

Fachbereich 8 Umweltingenieurwesen und Angewandte Informatik

Bachelorstudiengang Umweltingenieurwesen

Bachelorarbeit

*Präzisierung des Nachhaltigkeitsbegriffes anhand messbarer
Entropiezunahme - Formulierung produktbezogener
Bewertungsansätze*

*Zur Erlangung des akademischen Grades eines
Bachelor of Engineering*

Vorgelegt von Franziska Dahmen

Geboren in Emmerich am Rhein

Matr.-nr. 15209020

1. Betreuender Professor Dr. phil. nat. M. Sietz

2. Betreuender Professor Dr. rer. nat. B. Wrenger

Höxter im August 2011

Keine Zukunft vermag gutzumachen
Was du in der Gegenwart versäumst
Albert Schweizer (1875-1965)
Deutscher Theologe und Arzt

Danksagung

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. Sietz, der mir die Bearbeitung dieses interessanten Themas ermöglicht hat. Ich danke Ihm auch für die freundliche und konstruktive Unterstützung während der Bearbeitungszeit. Desweiteren möchte ich Herrn Prof. Wrenger danken, der die Co-Betreuung übernommen hat.

Ein Dank gilt ebenfalls meinem Vater sowie meinem Onkel und meiner Tante, sowie all meinen anderen Verwandten, die mir das Studium überhaupt ermöglicht haben und stets hinter mir standen. Sie sind immer für mich da und geben mir den nötigen Halt.

Danke für die Unterstützung, Moral und auch die Kritik, die ihr mir habt zukommen lassen.

Weiterhin möchte ich auch meinen Freunden und Kommilitonen für die schöne und spannende Studienzeit in Höxter danken.

Der ein oder andere Tag wäre bestimmt trüber ausgefallen ohne euch!

Allen an dieser Stelle genannten Personen gilt mein besonderer Dank, ohne Euch wären das Studium und die Bachelorarbeit nicht so gelaufen.

Meinen besten Dank !

Franziska Dahmen

Versicherung

Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne Benutzung weiterer Hilfsmittel verfasst habe, als die hier angegebenen.

Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen, Publikationen und nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, habe ich als solche gekennzeichnet.

Franziska Dahmen

August 2011

I Inhaltsverzeichnis

Danksagung	1
Versicherung	2
II Abkürzungsverzeichnis	I
III. Abbildungsverzeichnis	II
IV Tabellenverzeichnis	III
1. Vorwort	1
2. Aufgabenstellung und Ziel der Arbeit	3
2.1 Präzisierung des Nachhaltigkeitsbegriffs	3
2.2 Formulierung produktbezogener Bewertungsansätze.....	3
3. Theoretische Grundlagen	4
3.1 Entropiebegriff.....	4
3.1.1 ökologische Entropie.....	5
3.1.2 Soziale Entropie.....	6
3.1.3 Ökonomische Entropie.....	6
3.2 Wärmebilanz der Erde.....	8
3.2.1 Albedo- Rückkopplung.....	10
3.3 Ökologie.....	11
3.3.1 Ökologisches Gleichgewicht	12
3.3.2 Quellen und Senken	13
3.4. Treibhauseffekt	14
3.4.1. Anthropogener Treibhauseffekt.....	15
4. Nachhaltigkeit	16
4.1 Definitionsunschärfe	18
5. Bewertungsansätze	20
5.1 ökologische Bewertungsansätze	21
5.1.1. Rückführung in einen ökologischen Kreislauf.....	22
5.1.2 Entkoppelung von der Wirtschaft	24
5.1.3 Schadstoffeintrag in die Umwelt.....	25
5.1.4 Degradation der Umwelt	25

5.1.5 Eingriff in die Biodiversität.....	26
5.1.6 Reproduktionsdynamik	27
5.1.7 Ökologische Kreisläufe	28
5.1.8 Verschärfung der Nutzungskonkurrenz.....	29
5.1.9 Beeinträchtigung des Wasserkreislaufes	30
5.1.10 Zweckentfremdung von Flächen	31
5.1.11 Abbaurrate erneuerbarer Rohstoffe.....	32
5.1.12 Bedarf an abiotischen Rohstoffen	33
5.1.13 Maßvolle Nutzung heimischer Rohstoffe.....	34
5.1.14 Schonung des natürlichen Kapitals	35
5.1.15 Reduzierung des Schadstoffeintrags.....	36
5.1.16 Optimaler Gebrauch.....	37
5.2 Soziale Bewertungsansätze	38
5.2.1 Essenzielle Bedürfnisbefriedigung	39
5.2.2 Kultur	40
5.2.3 Sozialer Zusammenhalt	41
5.2.4 Unwissenheit	42
5.2.5 Werteverfall durch das Produkt.....	43
5.2.6 Selbstorganisation	43
5.2.7 Einklang mit der Natur	44
5.2.8 Vermittlung von existenziellen Informationen	45
5.2.9 Förderung der Verteilungsgerechtigkeit	46
5.2.10 Konsumverhalten.....	47
5.2.11 Verbesserung der Lebensqualität	48
5.2.12 Entspannende oder beruhigende Wirkung	48
5.2.13 Aufklärung und Bildung	49
5.2.14 Kommunikation	50
5.2.15 Faire Bedingungen.....	51
5.2.16 Unterstützung eines demokratischen Wandels	52
5.2.17 Ungleiche Einkommensverteilung	54

