortiert werden, ökologisch und meist auch ökonomisch vorteilhaft.

wichtige Begriffe:

Glühverlust ist ein Summenparameter für den organischen Anteil in einem Abfall oder Boden. Der Glühverlust gibt an, welcher Massenanteil beim Glühen des trockenen Materials bei 550°C als Gas entweicht (Glühverlust = TOC = total organic compounds).

Glührückstand ist der Masseanteil, der nach dem Glühen als Asche oder Schlacke noch übrigbleibt und entspricht dem anorganischen Anteil.

Der **obere Heizwert** (H_o), auch **Brennwert** genannt, ist der Energieinhalt der Probe inklusive des Anteils, der zur Verdampfung des in der Probe enthaltenen Wassers nötig ist.

Der **untere Heizwert** (H_u) ist der nutzbare Energiebetrag, der nach dem Austreiben des Wasseranteils noch zur Verfügung steht.

Der Heizwert (Begriff aus der Technik) entspricht der Verbrennungsenthalpie H_v (Begriff aus der Thermodynamik).

a) konventionelle Verbrennung:

Verfahren: vollständige Verbrennung in einem Schritt bei 900°C

i. d. R. Rostfeuerung z.B. das Müllheizkraftwerk im Donautal

Besonderheiten:

- hoher Luftüberschuss zur Verbrennung erforderlich
- aufwendige Abgasreinigung
- Kontrolle der Emissionen
- Gewinnung von elektrischer und thermischer Energie

Zusatzinformation: Informationen zum Müllheizkraftwerk in Ulm/ Donautal

Errichtung: 1988 Beschluss über den Bau eines MHKW

1994 Grundsteinlegung, 1997 Beginn des normalen Betriebs

Erstellungskosten: 172 Mio. €, davon 100 Mio. € für Verfahrenstechnik und davon 60 Mio. € für Emissionsreduzierung

Jährliche Kosten für Instandhaltung: 3 Millionen €

2008: neuer Kessel ca. 2,5 Mio. €

2009: Sanierung des 18 Jahre alten Kessels für 1,27 Millionen €

2010: Generalüberholung für 2 Millionen €

Einnahmen: für Fernwärme bzw. Strom, Müllgebühren, Beiträge der auswärtigen Gemeinden (93 % der Betriebskosten sind Fixkosten.) (2011: 2,6 Millionen Gewinn!)

verbrennbare Müllmenge: urspr. Genehmigung für 110 000t/a, heute 161 000t/a
(plus 8000 t Sickerwasser, das in der Feuerraum eingedüst wird)

Verbrennung pro Tag: ca. 420 t

Volumen im Müllbunker: 5 800 m³ (ca. 2 000 t Restmüll)

Verbrennung/h: 2 X 8,6t Müll/h (durchschnittlicher Heizwert: 10 550 kJ/kg)

Verbrennungstemperatur: 900-1100 °C

Verfahren: 6000 Antriebe, 250 Funktionsgruppen

Reinigungsverfahren: SNCR Entstickung, Elektrofilter, 3-stufige Nasswäsche, Schlauchfilter mit Aktivkohlezudosierung

Kaminhöhe 91 m

Energieerzeugung (Kraft-Wärme-Kopplung): 140 Millionen kW/h Fernwärme / a
38 Millionen kWh Strom ins Netz

Es wird zusätzlich ein neuer Heißwasserspeicher gebaut.

nach der Verbrennung: ca. 36 000 t/a Schlacke (ca.25% des verbrannten Mülls)

2-4000 t/a Flugasche

200-300 t/a NaCl

4 500 t/a Schrott

130 t/a Aktivkohle

100 -150 t/a Filterkuchen

400-500 t/a Gips

800 t/a Mischsalz

160 t/a AltabSORbens

31 000 - 42 000 m³ Abluft/h

Einzugsgebiet: Zweckverband TAD: Ulm 17 000 t/a

Alb-Donau-Kreis 21 000 t/a

Heidenheim 19 000 t/a

Sigmaringen 13 000 t/a

Memmingen 6 800 t/a

Biberach, Tuttlingen u. Ostalbkreis 51 000 t/a.

zum Vergleich: MHKW Weißenhorn mit einer Verbrennungskapazität von 105 000 t/a.

Argumente für die konventionelle Verbrennung	Argumente gegen die konventionelle Verbrennung

4.4.2 Biologisch-mechanische Aufarbeitung (BMA), "Kalte Behandlung"

Prinzip: Mikroorganismen bauen die abbaubaren Bestandteile im Restmüll ab.

Verfahren:

1. Schritt: mechanische Aufarbeitung:

Siebung, Windsichtung, Metall-(z.B. Eisen-)abscheidung, Auftrennung nach Größe und Gewicht, Zerkleinerung => Schadstoffentfrachtung (Schwermetalle, Chlororganika)

2. Schritt: biologische Behandlung

3. Schritt: Deponierung oder Verbrennung

Ziele: kleiner ablagerungsfähiger Rest, Reduzierung des Volumens, Abreicherung von Schadstoffen, maximale Nutzung von Stoffen zur Verwertung aus dem Restmüll, Ressourcenschonung, günstige CO₂-Bilanz

a) Rotte

Verfahren: Müll + O₂ (aerob) => CO₂ + H₂O + Rotte

Probleme: Holz oder Kunststoffe werden nur sehr langsam abgebaut, in der Abluft sind auch Schadstoffe enthalten, evt. Geruchsbelästigung

Vorteile: großtechnisch erprobt, ziemlich inerte ablagerungsfähiger Rest, Reduzierung des Volumens, Abreicherung von abbaubaren Schadstoffen, Nutzung von Stoffen zur Verwertung aus dem Restmüll, Ressourcenschonung, bessere CO₂-Bilanz als Verbrennung, flexible Einstellung auf das anfallende Müllvolumen

Aus Biomüll kann durch den Rotteprozess(=Kompostierung) hochwertiger Kompost erzeugt werden. In gemischten Abfällen können Schadstoffe enthalten sein, deshalb muss das Endprodukt aus der Rotte dann weiterbehandelt werden.

b) Vergärung

Verfahren: Das Verfahren läuft ohne Sauerstoffzufuhr ab (anaerob). Dabei entsteht Biogas (CH₄ und CO₂), das als Energieträger eingesetzt werden kann.

Problem: relativ geringe Gasmengen

Vorteile: geschlossenes System, Gewinnung eines energiereichen Gases, geringeres Abluftproblem als bei der aeroben Rotte, großtechnisch erprobt, Reduzierung des Volumens, Abreicherung von abbaubaren Schadstoffen, Ressourcenschonung, bessere CO₂- Bilanz als Verbrennung, flexible Einstellung auf das anfallende Müllvolumen

4.4.3 Kombiniertes kaltes und thermisches Verfahren

Biologisch-mechanische Aufarbeitung mit Wirbelschichtverbrennung:

Hier werden verschiedene Verfahrensschritte der oben beschriebenen Methoden kombiniert.

Verfahren: a) *mechanische Aufarbeitung:* Aufteilung in eine heizwertreiche und eine heizwertarme Fraktion und Eisenabscheidung

b) *Biologische Behandlung:* heizwertarme Fraktion wird einer Intensivrotte zugeführt

c) *Verbrennung:* heizwertreiche Fraktion wird in einer Wirbelschichtverbrennung (vertikal stehender Ofen mit Zuhilfenahme von Sand, der durch die am Ofenboden eingeblasene Verbrennungsluft eine Wirbelschicht ausbildet) bei 800-850° C mit geeigneter Rauchgasreinigung verbrannt. Verbleibende Stäube und Salze werden deponiert.

4.4.4 Deponierung

- Früher wurde Abfall fast ausschließlich direkt deponiert, unsortiert und nicht vorbehandelt. Das führte zu folgenden Problemen:
 - großer Flächenverbrauch
 - Gefährdung von Grund- und Oberflächenwasser durch schadstoffbelastete Sickerwässer
 - potenzielle Luftverschmutzung durch Deponiegasbildung
 - Setzungen im Deponiekörper
 - mögliche Bildung von Altlasten
- Daraufhin wurden Lösungen gesucht:
 - Reduzierung des anfallenden Mülls z.B. durch Kreislaufführung und Müllvermeidung
 - Trennung von Abfall zur Verwertung und Abfall zur Beseitigung
 - sichere Entsorgung des verbleibenden nicht-verwertbaren Restmülls
 - Deponierung inerter Abfälle (= Abfälle, die nicht weiter reagieren können)
- Mit den Zielen:
 - Vermeidung der Entstehung von Altlasten
 - keine Bildung von Deponiegasen
 - keine Setzungen des Deponiekörpers
 - geringe Deponievolumina
 - Nutzung des Mülls (als sekundärer Rohstoff oder zur Energiegewinnung)

Nach der TA Siedlungsabfall muss heute der deponierte Abfall bei uns bestimmte Anforderungen erfüllen:

- er darf nicht verwertbar sein.
- er muss vorbehandelt sein.
- er muss eine ausreichende Festigkeit haben.
- er muss einen geringen organischen Anteil haben (Glühverlust max. 5 %).
- er darf nur wenig Eluat-inhaltsstoffe aufweisen (v. a. Schwermetalle).

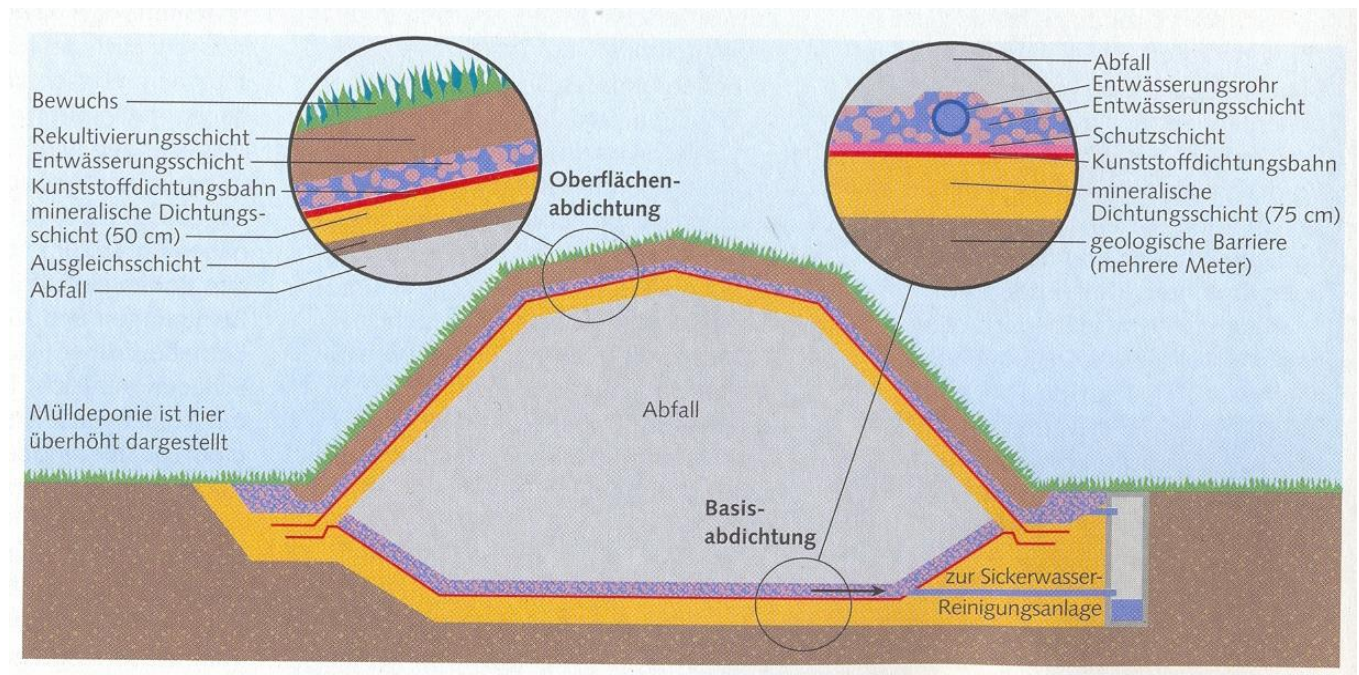
Bei allen Abfallbehandlungsverfahren fallen Restabfälle an. Nach der TA Siedlungsabfall (TA Si) darf seit 2005 kein Abfall mehr ohne Vorbehandlung (Verbrennung oder mechanisch-biologische Aufbereitung) deponiert werden.

Außerdem muss die Deponie bestimmte Voraussetzungen erfüllen, damit die Ablagerung als sicher angesehen werden kann.

Heutige Deponien bei uns kann man als „nachsorgefreie Inertdeponien“ bezeichnen.

Bestandteile einer heutigen Deponie:

1. Anlieferung mit Waage
2. Abdichtung der Deponiefläche nach unten: Müll, Feinmüll, Entwässerungsschicht mit Drainagerohren, Geotextil, Kunststoffdichtungsbahnen, mineralische Dichtung, Untergrund
3. Abdeckung nach oben: Bewuchs, Rekultivierungsschicht, Entwässerungsschicht, (Kunststoffdichtungsbahn), mineralische Dichtungsschicht, Ausgleichsschicht, Abfall
4. Horizontalkollektoren und Gasbrunnen zum Sammeln des Deponiegases und Deponiegasverwertung
5. Sickerwasserbehandlung



Probleme bei der Deponierung	Auswirkungen und Folgen dieser Probleme:	Möglichkeiten, diese Probleme zu vermeiden:
<i>Sickerwasser</i>		
<i>Deponiegas</i>		
<i>Geruchsbelästigung</i>		
<i>Verwehungen in die Umgebung</i>		
<i>Verbreitung von Krankheitserregern durch Ratten u. Vögel</i>		

5.4.5 qualitativer Vergleich der Verfahren

	konventionelle Verbrennung	biologisch- mechanische Aufarbeitung	Deponierung
<i>Volumenreduzierung</i>			
<i>Ausschleusung von sekundären Rohstoffen</i>			
<i>Beitrag zum Treibhauseffekt</i>			
<i>Flächenverbrauch</i>			
<i>Energiebilanz</i>			
<i>Schadstoffemissionen</i>			
<i>Wirtschaftlichkeit</i>			
<i>Anreiz zur Müllvermeidung</i>			
<i>Anpassungsfähigkeit an versch. Müllmengen</i>			
<i>Gesamtbewertung</i>			
<i>Einsatz zur Zeit</i>			

Anmerkung: Es gibt noch weitere Entsorgungswege für inerte Abfälle, z.B. das Lagern in stillgelegten Bergwerken oder in Salzstöcken (z.B. die Schlacke aus dem MHKW im Salzbergwerk Kochendorf) oder die Verwendung im Straßenbau. Diese Entsorgungswege werden sogar teilweise als Verwertung bezeichnet. Die langfristigen Auswirkungen sind jedoch zum Teil sehr umstritten.

Abfälle sind Rohstoffe am falschen Platz. Das bedeutet, dass man Abfall auch als Rohstoffquelle ansehen kann. Für Altglas, Altpapier oder Schrott ist das schon lange gängige Praxis. Zurzeit wird an neuen Verfahren geforscht, auch aus Deponien, Müllverbrennungsschlacken oder Altprodukten sekundäre Rohstoffe, v. a. Metalle, zurückzugewinnen. Dies bezeichnet man mit dem Schlagwort Urban Mining (engl. Bergbau im städtischen Bereich).

4.5 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) und benachbarte Regelungen

Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (2012)

„Zweck des Gesetzes ist es, die Kreislaufwirtschaft zur Schonung der natürlichen Ressourcen zu fördern und den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen sicherzustellen“ (§ 1 KrWG).

Ab 2015 ist es Pflicht, Bioabfälle, sowie Metall-, Glas-, Kunststoff-, Papierabfälle getrennt zu sammeln.

Ab 2020 muss eine Recyclingquote für Siedlungsabfälle von 65% und eine Verwertungsquote für Bau- und Abbruchabfälle von 70% erreicht werden.

