

Blockwoche Ökologie FS20

Zusammenfassung

Stephan Stofer

03.09.2020

Inhaltsverzeichnis

1 Grundbegriffe	4
1.1 Umwelt	4
1.2 Ökologie	4
1.3 Ökosysteme	4
1.3.1 Beispiele	4
1.4 Nachhaltigkeit	5
1.5 Naturkapital	5
1.5.1 natürliche Ressourcen	5
1.5.2 natürliche Dienstleistungen	5
1.5.3 Sonnen-/Solarkapital	7
2 Grundfragen	7
2.1 Leben wir in einer nachhaltigen Gesellschaft?	7
2.1.1 Bevölkerungswachstum	7
2.2 Wie können Auswirkungen auf die Umwelt gemessen werden?	7
2.2.1 Ökologischer Fussabdruck	7
2.2.2 Ökologisches Defizit	7
2.2.3 Ökologischer Fussabdruck pro Kopf	8
2.2.4 Aktueller ökologischer Fussabdruck	8
3 Umweltverschmutzung	8
3.1 Definition	8
3.2 Klassifizierung	8
3.3 Verschmutzung hat zwei Ursachenquellen	8
3.4 Zwei Arten von Schadstoffen	8
3.5 weitere Arten der Umweltverschmutzung	8
3.6 Beseitigung oder Vermeidung der Verschmutzung	9
3.6.1 Probleme im Bezug auf Verschmutzungsbeseitigung	9
4 Wissenschaftliche Grundsätze zur Nachhaltigkeit	9
5 Systeme	9
5.1 Einfaches Modell der Wirtschaft	10
5.2 Systemdenken - System-Thinking	10
5.2.1 Feedback-Mechanismen	10
5.2.2 Zeitverzögerungen	11
5.2.3 Synergetische Zusammenwirken	11

5.3	Causal loop Diagramm (CLDs)	11
5.3.1	Jede Verknüpfung muss eine kausale Beziehung zwischen den Variablen darstellen	11
6	Klimawandel	12
6.1	Natürlicher Klimawandel	12
6.1.1	Milankovic-Zyklen	13
6.1.2	Sonnenflecken	13
6.1.3	Oszillation	14
6.2	Anthropogener Klimawandel	14
6.2.1	Heutiges Klima	14
6.2.2	Treibhauseffekt	16
6.2.3	Treibhausgapotential - Global Warming Potential (GWP)	16
6.3	Folgen einer wärmeren Atmosphäre	17
6.3.1	Abschmelzen von Permafrost	17
6.3.2	Abschmelzen von Schnee und Eis	17
6.3.3	Steigender Meeresspiegel	18
6.3.4	Auswirkungen auf Biodiversität	18
6.4	Folgen für Menschen	18
6.4.1	Nahrung	18
6.4.2	Gesundheit	18
6.5	Reduktionsstrategien	18
6.5.1	Geo-Engineering	19
7	Ökobilanz (LCA)	19
7.1	Vier Phasen der Ökobilanzierung	19
7.1.1	Festlegung von Ziel und Untersuchungsrahmen	20
7.1.2	Umfang bzw. Dauer der Ökobilanz	20
7.1.3	Sachbilanz (LCI)	20
7.1.4	Wirkungsabschätzung (LCIA)	20
8	Energie	21
8.1	Energie vs. Leistung	21
8.2	Energieverbrauch Schweiz pro Jahr bis 2019	21
8.3	Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch	22
8.4	Primär- und Sekundärenergie	22
8.5	Wirkungsgrad	22
8.6	Fossile Energieträger	22
8.6.1	Heizwerte	22
8.6.2	Erdöl / Erdgas	22
8.7	Elektrizität	23
8.7.1	Stromverbrauch Haushalte	23
8.8	Vergleich fossile Energieträger vs. Elektrizität	23
8.8.1	Fossile Energieträger	23
8.8.2	Elektrizität	23
9	Kernenergie	23
9.1	Energie aus Atomkernen	23
9.1.1	Kernspaltung	23
9.1.2	Kernfusion	24
9.2	Kernenergie vs. chemische Energie	24
9.3	Kernspaltung und Kettenreaktion	24
9.4	Druckwasserraktor	24

9.5	Siedewasserreaktor	24
9.6	Problem Radioaktivität	25
9.6.1	Radioaktive Strahlung	25
9.7	Halbwertszeit und Aktivität	25
9.7.1	Halbwertszeit	25
9.7.2	Aktivität	26
9.7.3	Beispiel	26
9.8	Radioaktive Abfälle	26
9.8.1	Strahlenbelastung	26
10	Erneuerbare Energien	26
10.1	Wasserkraft	26
10.2	Solarenergie	27
10.3	Photovoltaik und Solarwärme	27
10.3.1	Thermische Solaranlagen	27
10.3.2	Thermische Solarkraftwerke	27
10.3.3	Photovoltaik	27
10.4	Windkraft	27
10.5	Geothermie	27
10.6	Thermokraftwerke	27
10.7	Biomasse	28
11	Umweltökonomie	28
11.1	Volkswirtschaftslehre	28
11.2	Wirtschaftssystem	28
11.3	Freie Marktwirtschaft	28
11.4	Umweltökonomie	29
11.5	Probleme in der Umweltökonomie	29
11.6	Tragik der Allmende	29
11.7	Externalität	29
11.8	Marktversagen	29
11.8.1	Positiver externer Effekt	29
11.9	Umweltökonomie	30
11.10	Coase Theorem	30
11.11	Strategien der Umweltökonomie	30
11.11.1	Ökonomische Effizienz (Wirtschaftlichkeit)	30
11.11.2	Kostenwirksamkeit (Kosteneffektivität)	30
11.12	Umweltbewertung	31
11.12.1	Diskontierungsfaktor (Abzinsungsfaktor)	31

Abbildungsverzeichnis

1	Nachhaltige Entwicklung	5
2	Naturkapital	6
3	Biodiversität	9
4	Modell der Wirtschaft	10
5	Reinforcing loop am Beispiel einer abnehmenden Vegetation	11
6	Causal loop diagram mit Erklärung	12
7	Mittlere Temperatur der letzten 900'000 Jahre	12
8	Schwankungen der Umlaufbahn	13
9	Schwankungen der Schiefeheit	13

10	Schwankungen der Achsenneigung	13
11	Albedo-Effekt	15
12	Temperaturveränderung nach Zeit	15
13	Veränderung der Temperatur in kurzer Zeitspanne	15
14	Treibhausgasemissionen	16
15	Treibhauspotential der THG	17
16	Gebiete mit Permafrost	17
17	Prozess der Ökobilanzierung	19
18	Kernspaltung	24
19	Kernfusion	24
20	Abschirmung	25
21	Externalitätskosten	30

1 Grundbegriffe

1.1 Umwelt

- Umgebung oder die Gegenbenheit in der eine Person, Tier oder Pflanze lebt oder agiert.
- Umstände, Objekte oder Verhältnisse, die einen umgeben. Komplexe Faktoren (Klima, Boden und Lebewesen) die auf Organismen einwirken.
- Umwelt beinhaltet alles was uns umgibt
- beinhaltet komplexes Netz von Beziehungen, das uns untereinander und mit der Welt in der wir leben verbindet.

1.2 Ökologie

- Ursprung; Lehre der Umwelt
- Zweig der Biologie -> Wechselwirkung und Beziehung zwischen Organismen und ihrer physischen Umgebung

1.3 Ökosysteme

- Abgrenzbares Beziehungsgefüge von Organismen
- nicht lebende Bestandteile
- Energie

1.3.1 Beispiele

- tropischer Regenwald
- Korallenriff
- Wüste (wird dominanter)
- Fluss/Seen
- Gesamter Planet (Gaia)

1.4 Nachhaltigkeit

- Beschreibt die Fähigkeit ein bestimmtes Verhältnis oder Niveau aufrechtzuerhalten.
- Ein Bedürfniss, der heitgen Generation entspricht ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden. Ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen.
- Bedeutet die menschliche Lebensqualität zu verbessern und die Belastbarkeit von unterstützenden Ökosystemen nicht zu überschreiten (unep und wwf)
- Fähigkeit der versch. natürlichen Systemen der Erde, kulturellen Systeme und Ökonomien in veränderten Umweltbedingungen zu überleben und sich anzupassen:
 - Innerhalb bestimmter Grenzen leben
 - Verbindung zwischen Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft verstehen
 - 'Faire' Verteilung der Ressourcen

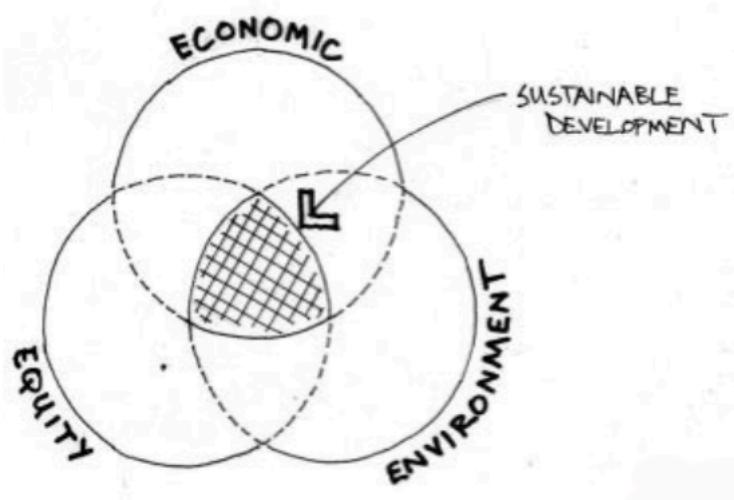


Abbildung 1: Nachhaltige Entwicklung

1.5 Naturkapital

- Kapital = Sachwert
- natürliche Ressourcen + Dienstleistungen

1.5.1 natürliche Ressourcen

- erneuerbare (Wasser, Pflanzen, Wind)
- nicht erneuerbar (Öl, Kupfer, Kohle)