5.2.18 Integrationsförderung.....	56
5.2.19 Gleichstellung der Geschlechter	57
5.3 Ökonomischer Entropieansatz.....	57
5.3.1 Effiziente Produktion	58
5.3.2 Externe Folgekosten	59
5.3.3 Kooperationsförderung	61
5.3.4 Ressourcen-Produktivität	61
5.3.5 Gebrauchswert eines Produktes	63
5.3.6 Seltene Ressourcen.....	63
5.3.7 Anthropogener Treibhauseffekt.....	64
5.3.8 Wirkungsgradsteigerung	65
5.3.9 Recyclingfähigkeit des Produktes	66
5.3.10 Komplexe Strukturen	67
5.3.11 Primärenergiebedarf	68
5.3.12 Verschärfung der Nutzungskonkurrenz einer Ressource	70
5.3.13 Produktionsstandorte	71
5.3.14 Mehrwert eines Produktes	71
5.3.15 Ressourcenbeschaffung außerhalb „ökonomischer Grenzen“.....	72
5.3.16 Materieller Wert eines Produktes	73
5.3.17 Produktionsintensitätsänderung	74
5.3.18 Medienverhalten	75
5.3.19 Gemeinschaftsnutzen	76
5.4 Auswertung	76
6 Ansatz zur Entwicklung einer entropischen Kennzahl.....	78
6.1 Jährlich produzierte Menge Gold	78
6.2 Prozessablauf Goldgewinnung	79
6.2.3 Entropiebilanzansatz.....	80
6.3. Grundlagen	81
6.3 Berechnungsansätze.....	82
6.3.1 Temperaturzunahme der Luft.....	83
6.3.2 Berechnung	83

6.3.3. Berechnung der Auswirkung auf die ganze Atmosphäre (vereinfacht) ..	84
7.Fazit ..	86
Literaturverzeichnis.....	88
Anhang ..	95

II Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius
a	Jahr
Au	Aurum
bzw.	beziehungsweise
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
dS	Entropiezunahme
dT	Temperaturdifferenz
etc.	et cetera (und so weiter)
EU	Europäische Union
I _s	Entropiestrom
GJ	Giga-Joule
LCD	Life Cycle Design
K	Kelvin
Kg	Kilogramm
KJ	Kilo-Joule
KWK	Kraft- Wärme –Kopplung
m ²	Quadratmeter
η	Wirkungsgrad
NAWARO	Nachwachsende Rohstoffe
O ₃	Ozon
Ppm	parts per million
PEB	Primärenergiebedarf
Q	Wärme-(Energie) Strom
r	Albedo Effekt
S	Entropie
SKE	Steinkohleeinheit
T	Temperatur
t	Zeit
U	innere Energie
UN	United Nations
UNCEP	United Nations Conference on Environment and Development
UNEP	United Nations Environment Programme
W	Watt
WCED	World Commission on Environment and Development
u.a.	unter Anderem

III. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Durchflusswirtschaft (Rohrs)	7
Abbildung 2 Ökosystem Erde (Quelle: ioev.de)	12
Abbildung 3 Stoffströme verursacht durch den Menschen (boku)	13
Abbildung 4 Treibhauseffekt (Chemiedidaktik)	15
Abbildung 5 Säulen der Nachhaltigkeit (Tu-Darmstadt)	17
Abbildung 6 Biologischer Kreislauf -Cradle to Cradle (imposis)	22
Abbildung 7 Cradle to Cradle Produkt (Trigema)	23
Abbildung 10 ökologischer Wasserkreislauf (Techniklexikon)	30
Abbildung 11 Veränderung des Aralsee (deu.andijonadolat)	34
Abbildung 12 Verlust des natürlichen Kapitals durch Menschenhand (Matt Collins)	36
Abbildung 13 Lotuseffekt (uni Oldenburg)	37
Abbildung 14 Waschmittel -optimaler Nutzen (Energiesparentipps)	38
Abbildung 15 Bedürfnispyramide nach Marslow (Marslow)	39
Abbildung 16 Teufelskreislauf ohne Entwicklungshilfe (ernaerhung.de)	50
Abbildung 17 Fair Trade Siegel (fairtrade.de)	52
Abbildung 18 politische Freiheit Weltweit (Amnestie)	53
Abbildung 19 Zivilisatorisches Hexagon (friedenspädaogik)	53
Abbildung 20 Soziale Klassen der deutschen Gesellschaft (Indymedia)	55
Abbildung 21 Kraft- Wärme Kopplung (Schraps)	58
Abbildung 22 Abbildung 10 Umweltkonto Stoff- und Energieflussberechnung (Schaltegger, Sturm)	60
Abbildung 23 Ressourcenproduktivität am Beispiel eines Tisches (vwl-nachhaltigkeit)	62
Abbildung 24 Ausschnitt aus Periodensystem (wikipedia)	64
Abbildung 25 Treibhausgase (Bvk)	65
Abbildung 26 Recyclingkreislauf am Beispiel Papierfabrik (pbs-buisness)	67
Abbildung 27 Komponentenzunahme eines Autos von 1880- 2000 (tqm)	68
Abbildung 28 Umwandlung Steinkohle zu Endenergie (Spiegel)	69
Abbildung 29 Energiefluss einer Windkraftanlage (BWE)	70
Abbildung 30 Goldfördermenge (USGS Mineral Commodity)	78
Abbildung 31 Prozesskette der Goldproduktion (Eibl 2008)	79
Abbildung 32Energieverbrauch pro kg Gold in Abhängigkeit des Erzgehaltes (G.M. Mudd)	81