Es wird eine einheitliche Wertstofftonne statt gelber Säcke diskutiert.

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz enthält mehrfach Ermächtigungsgrundlagen für die Bundesregierung zum Erlass von Verordnungen, in denen detailliert bestimmt wird, wie vorzugehen ist.

- **Basler Abkommen**

internationales Abkommen zur grenzüberschreitenden Verbringung von Abfällen als Reaktion auf zahlreiche illegale "Giftmüllexporte" in den 80er Jahren. Danach sind nicht genehmigte Exporte zur Beseitigung von Abfall in Länder außerhalb der EU und der EFTA (European Free Trade Association) verboten.

4.6 Beispiel: Elektro- und Elektronikgeräte

Warum ist das Recycling von Elektro- und Elektronikgeräten besonders anspruchsvoll?

Welche weiteren Umweltprobleme von Elektro- und Elektronikgeräten kennen Sie?

Es wurden 2 europäische Richtlinien erlassen, die langfristig die Probleme bei der Elektronikschrottentsorgung reduzieren werden.

- **Elektroschrottrichtlinie**
(2012/19/EG Richtlinie über Elektro- und Elektronikaltgeräte)
= **WEEE** (Waste Electric and Electronic Equipment) Richtlinie

Kernelemente der Elektroschrottrichtlinie:

- Getrennte Sammlung von Elektroschrott
- kostenlose Rückgabemöglichkeit für private Verbraucher
- Systeme der Hersteller und Importeure zur Zurücknahme, Behandlung und Verwertung des Elektroschrotts
- weitreichende Finanzierungspflichten für Hersteller und Importeure des Elektroschrotts
- kollektive Verantwortung der gegenwärtig am Markt tätigen Hersteller für sog. Altgeräte und Waisengeräte
- Informationspflichten der Hersteller
- Quotenregelung für Sammlung, Wiederverwendung und Recycling

Die Elektroschrottrichtlinie entspricht ausdrücklich dem Vorsorge- und dem Verursacherprinzip.

- **Stoffverbotsrichtlinie: (2002/95/EG Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten)**
= **ROHS** (Restriction of Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment) Richtlinie

Diese Richtlinie schränkt ab Juli 2006 die Verwendung von Hg, Pb, Cd, Cr(VI), polybromierten Biphenylen und polybromierten Diphenylethern in den meisten Elektro- und Elektronikneugeräten ein. Es gibt Ausnahmen bei medizinischen Geräten.

Die Richtlinie folgt dem Vorsorgeprinzip und ist eine rechtliche Festlegung für die Hersteller, wie die Mindestanforderungen für ihre Produktverantwortung aussehen sollen. Bauteile, die diese Richtlinie erfüllen, können mit folgendem Zeichen versehen werden:

RoHS COMPLIANT 2002/95/EC

- **Elektrogerätegesetz** (deutsches Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten)

Umsetzung der beiden EU-Richtlinien in deutsches Recht

Das Elektrogesetz stärkt die Produktverantwortung der Hersteller und verlangt eine umweltgerechte Gestaltung der Geräte, die Reduzierung der Schadstoffe, die Wiederverwertung der Altgeräte und Bauteile, eine Getrenntsammlung und die kostenlose Rücknahme der Altgeräte. Auch Photovoltaikmodule, Leuchten, und alles was nicht genau definiert ist („offener Anwendungsbereich), fallen unter das Elektrogerätegesetz. Die Verbraucher dürfen ihre Geräte kostenlos an kommunalen Sammelstellen zurückgeben. Von dort holt ein Entsorger, der vom Hersteller beauftragt und bezahlt wird, die Geräte ab und verwertet und entsorgt sie. Alle Hersteller und Händler von Elektro- und Elektronikgeräten müssen sich bei einer Gemeinsamen Stelle (GS) registrieren lassen, die den Ablauf kontrolliert. Zur besseren Organisation haben die Hersteller ein Elektroaltgeräteregister (EAR) ins Leben gerufen. Ohne Registriernummer ist kein Verkauf der Ware möglich! Auf jedem Produkt muss das Zeichen „durchgestrichener Mülleimer“ gedruckt sein. Nach einem geheimen Algorithmus wird bestimmt, welcher Hersteller für die Abholung eines Containers zahlen muss. Monatlich muss jeder Hersteller der EAR melden, wie viel er verkauft hat. Jeder Hersteller muss jedes Jahr eine insolvenz sichere Garantie für die Finanzierung der Rücknahme ableisten. Die Preise sind abhängig vom Marktpreis: Früher musste man für 30m³ ca. 7-800 € zahlen, heute bekommt man 3-500€.

Achtung: Li-Ionenakkus dürfen wegen Explosionsgefahr nicht in loser Schüttung transportiert werden.

Heute gilt die Beweislastumkehr beim Export von Elektronikgeräten: Früher musste man dem Exporteur nachweisen, dass das Gerät Schrott ist. Heute muss der Exporteur nachweisen, dass das Gerät kein Schrott ist.

Mit der **Elektro- und Elektronik-Stoff-Verordnung** wurde die ROHS Richtlinie in deutsches Recht umgesetzt.

Zusatzinformation:

In der VDI Richtlinie 2343 werden praxisnahe und rechtskonforme Handlungsempfehlungen für das Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten beschrieben. Dabei geht es um

Logistik

Demontage

Aufbereitung (Zerkleinern und Sortieren. Bei der Aufbereitung unterscheidet man 4 Sammelgruppen: Haushaltsgroßgeräte, Kühlgeräte, Informations- und Kommunikationsgeräte und Gasentladungslampen.)

Verwertung

Vermarktung und

ReUse.

Betriebe, die Elektronikschrott vorbildlich recyceln, können sich nach dem internationalen Responsible Recycling Standard (R2) zertifizieren lassen. Zu den Anforderungen dieses Managementsystems gehören ein anspruchsvoller Arbeitsschutz, Vernichtung von Daten auf den Geräten, hochwertige Rückgewinnung der Rohstoffe und Umweltverträglichkeit der Verfahren.

Wiederholungsfragen

1. Ergänzen Sie folgende Sätze:

Das Einschmelzen von alten Glasflaschen zu neuen Glasflaschen ist eine Verwertung.

Entwickler, Hersteller und tragen nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz die Produktverantwortung.

Die Stoffverbotsrichtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten verbietet die Verwendung von z.B.

2. Wie kann ein Hersteller von Fahrzeugen seine Produktverantwortung wahrnehmen?

3. Weshalb gingen die Methanemissionen aus Deponien in Deutschland in den letzten Jahren stark zurück?

4. Ein Abfall mit dem gleichen Abfallschlüssel wird in einer Firma als Abfall zur Verwertung geführt und in einer anderen als Abfall zur Beseitigung. Macht da jemand einen Fehler?

5 Stoffkreisläufe und Energiefluss -

Die Erde ist gleichzeitig ein offenes und ein geschlossenes System.

5.1 Biogeochemische Stoffkreisläufe

5.1.1 Kohlenstoffkreislauf und Sauerstoffkreislauf

5.1.2 Stoffe in der Umwelt

5.1.3 Beispiel: Stoffstrom für Lithium

5.2 Energieflüsse über die Nahrungsnetze

Der Mensch greift in die Stoffströme auf der Erdoberfläche ein, wobei die gesamte Stoffmenge konstant bleibt. Die Stoffe werden vor allem verlagert, sie verschwinden nicht, und es kommen keine neuen dazu. Die vom Menschen hergestellten Stoffe können zu Problemen führen: z.B. bringt die Donau täglich 4,2 Tonnen Plastikmüll ins Schwarze Meer. Kleine Plastikteilchen werden von Organismen aufgenommen und vergiften sie mehr oder weniger schnell.

Im Gegensatz dazu erhält die Erde einen kontinuierlichen Strom an Energie von der Sonne und gibt Wärme an das Weltall ab.

5.1 Biogeochemische Stoffkreisläufe

„bio“, weil Organismen beteiligt sind

„geo“, weil Gestein, Boden, Luft, Wasser beteiligt sind

„chemisch“, weil es sich um chemische Stoffe handelt

Grundsätze:

1. Alle stofflichen Vorräte auf der Erde

2. Im natürlichen Ökosystem der Erde gibt es keinen

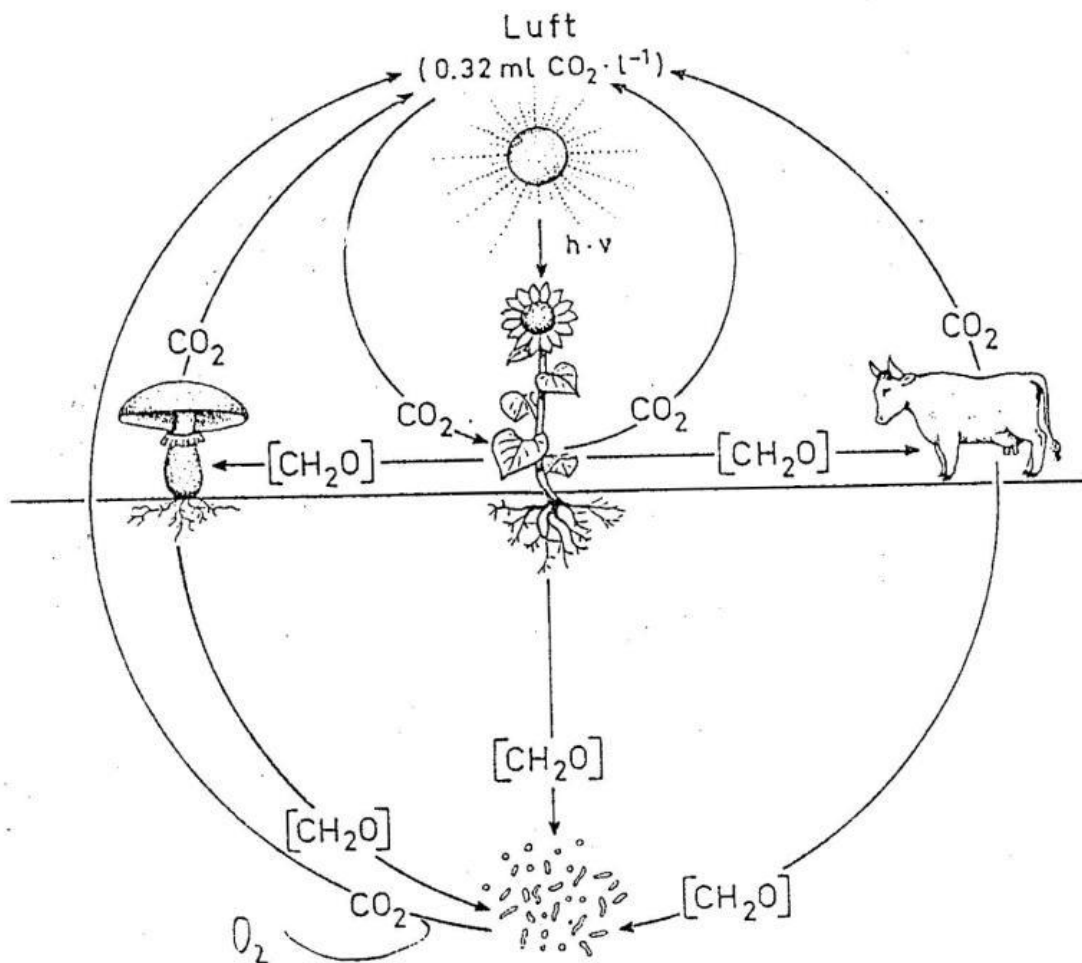
3. "Bei einer chemischen Reaktion ist die Masse der Produkte gleich"
Lavoisier (1785). (Wir betrachten hier keine Kernspaltungen oder -fusionen.)

Im natürlichen Ökosystem der Erde sind alle Organismen Teil von Stoffkreisläufen. Es gibt keinen "Abfall", da alle ausgeschiedenen Substanzen wieder Nahrung für andere Organismen sind. Besonders wichtig sind die Kreisläufe von Kohlenstoff (C), Sauerstoff (O), Stickstoff (N) und Wasser (H₂O). Alle Elemente, die von Organismen benötigt werden, werden im Kreislauf geführt, z.B. Phosphor (P), Schwefel (S), Kalium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Natrium (Na), Eisen (Fe), die in relativ großen Mengen von den Pflanzen zum Wachstum benötigt werden. Spurenelemente sind Mangan (Mn), Zink (Zn), Kupfer (Cu), Bor (B), Molybdän (Mo).

4.1.1 Kohlenstoffkreislauf und Sauerstoffkreislauf

C- und O- Kreislauf sind durch Photosynthese und Atmung verbunden. In natürlichen Systemen besteht ein Gleichgewicht von C- und O-Verbrauch und -freisetzung. Heute wird jedoch mehr CO_2 freigesetzt als verbraucht. Die größere Menge an CO_2 kann von den Pflanzen nicht verstärkt aufgenommen werden.

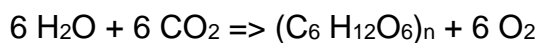
Aufgabe: Beschriften Sie die Pfeile in der folgenden Graphik-



Nach Mohr Schopfer Pflanzenphysiologie

Photosynthese

Die Photosynthese ist der grundlegendste Prozess für das Leben auf der Erde, da durch sie physikalische Strahlungsenergie in langfristig speicherfähige chemische Energie umgewandelt wird.



Kohlenhydrate: Cellulose, Zucker, Stärke...

($3 \cdot 10^{18}$ kJ werden an chemischer Energie /Jahr gebildet)

Die für alle Lebewesen notwendige Energie wird von der Sonne ständig geliefert und in der Photosynthese chemisch gebunden und konzentriert. Die Photosynthese setzt Sauerstoff frei, der die Atmung ermöglicht. In der Photosynthese wandeln Grünpflanzen Kohlendioxid und Wasser in Kohlenhydrate um, in denen Energie chemisch gespeichert ist. Tierische Organismen, Pilze und Mikroorganismen (heterotrophe Organismen s. u.) bauen diese Stoffe wieder zu Kohlendioxid und Wasser ab und nutzen die enthaltene Energie.

Mechanismus der Photosynthese (extrem vereinfacht):

In den Chloroplasten der Pflanzen enthalten besondere Membranen, sog. Thylakoide, Chlorophyll, ein magnesiumhaltiges Pigment, das rotes und blaues sichtbares Licht absorbiert und daher die Farbe hat. Bei Einstrahlung von Sonnenlicht wird es in einen energiereichen Zustand überführt. Zahlreiche weitere Antennenpigmente sind bei der optimalen Aufnahme und Weiterleitung der Lichtenergie involviert. Pflanzen nutzen nur etwa 0.3% des einfallenden Sonnenlichts. Durch Serienschaltung zweier Photosysteme in den Thylakoidmembranen wird die Energie, die beim Rückgang des angeregten Chlorophyllmoleküls in den nicht-angeregten Zustand frei wird, genutzt, um Potentialunterschiede zwischen den Membranseiten zu erzeugen. In komplizierten Elektronentransferreaktionen werden NADPH und H^+ als Reduktionsäquivalent und ATP als „Energiewährung“ gebildet. Damit ist die Umwandlung von elektromagnetischer Energie in Energie, die für chemische Reaktionen genutzt werden kann, erreicht. An diesen ersten lichtabhängigen Teil der Photosynthese schließt sich der zweite lichtunabhängige Teil an. Die Reduktionsäquivalente werden zur Erzeugung von energiereicheren chemischen Verbindungen eingesetzt. Meistens wird gespalten. Als Abfallprodukt bei der Wasserspaltung entsteht Die Protonen (positiv geladener Wasserstoff H^+) werden in einem mehrstufigen Reaktionsgefüge des Calvin Zyklus auf übertragen, um schlussendlich als speicherfähige energiereiche Verbindungen zu bilden. Wenn die Pflanze Energie für ihren Stoffwechsel (Wachstum, Blütenbildung, Fruchtbildung etc.) benötigt, werden diese Energiereserven verwendet und wieder oxidiert, dabei entsteht , und

Zeichnungen:

Frage: Wenn die Photosynthese eine so großartige Reaktion ist, weshalb ist es dann nicht möglich, den globalen Energiebedarf einfach mit Biomasse zu decken?