1.5.2 natürliche Dienstleistungen

- Ökosysteme stelle diese kostenlos zur Verfügung
- Nährstoffkreislauf: Umlauf von chemischen Stoffen aus Umwelt durch Organismen und wieder zurück an Umwelt

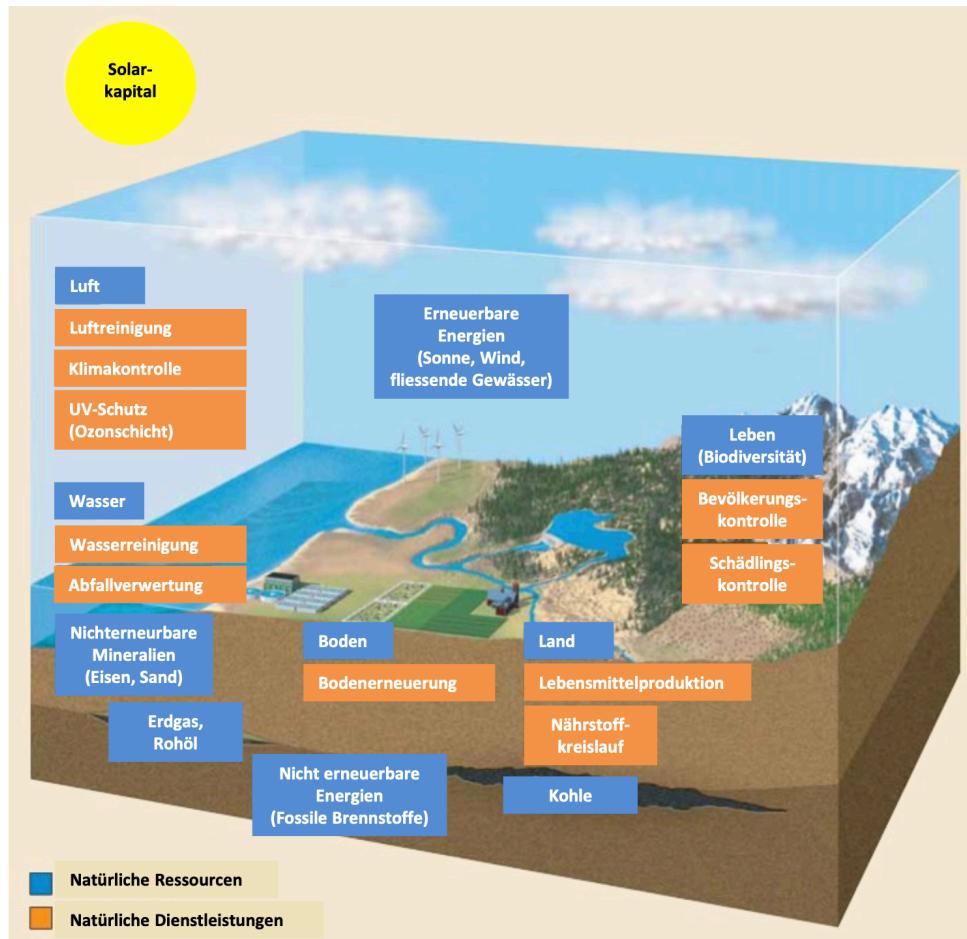


Abbildung 2: Naturkapital

1.5.2.1 Beispiele natürliche Dienstleistungen

- Wasserzyklus (Reinigung, Salz- zu Süßwasser)
- Photosynthese
- Atmosphäre (Ozonschicht: UV-Filter)
- Boden (Lebenmittelproduktion)
- Abfallverwertung (Ameisen)

1.5.3 Sonnen-/Solarkapital

Sonne wird als separates Kapitalgut betrachtet, weil sie nicht Teil des Planets Erde ist.

- Ohne Sonnenenergie würde jegliches Naturkapital kollabieren
- ohne Photosynthese gäbe es keine erneuerbaren Energien wie Wind, fliessende Gewässer oder Biokraftstoffe
- gilt als forwährende Ressource

2 Grundfragen

2.1 Leben wir in einer nachhaltigen Gesellschaft?

Nein, zwar gäbe es für viele Probleme Lösungen, jedoch sind wissenschaftliche Lösungen keine politischen Lösungen. Diese Lösungen erfordern Gesetze und Bestimmungen. Konflikte zwischen Interessengruppen und Kompromisse.

2.1.1 Bevölkerungswachstum

Seit der industrielle Revolution stieg Bevölkerungszahl exponentiell. Als Folge werden erneuerbare Ressourcen immer knapper, weil sie über den nachhaltigen Ertrag hinaus abgebaut.

2.1.1.1 Nachhaltiger Ertrag

Höchste Rate zu der eine erneuerbare Ressource auf unbestimmte Zeit genutzt werden kann, ohne deren verfügbares Angebot zu schmälern. Das Überschreiten dieser Rate führt zu Umweltzerstörung (Übernutzung).

2.2 Wie können Auswirkungen auf die Umwelt gemessen werden?

2.2.1 Ökologischer Fussabdruck

Menge an Wasser und biologisch produktivem Land das nötig ist, um Menschen mit Ressourcen zu versorgen und um entstehende Abfälle sowie Verschmutzung durch die Nutzung dieser Ressourcen aufzunehmen und zu verwerten. Einfacher; notwendiger Anteil der Umwelt, um erforderliche Güter und DL herzustellen und einen bestimmten Lebensstandard aufrechtzuerhalten.

2.2.2 Ökologisches Defizit

Der ökologische Fussabdruck eines Landes ist grösser als dessen biologische Kapazität erneuerbare Ressourcen wieder aufzustocken und entstehende Abfallprodukte sowie Verschmutzung aufzunehmen.

2.2.3 Ökologischer Fussabdruck pro Kopf

Schätzung des Ressourcenverbrauchs eines Individuums. Misst den Verbrauch von natürlichen Ressourcen anhand der Anzahl an globalen Hektar (gha) die man benötigen würde um diese Ressourcen zu erneuern.

2.2.4 Aktueller ökologischer Fussabdruck

Fussabdruck der Menschheit übersteigt die biologische Kapazität der Erde um ca. 25-30%. Davon 88% entfallen auf Industrieländer. Länder mit dem grössten ökologischen Fussabdruck (gha/pers) sind VAE, Katar, Dänemark, Belgien, USA, Estland, Kanada, Australien, Kuwait.

2.2.4.1 Biokapazität

Ist die Fähigkeit von Ökosystemen, die von Menschen genutzten biologischen Materialien zu produzieren und Abfallmaterialien aufzunehmen.

3 Umweltverschmutzung

3.1 Definition

Verschmutzung kann partikular sein oder gasförmig und mindert die Qualität der Materie.

3.2 Klassifizierung

- Klassifizierung der Verschmutzung in drei Bereiche (Luft/Atmosphäre, Wasser und Boden).
- Wer bzw. was verursacht die Verschmutzung; menschen- oder natürliche Verschmutzung (Vulkanausbruch)
- Ort des Ursprungs

3.3 Verschmutzung hat zwei Ursachenquellen

- punktuelle Quelle: einzelne, identifizierbare Quelle (Schornstein, Abflussrohr einer Fabrik, Abagsrohr Fahrzeug)
- Diffuse Quellen: Zerstreut oft schwer identifizierbar

3.4 Zwei Arten von Schadstoffen

- biologisch Abbaubar (Papier)
- biologisch nicht abbaubar (chemisch Elemente wie Blei, Quecksilber)

3.5 weitere Arten der Umweltverschmutzung

- Lärmemissionen
- Lichtverschmutzung
- atomare
- Wärme (Prozesskühlung)
- visuelle Verschmutzung (Landschaft)
- Geruchsemisionen

3.6 Beseitigung oder Vermeidung der Verschmutzung

Zwei versch. Möglichkeiten im Umgang mit Verschmutzung -> Vermeidung oder Beseitigung

3.6.1 Probleme im Bezug auf Verschmutzungs beseitigung

- Durch Beseitigung kann an einer Stelle Schadstoffe beseitigt werden, wird aber an andere Stelle neu verursacht (Müllverbrennung)
- Sobald Schadstoffe in grossen Mengen verteilt werden ist es i. d. R. zu kostenintensiv oder gar unmöglich, sie auf akzeptables Niveau zu reduzieren
- Verbesserungen in der Steuerungstechnologie für Verschmutzung könnten ineffektiv werden (Abgassysteme mit Katalysator)

Verschmutzungsvermeidung ist nachhaltiger und kostengünstiger!

4 Wissenschaftliche Grundsätze zur Nachhaltigkeit

- Lernen von der Natur (hat Milliarden von Jahren überlebt und Veränderungen angepasst)
- Abhängigkeit von Sonnenenergie (Sonnenkapital)
- Nährstoffkreislauf; natürliche Prozesse recyceln chemische Substanzen, die Pflanzen und Tiere benötigen um am Leben zu bleiben (wenig bis kein Abfall in natürlichen Systemen)
- Bevölkerungskontrolle; Konkurrenz um beschränkte Ressourcen
- Biodiversität; Artenvielfalt, ermöglicht Lebewesen sich an veränderte Umweltbedingungen anzupassen

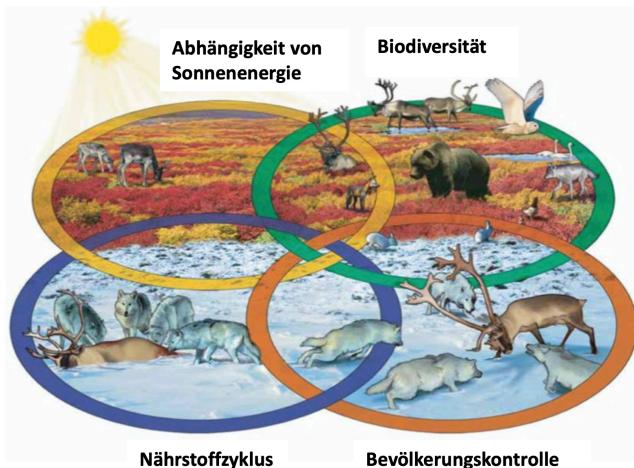


Abbildung 3: Biodiversität

5 Systeme

System setzt sich aus einer Reihe von Bestandteile zusammen, die regulär Funktionieren und miteinander interagieren. (Körper, Wirtschaft, Fluss)