IV Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1 Albedo -Werte unterschiedlicher Erdoberflächenmaterialien (green economy)</i>	10
<i>Tabelle 2 ABC Bewertungsmethode (Clixx-Nachhaltigkeit)</i>	20
<i>Tabelle 3 Tabellenkopf der Entropie-Checkliste</i>	21
<i>Tabelle 4 Kreislaufrückführung</i>	23
<i>Tabelle 5 Entkoppelung von der Wirtschaft</i>	24
<i>Tabelle 6 Schadstoffeinträge in der natürlichen Umwelt</i>	25
<i>Tabelle 7 Degradation von Flächen</i>	26
<i>Tabelle 8 Eingriff in die Biodiversität</i>	27
<i>Tabelle 9 Reproduktionsdynamik der Umwelt</i>	28
<i>Tabelle 10 Ökologische Stoffkreisläufe</i>	29
<i>Tabelle 11 Verschärfung der Nutzungskonkurrenz</i>	30
<i>Tabelle 12 Wasserbedarf des Produktes</i>	31
<i>Tabelle 13 Zweckentfremdung von Flächen</i>	32
<i>Tabelle 14 Abbaurate erneuerbarer Rohstoffe</i>	33
<i>Tabelle 15 Geringer Bedarf abiotischer Rohstoffe</i>	33
<i>Tabelle 16 Maßvolle Nutzung heimischer Rohstoffe</i>	35
<i>Tabelle 17 Schonung des natürlichen Kapitals</i>	36
<i>Tabelle 18 Orientierung an natürlicher Umwelt</i>	37
<i>Tabelle 19 Optimaler Gebrauch- Gebrauchshinweise</i>	38
<i>Tabelle 20 Essentielle Bedürfnisbefriedigung</i>	40
<i>Tabelle 21 Schutz der Kultur</i>	41
<i>Tabelle 22 Sozialer Zusammenhalt</i>	42
<i>Tabelle 23 Unwissenheit -Informationsmangel kompensieren</i>	42
<i>Tabelle 24 Werteverfall durch das Produkt</i>	43
<i>Tabelle 25 Selbstorganisation</i>	44
<i>Tabelle 26 Einklang Mensch und Natur</i>	45
<i>Tabelle 27 Wissenstransfer in Entwicklungsländer</i>	46
<i>Tabelle 28 Verteilungsgerechtigkeit</i>	46
<i>Tabelle 29 Konsumverhaltensänderung durch das Produkt</i>	48
<i>Tabelle 30 Verbesserung der Lebensqualität</i>	48
<i>Tabelle 31 Entspannende oder beruhigende Wirkung</i>	49
<i>Tabelle 32 Aufklärung und Bildung</i>	50
<i>Tabelle 33 Förderung der Kommunikation</i>	51
<i>Tabelle 34 Fairness</i>	52
<i>Tabelle 35 Demokratie</i>	54

IV Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 36 Einkommensverteilung</i>	55
<i>Tabelle 37 Integrationsförderung</i>	57
<i>Tabelle 38 Gleichstellung der Geschlechter</i>	57
<i>Tabelle 39 Effiziente Produktion</i>	59
<i>Tabelle 40 Externe Folgekosten durch das Produkt</i>	60
<i>Tabelle 41 Förderung der Kooperation</i>	61
<i>Tabelle 42 Ressourcenproduktivität</i>	62
<i>Tabelle 43 Gebrauchswert eines Produktes</i>	63
<i>Tabelle 44 Seltene Ressourcen in Produktion</i>	64
<i>Tabelle 45 Anthropogener Treibhauseffekt</i>	65
<i>Tabelle 46 Wirkungsgradsteigerung</i>	66
<i>Tabelle 47 Produktrecycling</i>	67
<i>Tabelle 48 Komplexität eines Produktes</i>	68
<i>Tabelle 49 Primärenergiebedarf</i>	70
<i>Tabelle 50 Nutzungskonkurrenz von Ressourcen</i>	71
<i>Tabelle 51 Konzentration der Produktionsstandorte</i>	71
<i>Tabelle 52 Mehrwert eines Produktes</i>	72
<i>Tabelle 53 Ressourcenbeschaffung außerhalb der am Wirtschaftsprozess beteiligten Staaten</i>	73
<i>Tabelle 54 Wertschöpfung des Produktes</i>	74
<i>Tabelle 55 Produktionsintensitätsänderung</i>	75
<i>Tabelle 56 Medienverhalten</i>	76
<i>Tabelle 57 Gemeinschaftsnutzen</i>	76
<i>Tabelle 58 Mittelwert des jährlichen Energieverbrauches in der Goldproduktion</i>	82
<i>Tabelle 59 Berechnungsgrundlage</i>	84