Wenn man die Photosynthese effizient in einer künstlichen Photosynthese nachahmen könnte, wäre die Energieversorgung der Zukunft gelöst. Seit 100 Jahren arbeiten sehr viele Forscher daran. Die Systeme sind bisher aber nicht sehr leistungsfähig zu teuer oder zu instabil.

<i>Zusatzinformation:</i>	
<i>Schritte der natürlichen Photosynthese</i>	<i>Mögliche Übertragungen für künstliche Photosynthesereaktionen</i>
1. Pigmente (z.B. Chlorophyll) absorbieren Sonnenlicht und werden in einen angeregten Zustand versetzt.	Hierfür könnte man Halbleiter verwenden, bei denen der Abstand zwischen Valenzband und Leitungsband nicht zu groß und nicht zu klein ist, z.B. Schichtsysteme mit Platin, Cobalt, Nickel, Molybdän oder Zink oder nichtmetallische polymere Kohlenstoff-Stickstoffverbindungen wie graphitisches Kohlenstoffnitrid. Durch Nanotechnologie kann die Oberfläche vergrößert werden und damit die Ausbeute erhöht werden.
2. Ladungstrennung und Aufbau eines elektrostatischen Potentials zwischen Membranaußen- und -innenseite	
3. Nutzung der Potentialdifferenz zur Spaltung von Wasser. Bildung von H^+ . Dabei bleibt Sauerstoff als „Abfall“ übrig.	Man könnte H^+ zu H_2 umsetzen und für die Fischer-Tropsch Synthese einsetzen.
4. Der Wasserstoff aus dem Wasser wird an Enzyme (z.B. NADPH) gebunden und es wird ATP als „Energiewährung“ der Zelle gebildet.	
5. Diese Verbindungen werden über verschiedene biochemische Reaktionen im Rahmen des Calvin Zyklus dazu verwendet, CO_2 zu reduzieren und Kohlenhydrate (z.B. Zucker, Stärke oder Zellulose) als speicherfähige Substanzen zu bilden.	Bildung von Ameisensäure oder anderen kleinen organischen Molekülen

Verbrennung und Atmung

Bei der Verbrennung und Atmung läuft die umgekehrte Reaktion wie bei der Photosynthese ab: $(C_6H_{12}O_6)_n + 6 O_2 \Rightarrow 6 H_2O + 6 CO_2$

Bei einem Brand kann ein Ökosystem den größten Teil seines Kohlenstoffs und seiner biologisch gebundenen Energie schlagartig an die Atmosphäre verlieren, durch Photosynthese und Anreicherung von Biomasse gewinnt es ihn allmählich wieder zurück.

Aufgabe: Ersetzen Sie die Fragezeichen durch Zahlenangaben:

Ein Mensch verbraucht pro Tag 2300 kcal (ca. 10 000 kJ). Um diese Energie aus Nahrungsmitteln zu gewinnen, muss er pro Tag ca. 500 g O₂ aufnehmen. Er kann aus der Luft ca. 5% des Luftsauerstoffs aufnehmen und atmet den restlichen Sauerstoff wieder aus. So muss er insgesamt _____ g O₂ einatmen, diese sind in 33 m³ oder _____ kg Luft enthalten. (1 m³ Luft wiegt am Erdboden ca. 1,2 kg.)

Ein Fisch, der pro Tag ca. 14 kcal verbraucht, muss pro Tag nur ca. _____ g O₂ aufnehmen. Wenn er aus dem Wasser, das er durch seine Kiemen strömen lässt, 10 % des O₂ aufnimmt, so muss er _____ g O₂ zu den Kiemen führen, diese sind in 3 m³ oder 3000 kg Wasser enthalten.

Der kleine Fisch muss 3000 kg Wasser "atmen", der große Mensch nur ca. _____ kg Luft (geschätzte Größenordnungen).

Was bedeutet dieses Ergebnis für das Leben im Wasser?

5.1.2 Stoffe in der Umwelt

Im Folgenden betrachten wir von allem Stoffe, die vom Menschen (bewusst oder unbewusst) produziert und verwendet werden. Wenn diese Stoffe in die Umwelt gelangen, können sie den Menschen und Umweltorganismen beeinflussen. Denken Sie z.B. an Abgase einer Müllverbrennungsanlage, an Kühlmittel aus Autoklimaanlagen, an Verpackungen, an Schmieröle usw.

Kleiner Film zu PFCs:

Beispiel:

Wie beeinflussen Umweltchemikalien den Menschen?

Im **Kinder Umwelt Survey** wurde die Belastung von Kindern mit Gefahrstoffen in Deutschland untersucht:

Auszug aus den Ergebnissen (www.bfr.bund.de):

- Bei einigen Kindern waren die Werte von Blei, Quecksilber, Cadmium im Blut und Urin so hoch, dass gesundheitliche Beeinträchtigungen nicht ausgeschlossen werden können, die Belastungen sind aber geringer als zu Beginn der 90er Jahre.
- Die Aufnahmemengen von Weichmachern aus Kunststoffen überschreiten die zulässigen Mengen.
- Es wurden Flammenschutzmittel in Muttermilch nachgewiesen, bei vegetarischen Müttern weniger als bei Fleisch essenden.
- In 20 von 50 Wohnungen wurde eine erhöhte Schimmelpilzbelastung festgestellt.
- In Haushalten mit großem Desinfektionsmittelverbrauch sind mehr Kinder allergisch als in anderen Haushalten.

Eine neue Studie wertet Daten von Kindern und Jugendlichen zwischen 2014 bis 2017 aus.

Warum sind Kinder besonders von Umweltchemikalien betroffen? Was ist bei ihnen anders als bei Erwachsenen?

Es ist schwierig abzuschätzen, welche Schäden diese Stoffe bei den Kindern langfristig verursachen.

Was sollte man tun?

Die giftigsten Stoffe werden verboten oder nur in bestimmten Anwendungsbereichen zugelassen. Um herauszufinden, welche Stoffe gesetzlich beschränkt werden müssen, muss man eine Bewertung der Umweltgefährdung durchführen.

Wo befinden sich Industriechemikalien im Laufe der Zeit?

Beispiel: Polychlorierte Biphenyle (PCBs) sind eine Gruppe von sehr vielseitig einsetzbaren halogenorganischen Verbindungen, die man bisher in einer Menge von über 1 Million Tonnen weltweit als Kühlmittel, Hydraulikflüssigkeiten, Imprägniermittel für Holz, in Kondensatoren, für Hochspannungsleitungen, als Weichmacher in Kunststoffen oder als Zusatz zu Farben und Lacken, um sie feuerfester zu machen, eingesetzt hat. PCBs zählen zu den stabilsten organischen Verbindungen überhaupt. Sie sind nicht akut toxisch und haben geringe Wasserlöslichkeit. Sie weisen aber eine hohe Geo- und Bioakkumulation auf und sammeln sich in Sedimenten und Biota, wo sie sich im Fettgewebe anreichern und zu Leber-, Milz- und Nierenschäden führen können. In Deutschland wurde die Produktion 1983 eingestellt, da PCBs jedoch so stabil sind, sind sie in Deutschland in der Umwelt immer noch weit verbreitet. Heutige Quellen sind v.a. Altöl, alte Geräte, alte Halden, wo sie wahrscheinlich aufgrund der Klimaerwärmung wieder freigesetzt werden.

Die Umweltgefährdung einer Chemikalie bestimmt sich aus den Faktoren

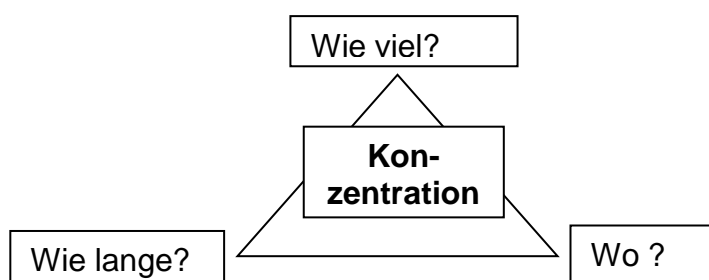
- Wie hoch ist die Umweltkonzentration? und
- Wie giftig ist der Stoff für welche Organismen? (Toxizität und Ökotoxizität).

Im Folgenden wird die Konzentration in der Umwelt näher erläutert.

Umweltkonzentration von Chemikalien

Die Konzentration einer Chemikalie in der Umwelt kann man errechnen, wenn die Antworten zu den folgenden Fragen bekannt sind:

- Wie viel wird in die Umwelt eingetragen? (Eintragsmenge)
- Wo befindet sich der Stoff? (Verteilung und Akkumulierbarkeit in Abhängigkeit von seinen physikalisch-chemischen Eigenschaften und den Umweltbedingungen)
- Wie lange "lebt" der Stoff in der Umwelt? (Abbaubarkeit bzw. Beständigkeit eines Stoffes in Abhängigkeit von seinen physikalisch-chemischen Eigenschaften, seiner Reaktionsfähigkeit und den Umweltbedingungen)



Wieviel.....?**Eintragsmenge:**

Chemikalien können im Verlaufe ihres gesamten Lebens (von der Produktion, Weiterverarbeitung, Formulierung, Gebrauch, Entsorgung oder Recycling) in die Umwelt gelangen. Wenn man einen einzelnen Stoff auf seine Umweltgefährlichkeit bewerten möchte, müssen all diese Lebenszyklusphasen berücksichtigt werden. Wie hoch der Mengenanteil ist, der in die Umwelt eingetragen wird, hängt von der Herstellung, der Verwendung und der Entsorgung ab.

Aufgabe: Beim Eintrag in die Umwelt während der Verwendung von Stoffen kann man 4 Hauptkategorien unterscheiden:

Tragen Sie folgende Beispiele in die rechte Spalte bei den entsprechenden Hauptkategorien ein:

oberflächenaktive Stoffe,
 Lösemittel z.B. in Klebstoffen (ohne Rückgewinnung),
 Kunststoffadditive,
 Pflanzenschutzmittel,
 Shampoos,
 Farbstoffe in Lacken,
 Photochemikalien (in den Bädern zum Entwickeln der Filme)
 Tauchbäder
 chemische Zwischenprodukte.

Hauptkategorie	Mengeneintrag in Bruchteilen des Produktionsvolumens	Beispiel
geschlossene Verwendung	0,01	
in einer Matrix eingeschlossen	0,1	
konzentrierte Verwendung	0,2	
offene Verwendung	1	

Wo.....?**Verteilung in der Umwelt :**

Wenn diese Stoffe in die Umwelt gelangen, verteilen sie sich in Abhängigkeit von ihren physikalisch-chemischen Eigenschaften (z.B.)

und in Abhängigkeit von äußeren Bedingungen (z.B.)
zwischen den verschiedenen Umweltkompartimenten Wasser, Boden, Luft und Organismen.

Aufgabe: Tragen Sie in folgende Tabelle ein, wo sich ein Stoff im Laufe der Zeit in der Umwelt voraussichtlich ansammelt.

	Stoffeigenschaft	Senke	Beispiele
Flüchtig- keit	sehr flüchtig und stabil		FCKWs
	sehr flüchtig und instabil		versch. Kohlenwasserstoff e
	semivolatil (von mittlerer Flüchtig- keit) und stabil		DDT und andere POPs (persistent organic pollutants, v.a. Pestizide)
	gering flüchtig		Ruß
Wasserlös- lichkeit	wasserlöslich und stabil		Nonylphenol, Salze
	wasserlöslich und abbaubar		Zucker, Eiweiße
	lipophil		PCB, Dioxine, PFCs
	schwer wasserlöslich		versch. Schwermetallver- bindungen

Wie lange.....?**Abbaubarkeit und chemischer Umbau:**

Einige Stoffe sind sehr stabil und verändern sich in der Umwelt gar nicht oder nur extrem langsam (z.B. Dioxine, PCBs, Schwermetalle...).

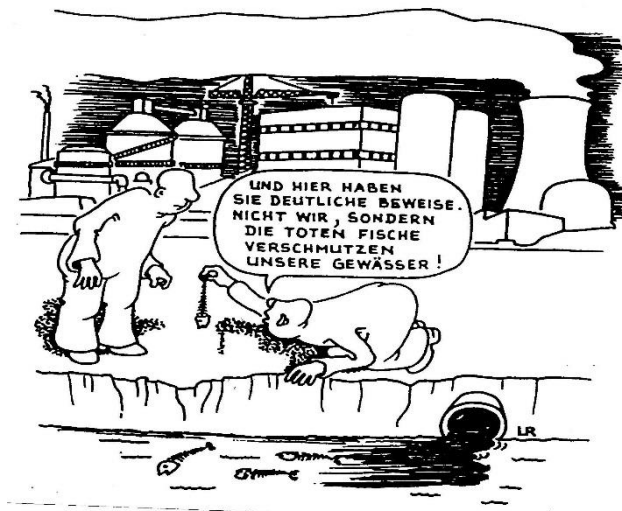
Andere Stoffe können in der Umwelt vielfältige chemische und biochemische Reaktionen ausführen.

Aufgabe: In dieser Tabelle sind mögliche Reaktionen von Umweltchemikalien aufgeführt. Geben Sie an, in welchem Umweltkompartiment sie jeweils eine maßgebliche Rolle spielen.

Reaktion	<i>Atmosphäre</i>	<i>Wasser</i>	<i>Boden</i>
Photolyse			
Reaktion mit OH-Radikalen oder Ozon (O₃)			
Reaktionen von verschiedenen Verbindungen miteinander			
Hydrolyse			
Metabolisierung bzw. Abbau durch Mikroorganismen oder andere Organismen			

Schlussfolgerung:

Mit diesen Überlegungen kann man für einen Stoff relativ gut abschätzen, wo er sich in welcher Konzentration zu welcher Zeit befindet. Diese Umweltkonzentrationen werden dann mit den möglichen Wirkungen auf Mensch und Umweltorganismen verglichen und daraus abgeleitet, ob ein Risiko besteht oder nicht.



„Und hier haben Sie deutliche Beweise, nicht wir, sondern die toten Fische verschmutzen unsere Gewässer.“

5.1.3 Beispiel: Stoffstrom für Lithium

Im Folgenden soll für ein Metall, Lithium, der globale Kreislauf aufgezeigt werden. Man bezeichnet den Weg in der Umwelt auch als Stoffstrom, die Untersuchungen und Berechnungen dazu als Stoffstromanalyse und die Eingriffe in den Stoffstrom als Stoffstrommanagement. Man folgt dabei den verschiedenen Lebensabschnitten:

Gewinnung → Herstellung von Produkten → Nutzung → Entsorgung

Produktion und Gewinnung: Lithium wird vor allem in Salzseen (engl. Brines) gewonnen. Die Lithiumhaltige Sole wird in Verdunstungsbecken eingedampft und dann weiter aufbereitet. Lithium ist meist Koppelprodukt für Kali-, Magnesiumsalze oder anderer Hauptmetalle. Die Reserven werden zwischen 4 und 20 Mio. t und die Ressourcen zwischen 14 und 64 Mio. t geschätzt.

Nutzung: Lithium wird in sehr vielen unterschiedlichen Bereichen eingesetzt. Hier sind nur ein paar wenige Beispiele genannt: Lithiumcarbonat dient als Flussmittel für Glasuren in Glas und Keramik (25%), Schmelzzusatz zu Aluminiumgewinnung (4%), Lithiummetalloxide dienen als positive Elektroden in Li-Ionen Akkus. Lithium wird als Elektrode in Li-Batterien (24%), als Arzneimittel zur Behandlung psychischer Krankheiten (3%), als Schmiermittel im Fahrzeugbau (15%), in Legierungen (19%) oder als Pigment eingesetzt. Dabei ist es sinnvoll, zwischen dissipativen und nicht-dissipativen Verwendungen zu unterscheiden. Bei dissipativen Verwendungen geht das Lithium bereits bei der Verwendung fein verteilt in die Umwelt und steht dem Recycling nicht mehr zur Verfügung. Dazu gehört die Anwendung von Lithium als.....