5.1 Einfaches Modell der Wirtschaft

- Eingangsgrößen aus Umwelt
- Stoff- und Energiefüsse
- Ausgangsgrößen in die Umwelt

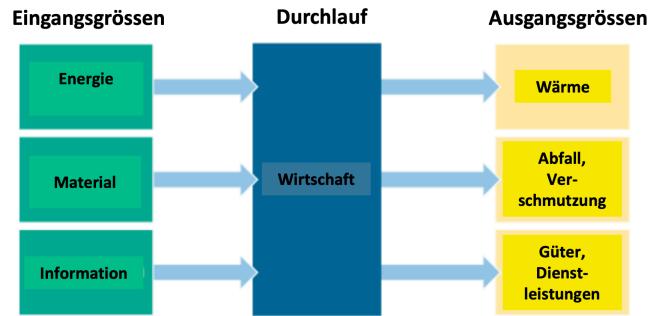


Abbildung 4: Modell der Wirtschaft

5.2 Systemdenken - System-Thinking

Ganzheitlicher analytischer Ansatz mit Fokus auf Wechselbeziehung zw. Systembestandteile. Wie ist das Systemverhalten über die Zeit, wie verhält sich das System im Kontext mit verbundenen/angrenzenden Systemen. Wird in unterschiedlichen Bereichen verwendet zur Modellierung (Medizin, Ingenieurswesen, Wissenschaften, usw.)

5.2.1 Feedback-Mechanismen

Jedes System reagiert auf Veränderungen (Reaktion).

5.2.1.1 Positiver Feedback-Mechanismus (feedback loop)

Ein **reinforcing loop** bringt das System dazu sich in die gleiche Richtung zu verändern.

5.2.1.1.1 Beispiele

- menschliche Bevölkerung
- Abschmelzen von Polareis (Reflektiert Licht, weniger Eis - mehr Wärme)
- Rückgang der Vegetation

5.2.1.2 negativer Feedback-Mechanismus

Ein **balancing loop** bringt System dazu sich in die entgegengesetzte Richtung zu verändern.

5.2.1.2.1 Beispiele

- Ölpreis
- Raubtier/Beutetier Bevölkerung (Hase/Fuchs-Population)
- Thermostat, steuert wie oft und wie lange ein Heiz- und Kühlssystem laufen soll

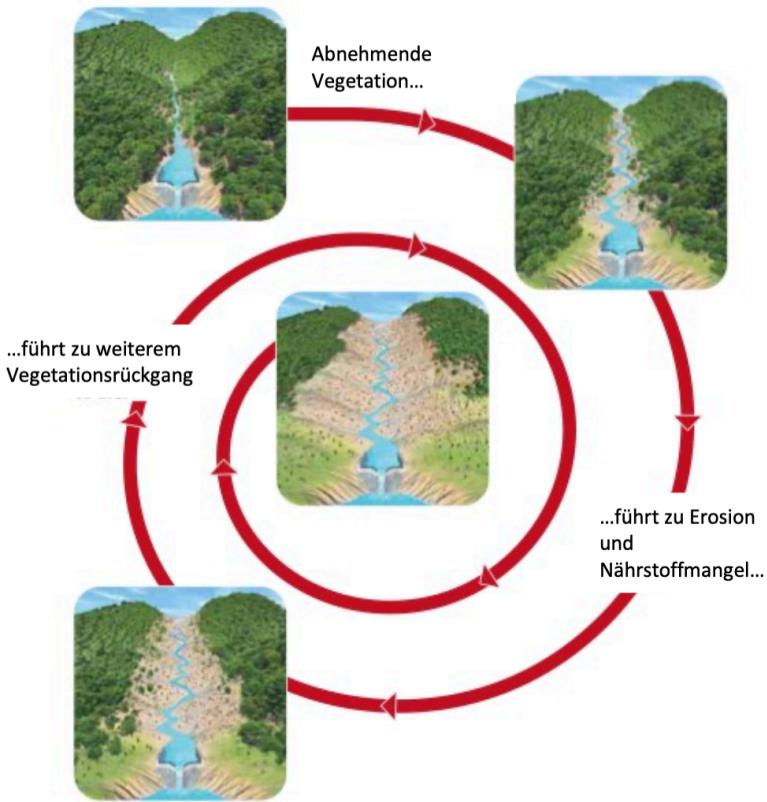


Abbildung 5: Reinforcing loop am Beispiel einer abnehmenden Vegetation

5.2.2 Zeitverzögerungen

Komplexe Systeme weisen häufig Zeitverzögerungen zwischen dem Eingang eines Rückkoppelungsimpulses und der Reaktion auf. Zeitverzögerungen können dazu führen, dass Systeme ihren Kippunkt (Schwellenwert) erreichen (keine Regeneration mehr möglich). Als Beispiel Vegetation mit Erosionen (Wüste) oder Klimawandel.

5.2.3 Synergetische Zusammenwirken

System-Effekte können durch synergetische Zusammenwirken verstärkt werden (Raucher + Minenarbeiter -> Effekt multipliziert sich).

5.3 Causal loop Diagramm (CLDs)

Ist ein wichtiges Tool zum Darstellen von Feedback-Strukturen eines Systems. Das Diagramm ist eine Abbildung die einen Kausalzusammenhang von Ursache und Wirkung mit Pfeilen darstellt. Ermöglicht die Bestimmung der Polarität von Feedbackloops. Die Kennzeichnung der Polarität jedes Kausalzusammenhangs ist erforderlich, um das Gesamtsystem zu verstehen.

5.3.1 Jede Verknüpfung muss eine kausale Beziehung zwischen den Variablen darstellen

CLDs sollten die Struktur des echten Systems gut genug nachbilden, so dass sich das Modell genauso verhält wie das eigentliche System.

- System mit fiktiven Variablen A, B und C
- Annahmen
 - Wenn A zunimmt, nimmt B zu ($\uparrow\uparrow$)
 - > Pfeile zeigen in die gleiche Richtung -> Plus zuweisen (+)
 - > Variablen können auch in die gleiche Richtung abnehmen $\downarrow\downarrow$ -> ebenfalls Plus (+)
 - Wenn B zunimmt, nimmt C ab ($\uparrow\downarrow$)
 - > Pfeile zeigen in entgegengesetzte Richtungen -> Minus zuweisen (-)
 - Wenn C abnimmt, nimmt A ab ($\downarrow\uparrow$)
 - > Pfeile zeigen in entgegengesetzte Richtungen -> Minus zuweisen (-)

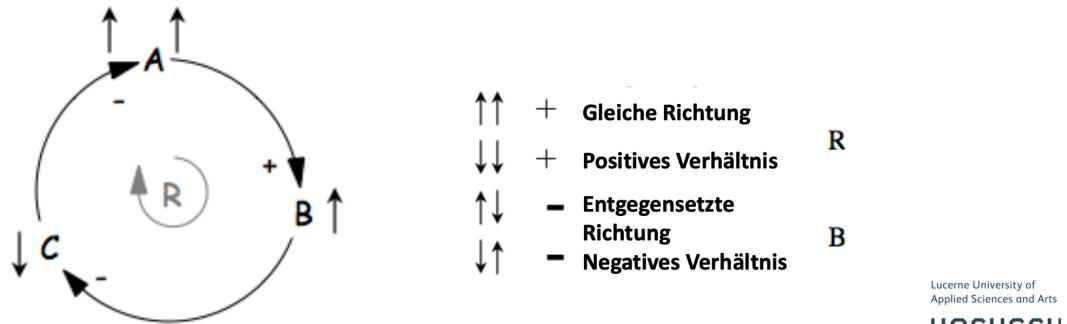


Abbildung 6: Causal loop diagram mit Erklärung

6 Klimawandel

6.1 Natürlicher Klimawandel

Das Klima unterliegt natürlichen Schwankungen

- Klimaänderungen sind weder neu noch ungewöhnlich
- In der Atmosphäre gab es in der Vergangenheit immer wieder ausgedehnte Perioden der globalen Kühlung und Erwärmung
- Abwechselnde Zyklen der Kühlung und Erwärmung werden als Eiszeit und Zwischeneiszeit bezeichnet.

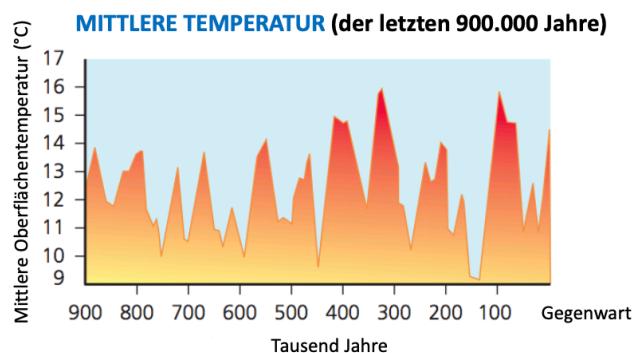


Abbildung 7: Mittlere Temperatur der letzten 900'000 Jahre

6.1.1 Milankovic-Zyklen

Serbischen Mathematiker entwickelte in den 1930er Jahre den Zyklus. Die Theorie benennt drei Schwankungen:

1. Umlaufbahn der Erde verändert sich immer wieder von nahezu kreisförmig bis leicht elliptisch. Die Zyklusdauer ist etwa 100'000 Jahre. Grösster Einfluss auf Wärmeschwankungen.