1.Vorwort

Was ist das Leben und was sind eigentlich lebenswichtige Funktionen und Bedürfnisse? Karl von Frisch versucht bereits 1949¹ diesen Fragen zu entgegnen. Sicherlich lassen sich schnell lebenswichtige Bedürfnisse finden, doch ist lebenswichtig wirklich gleich überlebenswichtig? Jedes Lebewesen ist ein Gebilde hoher Ordnung (niedrige Entropie). Nur durch den Export entstehender Entropie im Inneren kann es leben. Leben ist somit ein unwahrscheinlicher Prozess der den wahrscheinlichen Zustand, den Tod hinauszögert (siehe Prigoine &Stengers 1990). Grundbedürfnisse sind zu aller erst einmal Nahrung, Sicherheit sowie Wärme. Das heutige Bild weicht von dieser Vorstellung deutlich ab. Die Gesellschaft, zunehmend eine Konsumgesellschaft vergisst das jeder Prozess immer mit einer Entwertung nutzbarer Energie und oder Materie verbunden ist. Niedrige Entropien in Form von Kohle, Öl werden in hohe nutzlose Entropie umgewandelt (meistens Abwärme). Bedenkt man, dass fossile Ressourcen noch zum festen Bestandteil des wirtschaftlichen Handelns gehören, stellt das unter entropischer Betrachtung ein großes Problem dar.

Entropie lässt sich mit dem Begriff Nachhaltigkeit, der bereits seit 1713 publiziert wird, vereinen. Das dynamische Gleichgewicht der Erde muss erhalten bleiben. Nachhaltigkeit selbst lässt sich nur sehr schwer und ungenau definieren. Entropie ist für umweltverträgliche Bewertungen von Systemen aussagefähiger.

Die beiden Hauptsätze der Thermodynamik lassen sich auf fast alle Bereiche übertragen. Die Geschwindigkeit der Entropiezunahme verringern, bzw. auf dem aktuellen Stand zu halten bedeutet, dass das System Erde und dessen Subsysteme nicht weiter mit „Wärme“ zu belasten sind.

Folgen für ein fortschreitendes thermodynamisches Gleichgewicht lassen sich zu genüge finden. In den meisten Fällen wird allgemein vom Klimawandel gesprochen. Dabei gibt es auch Auswirkungen auf den sozialen und ökonomischen Bereich! Nachhaltigkeit heißt, mit den vorhandenen Ressourcen schonend umzugehen und so die aktuellen Lebensbedingungen auch für weitere Generationen zu erhalten. Dies ist nur möglich, wenn die Geschwindigkeit der Entropiezunahme auf der Erde nicht weiter zunimmt.

Ein jedes Lebewesen verursacht allein durch sein Dasein Entropie. Insgesamt entspricht die Entropiezunahme der Weltbevölkerung in etwa der gleichen Menge,

¹ Karl von Frisch 1950 „Du und das Leben“, Berlin , Verlag des Druckhauses Tempelhof

die durch die Industrie produziert wird.²

Um den Austausch mit dem Universum zu wahren, muss Entropie eingespart werden und die Funktionen der Natur müssen erhalten bleiben.

Wie Boltzmann bereits erkannt hat, ist „*der allgemeine Lebenskampf der Lebewesen nicht der Kampf um die Grundstoffe, ebenso wenig um die Energie, die reichlich in jedem Körper vorhanden ist, sondern ein Kampf um die Entropie.*“³ Denn umso heißer es wird, umso schneller zerfällt alles.

² World Lingo 2011 http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/de/Entropy_and_life(Stand 13.7.11)

³ E. Broda (1970) the evolution of bioenergetic processes. Progress in Biophysics and Molecular Biology 21, S.143 - 208 Max Planck Gesellschaft

2.Aufgabenstellung und Ziel der Arbeit

Die vorliegende Bachelorarbeit gliedert sich in zwei Teile und befasst sich dabei mit folgenden zu erläuternden Themenschwerpunkten.

2.1 Präzisierung des Nachhaltigkeitsbegriffs

Der Begriff Nachhaltigkeit ist immer häufiger im Gebrauch. Es gibt bis zum heutigen Tag aber noch keine Norm bzw. eine Möglichkeit Nachhaltigkeit messbar zu machen. Der Begriff wird durch unterschiedliche Auffassungen in der Gesellschaft zunehmend „verwässert“. In dieser Arbeit wird versucht den Nachhaltigkeitsbegriff anhand von Entropie genauer zu definieren. Die Entropie umfasst fast alle relevanten Nachhaltigkeitsaspekte. Speziell soll auf die Beziehung zwischen Ökosystem und der Zunahme der Entropiegeschwindigkeit kurz eingegangen werden.

2.2 Formulierung produktbezogener Bewertungsansätze

Im weiteren Verlauf der Bachelorarbeit soll die Nachhaltigkeitsproduktcheck-Liste auf den Entropieansatz bezogen werden. Es sollen neue Bewertungsansätze zur Messbarkeit von Entropie unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit entwickelt werden. Das globale Ziel ist die Geschwindigkeit Entropiezunahme auf der Erde nicht weiter zu verstärken. Jedes Handeln geht immer einher mit einer Entropiezunahme, das heißt, dass durch das messbar machen, hohe Entropien erkannt, und gemindert werden können.