.....
Zu den grundsätzlich nicht-dissipativen Verwendungen gehören

.....
Entsorgung: Eine Rückgewinnung von Lithium ist bislang nur beim Recycling von Lithiumbatterien und Lithium-Ionen-Akkumulatoren möglich. Daraus entsteht sekundäres Lithium, das wieder der Produktion zur Verfügung stehen kann. Aus ökonomischen Gründen wird nicht einmal dieses Recycling bisher in größerem Umfang gemacht.

Aufgabe: Stellen Sie den Stoffstrom von Lithium in einer Graphik dar.

Fazit: Die Erfassung der Rohstoffströme ist eine wesentliche Voraussetzung für ein verbessertes Rohstoffmanagement in der Zukunft!

5.2 Energiefluss über die Nahrungsnetze

Die Stoffe werden im natürlichen System in einem geschlossenen Kreislauf gehalten. Dagegen ist in Bezug auf die Energie das Ökosystem der Erde ein offenes System, das immer auf Zufuhr von Energie angewiesen ist und nicht im thermodynamischen Gleichgewicht steht. Die Hauptenergiequelle ist die Sonne. Organismen sind "Energiespeicher". Über die Nahrung kann „gespeicherte Sonnenenergie“ aufgenommen werden.

Einschub: Erinnern Sie sich an die zwei Hauptsätze der Thermodynamik?

1. Hauptsatz: In einem abgeschlossenen System ist die Summe der Energieformen konstant. („Energieerhaltungssatz“)

Bedeutung für den Alltag:

2. Hauptsatz: Laufen in einem System spontane Reaktionen ab, so nimmt die Entropie zu, bis sie im Gleichgewichtszustand einen Maximalwert erreicht. („Satz von der Zunahme der Entropie“)

Bedeutung für den Alltag:

Alle chemisch in Organismen gebundene Energie geht letztlich als Wärme, die an die Umgebung abgegeben wird, verloren. Trotzdem tritt in der Natur kein Energiemangel auf, weil die Sonne kontinuierlich Energie in Form von Strahlung nachliefert. Die autotrophen Organismen sind fähig, im Prozess der Photosynthese die Sonnenenergie chemisch zu binden; sie schaffen damit die Ernährungsgrundlage für alle heterotrophen Organismen. Sämtliche Tiere, Pilze und die meisten Bakterien sind heterotroph, das heißt, sie nehmen organische Substanzen auf, die sie einerseits als Baumaterial andererseits aber auch als Energieträger benötigen.

s. Energieflussdiagramm

Die Nahrungskette besteht aus verschiedenen Trophiestufen. Der Energiestrom wird auf jeder Trophiestufe im Durchschnitt um den Faktor 10 kleiner.

Die Trophiestufen sind in der Nahrungskette (Trophiekette, Konsumentenkette) miteinander verknüpft. Man sollte sogar besser von Nahrungsnetzen sprechen, weil die einzelnen Glieder vielfältig miteinander vernetzt sind.

Infos zu Fleischkonsum:

- Um 1 kg Rindfleisch zu erzeugen, werden 10 kg Mastfutter verbraucht, ein Großteil des Futters wird aus der 3. Welt importiert.
- 6% der Erdbewohner nehmen über 40% der jährlichen Weltproduktion an Getreide für sich in Anspruch.

Der Mensch hat sehr stark in die natürlichen Nahrungspyramiden eingegriffen. Erst nach und nach verstehen wir die Zusammenhänge besser und sind dennoch immer wieder überrascht über neue Befunde.

Ein Beispiel ist der Walfang: Im 18. und 19. Jh. hat man Öllampen vor allem mit Walrat und Walöl betrieben und dazu die Pottwale in großem Stil umgebracht. Da die Zahl der Wale dadurch stark abgenommen hatte, wurde der Fang sehr aufwendig. Auch als dann fossiles Kerosin für Lampen verwendet wurde, tötete man Wale immer noch bis ins letzte Jahrhundert für andere Nutzungen, und die Japaner haben immer noch nicht aufgehört. Erst vor kurzem entdeckte man, dass diese starke Dezimierung der Wale mit dem Massenvorkommen der Seeigel zu tun hat. Zwischen dem Töten der Wale und der Vermehrung der Seeigel liegen mehrere Schritte:

Große Wale sind natürlicherweise Beutetiere der Orcas (den "Killerwalen" oder besser "Wal-Killern"). Wenn nun für die Orcas die großen, lohnenden Beutetiere Mangelware werden, müssen sie fangen, um satt zu werden. Da sie von den viel mehr Individuen brauchen, haben sie die Populationen von mehreren Arten schon stark reduziert. Zuerst fraßen sie Als die Bestände abnahmen, nahmen sie Als die knapp wurden, wurden die verzehrt. Dann kamen die auf den Speiseplan und wurden rasant dezimiert. haben als Lieblingsspeise Seeigel, die sich nun bei einem schwindenden Bestand von prächtig vermehren können. Die Seeigel wiederum fressen das Seegras, das ein wichtiger Lebensraum für Jungfische und andere Kleintiere war.

Diese Wirkungskette ist natürlich nicht die einzige, die zum Rückgang der extrem wichtigen Seegraswiesen führt. Sie sind auch wegen Überdüngung, Übernutzung als Viehfutter und Dünger oder durch Beschädigung bei Uferarbeiten weltweit stark zurückgegangen.

Vielleicht haben Sie über die regionalen explosionsartigen Zunahmen von Meeresquallen gehört, die u. a. von den menschlichen Eingriffen in die Nahrungskette profitieren, da ihre größten Feinde, die Fische, stark dezimiert wurden.

Wiederholungsfragen
1. Nehmen Sie an, die Sonne schiene nur auf eine Seite der Erdkugel. Gäbe es dann auf der sonnenabgewandten Seite Leben? Begründen Sie ihre Antwort.
2. Es werden auf eine Weide und einen Wald gleiche Mengen von einem Schwermetall eingetragen. Nach zehn Jahren werden in den beiden Böden sehr unterschiedliche Konzentrationen des Schwermetalls gemessen. Wo ist die Konzentration höher? Erklären Sie dieses Phänomen.
3. Geben Sie ein Beispiel für eine Nahrungskette mit 4 Trophiestufen auf einem Acker.
4. Wieso kann es sein, dass eine sehr flüchtige stabile Verbindung im Boden nachgewiesen wird?

6 Datenanalyse: Wahr, falsch oder beides?

Sind Sie gegen Denkfehler gewappnet?

6.1 Einführung

6.2 Simpson Paradox und Will-Rogers-Phänomen

6.3 Aufgaben

6.4 Bevölkerungsstatistiken

6.5 Tipps zum Umgang mit Daten

Beim täglichen Umgang mit Daten passieren oft Fehlschlüsse und es entstehen „Datenfriedhöfe“. Es ist daher entscheidend wichtig, sich beim Umgang mit Daten klar zu machen, woher die Daten kommen und was sie bedeuten. Ein paar Beispiele sollen Ihre Aufmerksamkeit schulen.

6.1 Einführung

Kennen Sie typische Fehlinterpretationen von Trends oder anderen Daten?

Frage: Was ist der Unterschied zwischen einer Korrelation und einem Kausalzusammenhang?

6.2 Simpson Paradox und Will Rogers Phänomen

Kennen Sie das **Simpson Paradox**?

Beispiel: Zwei Kliniken verglichen die Wirkung eines alten und eines neuen Medikamentes bei einigen ihrer Patienten:

	altes Medikament	neues Medikament
Klinik A	150 Erfolge/ 50 Misserfolge % Erfolge/ % Misserfolge	650 Erfolge/ 350 Misserfolge% Erfolge/% Misserfolge
Welches Medikament ist in Klinik A besser?		
Klinik B	350 Erfolge/650 Misserfolge% Erfolge/ % Misserfolge	50 Erfolge/150 Misserfolge % Erfolge/ % Misserfolge
Welches Medikament ist in Klinik B besser?		
Klinik A + Klinik B	500 Erfolge/700 Misserfolge % Erfolge/.... % Misserfolge	700 Erfolge/500 Misserfolge% Erfolge/ % Misserfolge
Welches Medikament ist in Klinik A + Klinik B besser?		

Wie kann das sein?

Welches Ergebnis ist richtig?

Ein anderes Beispiel zeigt (fälschlicherweise), dass Raucherinnen länger leben als Nichtraucherinnen. Was ist da der Gedankenfehler?

Es gibt noch viele weitere Beispiele für das Simpson Paradox. Was könnten Sie sich vorstellen?

Kennen Sie das **Will-Rogers-Phänomen?**

Beispiel: Eine Firma hat an zwei Standorten das Umweltmanagementsystem EMAS eingeführt. Der Firmenchef hat aber kein großes Interesse am Umweltschutz und sagt dem Zuständigen, eine Verbesserung soll möglichst keine Arbeit machen, kein Geld kosten und am besten nichts an den bestehenden Prozessen verändern.

Stellen sie sich vor, an den beiden Standorten werden verschiedene Müllmengen erzeugt:

Standort 1

Standort 1	Standort 2
Abteilung A 10 t Abteilung B 5 t Abteilung C 20 t Abteilung D 15 t	Abteilung E 10 t Abteilung F 30 t Abteilung G 15 t
Summe: 50 t Durchschnitt/Abteilung: $50t:4 = 12,5t$	Summe: 55 t Durchschnitt/Abteilung: $55t:3 = 18,3t$

Gesamtfirma: 105t

Wie könnte der Wunsch des Chefs erfüllt werden?

Standort 1

Standort 1	Standort 2
Abteilung A 10 t Abteilung B 5 t Abteilung C 20 t Abteilung D 15 t	Abteilung E 10 t Abteilung F 30 t Abteilung G 15 t
Summe: Durchschnitt/Abteilung:	Summe: Durchschnitt/Abteilung:

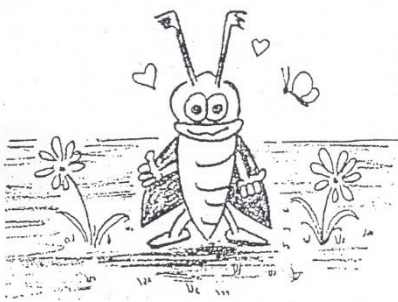
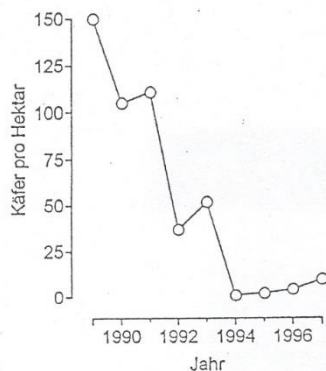
Gesamtfirma:

6.3 Aufgaben

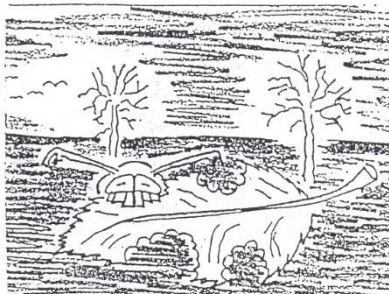
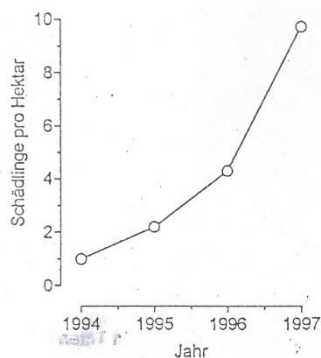
Beispiel: In Großbritannien hat eine Meldung, dass die Antibabypille das Thromboserisiko um 100% erhöht, dazu geführt, dass viele Frauen die Pille abgesetzt haben und es im Folgejahr zu 14 000 zusätzlichen Abtreibungen kam.

Wie schätzen Sie das ein? Wie hoch ist der Anstieg des Thromboserisikos um 100%, wenn bisher 1 von 7000 Frauen darunter litten, in absoluten Zahlen und in Prozentangaben?

Aufgabe 1: Vergleichen Sie die beiden Darstellungen von Populationsentwicklungen und interpretieren Sie sie.



Bestand einer inzwischen seltenen, vom Aussterben bedrohten und völlig frei erfundenen Käferart im Harz



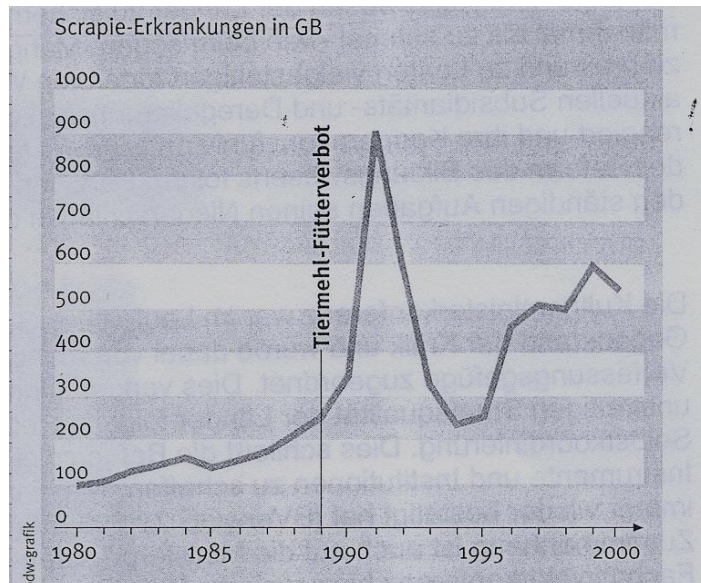
Rasante Entwicklung von Schädlingen im Harz

Aufgabe 2: In den Waldschadensberichten der vergangenen Jahre in Deutschland blieben die Prozentzahlen der sehr stark geschädigten Bäume gleich. Deutet das darauf hin, dass sich der Zustand des Waldes verbessert, nicht verändert oder verschlechtert hat?

Aufgabe 3: Im Yellowstone Nationalpark wurden Bären mit Radiosendern ausgestattet und beobachtet, um die Entwicklung der Population zu erfassen. Dabei ergab die Analyse der

markierten Bären einen Rückgang der Population, die Zählung aller Tiere dagegen ein Populationswachstum. Wie kann das sein?

Aufgabe 4: Man geht davon aus, dass die Schafskrankheit Scrapie durch Tiermehlfütterung verursacht werden kann. Daher erließ man in Großbritannien ein Tiermehlfütterungsverbot. Um den Erfolg überprüfen zu können, zahlte die britische Regierung den Bauern 15 Pfund für jedes krank gemeldete Schaf.



Aufgabe 5: In Ulm wurde der Grenzwert für Feinstaub 8 Mal überschritten, im selben Zeitraum in Neu-Ulm 23 Mal. Was sagen Sie dazu?

Aufgabe 6: Die Unfallstatistiken zweier Länder ergeben, dass Land A im Vergleich doppelt so viele Verkehrstote pro 1000 Einwohner im Jahr hat wie Land B, obwohl Infrastruktur, technisches Niveau, medizinische Versorgung, Fahrstil, etc. in beiden Ländern praktisch gleich sind. Wie lässt sich das erklären?