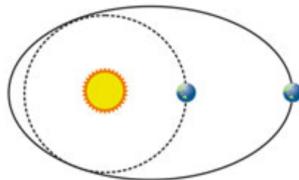


Abbildung 8: Schwankungen der Umlaufbahn

2. Die Schiefe - Neigungswinkel der Erdachse schwankt zwischen 22.1° und 24.5° . Die Zyklusdauer dauert 41'000 Jahre. Landmasse der nördlichen Hemisphäre neigt sich mehr / weniger der Sonne zu. Führt zur Erwärmung / Kühlung

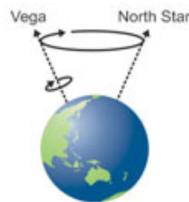


Abbildung 9: Schwankungen der Schiefe

3. Richtung der Achsenneigung ändert sich (Präzession genannt). Zyklusdauer von 26'000 Jahre. Verursacht wärmere oder kältere Winter, je nachdem wie viel Landmasse der Sonne zugeneigt ist.

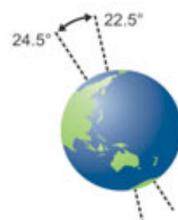


Abbildung 10: Schwankungen der Achsenneigung

Anteil CO_2 in Eis korreliert mit der Temperatur. Je mehr CO_2 umso höher die Temperatur.

6.1.2 Sonnenflecken

Sonnenflecken variieren hinsichtlich Grössen und Anzahl. Aufzeichnungen seit dem 18. JH zeigen, dass die Anzahl der Sonnenflecken zyklisch verläuft. Zyklus zwischen Höchstwerte beträgt 11 Jahre.

- Innerhalb eines Sonnenflecks liegt ein starkes Magnetfeld vor
- Richtung des Magnetfeldes kehrt sich alle 11 Jahre um -> Sonnenfleck-Zyklus beträgt 11 Jahre.
- Die Anzahl der Sonnenflecken verändert Solarstrahlung -> Solarstrahlung steigt mit der Anzahl der Sonnenflecken und bewirkt globalen Temperaturanstieg

6.1.3 Oszillation

Oszillationen sind weniger regelmässige Zyklen, die von ein paar Monaten bis zu mehreren Jahrzehnten andauern können. Die Ursache ist bisher noch weitestgehend unbekannt. Auswirkungen auf globales Wettergeschehen sind jedoch hinreichend bekannt. Oszillationen werden im Allgemeinen anhand von Änderungen des Luftdrucks, der Meerestemperatur und der Windrichtung über Ozeane bestimmt. Es gibt drei Haupt-Oszillationen:

- El Niño/Südliche Oszillation (ENSO) - erstreckt sich über Südpazifik mit Periodizität von 3 bis 8 Jahren
- Pazifische Dekaden-Oszillation (PDO) - erstreckt sich über gesamten Pazifik mit Periodizität von 2 bis 3 Dekaden
- Nordatlantische Oszillation (NAO) - erstreckt sich über Nordatlantik Periodizität von etwa einer Dekade

6.1.3.1 El Niño/Südliche Oszillation (ENSO)

Ist die wichtigste aller Oszillationen. Als Gegenpart names La Niña mit entgegengesetzten Effekten. Wichtigste Indikatoren des El Niño sind:

- Anstieg des Luftdrucks über dem indischen Ozean
- Gleichzeitig Druckabfall über Mittel- und Ostpazifik
- Tropische Passatwinde schwächen sich ab oder drehen ihre Richtung
- Warmes und nährstoffarmes Wasser erreicht Westküste von Südamerika
- Kaltes und nährstoffreiches Wasser wird verdrängt
- Meeresspiegel im Westpazifik steigt um ca. 0.5 m

Der Multivariante El Niño Index (MEI) ist ein Ansatz zur Messung des ENSO. Globaltemperatur und MEI korrelieren stark miteinander. Ausnahmen sind Jahre mit grossen Vulkanausbrüchen.

6.1.3.2 Vulkane

Vulkane können einen erheblichen Einfluss auf das Erdklima haben. Durch Ausbrüche gelangen Asche und Gase in die obere Atmosphäre. Die Schwefelgase werden in Sulfat-Aerosole umgewandelt -> wichtiger Faktor für Wolkenbildung. Vulkanausbrüche können die Globaltemperatur für bis zu 3 Jahre absenken.

6.1.3.3 Albedo-Effekt

Ist das Reflexionsvermögen einer Oberfläche. Misst die Absorptionsstärke einer Oberfläche. Größtes Reflexionsvermögen hat Neuschnee, gefolgt von Altschnee und Wüstensand. Die Menge der ankommenen Strahlung, die reflektiert wird, beeinflusst das Temperaturniveau erheblich. Der Albedo der Erde ist nicht konstant, sondern variiert mit der Jahreszeit - beeinflusst von der antarktischen Meereisdecke und Schneedecke des Festlandes. Verschwinden die antarktischen Meereisdecke und Schneedecke auf dem Festland würde die Temperatur auf der Erde um bis zu 3.5°C erhöhen.

6.2 Anthropogener Klimawandel

6.2.1 Heutiges Klima

Seit 10'000 Jahren befindet sich das Klima der Erde in einer Zwischeneiszeit. Es zeichnet sich durch ein relativ stabiles Klima und einer relativ konstanten globalen Durchschnittstemperatur an der Oberfläche aus. Ermöglichte die Landwirtschaft und verursacht Bevölkerungswachstum.

Seit dem letzten Jahrhundert steigt jedoch die Temperatur.

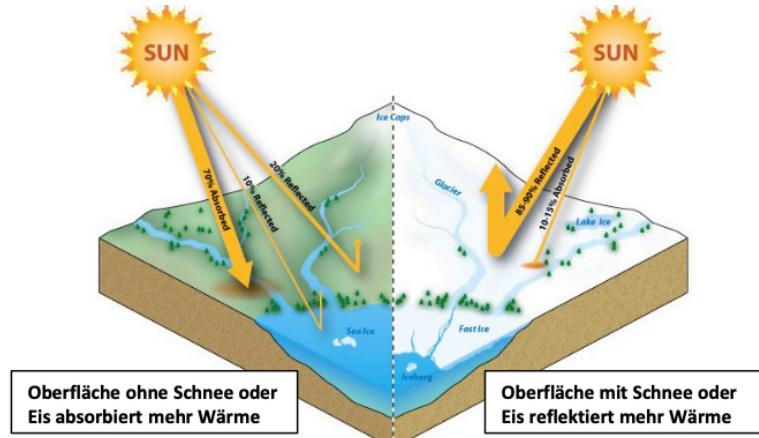


Abbildung 11: Albedo-Effekt

TEMPERATURVERÄNDERUNG (während der letzten 22.000 Jahre)

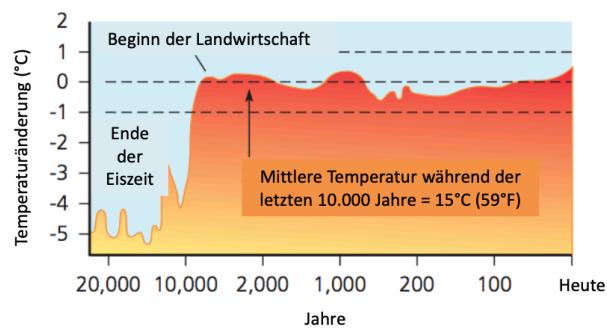
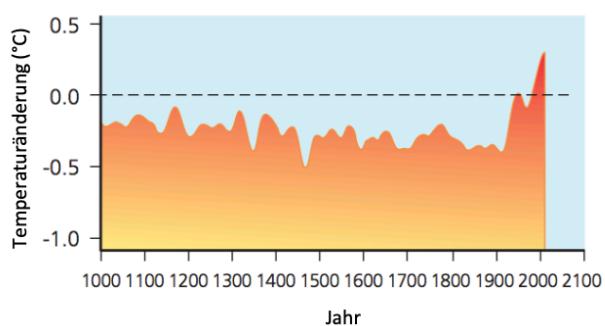


Abbildung 12: Temperaturveränderung nach Zeit

TEMPERATURVERÄNDERUNG (während der letzten 1.000 Jahre)



MITTLERE TEMPERATUR (während der letzten 130 Jahre)

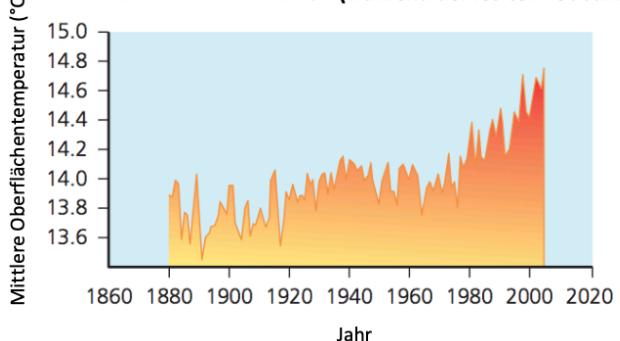


Abbildung 13: Veränderung der Temperatur in kurzer Zeitspanne

6.2.2 Treibhauseffekt

Leben auf der Erde beruht auf dem natürlichen Treibhauseffekt, ohne wäre es zu kalt. Seit der industriellen Revolution deutlicher Anstieg von CO_2 -, CH_4 - und N_2O -Gehalt in der unteren Atmosphäre. Zunahme vor allem auf Landwirtschaft, Abholzung und Verbrennung fossiler Brennstoffe zurückzuführen. Messungen von CO_2 und CH_4 in Kernbohrungen von Gletschereis weisen auf eine hohe Korrelation zwischen Konzentrationsniveau und globale Durchschnittstemperatur hin.

Der Anstieg des CO_2 -Niveau verdoppelte sich beinahe in den letzten 300 Jahren. Die CO_2 -Emissionen steigen aktuell mit einer Rate von etwa 3.3% pro Jahr. Der Anstieg des Niveaus auf über 450 ppm sollte vermieden werden. Dies ist geschätzter Kipppunkt, der massive Klimaveränderung in Gang setzen könnte. Idealerweise erreichen wir eine Reduktion von CO_2 auf 350 ppm, was dem vorindustriellen Niveau entspricht. Das Klima der Erde könnte sich stabilisieren.