Wortlaut der Aufgabenstellung :

„Präzisierung des Nachhaltigkeitsbegriffes anhand messbarer Entropiezunahme - Formulierung produktbezogener Bewertungsansätze“

Inhaltliche Bestandteile der Bachelorarbeit sind die Nachhaltigkeitsbewertungscheckliste für Produkte von Herrn Prof. Dr. Sietz sowie zum Teil Publikationen von Thomas Jäkl und Jürgen Bennewitz.

3. Theoretische Grundlagen

3.1 Entropiebegriff

Die Thermodynamik, auch Wärmelehre genannt, gehört zum Gebiet der Physik. Der Energieerhaltungssatz und das Entropiegesetz legen die Rahmenbedingungen und Grenzen der Technik fest (siehe Gerthsen 1964).

Der erste Hauptsatz (Energieerhaltungssatz) besagt, dass Energie weder produziert, noch vernichtet werden kann. Lediglich die Erscheinungsform ändert sich.⁴ Aus *wertvoller Energie* (z.B. Erdöl) wird durch Umwandlung weniger *wertvolle Energie* (z.B. Abwärme).⁵ Ein sogenanntes *perpetuum mobile*, dass aus dem Nichts Energie produzieren kann, ist unmöglich.⁶ Die Gesamtenergie U eines Systems ergibt sich aus der Summe aller kinetischen und potenziell vorhandenen Energien.

$$\Delta U = Q + W \quad (3.1)$$

Q : Wärmezufuhr

W : Arbeit

Das Entropiegesetz der Thermodynamik besagt, dass in einem abgeschlossenen System⁷ die Entropie niemals abnehmen kann (Feynman 1987, S. 618). Die Energie kann nicht ohne Verluste für Prozesse genutzt werden. Diese Verluste verursachen eine Entropiezunahme (dS). Wird diese Tatsache außer Acht gelassen, entstehen Fehlinformationen, die einen hohen energetischen Aufwand zur Folge haben.

$$dS = \frac{dQ_{rev}}{T} \quad (3.2)$$

dQ_{rev} : Differenz der zugeführten Wärme (bezogen auf einen Referenzwert)

Generell ist der Entropiebegriff in dieser Arbeit, in drei unterschiedliche Definitionsbereiche unterteilt. Zum einen die „phänomenologische Thermodynamik“, die durch die Hauptsätze und einer makroskopischen Zustandsänderung eines

⁴ Vgl. auch: Binswanger (1988) u. a.: Arbeit ohne Umweltzerstörung; Strategien für eine neue Wirtschaftspolitik S. 74, überarbeitete Fassung, Frankfurt am Main

⁵ Vgl. Bitter (2010), T. u. A. Elemente Chemie 2, 1 Auflage S 150 Stuttgart Klett Verlag

⁶ Vgl. <http://www.hp-gramatke.de/perpetuum/index.htm> Stand 26.6.2011

⁷ Ein abgeschlossenes System, ist eine idealisierte Form. In der Realität lässt sich alleine das Universum als abgeschlossen bezeichnen.

Systems definiert ist. Der „Mikrophysikalischen Mechanik“, die den Entropiebegriff, als eine Wahrscheinlichkeit ansieht. Ein System hat immer eine bestimmte Wahrscheinlichkeit, mit der es von einem Zustand in einen anderen wechselt. Der Zustand, der am wahrscheinlichsten ist, hat die höchste Entropie, bspw. die

Wahrscheinlichkeit eines perfekt aufgeräumten Zimmers, an dem jeder Gegenstand nur einen Platz hat. Die Wahrscheinlichkeit, dass jeder Gegenstand an seinem Platz liegt, ist gleich 0 (siehe hierzu Boltzmann 1872-1905).

Die dritte Möglichkeit ist die Informationstheorie. Sie stellt einen Zusammenhang zwischen der Information eines Systems und dessen Wahrscheinlichkeit dar. Das Werfen einer Münze (Kopf und Zahl) entspricht der Ungewissheit von genau 1. Bit (siehe hierzu tu-ilmenau.de).

3.1.1 ökologische Entropie

In der Natur gibt es nur freiwillig ablaufende Prozesse, die alle zu einer Entropiezunahme führen. Diese Prozesse sind irreversibel. (z.B. ein zerbrochenes Ei lässt sich wieder reparieren, ohne dem Küken zu schaden).⁸

Unweigerlich strebt die Entropie ein Maximum minimaler Ordnung und Struktur an (siehe hierzu Stephan 1992). Das Universum als abgeschlossenes System strebt die maximale gleichförmige Verteilung der Energie an. Dieser Prozess endet bei der völligen Gleichverteilung, sodass weder Arbeit geleistet, noch Energie genutzt werden kann, da alle Energie in Abwärme vorliegt. Das Ökosystem verfügt über Quellen niedriger Entropie, sowie der Möglichkeit Entropie aufzunehmen.

In der Natur gibt es neben Entropiezunahme auch Entropieabnahme. Die Vegetation kann als Senke Entropien in ihre Kreisläufe integrieren. Die Selbstregulationsfähigkeit erlaubt, dass trotz komplexerer Strukturbildung eine Abnahme der Entropie innerhalb des Systems möglich ist.