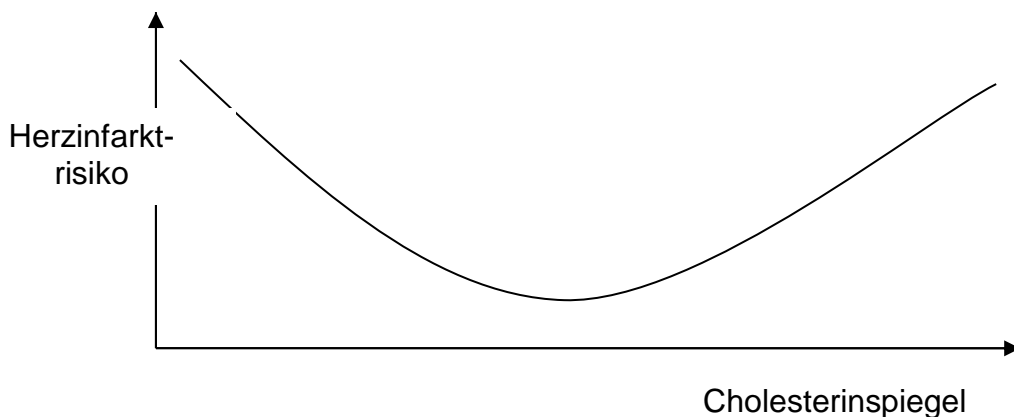
Aufgabe 7: Die Treibhausgasemissionen sind seit 1990 in Deutschland nicht wesentlich angestiegen. In Polen und Russland gingen die Emissionen sogar deutlich zurück, während die Emissionen in den USA und Spanien stark angestiegen sind. Nehmen Sie dazu Stellung!

Aufgabe 8: Bei einem Hochschulranking schnitt die jüngste Hochschule mit einer Note von 1,0 ab, weil alle Absolventen nur die vorgesehenen 6,0 Semester bis zum Bachelor gebraucht hatten, während bei den älteren Hochschulen die Studierenden viel länger brauchten. Ist diese neue Hochschule auch wirklich so viel besser?

Aufgabe 9: Die CO₂ Emissionen müssen jetzt bei Neuwagen angegeben werden. Der Porsche Cayenne mit 380PS ist in der zweitbesten Klimaklasse B während der winzige Smart Cdi in der schlechteren Klasse C liegt, der Toyota Aygo sogar in Klasse D. Wie kann das sein?

Aufgabe 10: Je länger ein Krebsgeschwür bestrahlt wird, desto geringer sind die Heilungschancen. Sollte man dann die Bestrahlung grundsätzlich reduzieren?

Aufgabe 11: Es wird immer vor zu hohen Cholesterinwerten gewarnt. Hohe Cholesterinwerte erhöhen das Herzinfarktrisiko. Deswegen verkaufen sich Cholesterinsenker extrem gut. Wie passt das mit der untenstehenden Graphik zusammen?



Aufgabe 12: Man fand heraus, dass Kinder, die an Asthma litten, überdurchschnittlich stark mit Weichmachern belastet waren. Sind Weichmacher Auslöser von Asthma? Könnte es auch eine andere Erklärung geben? (Überlegen Sie, wo Weichmacher im Haus ausdünsten können.)

Aufgabe 13: Ein Vertreter von Monsanto sagt: „Die Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung können wir nur durch Gentechnik sichern, mit der man Ertragssteigerungen bis zu 30% erreicht hat.“ Was meinen Sie dazu?

Schlussfolgerungen aus den einzelnen Aufgaben:

Aufgabe 1:

Aufgabe 2:

Aufgabe 3:

Aufgabe 4:

Aufgabe 5:

Aufgabe 6:

Aufgabe 7:

Aufgabe 8:

Aufgabe 9:

Aufgabe 10:

Aufgabe 11:

Aufgabe 12:

Aufgabe 13:

6.4 Bevölkerungsstatistiken

Einem Mädchen, das heute geboren wird, wird prognostiziert, dass es 100 Jahre alt wird. Was sagen Sie zu dieser Vorhersage?

Welche Faktoren spielen bei der Prognose der Lebenserwartung eine Rolle?

Aufgabe: Versuchen Sie, folgende Bevölkerungspyramiden zu skizzieren:

für Deutschland vor 50 Jahren		Alter	für Deutschland heute		Alter	für Deutschland in 50 Jahren	
Männer	Frauen		Männer	Frauen		Männer	Frauen
		>100			>100		
		90-100			90-100		
		80-90			80-90		
		70-80			70-80		
		60-70			60-70		
		50-60			50-60		
		40-50			40-50		
		30-40			30-40		
		20-30			20-30		
		10-20			10-20		
		0-10			0-10		

für ein Entwicklungsland heute		Alter	für ein Entw.land in 50 Jahren (mit od. ohne wirtsch. Veränderung)		Alter
Männer	Frauen		Männer	Frauen	
		>100			
		90-100			
		80-90			
		70-80			
		60-70			
		50-60			
		40-50			
		30-40			
		20-30			
		10-20			
		0-10			

Welche Faktoren beeinflussen die Form der Bevölkerungspyramide?

Lebenssituation für den einzelnen	für Menschen in flachen Bevölkerungspyramiden im Vergleich zu steilen Bevölkerungspyramiden
Lebensperspektive	
Familienstruktur	
Rolle der Frauen	
Bildung	
Berufschancen	
Weitergabe von Vermögen	
Gesundheitsversorgung	
Umweltschutz	

Hinweis: In Deutschland sterben arme Menschen durchschnittlich sieben Jahre früher als der Gesamtdurchschnitt. Reiche leben im Schnitt 12 Jahre länger.

Zusatzinformation:

Achtung: Die „Überalterung“ der deutschen Bevölkerung wird für die Begründung vieler politischer Maßnahmen herangezogen.

Behauptungen	ein paar rhetorische Fragen und Ideen dazu:
„Gut qualifizierte deutsche Frauen haben zu wenige Kinder.“	Wie sieht die Vereinbarkeit von Beruf und Kindern in Deutschland aus im Vergleich zu andern Ländern? Wer profitiert davon, dass Frauen nach der Kinderpause oft keine adäquate Stelle bekommen? Sind Kinder von wenig qualifizierten Frauen weniger wert und weniger wichtig?
„Es sind zu wenig Arbeitsfähige, die zu viele Rentner ernähren müssen.“	Wer trägt außer den Rentnern nicht zum Bruttoinlandsprodukt bei?
„Das Geld reicht in Zukunft nicht für die vielen Rentner.“	Wie haben sich der Reichtum und die Produktivität in Deutschland in den letzten Jahrzehnten verändert? Wie hat sich die Bevölkerungszahl verändert? Steht dann mit diesen zwei Veränderungen für jeden Bürger mehr oder weniger Geld zur Verfügung? Wer hat wesentlich zu diesem Zuwachs an Reichtum und Produktivität beigetragen?
„Alte Leute sind teuer.“	Könnte es nicht sein, dass bei steigender Lebenserwartung auch die Lebenszeit, in der man gesund und ohne große ärztliche Kosten leben kann, zunimmt? Viele Rentner und Rentnerinnen erfüllen wichtige Funktionen in unserer Gesellschaft. Welche? Wenn sie nicht da wären, wäre es wirklich teuer.

6.5 Tipps zum Umgang mit Daten

Vermeiden Sie die fünf größten Fehler:

„Ich habe keine Zeit“ =>

„Das sagen alle, also muss es wohl stimmen.“ =>

„Ich kann das ohnehin nicht überprüfen.“ =>

„Da steht 2,615 – also haben die das gemessen und es stimmt.“=>

„Wenn das immer so weitergeht, haben wir im Jahr 2100“ =>

„Kritikwürdig sind die Dummen und Ignoranten, die da meinen: „ $2 \times 2 = 5$? Passt schon. Und wenn's nicht passt: Ich will's nicht wissen und die anderen wollen's auch nicht wissen; das merkt doch keiner.“ Kritikwürdig sind die geistig Trägen, die da meinen: „Alle sagen, dass $2 \times 2 = 5$ ist. Dann wird es schon stimmen..“ oder „Herr Direktor hat gesagt, dass $2 \times 2 = 5$ ist, also stimmt es.“ Kritikwürdig sind die eigennützigen Lügner, die da meinen: „Ha! Wenn ich die Leute glauben machen kann, dass $2 \times 2 = 5$ ist, bringt mir das jährlich eine Million zusätzlich ein.“ Kritikwürdig sind die uneigennützigen Lügner, die da meinen: „Wenn die Leute meinen, dass $2 \times 2 = 5$ ist, bringt das jedem Arbeitslosen/Flüchtling/Aids-Kranken jährlich 100 Euro ein. Hauptsache es nutzt den Richtigen.““ (aus Bosbach u. Korff, Lügen mit Zahlen)

Wiederholungsfragen

1. Erklären Sie das Simpson Paradox mit eigenen Worten.
2. Wieso behandeln wir dieses Thema im Fach „Rohstoffe und Recycling“?
3. Wie können Sie versuchen, Denkfehler bei der Datenauswertung zu vermeiden?

Zum Weiterlesen: Bücher in der Bibliothek:

Beck-Bornholdt, Hans-Peter und Hans-Hermann Dubben (1998) *Der Hund, der Eier legt : Erkennen von Fehlinformation durch Querdenken*. Rororo

Bosbach, Gerd und Jens Jürgen Korff: *Lügen mit Zahlen. Wie wir mit Statistiken manipuliert werden*. Heyne München 2011. Signatur: 31 Bos

Kreiß, Christian. *Gekaufte Forschung. Wissenschaft im Dienst der Konzerne*. Europa Verlag 2015

Quatember, Andreas. *Statistischer Unsinn. Wenn Medien an der Prozensthürde scheitern*. Springer Verlag Berlin Heidelberg 2015

Städtler, Thomas. *Die Bildungshochstapler. Warum unsere Lehrpläne um 90% gekürzt werden müssen*. Spektrum Heidelberg 2010. Signatur: 371 Sta

Staud, Toralf. *Grün, grün, grün ist alles, was wir kaufen. Lügen, bis das Image stimmt*. Kiepenheuer und Witsch, Köln 2009. Signatur: 658.8 Sta

7 Umweltstandards

Wieso sind Grenzwerte so, wie sie sind?

7.1 Was sind Umweltstandards?

7.2 Wo kommen Umweltstandards vor?

7.3 Rolle von Umweltstandards

7.4 Wie werden Umweltstandards gebildet?

7.5 Zusammenfassung

In vielen Richtlinien und Gesetzen sind Grenzwerte oder Verfahren festgelegt, an die sich die betroffenen Personen halten sollen. Welche wissenschaftliche Grundlage haben solche Standards? Wie zuverlässig sind sie? Und warum bleiben sie nicht über Jahrzehnte hinweg gleich?

Wer die Antworten auf diese Fragen versteht, hat es z.B. im Unternehmen leichter, Grenzwerte und Verfahren zu beurteilen und damit umzugehen.

7.1 Was sind Umweltstandards?

Definition = Quantifizierbare Einzelziele der angestrebten Umweltqualität

z.B. Grenzwerte, Gewässergüteklassen, Richtwerte, Diskussionswerte oder auch bestimmte Standardmethoden

Da früher jedes Land eigene Umweltstandards festgelegt hat, gibt es eine große Vielzahl von unterschiedlichen Grenz-, Richt-, Orientierungs- oder Empfehlungswerten, die sich in der Höhe aber auch in den Randbedingungen, wie Messverfahren, Bezugsraum und -zeit, Mittelungsverfahren, Vorbelastung, Verbindlichkeit etc. unterscheiden und daher praktisch kaum vergleichbar sind.

Bei jedem Standard muss man genau prüfen, um was es sich handelt.

Es gibt z.B. Vorsorgewerte, das ist die Schadstoffkonzentration, die als unbedenklich angesehen wird, oder Eingriffswerte, bei denen gehandelt werden muss, wenn der Wert unter- bzw. überschritten wird.

Da außerdem die Belastungspfade sehr unterschiedlich sind, muss vorher genau festgelegt werden, für welchen Eintragsweg man einen Grenzwert erstellen will:

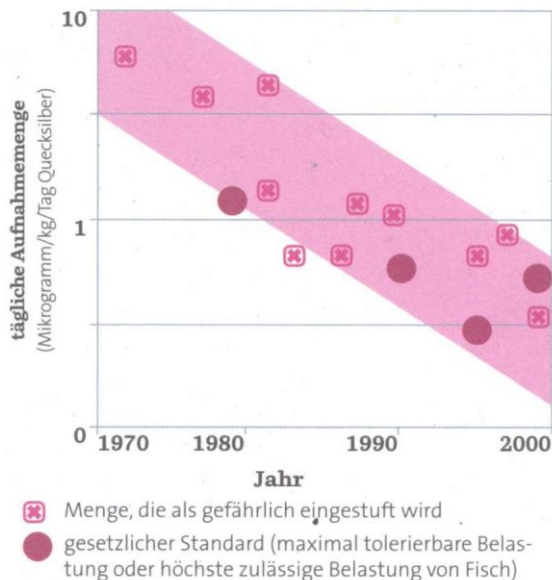
Bsp.: Cadmium

Toxische Wirkung von Cadmium: Cadmium reichert sich in Pflanzen, Tieren und im Menschen an, beim Menschen vor allem in Leber und Nieren, was zu Nierenversagen führen kann. Lungenschäden und Knochenveränderungen werden auch beobachtet. Außerdem ist Cadmium teratogen (verursacht Missbildungen) und karzinogen (krebserregend). In den 40er Jahren trat in Japan in der Nähe von Zink-Cadmium Werken eine Krankheit auf, die man Itai-Itai-Krankheit (Aua-Aua Krankheit, weil die Krankheit so schmerzhaft ist) nannte. Viele Menschen starben, bevor man herausfand, dass Cadmium aus dem Abwasser daran schuld war.

Belastungspfade von Cadmium für den Menschen:

Tabakpflanze/Herstellung →	Tabakrauch→	→ Aufnahme über die Lunge
Emissionen aus Energieerzeugung/Produktion/Erosion→	Umgebungsluft→	
Prozessemissionen→	Arbeitsplatz→	
trockene/nasse Deposition → Wasser →	Pflanzen →	→ Aufnahme über die Nahrung
Düngung →	Trinkwasser→	
Grundwasser →		
Korrosion →		
tierisches oder pflanzliches Futter →	Tiere →	
Oberflächenwasser →		
Verunreinigung aus der Nahrungsmittelherstellung →		

Sinkender Schwellenwert für die Schädlichkeit von Quecksilber



Am Beispiel von den Grenzwerten für Quecksilber sieht man, dass man im Laufe der Zeit die Grenzwerte ständig gesenkt hat.

Frage: Wie kam es Ihrer Meinung nach dazu?

7.2 Wo kommen Umweltstandards vor?

in allen Umweltbereichen: Wasser, Luft, Boden...

- in Rechtsverordnungen, zum Beispiel Strahlenschutzverordnung, Großfeuerungsanlagenverordnung. Rechtsverordnungen, die selbst Umweltstandards festlegen, sind die Ausnahme. Meist gibt es einen Verweis auf eine Norm (Normenverweis).
- in Verwaltungsvorschriften, zum Beispiel TA (Technische Anleitung) Luft, TA Lärm, TA Abfall
- Ergebnisse von Sachverständigengremien, zum Beispiel für das Gebiet der Kerntechnik, Reaktorsicherheitskommission, Strahlenschutzkommission, der Kerntechnische Ausschuss, Ausschuss für Gefahrstoffe (technische Regeln für gefährliche Arbeitsstoffe TRGA, § 4 Gefahrstoffverordnung), Senatskommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Ausschüsse der Bundesländer mit Beteiligung Bund (z.B. LAWA, LAGA, LAI, LABO, BLAU) öffentlich-rechtliche technische Ausschüsse (z.B. AGS (Arbeitskreis gefährliche Stoffe), Berufsgenossenschaften
- Normen „privater“ Normierungsgremien, wie etwa Deutsches Institut für Normung (DIN), Verein Deutscher Ingenieure (VDI), von der Abwassertechnischen Vereinigung (ATV), europäische oder internationale Normungsgremien (CEN, ISO)

Bis 1985 enthielten EG Richtlinien alle erforderlichen technischen Festlegungen. Seit 1985 wird in EU-Richtlinien, die grundlegende Anforderungen enthalten, und auch in vielen bundesdeutschen Gesetzen durch Normenverweise auf Europäische Normen (EN) verwiesen, in denen die technischen Details enthalten sind.