6.2.2.1 Treibhausgasemissionen

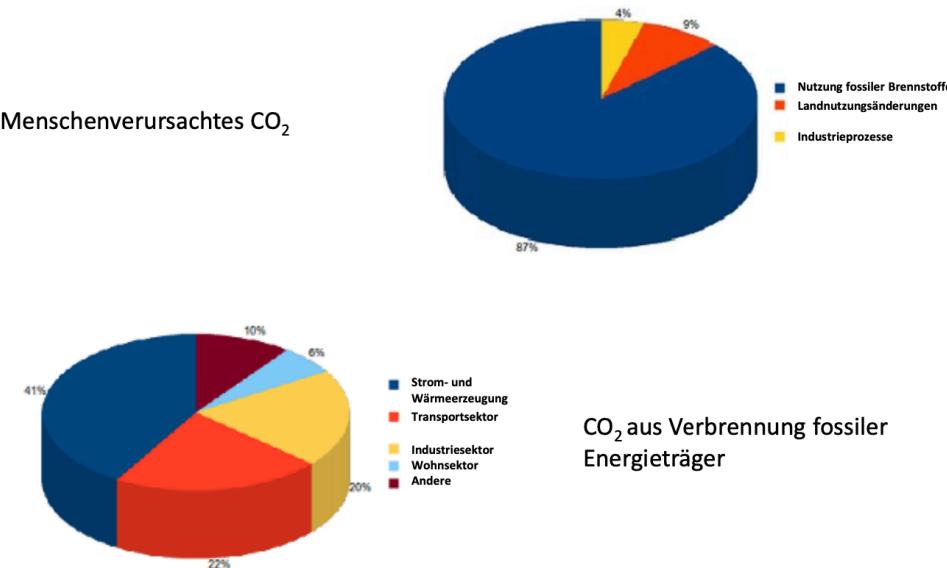


Abbildung 14: Treibhausgasemissionen

6.2.3 Treibhausgapotential - Global Warming Potential (GWP)

Beschreibt die mögliche Auswirkungen jedes Treibhausgases. Einige Gase haben grösseren Einfluss auf die Erwärmung der Atmosphäre als andere. Wichtigste Eigenschaften in Bezug auf die Klimawirkung sind:

- Energieabsorptions-Potential (verhindert, dass Energie in Weltraum entweicht)
- Verweilzeit von Gas in der Atmosphäre

Das Treibhausgapotential misst die Gesamtenergie die das Treibhausgas im Vergleich zu CO_2 über einen Zeitraum von 100 Jahren absorbiert. 60% der Methanemissionen sind während der letzten 275 Jahre entstanden. Stickstoffoxid hat sich während der selben Zeitspanne um ~20% erhöht.

Entscheidender Faktor für das Treibhauspotential ist wie viel mehr Wärme das Gas zurückhält. Schlimmstes intensivstes Gas in Stickstoffoxid.

Treibhausgas	Chemische Formel	Treibhauspotenzial 20 Jahre	Treibhauspotenzial 100 Jahre
Kohlenstoffdioxid	CO_2	1	1
Methan	CH_4	42-70	16-26
Stickstoffoxid	N_2O	280	310

Abbildung 15: Treibhauspotential der THG

6.3 Folgen einer wärmeren Atmosphäre

6.3.1 Abschmelzen von Permafrost

Permafrost bezeichnet einen Boden mit einer Temperatur unterhalb des Gefrierpunktes während zwei oder mehr Jahren. Die Methanmenge in Permafrostböden beträgt 50-60 mal mehr als die aktuelle Menge an CO_2 durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe. 10-20% des Permafrostes könnte innerhalb dieses Jahrhunderts verschwinden.



Abbildung 16: Gebiete mit Permafrost

6.3.2 Abschmelzen von Schnee und Eis

Die arktische Schneedecke nahm in den letzten 30 Jahren um 10% ab. In naher Zukunft wird es kein Sommer ohne schwimmendes Meereis geben. Gebirgsgletscher schmelzen und verschwinden in vielen Teilen der Welt. Schmelzendes Meereis führt nicht zu einem steigenden Meeresspiegel, Festlandeis hingegen schon.

6.3.3 Steigender Meeresspiegel

Der Meeresspiegel könnte in diesem Jahrzehnt um bis zu 60cm steigen. Einerseits durch schmelzen des Landeises (1/3), sowie durch die Ausdehnung des Wassers (2/3) infolge der höheren Temperatur. Wenn Grönlands Gletscher den irreversiblen Kippunkt erreichen, könnte der Meeresspiegel um 1-2 Meter ansteigen. Es wären mit grossen Klimafolgen zu rechnen:

- Abtragung von ca. 1/3 der Küstengebieten, Sumpfgebiete und Korallenriffe
- Beeinträchtigung der küstennahen Fischerei
- Überflutung von Tiefebenen in Küstengebieten
- Kontaminierung von Süß- durch Salzwasser
- Überflutung von tiefliegenden Inseln im Pazifik, Karibik und indischen Ozean
- Umsiedlung von min. 100 Mio Menschen (ab Meeresspiegelerhöhung von 0.5m)

6.3.4 Auswirkungen auf Biodiversität

~30% des landgebundenen Pflanzen- und Tierarten könnten aussterben wenn die globale durchschnittliche Temperaturänderung 1.5-2.5 C° übersteigt. Anteil könnte bis auf 70% ansteigen, wenn die Temperatur auf 2.5C° steigt. Die Erwärmung beeinflusst auch die biologische Uhr von Vögeln, Walen und anderen Wandertiere -> Migration zu flaschen Orten und Zeiten. Ökosysteme brechen zusammen (Korallenriffe, Polarmeere) und Arten werden aussterben.

6.4 Folgen für Menschen

6.4.1 Nahrung

- Landwirtschaftliche Ertragsfähigkeit wird in manchen Gebieten steigen, in anderen sinken
- Ernteproduktivität wird voraussichtlich in mittleren bis höheren Breitengraden leicht steigen
- Landwirtschaftliche Ertragsfähigkeit wird in Tropen und Subtropen schwinden
- Flussüberflutungen und Dürren reduzieren Ernteertrag
- Unterernährung/Hunger durch die Folgen des Klimawandels

6.4.2 Gesundheit

- Hitzebedingtes Sterben wird steigen, Kältetode hingegen weniger
- Bessere Lebensbedingungen für sich schnellvermehrende Insekten, Mikroben, giftige Pilze
- Infektionskrankheiten werden sich wahrscheinlich ausbreiten
- Höhere Temperaturen erhöhen auch einige Formen der Luftverschmutzung wie zum Beispiel Smog
- WHO schätzt, dass der Klimawandel aktuell zu mehr als 150'000 vorzeitigen Todesfällen im Jahr beiträgt

6.5 Reduktionsstrategien

Die Verbesserung der Energieeffizienz um Einsatz fossiler Brennstoffe zu reduzieren. Übergang von nicht erneubaren Brennstoffen zu erneuerbaren Energiequellen. Ende der Abholzung tropischer Regenwälder. Effektivität dieser Strategien würde durch geringere Bevölkerung wesentlich verstärkt werden:

- Weniger CO₂-Verursacher
- Weniger Armut
- Abnehmender Bedarf an Landfläche für Ernte und Brennstoffe
- realisierbar?

6.5.1 Geo-Engineering

- Aufnahem und Speicherung von CO_2 und in den Boden einlassen
- Zufuhr von Sulfatpartikeln in die Stratosphäre (Vulkane nachahmen), reflektiert einfallende Sonnenstrahlung
- Weltraum-Sonnenschirm

7 Ökobilanz (LCA)

LCA = Life Cycle Assessment Ökobilanzen untersuchen Umweltaspekte und potenzielle Auswirkungen entlang des gesamten Produktlebenszyklus von der Rohmaterialbeschaffung, Produktion, Nutzung bis hin zur Entsorgung. Umweltaspekte umfassen Ressourcennutzung, menschliche Gesundheit und ökologische Konsequenzen (ISO 14040).

Eine Ökobilanz ist ein objektives Vorgehen zur Bewertung von Umweltbelastungen die mit einem Produkt, Prozess oder einer Aktivität in Verbindung stehen. Sie erfordert die Identifizierung der eingesetzten Materialien und der Energie sowie der freigesetzten Abfälle.

7.1 Vier Phasen der Ökobilanzierung

1. Festlegung von Ziel und Untersuchungsrahmen (welche Gegenstände ziehe ich mit ein)
2. Sachbilanz (LCI) - Sammlung relevanter Ein- und Ausgangsgrößen (Energieflüsse, Wasser, Transporte)
3. Wirkungsabschätzung (LCIA): Bewertung der potentiellen Umweltauswirkungen im Zusammenhang mit Ein- und Ausgängen (Wie viel der Schadstoffe hat welche Auswirkung -> Gewicht CO₂ Anteil an Erwärmung)
4. Auswertung: Bewertung der Ergebnisse in Bezug auf die Ökobilanz-Ziele

Die Bilanzierung ist ein iterativer Prozess.



Abbildung 17: Prozess der Ökobilanzierung

7.1.1 Festlegung von Ziel und Untersuchungsrahmen

- Breite und Tiefe der Studie wird definiert
- Ziel sollte eine Begründung für die Durchführung der Ökobilanz beinhalten
- Untersuchungsrahmen sollte folgendes enthalten:
 - Funktion des betrachteten Systems (insbesondere Primärfunktion)
 - Die **Funktionelle Einheit**
 - Systemgrenzen (einschliesslich Annahmen und Einschränkungen)
 - Datenanforderungen (akkurat und präzise, Alter, Quelle)
 - Art der Wirkungsabschätzung-Methodik (LCIA)
- Funktionelle Einheit (z.B. Emissionen je 1kWh)
 - Gibt an, auf welche Einheit, sich welche die Ein- und Ausgänge beziehen
 - Ermöglicht den Vergleich zwischen unterschiedlichen Systemen
- Wenn keine fundierte Vermutung gemacht werden kann, muss die Stufe ausdrücklich von der Ökobilanz ausgeschlossen werden.

Primäre Daten sind selber erhobene Daten, sekundäre Daten sind von Dritten erhobene Daten.