Der Boden weist eine Reihe von Aufgaben auf. Er ist Lebensraum und zugleich Ackerfläche für die Landwirtschaft. Er speichert Ressourcen und wandelt in den ökologischen Kreisläufen Abfall und Schadstoffe um.

Daher muss die Beziehung zwischen Mensch und Natur einer Lebensgemeinschaft gleichen.

⁸ Vgl. Davies, Paul (1988): Prinzip Chaos - Die neue Ordnung des Kosmos S.27, München (Cosmic Blueprint, deutsch). Deutsche Übersetzung von Friedrich Griesse

3.1.2 Soziale Entropie

Soziale Entropie ist das Maß für Unordnung innerhalb eines Makro- oder Mikrosystems.

Durch Dissipation von Energie in Form von Löhnen, Rohstoffen, Meinungen etc. zerfällt die Ordnung. Diese lässt sich nur unter Zufuhr von Energie wiederherstellen. Ein sozialer Prozess findet sich im Gleichgewicht, wenn Gesetze, Tabus und Regeln eingehalten werden. Komplexe Gesellschaften sind jedoch aufgrund sehr unterschiedlicher Eigenschaften und Vorstellungen als hoch entropisch anzusehen, da Normen, Werte und Kontrollen schwierig zu definieren sind (siehe hierzu Karl Michael Brunner).

Nach Wöhlcke ist die soziale Entropie innerhalb der Gesellschaft als: „*die Gentechnologie, die Durchsetzung der hormonell behandelten Nahrungsmittel und Giften, die elektromagnetische Verseuchung sowie die Massenverblödung durch erhöhten Fernsehkonsum, der um sich greifende Autismus als Folge der bevorzugten Kommunikation mit Computern sowie die weltweit voranschreitende gesellschaftliche Verwahrlosung*“⁹, anzusehen (siehe hierzu Wöhlcke 2003).

Auch Philip K. Dicks mahnt, dass die Gesellschaft durch zunehmenden Egoismus, Machtrausch und Kriegen ihre stabile Ordnung verliert. Es bedarf einer Menge an „sozialer Energie“ in Form von spezialisierten Arbeitsfähigkeiten um das Subsystem Gesellschaft zu erhalten, zu optimieren und gegebenenfalls sogar zu erweitern. Soziale Syntropie zeichnet sich aus, durch Kreativität, Freiheit und Selbstorganisation.

3.1.3 Ökonomische Entropie

In der Umwelt geschieht nichts ohne die Energie (siehe hierzu Bennewitz 1996). Demnach muss die Ökonomie den ersten beiden Hauptsätzen der Thermodynamik Folge leisten. Die aktuellen Finanzkrisen sind nach Bennewitz kein Zufall, sondern Fakt einer dauernden Entropiezunahme.

Der kontinuierliche Mehrwert, der jedem Produkt auferlegt wird, verursacht einen Geldstrom, der in diesem Ausmaß nicht zur Verfügung steht.

⁹ Wöhlcke, Manfred(2003): Das Ende der Zivilisation: über soziale Entropie und kollektive Selbstzerstörung, überarbeitete Neuausgabe, München: Dt. Taschenbuchverlag S.43

3. Theoretische Grundlagen

Ein Beispiel ist die Weltwirtschaftskrise in den Jahren 1873/74. Auslöser dieser Krise war eine großzügige Kreditvergabe von Banken, ohne einen Gegenwert für das Geld zu haben (siehe hierzu <http://www.das-kapital.eu/weltwirtschaftskrise-ursachen-folgen.html>). Jeder potenzielle Gelddruck wirkt sich negativ auf die Stabilität der Wirtschaft aus.

Die Ökonomie ist eine Durchflusswirtschaft. Sie benötigt niedrige Entropie in Form von Material- und Energieströmen, um diese zu hochwertigeren Produkten zu verarbeiten. Durch Dissipation, Entwertung niedriger Materie und Energie und einer Abgabe hoher Entropie zurück an die Umwelt verringert sich die Entropie innerhalb des eigenen Systems.

Da die Erde im Hinblick auf Materialaustausch mit dem Universum ein geschlossenes System ist, nimmt die Entropie durch die Ökonomie auf der Erde zu. Die Entwertung von Materie ist mit der Zeit irreversibel, das heißt, dass die Materialien irgendwann nicht mehr verfügbar sind (siehe hierzu Schrödinger).

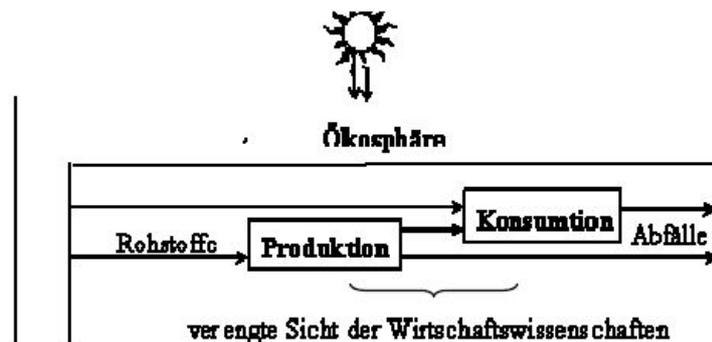


Abbildung 1 Durchflusswirtschaft (Rohrs)