Normungsinstitutionen technischer Regelwerke im Umweltbereich			
Ausschüsse der Bundesländer mit Beteiligung Bund	öffentl.-rechtl. techn. Ausschüsse	Träger der gesetzlichen Unfallversicherung	private Verbände
z.B. LAWA, LAGA, LAI, LABO, BLAU	z.B. AGS (Arbeitskreis gefährliche Stoffe)	z.B. Berufsgenossenschaften	z.B. DIN, ATV, VDI, CEN, ISO

7.3 Rolle von Umweltstandards

Umweltstandards erfüllen folgende Aufgaben:

Frage	Aufgabe
1. Was ist saubere Luft? Was ist sauberes Wasser? Usw.	
2. Gibt es ein Nullrisiko?	
3. Wer bestimmt, wo Umweltstandards liegen?	
4. Ist es besser, wenn jedes Land eigene Standards hat oder wenn es internationale Standards gibt?	

Zusammenfassung: Hauptaufgaben von Umweltstandards:

1. Sie dienen der Konkretisierung und Operationalisierung umweltpolitischer Ziele im Rahmen der Umsetzung und dadurch bessere Transparenz: Was ist „Sauberes Wasser“? „saubere Luft“, „Ruhe“..... sehr wichtiges Element der Umweltpolitik.
Sie geben das Maß für den Umweltschutz in der Praxis an
2. Sie gewährleisten den Schutz vor zu großen Umweltauswirkungen und dienen dem Vollzug des Umweltrechtes
3. Sie bestimmen das Restrisiko
4. Sie sorgen für den Ausgleich zwischen konkurrierenden Interessen
5. Internationale, europäische und nationale Normung von komplexen Verfahren führen zu einer besseren Vergleichbarkeit und Transparenz (z.B. Ökobilanz)

7.4 Wie werden Umweltstandards gebildet?

Meldung in der Jungen Welt am 25.8.11:

„Japan senkt Strahlengrenzwert

Berlin. Nach zahlreichen Protesten will die japanische Regierung den Höchstwert für die Radioaktivitätsbelastung von Schulkindern wieder senken. In Zukunft solle wieder ein jährlicher Grenzwert von einem Millisievert gelten, berichtete der japanische Nachrichtensender NHK am Mittwoch unter Berufung auf das Bildungsministerium. Nach dem Super GAU war im April die jährliche Höchstdosis auf 20 Millisievert heraufgesetzt worden. Das ist der in Deutschland für AKW Mitarbeiter geltende Wert.“

Umweltstandards basieren nicht nur auf wissenschaftlich-technischem Sachverstand, sondern auch ganz wesentlich auf wertenden Entscheidungen.



Beispiel für die Bildung eines Grenzwertes für einen Gefahrstoff:**Beispiele für Grenzwerte für Gefahrstoffe:**

Arbeitsplatzgrenzwert (AGB) MAK = Maximale Arbeitsplatzkonzentration - höchstzulässige Konzentration an einem Arbeitsplatz als Gas, Flüssigkeit oder Feststoff (bei einer Durchschnittlichen Arbeitszeit von 40 h/Woche)

ADI (acceptable daily intake) - zugelassene tägliche Aufnahme eines Stoffes, die nicht zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führt

MIK (maximale Immissionskonzentration) - Konzentration eines Gefahrstoffes in der Luft, der keine nachteiligen Wirkungen auf den Menschen hat (vom VDI definiert)

Die Grenzwerte können für verschiedene Anwendungen sehr unterschiedlich sein:

Beispiele (Zusatzinformation):**EU-REACH Verordnung:**

Wenn ein Teilerzeugnis mehr als 0,1 Gew. % SVHCs enthält, hat der Händler eine Auskunftspflicht gegenüber den Konsumenten.

EU-ROHS Richtlinie/ Elektrogesetz:

Grenzwerte (0,1% für Quecksilber, Blei etc. und 0,01% für Cadmium) gelten nach ROHS für den homogenen Werkstoff (z.B. die Lötstelle), nicht für das Erzeugnis, damit ist ROHS viel strenger als REACH!

Batteriegesetz:

Grenzwert für Quecksilber 0,0005% für alle Batterien außer Knopfzellen

Grenzwert für Quecksilber 2% für Knopfzellen

Kennzeichnungsgrenzwert für Quecksilber 0,0005% bei Akkus, Gerätebatterien etc.

Verpackungsverordnung:

Für Blei, Cadmium, Quecksilber, Chrom VI gibt es einen Summengrenzwert: 100mg/kg

Zwei wesentliche Faktoren werden für die Ableitung eines Grenzwertes für einen Gefahrstoff verwendet, zum einen der wissenschaftlich-technische Sachverstand zum anderen wertende Entscheidungen.

Frage: Welche der Faktoren in der Graphik oben gehören zum wissenschaftlich-technischen Sachverstand, welche zu den wertenden Entscheidungen?

7.4.1. wissenschaftlich-technischer Sachverstand

Die Methoden dafür sind hoch spezialisiert und bieten eine stichhaltige Begründung für einen gewählten Wert, soweit möglich incl. statistischer Absicherung. Es erfolgt eine regelmäßige Anpassung des Standards an die schnelle Entwicklung der Technik und des Wissens.

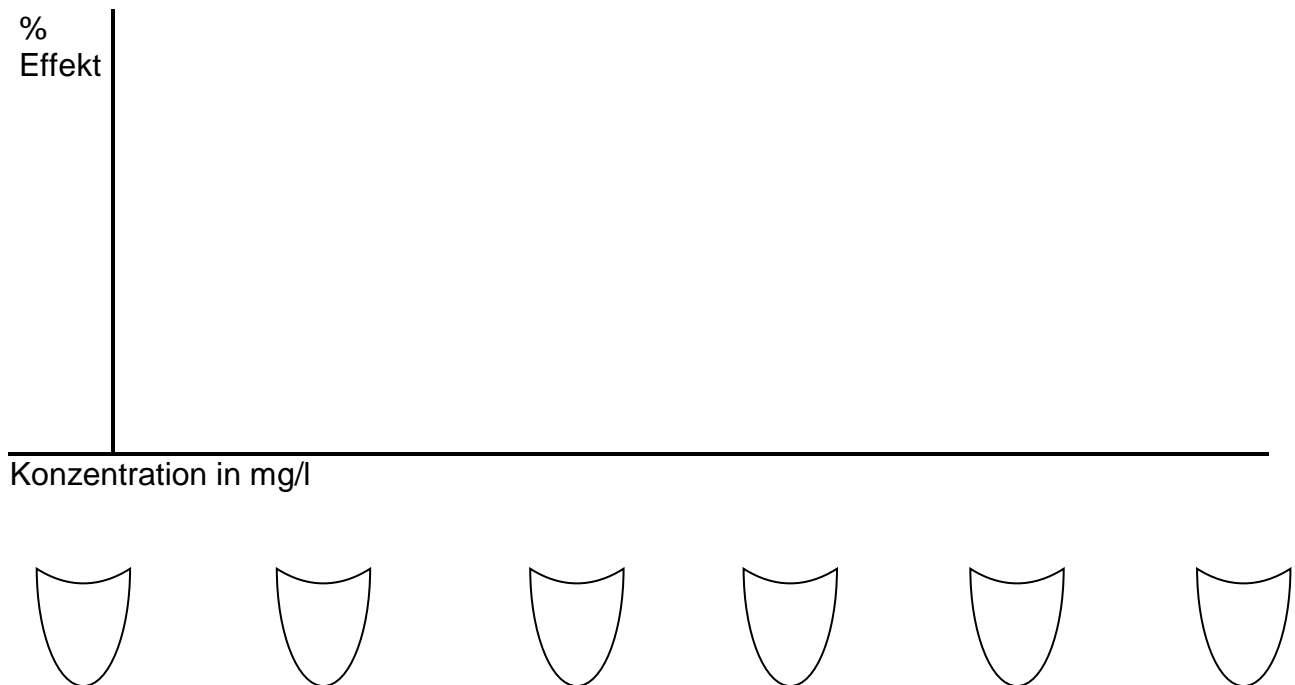
Folgende Faktoren sind dabei zu beachten, die im Folgenden näher besprochen werden:

- Ökotoxikologie und Humantoxikologie (Giftigkeit für Umweltorganismen und den Menschen)
- Messverfahren
- Probenahmeverfahren
- technische Machbarkeit der Einhaltung von Grenzwerten
- Hintergrundwerte

7.4.1.1 Ökotoxikologie und Humantoxikologie

Man testet einen Stoff in Standardtests im Labor mit ausgewählten Standardorganismen bei verschiedenen Konzentrationen. Daraus lassen sich sogenannte Wirkwerte ableiten, anhand deren man gut verschiedene Stoffe miteinander vergleichen kann.

Dosis-Wirkungskurve:



Zusatzinformation:

Wirkwerte:

EC (50) (effect concentration) = Wirkkonzentration, bei der 50% der Organismen den beobachteten Effekt zeigen

LC (50) (lethal concentration) = Wirkkonzentration, bei der 50% der Organismen tot sind

NOEC (no observed effect concentration) = höchste Konzentration, bei der noch kein Effekt erkennbar ist

Standards müssen für die Konzentrationen, mit denen der Mensch oder die Umwelt in Berührung kommt, erstellt werden und nicht für die Laborsituation. Für die Laborbedingungen ist es viel einfacher, Aussagen zu treffen, da man im Labor alle Faktoren genau kontrollieren kann und so genau feststellen kann, wie giftig ein Stoff ist. Im Vergleich dazu ist die gesamte Wirkungskette vom Stoffeintrag bis zur Wirkung am Menschen oder in der Umwelt meist nur bruchstückhaft bekannt. Daher ist die Bestimmung der Umweltstandards mit sehr vielen Unsicherheiten behaftet. Diese Zusammenhänge sind in folgender Übersicht erläutert:

Stoffkonzentration	nieder→→→→→→→→→mittel→→→→→→→→→→→hoch															
Laborergebnisse	keine Effekte messbar				kaum Effekte messbar				Schäden unterhalb der empirischen Nachweisgrenze				Schäden nachgewiesen			
Risiko	praktisch sicher				Vorsorgebereich				Gefahrenbereich							
	gering →→→→→→→→→→→→→→→→→hoch															
Risikowahrscheinlichkeit	Spekulation				Verdacht				begründeter Verdacht				Kausalbeweis			
	unsichere Aussage →→→→→→→→→→→→→→→→→sichere Aussage															

Aufgabe: Welche Aspekte müssen bei der Extrapolation von Laborergebnissen auf Grenzwerte berücksichtigt werden??

7.4.1.2 Messverfahren:

incl. Messmethode, Auswertungsverfahren, Nachweisgrenze

7.4.1.3 Probenahmeverfahren:

Aufgabe: Ein Probenahmegerät soll verteilt über 24 h eine Abwasserprobe aus dem Ablauf der Vorklärung einer Kläranlage sammeln. Das erforderliche Volumen der Probe beträgt 2 l. Ein Ingenieur baut dazu die folgende Anlage auf: Eine kleine Pumpe fördert gesteuert über eine Zeitschaltuhr alle 10 min ca. 15 ml Abwasser in eine Flasche, die bei 4 °C im Kühlschrank steht. Der Probenahmeschlauch ist 3 m lang und hat einen inneren Durchmesser von 8 mm. Ist diese Anlage geeignet?

Das Probenahmeverfahren kann entscheidenden Einfluss auf die Ergebnisse haben: „Die Fehler eines Ergebnisses vor dem Komma entstehen durch die Probenahme, die Fehler des Ergebnisses hinter dem Komma durch die Analytik.“

mögliche Fehler: nicht repräsentative Probe, falsche Wahl der Probenahmestelle, Kontamination der Probe, falsche Konservierungsmaßnahme, falscher Transport, Kombination aus der Umgebungsluft, gemeinsame Lagerung mit stark belasteten Proben, Aufnahme von Kohlendioxid oder Sauerstoff, Verschleppung von Substanzen, Ausgasen, Diffusion von Stoffen in das oder aus dem Gefäßmaterial, Adsorption an Gefäßwandungen, Bakterientätigkeit in der Probe, Veränderungen durch oxidierende Inhaltsstoffe.

7.4.1.4 technische Machbarkeit der Einhaltung von Grenzwerten

7.4.1.5 Hintergrundwerte

Was sind Hintergrundwerte? Sind sie überall gleich?

Grenzwerte, die kleiner als die Hintergrundwerte sind, machen keinen Sinn!

7.4.2 wertende Entscheidung (durch die Politiker und die Gesellschaft)

- Die Fragen "Wie viel Sicherheit wollen wir?" "Wie viel Umweltschutz wollen wir?" „Steht das Risiko im ausgewogenen Verhältnis zu dem Nutzen?“ müssen von der Umweltpolitik und der Gesellschaft beantwortet werden.
- Die Akzeptanz in der Öffentlichkeit hängt von vielen Faktoren ab (Familiengeschichte, Bildung, Wertesystem, politische Einstellung, persönliche Betroffenheit, Lebenserfahrungen, Informationen durch die Medien, Umweltbewusstsein....).
- Meistens ist das Meinungsspektrum in der Öffentlichkeit sehr breit, von vehementer Zustimmung bis vehementer Ablehnung und völliger Gleichgültigkeit. Dann ist es nicht einfach, Kompromisse zu finden.
- Umweltschutz muss mit anderen Belangen (Kosten, Arbeitsplätze, Nutzen bestimmter Technologien...) abgewogen werden.
- Die Standards müssen mit schon bestehenden Regelwerken abgestimmt werden.

7.5 ZusammenfassungProbleme bei Umweltstandards:

- Zahlen brauchen viel Erklärung und Sachverstand zum Verständnis
- Man kann Umweltstandards "quantitative Scheinpräzision" vorwerfen.
- Zahlen müssen oft geändert werden, um an den Stand der Kenntnisse und der Technik angepasst zu werden. Bei zu häufigen Änderungen nehmen viele die Werte nicht mehr ernst.
- Umweltstandards basieren oft auf pragmatischen Entscheidungen.
- Die Standards müssen überprüfbar sein.

Nutzen von Umweltstandards:

Umweltstandards haben sehr große Bedeutung für die praktische Umsetzung des Umweltschutzes: Man könnte sogar sagen, dass sich die eigentlichen Regelungsgehalte der Umweltgesetzgebung nicht in den Gesetzen selbst, sondern erst in Umweltstandards finden.

Fazit:

- Umweltstandards sind nicht starr, sondern sie müssen an den Stand der Kenntnisse, der Technik und an die Ansprüche der Gesellschaft angepasst werden.
- Auch unterhalb von Grenzwerten können Effekte auftreten, Grenzwerte sind in der Regel keine "sicheren" Werte.
- Standards sind gleichzeitig wissenschaftlich fundiert UND subjektiv geprägt.
- Grenzwerte, die nicht eingehalten werden, sind wertlos. Daher ist die regelmäßige Kontrolle sehr wichtig.
- Unsachgemäß angewendete Grenzwerte machen keinen Sinn!

Wiederholungsfragen

1. Was meint man, wenn man einem Grenzwert „quantitative Scheinpräzision“ vorwirft? Ist der Vorwurf berechtigt?

2. Wären auch Grenzwerte denkbar, die nur auf wissenschaftlichen Fakten basieren und keine subjektiven Komponenten beinhalten? Begründen Sie Ihre Antwort.

3. Nennen Sie fünf Gründe, weshalb z.B. ein Grenzwert für einen Gefahrstoff in einem Produkt gesenkt wird.

8 Geschichte der Ressourcennutzung

Die Rohstoffknappheit ist kein neues Thema

8.1 Vorzeit und Antike

8.2 Mittelalter

8.3 Beginn der industriellen Revolution im 18. Jahrhundert

8.4 Industrialisierung im 19. Jh. und zu Beginn des 20. Jh.

8.5 Zweiter Weltkrieg

8.6 Umweltschutz nach 1950

8.7 Fazit

Es ist überaus interessant, zu vergleichen, wie die Menschen in verschiedenen Zeiten Ressourcen genutzt haben. Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem technischen Fortschritt und der Menge an verbrauchten Ressourcen? Lassen sich die Beobachtungen aus der Vergangenheit für die Vorbereitung auf die Zukunft nutzen?