7.1.2 Umfang bzw. Dauer der Ökobilanz

cradle to grave: von der Wiege bis zur Bare

cradle to cradle: von der Wiege zur Wiege

7.1.3 Sachbilanz (LCI)

Datenerhebung ist Teil der Ökobilanz, welche alle relevanten Prozesse des Systems berücksichtigt. Bestimmung und Quantifizierung aller Ein- und Ausgänge des Systems:

- Rohstoffe oder Materialien
- Art und Menge der Energie
- Wasserverbrauch
- Emissionen durch bestimmte Substanzen in der Luft, Wasser und im Boden

7.1.4 Wirkungsabschätzung (LCIA)

- Bewertung der Größenordnung und Bedeutung von möglichen Umweltauswirkungen
- Wirkungsabschätzung wird in folgende Schritte aufgeteilt:
 - Klassifizierung und Charakterisierung
 - Normalisierung und Gewichtung

7.1.4.1 Wirkungsabschätzung (LCIA) - Wirkungskategorien (ICs)

- Wirkungskategorien stellen Umwelprobleme dar
- Ergebnisse der Sachbilanz werden den verschiedenen Wirkungskategorien zugeordnet
- Es gibt keine internationale Vereinbarung darüber, welche Kategorien angewendet werden müssen
- Mögliche Wirkungskategorien:
 - Globale Erwärmung/Klimawandel
 - Versauerung
 - Smogbildung
 - Stratosphärischer Ozonabbau
 - Eutrophierung (Überdüngung von Gewässern)
 - Kanerogenität auf Menschen (Krebseregen)
 - Ökotoxizität (aquatisch, terrestrisch)

8 Energie

Energie ist eine physikalische Grösse eines Stoffes oder eines Systems, die es erlaubt Arbeit zu verrichten. Energie kann auch als Speicherform von Arbeit betrachtet werden. Es gibt ganz unterschiedliche Formen von Energie. Im Allgemeinen gilt Energieerhaltung, d.h. Energie kann weder hergestellt noch vernichtet werden. Energie kann jedoch von einer Form in eine andere umgewandelt werden. Beispiele von Energieformen sind:

- Potentielle Energie: $E = m * g * h$
- Kinetische Energie (Bewegungsenergie): $E = \frac{1}{2} * m * v^2$
- Elektrische Energie: $E = U * I * \Delta t$
- Wärmeenergie: $Q = M * c_v * \Delta T$
- Chemische Bindungsenergie: $G = H - TS$
- Nukleare Energie: $E = m * c^2$

Grundeinheit der Energie ist Joule (J), in der Ernährung cal oder $kcal$: $1cal = 4.19J$

8.1 Energie vs. Leistung

Die Leistung P ist das Verhältnis von verrichteter Arbeit oder aufgewendete Energie ΔE pro verstrichene Zeit Δt . Die Leistung wird in Watt (W) gemessen und entspricht der Anzahl Joule, die pro Sekunde aufgewendet/verbraucht werden.

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

$$P = W = \frac{J}{s}$$

Ein Schweizer verbraucht pro Tag ca. 280MJ. Umgerechnet könnte er damit ca. 80 Minuten Auto fahren.

8.2 Energieverbrauch Schweiz pro Jahr bis 2019

Der Energieverbrauch stieg nach dem 2. Weltkrieg rasant. Die Förderkosten für fossile Brennstoffe sanken durch bessere Technologie und die Nutzung dieser Brennstoffe wurde bezahlbar. 2/3 unserer Energieressourcen stammen von fossilen Energieträger.

Welcher Anteil der verbrauchten Energie wird in der Schweiz produziert?

25% des gesamten Energiebedarfs

Wie gross ist die Energiemenge, die eine Person pro Tag in Form von Nahrung verbraucht (Nährwert)?

ungefähr 8-10 MJ

Welcher Anteil der Nahrung wird in der Schweiz produziert?

In etwa 60% der Nahrung wird in der Schweiz produziert.

8.3 Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch

Der Energieverbrauch sinkt langsam, obwohl der BIP kontinuierlich steigt. Ursache dafür ist die Verschiebung von produzierender Industrie zum Dienstleistungsland. Dienstleistungen benötigen weniger Energie als die Produktion von Gütern.

8.4 Primär- und Sekundärenergie

Primärenergieträger sind in ihrer naturbelassenen Grundform und wurden noch nicht umgewandelt oder technisch aufbereitet. Sekundärenergieträger sind in einer nutzerfreundlichen Form und wurden durch Umwandlung oder technischer Aufbereitung aus Primärenergieträger gewonnen. Bei der Umwandlung von Primär- in Sekundärenergie gibt es immer energetische Verluste, entweder aufgrund unvollständiger Prozesse oder in Form von Abwärme.

8.5 Wirkungsgrad

Ist das Verhältnis zwischen Anfangsenergie oder zugeführter Energie und der Nutzenergie. Der Wirkungsgrad steigt, wenn man die Wärme nutzt, die bei der Produktion von z.B. Strom anfallen. Die Differenz von Gesamt- und Nutzenergie wird als Verlust bezeichnet, häufig in Form von Abwärme.

8.6 Fossile Energieträger

Erdöl und Erdgas sind durch Organismen in Meeren und Flüssen entstanden. Kohle entsteht durch Bäume und Pflanzen. Bei der Verbrennung von fossilen Brennstoff entsteht die dreifache CO_2 Masse (1kg fossiler Brennstoff = 3 kg CO_2)

8.6.1 Heizwerte

Der Heizwert ist bei einer Verbrennung die maximal nutzbare Wärmemenge, bei der es nicht zu einer Kondensation des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes kommt.

$$40MJ/kg = 10kWh/kg$$

8.6.2 Erdöl / Erdgas

In der Schweiz eingeführte fossile Energieträger sind etwa 20% in der Form von Erdgas und 80% in der Form von Erdöl oder Erdölprodukte. Rohöl stammt meist aus Nord- und Westafrika. Bei der Verbrennung von Erdgas entsteht etwa 25% weniger CO_2 als bei der Verbrennung von Heizöl mit gleichem Energiegehalt. Das meiste Erdgas welches in Europa verbraucht wird, stammt vor allem aus Russland, Norwegen und Algerien.

8.7 Elektrizität

Der Schweizer Jahresverbrauch der Elektrizität beträgt ungefähr 25% des gesamten Energiebedarfs ($\sim 62'000$ GWh). Mehr als die Hälfte davon wird mit Wasserkraft produziert. 36% der Elektrizität wird mit Kernkraft generiert. Grosse Stromverbraucher in der Schweiz sind Haushalt, Industrie und Dienstleistungssektor. Verkehr und Landwirtschaft nimmt eine eher kleinere Rolle ein.

Der Anteil der Stromkosten an einem durchschnittlichen Produkt beträgt lediglich 1%.

8.7.1 Stromverbrauch Haushalte

Der Verbrauch ist sehr individuell und hängt von diversen Faktoren ab. Ein Verbrauch zwischen 50% bis 200% des typischen Verbrauchs sind dabei keine Ausnahme.

8.8 Vergleich fossile Energieträger vs. Elektrizität

8.8.1 Fossile Energieträger

pro	contra
* Verhältnismässig billig	* keine inländische Ressourcen -> Abhängig von Drittstaaten
* Porblemlos speicherbar	* ineffiziente Umwandlung in Nutzleistung
* hohe Energiedichte	* CO_2 Emission bei Umwandlung
*	* nicht erneuerbar

8.8.2 Elektrizität

pro	contra
• jede Primärenergiequelle kann zur Stromerzeugung dienen	• Sekundärenergieform -> Verluste bei der Umwandlung
• einfach und effizient verteilbar	• sehr schlechte Speicherfähigkeit
• einfach und genau zu messen, zu steuern und zu regeln	• Hochspannungsleitungen beeinflussen das Landschaftsbild
• effiziente und einfache Umwandlung in Nutzleistung	• Kraftwerke, Transport- und Verteilungsnetze sind sehr kapitalintensiv

9 Kernenergie

9.1 Energie aus Atomkernen

Die Energie, die bei diesen Prozessen frei wird, ist primär kinetische Energie der Zerfallsprodukte. Diese Energie wird in einem Reaktor in Wärme umgewandelt, welche dann in einer Wärmekraftmaschine (Prinzip Dampfmaschine) zur Erzeugung von Strom genutzt wird.

9.1.1 Kernspaltung

Ein Kern grosser Nukleonenzahl und kleiner Bindungsenergie pro Nukleon wird in zwei Bruchstücke mittlerer Nukleonenzahl und grösserer Bindungsenergie pro Nukleon zerlegt, wobei pro Nukleon die Differenz der

Bindungsenergie frei wird.

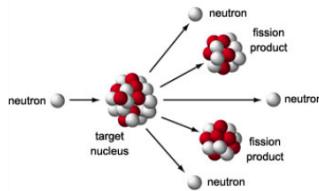


Abbildung 18: Kernspaltung

9.1.2 Kernfusion

Zwei Kerne kleiner Nukleonenzahl und kleiner Bindungsenergie pro Nukleon werden durch Kernverschmelzung in einen einzigen Kern grösserer Bindungsenergie pro Nukleon verschmolzen.

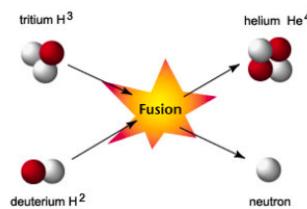


Abbildung 19: Kernfusion

9.2 Kernenergie vs. chemische Energie

In Kernreaktionen werden die Atomkerne verändert. Das bedeutet, dass sich Elemente in andere umwandeln können. Bei diesem Kernprozess ist 10^6 Mal mehr Energie involviert wie in chemischen Reaktionen. Chemische Reaktionen finden in der Elektronenhülle statt. Chemische Bindungen werden dabei gebrochen oder gebildet, was Energie braucht oder frei lässt. Moleküle werden verändert, aber nicht die Atomkerne. Chemische Reaktionen haben keinen Einfluss auf die Radioaktivität.