Syntropie

Syntropie ist in der Thermodynamik der Gegenbegriff zur Entropie. Der Abstand zum thermodynamischen Gleichgewicht. Die Syntropie ist die Grundlage für Wissen, Information, Ordnung, Strukturen sowie der Entwicklung von Höherem. „Die Inseln der Syntropie“¹⁰nach H.P. Duerr sind jegliche Formen von nutzbarer Energie, entstanden durch das Sonnenlicht.

$$\mathbf{Energie = Exergie(wertvolle Energie) + Anergie(wertlose Energie)} \quad (3.3)$$

¹⁰ http://www.ausstieg-aus-dem-crash.de/?Hintergrund:Entropie_und_Wirtschaft Stand 25.6.2011

3.2 Wärmebilanz der Erde

Die Sonne ist der grundlegende Energieträger der Erde. Energetische Einflüsse vom Mond und den anderen Planeten fallen so gering aus, dass diese meist nicht erwähnt werden.

Von der Sonnenstrahlung fällt nur ein sehr geringer Teil auf den Planeten.

Geografisch gesehen im Jahresmittel etwa 342 W/m^2 ¹¹. Die Strahlungsbilanz Q^* erfasst zahlenmäßig den Strahlenhaushalt.

In der oberen Grenzschicht der Erdatmosphäre fallen etwa 1390 W/m^2 ein. Dieser Wert ist in der Wissenschaft unter dem Begriff Solarkonstante bekannt. Da sich das Abstandverhältnis zwischen Sonne und Erde im Jahreszyklus leicht ändert, schwankt auch der Wert der Solarkonstante leicht.

Die notwendige natürliche Energiezufuhr durch die Sonne entspricht $1,78 \cdot 10^{17} \text{ W}$.

Davon werden 30% direkt durch Wolken etc. reflektiert, die restlichen ca. 70% werden von der Atmosphäre und der Erdoberfläche absorbiert und zu einem späteren Zeitpunkt als terrestrische Infrarotstrahlung abgestrahlt.

Das thermodynamische Gleichgewicht der Erde bleibt dadurch erhalten.

Unterschieden wird zwischen kurzwelliger (solarer)¹² und langwelliger (terrestrisch)¹³ Strahlung. Die Strahlungsbilanz ist die Differenz der oben und unten einfallenden Strahlung, bezogen auf den Halbraum.

Die Wärmebilanz setzt sich aus den Faktoren fühlbarer (sensiblen) und verborgener (latenten) Wärmestromdichte sowie dem Bodenwärmestrom zusammen.

$$Q^* - Q_H - Q_E - Q_B = 0 \quad (3.4)$$

Q^* : Strahlungsbilanz; Q_H : fühlbare Wärmestromdichte; Q_E : verborgene Wärmestromdichte; Q_B : Bodenwärmestromdichte.

¹¹ www.m-forkel.de/klima Stand 27.6.2011

¹² (auf die Sonne bezogen, von der Sonne kommend)

¹³ (die Erde betreffend)

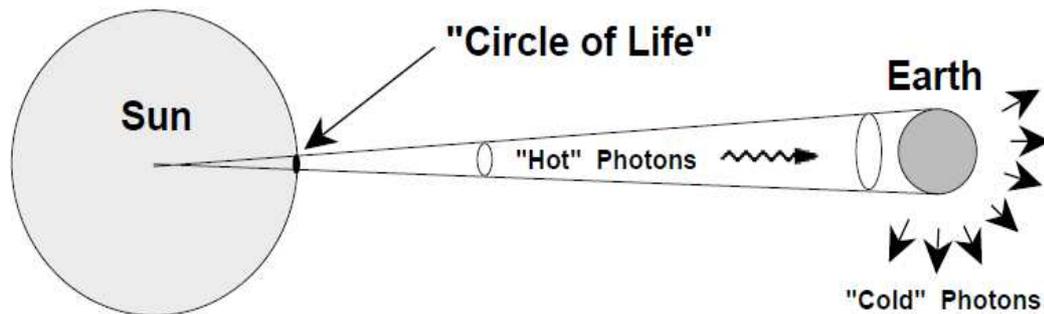


Abbildung 1 Strahlungsenergie der Sonne (Quelle: Life on Earth –flow of Energy and Entropy)

Entropiehaushalt der Erde

Die Erde erhält von der Sonne¹⁴ eine thermische Menge an Energie Q . Der Aufbau der Atmosphäre ermöglicht es, die gleiche Menge an thermischer Energie zurück ins Universum zu strahlen. Die Oberflächentemperatur der Erde liegt bei ca. 288K ¹⁵ (15°C).