8.1 Vorgeschichte und Antike

Die Nutzung mineralischer Rohstoffe durch den Menschen begann schon in der Steinzeit mit der Herstellung von Steinwerkzeugen (Altsteinzeit = Paläolithikum, Beginn vor ca. 700 000 Jahren). Im Neolithikum (Jungsteinzeit) wurde auch Ton für Gebäude und Gefäße verwendet.

Schon um 4000 v. Chr. in der sogenannten Kupfersteinzeit verwendete der Mensch Kupfer aus freiliegenden Erzadern für z.B. Spiegel (in Knossos), Beile oder Schmuck.

In der Bronzezeit (ab ca. 3000 v. Chr.) werden Waffen, Schmuck und Hausgeräte aus Bronze (Kupfer-Zinn-Legierungen) hergestellt. Damals wurde auch mit dem Abbau von Salzen in Bergwerken begonnen und der Handel mit Rohstoffen begann.

In der Eisenzeit (ab ca. 1500 v. Chr.) gelang es, Eisenerz mit einfachen Methoden zu verhütten.

Auch die Knappheit der Ressourcen ist ein altes Problem und zwang die Menschen dazu, ihre Verhaltensweisen umzustellen: Jäger und Sammler können viel weniger Menschen ernähren als Bauern mit Viehzucht und Ackerbau. Daher hat der Mensch schon in der Frühzeit Tiere domestiziert und Kulturpflanzen, wie zum Beispiel die Getreidesorten, gezüchtet.

Der Wald wurde verstärkt auf die Bereiche, wo sich Feld- und Wiesenwirtschaft nicht lohnte, zurückgedrängt, dadurch wurden die Biotope zunächst vielfältiger!

Schon früh beeinflussten Menschen große Territorien, so dass diese bald ganz anders aussahen als ohne die Aktivität des Menschen: z.B. Abfälle, Brandrodung, (evt.) Ausrotten von Großwild (Bären, Auerochsen, Mammut)....

Vor allem in den Mittelmeeraanrainerstaaten wurde in der Antike durch Raubbau der Wälder die Erosion begünstigt und damit nachhaltig der Bewuchs beeinflusst.

Zwischen 400 n. Chr. und dem 16. Jh sank der Waldanteil von 95% auf 20 %.

8.2 Mittelalter

Im Mittelalter wurden vorwiegend regenerierbare Ressourcen genutzt: z.B. Wasserräder zum Antrieb von Mühlen, Windmühlen, Segelschiffe, Papier aus Lappen, bewegliche Lettern zum Bedrucken von Papier.... Kohle und Erdöl blieben im Mittelalter unangetastet, es gab nur Holzkohle.

Das Mittelalter kann als „Aufbewahr- und Reparaturgesellschaft“ bezeichnet werden. Das war aber kein bewusster Umweltschutz, sondern Mangel und Armut.

Gleichzeitig gab es einen Raubbau an Wald für Baumaterial für Häuser und Schiffe und als Energieträger zur Metallgewinnung, für Holzkohle (s. Heidenheimer Kohlplatten), Glashütten, Kalk- und Ziegelöfen, Gerberei oder als Waldweide und Jagdgebiet für die Landesherren.

Wenn ein Waldstück abgeholzt war, zog die Glashütte weiter. Es gab keine aktive Wiederaufforstung.

Es gab lokale Luftverschmutzung, z.B. im Erzgebirge 1556: „In Altenberg im Meißenischen findet sich schwarzer Hüttenrauch in den Gruben, der Wunden und Geschwüre bis auf die Knochen ausnagt. Auch das Eisen verzehrt er, daher sind die Nägel der Häuser alle aus Holz.“

Das zerkleinerte Gestein mit den Zinnerzen färbte die Flüsse rot. (Daher kommen Flussnamen wie „Rote Weißeritz“...)

Die Bevölkerungsdichte war für den erreichten Lebensstandard sehr hoch. Das führte vor allem für die Armen zu schlechter Ernährung, schlechtem Gesundheitszustand, schlechten Lebensbedingungen, schlechten Arbeitsbedingungen, schlechten Wohnverhältnissen, schlechter Abfall- und Fäkalienentsorgung und zu Wasserverschmutzung.

Dadurch stieg die Anfälligkeit der Menschen für Krankheiten. Die Pest als umweltabhängige Seuche verminderte im 14. Jh. die Bevölkerung sehr stark. Sie verschwand mit der Verbesserung der Umwelt- und Lebensbedingungen.

Bis auf Raubbau, Ausrottung von Arten und Pest gab es im Mittelalter fast nur lokale Umweltbeeinträchtigungen.

Auszug aus den „Zwölf Büchern vom Berg- und Hüttenwesen“ von Georg Agricola von 1556: „Durch das Schürfen nach Erzen werden die Felder verwüstet, Wälder und Haine werden umgehauen [...] durch das Niederlegen der Wälder und Haine aber werden die Vögel und andere Tiere ausgerottet, von denen sehr viele den Menschen als feine und angenehme Speisen dienen. Die Erze werden gewaschen; durch dieses Waschen aber werden, weil es die Bäche und Flüsse vergiftet, die Fische entweder aus ihnen vertrieben oder getötet. Da also die Einwohner der betreffenden Landschaften infolge der Verwüstung der Felder, Wälder, Haine, Bäche und Flüsse in große Verlegenheit kommen, wie sie die Dinge, die sie zum Leben brauchen, sich verschaffen sollen, und da sie wegen des Mangels an Holz größere Kosten zum Bau ihrer Häuser aufwenden müssen, so ist es vor aller Augen klar, dass bei dem Schürfen mehr Schaden entsteht, als in den Erzen, die durch den Bergbau gewonnen werden, Nutzen liegt.“

8.3 Beginn der Industriellen Revolution im 18. Jahrhundert

- Zunahme der Bevölkerung und Fortschritt der Technik
- technische Neuerungen: Arbeitsmaschinen beim Spinnen und Weben, Dampfmaschine, Verwendung von Steinkohle, Anfänge der chemischen Industrie, neue Transportwege (Kanäle, Schiene), Herstellung von genormten Teilen durch Maschinen => Fabriken

- beständiges Wachstum der Produktion seither, fast überall exponentiell
=> größere Reichweite der Umweltbeeinflussung
=> Wanderung der Bevölkerung in die Städte, wo mehr produziert wurde => stärkere Umweltverschmutzung in Städten
- schlechte Lebensbedingungen und neue Verkehrsmittel => Auswanderung (oder Ausweisung) von Europäern in andere Gebiete der Erde (nach Nord- und Südamerika, Australien, Neuseeland...) „Wirtschaftsflüchtlinge“!

parallel dazu: Umwälzung der Landwirtschaft: Beginn von Düngung, intensivere Bearbeitung durch Landmaschinen

Veränderung der gesamten Landschaft (Verkehrswege Schiene + Kanäle, Fabriken, große landwirtschaftlich genutzte Flächen, Steinbrüche, Dämme, Wasserreservoir, trockengelegte Gebiete)

Erst Ende des 18. Jh. wurde erkannt, dass die Bevölkerungszunahme bedenklich sein könnte. Der Engländer Malthus (1766-1834) fand heraus, dass das Bevölkerungswachstum unter optimalen Bedingungen exponentiell und nicht linear verläuft.

Die beginnende Industrialisierung führt zu Verknappung bisher genutzter Ressourcen. Deshalb sucht man nach neuen Strategien:

- mineralische Kohle statt Holz und Holzkohle
- Stahl und Eisen als Baumaterial statt Holz
- Soda Na_2CO_3 (für Seifen, Waschmittel und Glas) aus Holz wurde ersetzt durch Soda aus mineralischen Quellen

=> Umstieg vorwiegend auf nicht-erneuerbare Ressourcen

und gleichzeitig rapide Gewinnerhöhung durch Ausnutzung neuer Techniken

Erst im 19. Jh. wurden Wälder systematisch wiederaufgeforstet, z.B. Schwarzwald (=> Prägung des Begriffs „Nachhaltigkeit“)

Beginn der Ökologie: Einige Wissenschaftler erkannten, dass der Mensch in das Gleichgewicht der Natur eingriff (Carl von Linné, Alexander von Humboldt, Charles Darwin)
=> Es wurde ein differenzierteres Verständnis der Zusammenhänge der Natur erworben. Disziplinen wie die Paläontologie (Tipp: Museum Hauff in Holzmaden), Geologie, Evolutionstheorie, Systematik... machten große Fortschritte.

8.4 Industrialisierung im 19. Jahrhundert und zu Beginn des 20. Jahrhunderts

8.4.1 Aufschwung der Naturwissenschaften

Wichtige naturwissenschaftliche Erkenntnisse für den Umweltschutz:

- 1. Hauptsatz der Thermodynamik: Satz von der Erhaltung der Masse und Energie
- 2. Hauptsatz der Thermodynamik: Satz von der Zunahme der Entropie
- Kreislauf der Stoffe in der Chemie (Liebig)
- analytische Chemie: Spektralanalyse
- Mikrobiologie: Abbau von Stoffen durch Mikroorganismen, Fäulnis und Gärung, Krankheitserreger (Pasteur)
- Evolutionstheorie (Darwin)

8.4.2 Ressourcennutzung im 19. Jh.

- mineralische Kohle statt Holz: Dabei entstehen zwar giftige Dämpfe, aber man hatte keine Alternative. Anfang des 20. Jh. wurde in England und Wales bereits das 20fache an Kohle gefördert, wie dem nachhaltigen Holzertrag der gesamten Fläche von England und Wales entsprochen hätte.
- Erdöl, Mineraldünger, Kautschuk, Metalle
- Chemieindustrie: Zahlreiche giftige Stoffe wurden bedenkenlos hergestellt, z.B. Farbstoffe, Arzneimittel, Papier, Waschmittel
- Ausweitung der Ressourcennutzung weltweit
=> sehr starke Umweltverschmutzung

8.4.3 Stadt und Land

- Ausgangssituation für die Allgemeinheit

Noch im 19 Jh. waren die Lebensbedingungen für das Gros der Bevölkerung sehr schlecht: extreme Armut, Kinderreichtum, Krankheiten

- unhygienische Zustände v.a. in den Städten

Cholera (Preußen wurde 1831-1873 von 9 Choleraepidemien heimgesucht, denen 380 000 Menschen zum Opfer fielen), Pocken, Typhus...

1836 starben in London ca. 160 000 Menschen/Jahr an den schlechten hygienischen Zuständen. Die Selbstreinigungskapazität der Flüsse und Seen stieß an ihre Grenzen.

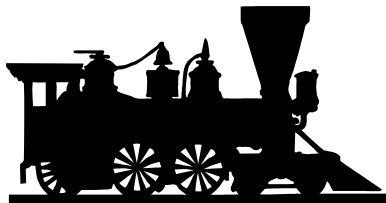
erste Klärtechniken wurden entwickelt => Rieselfelder, Kompostierung, Abwassereinigung, Ozonanlage zur Trinkwasserdesinfektion

In Hamburg gab es noch 1892 eine Choleraepidemie, bei der die Erreger durch das neue, moderne zentrale Trinkwassernetz verbreitet wurden!

Zeitgenössischer Bericht über den Zustand der Seine unterhalb von Paris in der Mitte des 19. Jahrhunderts: *"Oberhalb der Brücke von Asnières ist das Flussbett mit weißem Sand bedeckt, der Fluss von Fischen belebt und die Ufer zeigen reichlichen Pflanzenwuchs. Von dem Punkt an, wo der große Sammelkanal von Clichy einmündet, ändert sich das Bild. Eine Flut schwarzen, mit Fett, Pfropfen, Haaren, Tierleichen und anderem Unrat bedeckten Wassers bewegt sich in dem Flussbette entlang. Grauer Schlamm, von Resten organischer Substanzen durchsetzt, häuft sich längs des rechten Ufers, erzeugt erhöhte Punkte und übelriechende Inseln. Weiter stromabwärts bedeckt solcher Schlamm das ganze Flussbett. In ihm gärt es. Die bei der Zersetzung freiwerdenden Gase steigen auf und platzen an der Oberfläche. In den heißen Jahreszeiten haben sie oft den Durchmesser von 1-1,5 m. Sie heben den stinkenden Schlamm vom Boden des Flusses, kein lebendes Wesen, weder Fisch noch Pflanze gedeiht hier."*

Zur gleichen Zeit wird aus englischen Industrievieren berichtet: *"Die Kinder machen sich ein Vergnügen daraus, die Gasblasen anzustecken, die aus den streckenweise zu Schiffskanälen ausgebildeten Flussläufen aufstiegen. Es entstanden dann bis zu 6 Fuß hohe Flammen, die bis 100 m auf der Wasseroberfläche entlangliefen. In großer Zahl schwammen Tierkadaver auf den Flüssen."*

- Luftverschmutzung: 1880 forderte die „Nebelkatastrophe“ (Smog) in London Tausende von Toten.
- Intensivierung der Landwirtschaft: Dreifelderwirtschaft verschwand, Landmaschinen, Dünger, Trockenlegen von Feuchtgebieten, Abbrennen von Mooren
- Begradigung des Rheinlaufes in der oberrheinischen Tiefebene, Beginn 1817 Johann Gottfried Tulla: Viele Laichgebiete von Fischen wurden zerstört, erhöhte Fließgeschwindigkeit => erhöhte Erosion => Grundwasserspiegel sinkt um 6-8 m => manche vorher ertragreichen Flächen leiden jetzt unter Trockenheit
- Überfischung der Nordsee schon in der 2. Hälfte des 19. Jh., z.B. Wale, Warnungen vor Ressourcenerschöpfung schon am Ende des 19. Jh.!
- erste Umweltforschungsinstitution in Deutschland: 1901 „Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung“ in Berlin, heute Teil des Umweltbundesamtes
- Technisierung: England war den Ländern auf dem Kontinent weit voraus.
- Dampfmaschinen: sehr laut, sehr starker Gestank, Rauchschwaden, Brand- und Explosionsgefahr, Einschränkungen für die Nachbarn, für die benachbarten Felder
=> Nachbarschaftskonflikte



1831 wurde eine Kabinettsorder „die Anlage und den Gebrauch der Dampfmaschinen betreffend“ erlassen, Mindesthöhe für Schornsteine von 18 m

Schon damals kam der Staat mit einer konkreten technischen Regelung der Dampftechnik nicht mit, so dass sehr allgemeine Formulierungen „Reinigung so vollkommen als möglich“ oder später „Reinigung nach dem Stand der Technik“ verwendet wurden.

- 1856 wurde der VDI gegründet.
- Widerstand aus der Industrie gegen Umweltschutz und Gesundheitsschutz gab es schon damals:

"Im Jahre 1912 gab es Auseinandersetzungen mit der chemischen Industrie, vertreten durch den Industrie Manager Carl Duisberg (Chemiker und Industrieller, Gründung der IG Farben AG). Duisberg versuchte, die Abwassergefahren zu verharmlosen und sagte: „Saure Abwässer zerstörten Krankheiten, sind also sogar nützlich“

- erste Protestbewegungen durch die „Natur- und Heimatschutzbewegungen“, die z. T. deutschnational oder romantisch gesinnt waren, sehr stark emotional geprägt,
- v. a. das Unterschutzstellen von Naturdenkmälern oder Naturschutzgebieten, Einsatz für sympathietragende Tiere, wie z.B. die Singvögel, keine Konfrontation mit der Industrie
- 1899 wurde der Deutsche Bund für Vogelschutz gegründet (heute NaBu).

8.4.4 Abhängigkeit von der Natur:

1816/17 gab es eine unvorstellbare Hungersnot in Europa. 1815 war der Vulkan Tambora auf der Insel Sumbawa in Indonesien ausgebrochen und hatte enorme Mengen Asche in die Atmosphäre geschleudert, die die Sonneneinstrahlung weltweit reduzierten. Das Wetter in Europa war dadurch sehr nass und kühl. Das Getreide verfaulte auf den Feldern. Der

Brotteig wurde mit Sägemehl oder gemahlener Baumrinde gestreckt. Diese Hungersnot veranlasste viele Europäer, nach Amerika oder Russland auszuwandern.