9.3 Kernspaltung und Kettenreaktion

Bei der Kernspaltung eines ^{235}U werden 2-3 schnelle Neutronen frei. Die schnellen Neutronen müssen abgebremst werden um andere Kerne zu spalten. Der Moderator (meist Wasser) bremst Neutronen ab. Kontrollstäbe absorbieren Neutronen, damit jeweils ein Neutron eine weitere Spaltung auslösen kann. Damit kann Spaltung linear kontrolliert werden.

Kernkraft braucht raffiniertes ^{235}U welches auf 2-4% angereichert wird.

9.4 Druckwasserraktor

Reaktorbehälter steht unter grossen Druck, womit das sieden des Wassers verhindert wird. In weiteren Wasserkreisläufen wird Dampf für die Stromerzeugung und Rückkühlung verwendet. Wirkungsgrad 33%

9.5 Siedewasserreaktor

Das Wasser im Reaktor siedet und wird direkt weiterverwendet. Wirkungsgrad 33%

9.6 Problem Radioaktivität

Instabile/radioaktive Atomkerne zerfallen und geben dabei radioaktive Strahlung ab. Die resultierenden Zerfallskerne können stabil oder instabil/radioaktiv sein und weiterzerfallen.

9.6.1 Radioaktive Strahlung

Beim radioaktiven Zerfall werden elektromagnetische Wellen oder Teilchen emittiert. α , β , γ Teilchen entstehen.
 γ Strahlen sind heikel, da sie mehrere Kilometer erreichen.

9.6.1.1 Abschirmung

Wasser, Alu, Beton, Eisen und Blei sind für alle drei Teilchen gute Abschirmungsmaterialien.

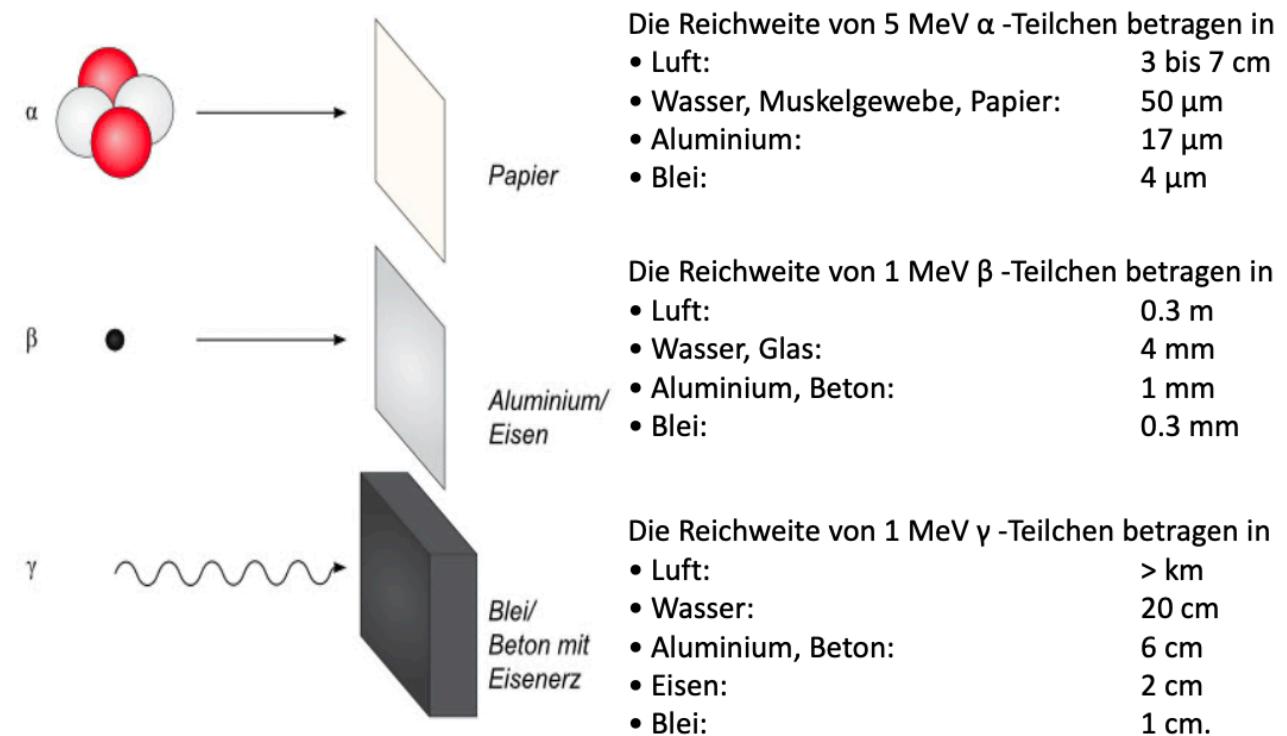


Abbildung 20: Abschirmung

9.7 Halbwertszeit und Aktivität

Der radioaktive Zerfall ist echt zufällig und statistischer Natur, er kann nicht vorausgesagt werden. Bei grosser Anzahl radioaktiver Kerne gehorcht die Anzahl radioaktiver Kerne mit einem exponentiellen Zerfall mit einer Halbwertszeit.

9.7.1 Halbwertszeit

Gibt an, wie lange es dauert, bis noch die Hälfte der ursprüngliche Menge radioaktiver Kerne übrig bleibt.

9.7.2 Aktivität

Anzahl Kerne, die pro Sekunde zerfallen. Die Aktivität hat die Einheit **Becquerel** (Bq).

9.7.3 Beispiel

Zerfall von anfänglich 1000 Kernen, die mit einer Zerfallszeit von 10 Tagen verfallen. Nach 10 Tagen gibt es noch 500 Kerne, nach 20 Tagen noch 250, usw. Kerne.

9.8 Radioaktive Abfälle

Jährlich werden aus den 5 CH-Reaktoren 60-75 Tonnen verbrauchte, hochradioaktive Brennelemente und Abfall entladen. Die NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle - Inventarisiert, prüft Lagerstätten usw. kümmert sich um "Abfälle".

9.8.1 Strahlenbelastung

Radioaktivität ist Teil der Natur. Die Betrachtung wird der Strahlungsart und -energie als Äquivalenzdosis bezeichnet und in Sievert (Sv) angegeben.

9.8.1.1 Gefährlichkeit radioaktiver Strahlung

Kontamination (Verunreinigung) mit radioaktivem Material, die zu andauernder Bestrahlung führt. Inkorporation (Aufnahme) radioaktiver Substanzen in den Körper durch Einatmen oder Essen/Trinken. Verstrahlt bedeutet - analog der Verbrennung - eine durch Bestrahlung hervorgerufene erhebliche Schädigung oder Verletzung. Die Gefahr geht dabei nicht von der Radioaktivität aus, sondern von der daraus ausgehenden ionisierenden Strahlung.

Grenzwerte

0.3 mSv/a für Bevölkerung

20 mSv/a für beruflich strahlenexponierte Personen

10 Erneuerbare Energien

Unter erneuerbare Energien fallen Wasserkraft (potentielle), Solarenergie (elektromagnetisch), Windkraft (kinetisch), Geothermie (thermisch) sowie Biomasse (chemisch). Genutzt wird als Sekundärenergie Strom und Wärme.

10.1 Wasserkraft

Die Schweiz nutzt viel Wasserkraft mit Lauf- (Fluss) und Speicherkraftwerke. Pumpspeicherkraftwerke machen einen kleinen Teil aus und werden genutzt um Spitzen zu brechen.

10.2 Solarenergie

Die Sonnenintensität, die auf die Erde fällt nennt man die Solarkonstante. Einen Teil der Sonnenleistung wird durch die Atmosphäre absorbiert und reduziert sich auch durch Wolken und geografische Lage (Einfallsinkel).

10.3 Photovoltaik und Solarwärme

Die Sonnenenergie wird hauptsächlich zur Strom- und Wärmeproduktion gebraucht. Als weitere Anwendung wird direkte Wasserstoffproduktion getestet.

10.3.1 Thermische Solaranlagen

Liefern im kleinen Massstab Wärmeenergie für die Nutzung in Haushalte.

10.3.2 Thermische Solarkraftwerke

Liefern Wärme im grösseren, industriellen Massstab und sehr hohen Temperaturen. Wärme wird hauptsächlich in elektrischen Strom umgewandelt.

10.3.3 Photovoltaik

Direkte Umwandlung von Sonnenlicht in Elektrizität mit Hilfe von Solarzellen, die auf inorganischen (z.B. Silizium) oder organischem Halbleitermaterial basieren.

10.4 Windkraft

Die Schweiz ist kein Windland, hat aber gute und attraktive Standorte. Grösster Windpark steht auf dem Mont Crosin im Berner Jura. Bedingung für Windkraftanlagen sind mittlere Windgeschwindigkeiten von > 5.5m/s.

10.5 Geothermie

Erdwärme nennt man die Form von Wärme, welche unterhalb der Oberfläche der festen Erde stammt. Sie entsteht hauptsächlich aus dem Zerfall von natürlich vorkommender radioaktiver Elemente. Schon ab 18 Meter ist die Bodentemperatur das ganze Jahr über konstant. Im Durchschnitt steigt die Temperatur $3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. In 5000 Meter Tiefe herrscht eine Temperatur von ca. 200°C .

Die Erdwärme lässt sich mit Hilfe versch. Methoden, meist in Verbindung mit einer Wärmepumpe, nutzen.

- vertikale Erdwärmesonden
- Grundwasserbrunnen
- Geostrukturen (Fundationspfähle, Schlitzwände)
- Warme Tunnelwässer

10.6 Thermokraftwerke

Produzieren Strom aus geothermischen Quellen.

10.7 Biomasse

Biomasse ist sämtliches durch direkte oder indirekte Photosynthese erzeugtes organisches Material, das nicht durch geologische Prozesse verändert wurde. Biomasse ist CO_2 neutral, da bei der energetischen Nutzung gleich viel CO_2 freigesetzt wird, wie ursprünglich aus der Luft gebunden wurde. Aus Biomasse kann Wärme, Strom oder Treibstoff gewonnen werden.

- Holzartige trockene Biomasse (z.B. Holz); Verbrennung und Vergasung
- Wenig verholzte, nasse Biomasse (z.B. Gülle und Mist, biogene Abfälle); Vergärung
- Energiepflanzen; Biodiesel

Die verfügbare Menge an Biomasse und damit das theoretische Potential ist in der Schweiz (wegen Landesgrösse und Klima) beschränkt. Biotreibstoffe sind bezüglich Anbaufläche ineffiziente Energiequellen. Ausserdem gibt es negative Aspekte mit dem Einsatz von Düngemittel und Pestiziden, sowie der Konkurrenz zum Anbau von Lebensmittelpflanzen.

Allgemeinde Abfälle, Reststoffe und Waldholz weisen diese negativen Aspekte jedoch nicht auf und sind als Biotreibstoffe sinnvoller nutzbar.

11 Umweltökonomie

11.1 Volkswirtschaftslehre

VWL ist die Lehre über Produktion und Konsum von Gütern und die Verteilung des Wohlstands, um diese Güter produzieren und erwirtschaften zu können. Zusammenspiel der Marktteilnehmer (Bevölkerung), um die Bedürfnisse des Einzelnen zu befriedigen. Es wird unterschieden zwischen Makro- und Mikroökonomie. Mikroökonomie legt den Fokus auf die Handlungen einzelner Personen und Industrie (Käufer/Händler).

Marktpreis ergibt sich aus Angebot und Nachfrage eines Produktes.

11.2 Wirtschaftssystem

Ein System besteht aus versch. Komponenten in einer Systemgrenze und besteht aus Eingangs- und Ausgangsgrössen. Ein Wirtschaftssystem produziert Güter und Dienstleistungen, welche verteilt und konsumiert werden. Es gibt drei Kapitalquellen um ein Wirtschaftssystem am Leben zu halten:

- Naturkapital (Energie, Rohstoffen oder Ressourcen)
- Humankapital (Wissen, Erfahrung, Leute)
- Industriekapital (Maschinen, Fabriken, Anlagen, usw.)

11.3 Freie Marktwirtschaft

In einer freien Marktwirtschaft werden keine staatlichen Eingriffe im Markt getätigt (z.B. Subventionen, Steuern). Zwischen Käufer und Verkäufer herrscht vollkommener Informationsaustausch - keine Irreführung). Die Preise von Dienstleistungen und Gütern beinhalten alle direkten (Material, Personal, Anlagen) und indirekten Kosten (Entsorgung, Kosten die durch Verschmutzung anfallen, oder Kosten die bei einem Dritten anfallen).

11.4 Umweltökonomie

Ist ein Teilgebiet der Wirtschaftswissenschaften. Erkennt ökonomische und umwelttechnische Interessen gleichermassen an. Ziel ist das Gleichgewicht zwischen ökonomischen und umweltbezogenen Interessen unter Berücksichtigung aller Kosten- und Nutzenfaktoren herzustellen. Unter der Berücksichtigung von Umweltverschmutzung und Ressourcenknappheit. Die klassische Wirtschaftstheorie bildet diese nicht ab.

11.5 Probleme in der Umweltökonomie

Historisch betrachtet werden Güter und DL aus Ökosystemen als unbegrenzt angesehen (keine Mangelware). Knappheit ist das Ergebnis von fehlerhaften Zuordnung dieser Güter und Dienstleistungen. Die Ursache ist das Problem der Preisfindung, wenn natürliche Ressourcen einen angemessenen Preis hätten, könnten diese nicht übernutzt werden, da Kosten zu hoch wären.

Die Ressourcen sind frei verfügbar (open-access). Klassische Wirtschaftstheorien können Verknappung von sauberer Luft, Meerwasser, usw. nicht verhindern, weil diese nicht am Markt erworben werden oder verkauft werden (Markversagen). Frei zugängliche Ressourcen sind nicht im Besitz von einer bestimmten Person und stehen frei zur Verfügung. Im Gegenteil davon die privaten Güter.

11.6 Tragik der Allmende

Viele frei zugängliche Ressourcen werden massiv übernutzt. Denkweise; "Wenn ich diesen Baum nicht holze, macht es jemand anderes" oder "Das gleiche machen so viele anderen, mein Anteil fällt nicht ins Gewicht." Es gibt drei Arten von Eigentum/Ressourcenanspruch:

- Privates Eigentum
- Öffentliches Eigentum
- Frei zugängliche Ressourcen (Open Access) -> Kein Eigentümer

11.7 Externalität

Sind externe bzw. indirekte Kosten. Unbezahlte Kosten, die durch eine Preiskorrektur berücksichtigt werden müsste. Fluss wird verschmutzt und die Bewohner flussabwärts tragen die externen Kosten. Es gibt aber auch positive Effekte aufzutragen. Sobald Externalitäten auftreten, spricht man vom Markversagen.

11.8 Marktversagen

Ist die Unfähigkeit der Märkte die koppelten sozialen Kosten/Nutzen eines Gutes oder einer Dienstleistung abzubilden. Der Positive wirtschaftliche Nutzen wird in der klassischen Wirtschaftswissenschaft nicht berücksichtigt. Umweltökonomie ist ein Werkzeug zum Bewältigen des Marktversagens hinsichtlich Ressourcennutzung und Umweltverschmutzung.

11.8.1 Positiver externer Effekt

Externalität wirkt sich positiv auf das Umfeld aus, Technologie oder Arzneimittel. Sozialer Nutzen des Gutes übersteigt den privaten Nutzen (z.B. Ausbildung).

11.9 Umweltökonomie

Die Umweltökonomie ist ein Werkzeug zum Bewältigen des Marktversagens hinsichtlich Ressourcennutzung und Umweltverschmutzung. Die Angebotskurve müsste nach oben steigen, weil die Externalitätskosten berücksichtigt sind. Die Angebotsmenge würde dabei sinken. Ein weiteres Problem ist der Wert der "kompensation" -> Natürliche Ressourcen müssen monetär bewertet werden.

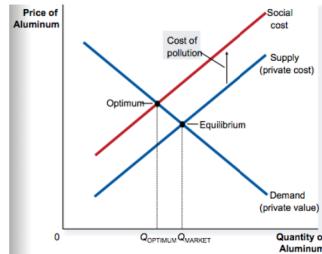


Abbildung 21: Externalitätskosten

11.10 Coase Theorem

Das Theorem besagt, dass sich das Problem von alleine löst, wenn sich private Parteien können ohne Kosten über die Bereitstellung von Ressourcen verhandeln (Mark mit Hund und Ellen). Das Problem dass private Lösungen sind oft nicht realistisch. Transaktionskosten existieren (Verhandlungsprozess) oder verschiedene Interessengruppen könnten betroffen sein (Koordinationsproblem).

Wenn keine private Lösung gefunden werden kann, muss der Staat eingreifen. Die Regulierungspolitik steuert das Verhalten der Gesellschaft direkt (Planwirtschaft). In einer marktwirtschaftlichen Politik helfen Anreize, damit Marktteilnehmer eine Lösung des Problems in Erwägung ziehen.

11.11 Strategien der Umweltökonomie

- Umweltindikatoren: Labels signalieren Anteil der Externalität
- Vollkostenrechnung
- Umweltzertifizierung / Siegel um Kunden zu beim Kaufentscheid zu unterstützen
- Abschaffung umweltschädigender Fördergelder und Steuervergünstigungen (z.B. Kohle)
- Etablierung von Gesetzen und Regulierungen
- Steuern für Verschmutzung, Abfälle und umweltschädliche Güter und Dienstleistungen
- Handelbare Emissionsbewilligungen: Zertifikate (Kontingente) regulieren Markt und legen Preis von Schadstoffen fest
- Reduzierung der Armut

11.11.1 Ökonomische Effizienz (Wirtschaftlichkeit)

Strategische Option, maximiert der gesellschaftlichen Wohlfahrt. Ein effizienter Markt ist einer, der es der Gesellschaft möglich macht, den Kapitalwert Nutzens zu maximieren. Wird auch als Pareto-Optimum-Status bezeichnet. Dieser Status entspricht einem Zustand indem Ressourcenzuordnung keine Verbesserung für den Einzelnen möglich ist, ohne einen anderen zu benachteiligen.

11.11.2 Kostenwirksamkeit (Kosteneffektivität)

Eine Methode ist dann kosteneffektiv, wenn festgelegte Ziele zu den geringsten Kosten erreicht werden.

11.12 Umweltbewertung

Ziel ist das Abschätzen des monetären Wertes eines Naturkapitals. Dazu gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- Vermeidungskosten
 - Wie teuer wäre es eine bedrohte Art in einen neuen Lebensraum umzusiedeln?
 - Wie teuer wäre es durch sauren Regen verunreinigte Boden zu säubern?
- Zahlungsbereitschaft
 - Wie viel würden die Leute für den Erhalt eines bestimmten Waldes oder einer bestimmte Pflanzen- oder Tierart bezahlen?

11.12.1 Diskontierungsfaktor (Abzinsungsfaktor)

Diskontierung ist der Wert eines Produktes bezogen auf den aktuellen Wert in der Zukunft (etwas bereits heute zu besitzen, könnte mehr Wert sein, als erst zukünftig zu besitzen). Der Diskontierungsfaktor hat direkten Einfluss auf Ressourcennutzung (z.B. Wald, Flüsse). Ist der Faktor gleich 0 bedeutet, dass der Wald in 50 Jahren gleich viel wert ist. Heute nutzen viele Unternehmen und Organisationen einen 5-10% jährliche Abzinsung:

- Wald würde viel weniger Wert sein in 50 Jahren
- Schnelle Abholung des Waldes ist ökonomisch sinnvoll
- Ignoriert ökologischen Wert des Waldes

Das Auswahlverfahren eines geeigneten Diskontierungsfaktors ist umstritten

- Hohe Abzinsungsfaktoren fördern sofortige Ressourcennutzung
- 0% oder negativer Abzinsungsfaktor würde die Nutzung von nicht erneuerbaren und erneuerbaren Resourcen nachhaltiger machen