„1816. Mai und Juni fast täglich Regen und Gewitter. Großer Hagelschlag und Überschwemmungen. Den 31. Juni schneite es auf der Alb. Haber und Ackerbohnen wurden gar nicht reif und blieben über Winter im Feld, wo sie bis in den März unter dem Schnee lagen.“

8.5 Erster und zweiter Weltkrieg

Beide Weltkriege waren humanitäre Katastrophen von unvorstellbaren Ausmaßen mit extremen Umweltzerstörungen (Kernwaffen, Atombombenabwurf über Hiroshima, Einsatz von Giftgas Altlasten, Ressourcenvergeudung)

Eine der fadenscheinigen Begründungen Hitlers für die Notwendigkeit eines Krieges war „Rohstoff- und Nahrungsmangel“.

8.6 Umweltschutz nach 1950

nach dem zweiten Weltkrieg: Wissenschafts- und Techniqueuphorie, sehr starkes Wirtschaftswachstum

starke Luftverschmutzung trotz „Politik der hohen Schornsteine“ (1952 gab es über 4000 zusätzliche Todesfälle in London wegen Smog (SO₂).)

Gewässerverschmutzung, Eutrophierung, Müllberge, Verschiebung des Artenspektrums erst Ende der 60er Jahre wird der Begriff „Umweltschutz“ geprägt

- 1962 „Silent Spring“ (Rachel Carson)
- 1970 Europäisches Naturschutzjahr, damit beginnt die Umweltbewegung in großem Umfang: zahlreiche Bürgerinitiativen gegen Fluglärm, Atomkraftwerke, Autobahnen
- 1971: Regierung von Willy Brandt legt die Prinzipien Verursacherprinzip, Vorsorgeprinzip und Kooperationsprinzip als Fundament der neuen Umweltpolitik fest
- 1972: Club of Rome veröffentlicht „Die Grenzen des Wachstums“: Forderung nach einer generellen Umkehr von den bisherigen Formen des Wachstums. Man erkennt, dass das technologische Wachstum Grenzen haben muss.
- Vietnamkrieg bis 1973, Einsatz von Napalm und Agent Orange
- 1973 sogenannte „Ölkrise“ => Verteuerung der Energiepreise
- 1975 BUND (Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland) wird gegründet
- 1976 in Seveso bei Mailand: großer Dioxin Unfall
- 1978 Öltankerunglück der „Amoco Cadiz“ verschmutzt die gesamte bretonische Küste
- 1979 Störfall im Atomkraftwerk „Three Mile Island“ bei Harrisburg in den USA
- 70 und 80er zahlreiche Demonstrationen gegen Atomkraftwerke und Wiederaufbereitungsanlagen in Brokdorf, Wyl, Kalkar, Gorleben, Wackersdorf.....
- 1984 Bhopal: In einer Nacht sterben in Indien 4000 Menschen und 200 000 werden verletzt (v.a. Erblindung), da wegen schlampiger Sicherheitsvorkehrungen Methylisocyanat aus einer Pestizidfabrik von Union Carbide ausgetreten war.
- 1985 Ozonloch über der Antarktis wird auf Satellitenbildern sichtbar
- 1985 Montrealer Protokoll zum Schutz der Ozonschicht
- 1986 Großbrand in Basel bei Sandoz, stundenlang brennen und explodieren Fässer, anschließend Massensterben von Fischen im Rhein
- April 1986: Reaktorkatastrophe in Tschernobyl
- 1986 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) wird gegründet (Anlass war der Reaktorunfall in Tschernobyl)

- 80er Jahre: bei uns werden vorwiegend „schleichende“ Umweltbelastungen diskutiert: Waldschäden, saurer Regen, Schwermetalleinträge, Robbensterben, Radioaktivität.... => es wurde klar, dass die Umweltbelastungen nicht mehr nur vorübergehende und lokale Ausmaße haben.
- seit Beginn der 80er Jahre: Gesetze zur Verbesserung der Wasser- und Luftverschmutzung, gleichzeitig Deregulierung, Wirtschaftsfreiheit, Neoliberalismus
- 1989: Tanker „Exxon Valdez“ verseucht die Südküste von Alaska
- 90er Jahre: in China fordert die Luftverschmutzung ca. 290 000 Tote jährlich (Weltbank Schätzung)
- 1991 1. Golfkrieg
- 1992: UN Konferenz in Rio de Janeiro (Folgekonferenzen in Berlin, Kyoto, Buenos Aires)
- 1997: Klonschaf Dolly
extreme Waldbrände in Indonesien
Oderhochwasser
Kyoto Konferenz zur internationalen Regelung der Treibhausgasemissionen
- 1999: 6 Milliarden Menschen auf der Erde
Tanker Erika verliert vor der Küste der Bretagne 11 000 t Schweröl
Orkan Lothar entwurzelt Waldflächen in Frankreich und Deutschland
- Februar 2000: aus einem rumänischen Goldbergwerk entweichen Metallzyanide in die Flüsse Some, Theiß und Donau, Fische, Fischotter und andere Organismen sterben auf einer Strecke von 700 km
- 2000: Das menschliche Genom ist entschlüsselt.
- August 2002: extremes Hochwasser in Deutschland, Österreich und Tschechien
- 2002: Rio + 10 Konferenz in Johannesburg
- November 2002: Ölpest vor Kastilien (Tanker Prestige)
- 2003: 2. Golfkrieg
extrem heißer Sommer in Europa
- 26.12.2004: Seebeben in Südasien mit mehr als 170 000 Toten
- 2005: riesige Flächenwaldbrände in Portugal, Überschwemmungen in Bayern und der Schweiz, Wirbelsturm Katrina in den Südstaaten der USA, so viele tropische Wirbelstürme wie noch nie zuvor (27), Überschwemmungen in Mumbai (Indien)
6,5 Milliarden Menschen auf der Erde
- 2005 und 2006: mehrere große Schadstoffeinträge in chinesischen Flüssen, z.B. Benzol in den Songhua, Arsen in den Xinjiang (In China mangelt es 340 Mio Menschen an sauberem Trinkwasser.)
- Winter 05/06: ungewöhnlich starke Schneefälle in Deutschland
- 2006: Erdbeben in Indonesien
Überschwemmungen an der Elbe, ähnlich wie 2002
- Winter 06/07 ungewöhnlich milder Winter in Europa
- 2007: Sturm Kyrill in Deutschland
- 2008: Asse II, Zyklon in Birma, Erdbeben in China, Hurrikan in der Karibik, „Finanzkrise“
- 2009: Klimakonferenz in Kopenhagen ohne Ergebnis
- 2010 Erdbeben in Haiti und Chile
Wintersturm Xynthia in Frankreich
Ausfall des Flugverkehrs in Europa wegen Vulkanasche
Bohrinsel Deep Water Horizon von BP explodiert im Golf von Mexiko
Anbau der gentechnisch veränderten Kartoffel Amflora in D. genehmigt
Überschwemmungen in Pakistan
Waldbrände in Russland, Erdbeben in China
- 2011 Überschwemmungen in Queensland (Australien) und Deutschland
Erdbeben in Brasilien

Tsunami, Erdbeben und Reaktorkatastrophe in Fukushima

- 2012: Waldbrände in Russland, Spanien
extrem trockener Sommer in den USA, Sturm Sandy in den USA (Allein Schäden von 80 Mrd \$), Überschwemmungen und Sturm auf den Philippinen, Australien
 - 2013 „Jahrhunderthochwasser“ im Süden und Osten von Deutschland und angrenzenden Ländern an Donau und Elbe
große Waldbrände in Kalifornien, Portugal, Spanien und Australien
Hagelsturm in der Region um Tübingen (Schaden von über 1 Milliarde Euro)
Taifun Haiyan auf den Philippinen
Überflutungen durch Sturm „Cleopatra“ auf Sardinien
 - 2014 Rekord des Exports deutscher Produkte
Flüchtlingsströme aus Syrien, Nordafrika, Osteuropa
 - 2015 Orkan „Niklas“ in Deutschland
Erdbeben in Nepal
Extreme Hitze in Pakistan und Kalifornien
Neuer Hitzerekord in Deutschland (40,3°C)
-

8.7 Fazit

Folgende Themen sind aktuell von großer Bedeutung. Was haben Sie dazu jeweils aufgrund der historischen Perspektive dazugelernt?

	früher	heute
Ressourcenschonung und Recycling		
Müllentsorgung, Abwasserreinigung		
Landschaftsveränderungen		
Veränderung von Lebensräumen von Pflanzen und Tieren		
regenerative Energien		
Klimaveränderung		

Welche Schlussfolgerungen ziehen Sie aus diesem Kapitel?

Wiederholungsfragen

1. Früher waren die Umweltbelastungen vor allem lokal und reversibel, heute sind sie zunehmend global und irreversibel. Nennen Sie je 2 Beispiele für diese Umweltbelastungen für die Vergangenheit und für die Gegenwart.

	Beispiele
Vergangenheit: lokal und reversibel	
Gegenwart: global und irreversibel	

2. "Die Menschen um das Jahr 1000 haben sehr umweltbewusst gelebt." Was sagen Sie zu dieser Aussage?

3. Kreuzen Sie an, ob folgende Aussagen richtig oder falsch sind. Falls eine Aussage falsch ist, streichen Sie die falschen Teile durch und schreiben Sie die Korrektur darunter.

	richtig	falsch
1. Gewässerverschmutzung gibt es erst, seit der Mensch Industriechemikalien herstellt.		
evt. Korrektur:		
2. Im Mittelalter wurden regenerierbare Energien eingesetzt, z.B. Windmühlen, Dampfmaschinen, Segelschiffe, Wasserräder.		
evt. Korrektur:		
3. In den 80er Jahren gab es in Europa zahlreiche Umweltkatastrophen, die zu einem Umdenken geführt haben.		
evt. Korrektur:		
4. Die erste Naturschutzorganisation wurde schon vor über 400 Jahren gegründet.		
evt. Korrektur:		

4. Welche Vor- und Nachteile hatte die Nutzung von mineralischer Kohle im Vergleich zu Holzkohle im Laufe der Geschichte?

Vorteile:

Nachteile:

5. "Heute haben wir in Deutschland eine saubere Umwelt." Kommentieren Sie diese Aussage.

9 Zusammenfassung und Ausblick

9.1 *Wie schätzen Sie die Zukunft ein?*

9.2 *Was sagen Sie dazu?*

9.3 *Was haben Sie sich gemerkt?*

9.4 *Was nehmen Sie für sich aus dieser Vorlesung mit?*

In der Vorlesung haben wir sehr vielfältige und spannende Aspekte des Themas „Rohstoffe und Recycling“ beleuchtet. Überlegen Sie für sich selbst, welche Bedeutung diese Themen für Ihren späteren Beruf und Ihr Privatleben haben könnten.

9.1 Wie schätzen Sie die Zukunft beim Thema „Rohstoffe und Recycling“ ein?

Bearbeiten Sie Aufgabe 1 oder Aufgabe 2 und denken Sie dabei an das, was Sie in dieser Vorlesung gelernt haben!

Aufgabe 1: Was würden Sie einem Kollegen/einer Kollegin in Ihrer Firma dazu sagen?

Aufgabe 2: Welche Fragen stellen Sie sich selbst zu diesem Thema?

9.2 Was sagen Sie dazu?

Behauptung: „In neugebauten Aufzügen kann es sein, dass man radioaktiver Strahlung ausgesetzt wird.“

Behauptung: „Die Wärmeenergie in der Sonne resultiert aus der Fusionsreaktion von Heliumkernen.“

Behauptung: ‚Upcycling geht nicht, es gibt nur Recycling und Downcycling.‘

Behauptung: „Wenn ein bestimmtes Element aufgebraucht ist, holen wir es eben durch Recycling aus den Abfall.“

Behauptung: „Alle Menschen sollten das Recht haben, sich mit ihrem Privat Pkw fortbewegen zu dürfen.“

Behauptung: „Durch Kernfusion und Kernspaltung können alle für die Produktion notwendigen Elemente erzeugt werden.“

Behauptung: „Nicht die Faulheit zerstört die Umwelt, sondern die Dummheit und der Fleiß.“

Behauptung: „Alle Rohstoffe werden in Kürze knapp, wenn wir so weiterwirtschaften, wie bisher.“

Behauptung: „Bei dem Thema Rohstoffe und Recycling gilt weniger das Sprichwort „Kleinvieh macht auch Mist“, sondern vielmehr das Sprichwort „Nicht kleckern, klotzen!““

Behauptung: „Da die Stoffkreisläufe auf der Erde geschlossen sind, brauchen wir uns keine Sorgen zu machen, dass uns die Rohstoffe ausgehen.“

Behauptung: „Die Menschheit wusste sich immer zu helfen. Wenn Rohstoffe ausgehen, werden wir schon etwas anderes finden.“

Behauptung: „Solange noch genug Kohle da ist, brauchen wir keine Alternativen bei der Energieversorgung.“

Welche anderen Behauptungen kennen Sie?

9.3 Was haben Sie sich gemerkt?

Aufgabe: Erinnern Sie sich an die Definitionen folgender Begriffe?

Nucleogenese

Reichweite

statische Reichweite (= Lebensdauer)

Periodensystem der Elemente

Erz

Metall

Ressourcen

Vorräte = Reserven

primäre Rohstoffe

sekundäre Rohstoffe

Kerogen

Mineralöl und Pflanzenöl

Primär-, Sekundär-, Tertiärförderung von Erdöl

Ölschiefer und Ölsande

Raffinerien

„Peak Oil“

Kohlenstoffkreislauf

Umweltkonzentration von Chemikalien

autotroph

heterotroph

Trophiestufen

Dissipativ

Stoffstromanalyse

Abfallschlüssel

Abfälle zur Beseitigung

Abfälle zur Verwertung

Kreislaufwirtschaftsgesetz

Gefährliche / nicht gefährliche Abfälle

Abfallvermeidung

Produktverantwortung

Stoffliche (roh- oder werkstoffliche) oder energetische Abfallverwertung

Glühverlust

Glührückstand

Rotte / Vergärung

Deponie

Nachweisverfahren/Begleitscheinverfahren

Abfallbeauftragte

Elektroschrottrichtlinie und Stoffverbotsrichtlinie für Elektronikgeräte

Umweltstandards

Dosis-Wirkungskurve

Hintergrundwerte

Simpson Paradox

9.4 Was nehmen Sie für sich aus dieser Vorlesung mit?

Was hat Ihnen besonders gut gefallen?

Was hat Sie emotional besonders berührt?

Was war für Sie schwierig zu verstehen? a) weil es so gemacht wird und nicht anders und
b) weil es kompliziert ist und die Erklärung evt. nicht ausreichend war.)

Wo haben Sie Ihre bisherigen Vorstellungen korrigiert?

<i>Lernziele</i>	<i>Haben Sie dieses Lernziel erreicht? Wenn ja, speziell in welchem Teil der Vorlesung?</i>
Kenntnisse	
Die Erde ist stofflich gesehen ein geschlossenes System und dennoch nehmen die Vorräte ab.	
Die aktuelle Lebens- und Wirtschaftsweise kann nicht von Dauer sein.	
Pauschale Urteile sind fast immer falsch. Nur wer Situationen differenziert betrachtet, kann richtig urteilen.	
Ressourcenknappheit wird ein wachsendes Problem, das nicht einfach zu lösen ist.	
Es gibt Alternativen.	
Fähigkeiten	
Erweiterung des Horizontes	
Förderung der Kritikfähigkeit	
Fähigkeit, weiterreichende Folgen des Wirtschaftens zu erkennen.	
Fähigkeit, Lösungen auf ihre längerfristige Tauglichkeit abzuschätzen	