Die abgehende Energieabstrahlung der Erde und der zusätzliche Entropiefluss lassen sich wie folgt beschreiben.¹⁶

$$\Delta S = (1 - r) \cdot Q \cdot \left[\left(\frac{1}{T_a} \right) - \left(\frac{1}{T} \right) \right] \quad (3.5)$$

r : Albedo- Effekt der Erdoberfläche; T_a : Temperatur der Erde; T : Temperatur der Sonne ; Q : jährliche. Energiemenge der Sonne an die Erde

Entropiefluss

„Der Entropiefluss IS ist gleich der Wärmemenge (Entropiemenge) ΔS die pro Zeiteinheit Δt transportiert wird.“¹⁷

Durch eine wahrscheinliche Erhöhung der mittleren Erdtemperatur ändert sich der Entropiefluss. Ausgegangen vom Ziel der Bundesregierung, einen Temperaturanstieg auf 2°C ¹⁸ zu begrenzen, hat dies bereits Auswirkungen auf die

¹⁴ Die Oberflächentemperatur der Sonne beträgt etwa $T = 5800\text{K}$

¹⁵ Manche Quellen sprechen von 300K

¹⁶ <http://www.physi.uni-heidelberg.de/~pelte/energie3/data/kap6/wachstum.htm> Stand (22.6.11 / 16:54 Uhr)

¹⁷ http://de.wikibooks.org/wiki/Entropie:_Formel Stand (9.9.2011)

¹⁸ <http://www.klima-sucht-schutz.de/klimaschutz/klimaschutz/das-2-grad-ziel.html> Stand (23.6.11 / 14:67 Uhr)

3. Theoretische Grundlagen

Lebensgrundlage.¹⁹ Das Energiegleichgewicht der Erde versucht mittels Klimaänderung, das ökologische Gleichgewicht wiederherzustellen. Eine Zunahme an Spurengasen, erschwert es die Strahlung der Erde in selbiger Zeit ins Universum zu strahlen, wie bereits neue Sonnenenergie auf die Erde trifft.

3.2.1 Albedo- Rückkopplung

Veränderungen der Erdoberfläche beeinflussen das Reflexionsvermögen der Erdoberfläche und den Albedo-Effekt, der dem Treibhauseffekt entgegen wirkt.²⁰ Stark zunehmende Besiedlung und das Abschmelzen der Polkappen verändern das Reflexionsverhalten. In der folgenden Tabelle sind die Albedowerte für die unterschiedlichen Materialien aufgelistet. Wird weniger Strahlung Q reflektiert, trifft folglich ein größerer Teil auf die Erdoberfläche.²¹ Der positive Effekt, dem Treibhauseffekt entgegen zu wirken minimiert sich.

Tabelle 1 Albedo -Werte unterschiedlicher Erdoberflächenmaterialien (green economy)

Material	Albedo- Wert
Schnee	0,45 – 0,9
Wolken	0,6- 0,9
Wüste & Savanne	0,2- 0,3
Wald	0,05- 0,18
Asphalt	0,15
Wasserflächen (Neigungsabhängig)	0,08- 0,22

Es ist zunehmend damit zu rechnen, dass der Albedowert sinkt und Eis- und Schneeflächen, die als riesige Reflexionsspiegel die Sonneneinstrahlung ins Weltall zurück werfen²² an Effektivität verlieren. Dieser Effekt wird auch Albedo-Rückkopplungseffekt²³ genannt.

¹⁹ Eine Berechnung dazu findet sich im Anhang

²⁰ Vgl. Klimawandel-heute.de/klimawandel-folgen/langfristige-folge (Stand 26.6.2011)

²¹ http://www.bpb.de/publikationen/S7V2T6,3,0,Arktis_und_Antarktis_im_Klimawandel.html (Stand 26.6.2011)

²² http://www.bpb.de/publikationen/S7V2T6,3,0,Arktis_und_Antarktis_im_Klimawandel.html (Stand 23.06.2011)

²³ www.green-economy.de Stand 24.6.2011

3.3 Ökologie

Ein Ökosystem ist ein mehr oder weniger abgegrenztes Teilsystem (siehe oekosystem-erde.de). Auch der Mensch ist ein Teil eines Ökosystems, nämlich dem der Erde.

Spätestens seit der Industrialisierung greift der Mensch nicht mehr nur lokal oder regional in den Naturhaushalt ein, sondern vielmehr global. Angetrieben von der Kraft der Sonne sind natürliche Stoffkreisläufe entstanden, die für den Abbau, Aufbau und Umbau chemischer Stoffe und Verbindungen verantwortlich sind.²⁴ Die Belastungen dieser Kreisläufe lassen sich in natürliche, wie beispielsweise einen Vulkanausbruch und anthropogene unterscheiden.

Durch den Eingriff des Menschen sowie die Entkoppelung von Kreislaufprozessen destabilisiert sich das System. Das dynamische Gleichgewicht, aus natürlichem Stoff- und Energiehaushalt fließt ständig, ist aber zu jedem Zeitpunkt ausgeglichen. Seitdem der Mensch eingreift, nimmt die Instabilität des Fließgleichgewichtes zu. Fest steht, dass der Natur sowie den Organismen die Zeit zur Regeneration fehlt. Ozeane enthalten Unmengen an Energie von Niedertemperaturwärme, die jedoch niemandem etwas nützt.

Oder kann ein Schiff die Wärme des Ozeans nutzen?!

Die derzeit einzig bekannte Hürde einer Entropiezunahme ist die lebendige Natur. Neben Funktionen wie öffentliches Gut und Lebensraum der Organismen kann das Ökosystem die Entropiezunahme bremsen²⁵.

Die Vegetation sammelt und konzentriert das ankommende Sonnenlicht und verwandelt es durch komplexe chemische Prozesse (beispielsweise Fotosynthese) in Brennstoffe und Nahrung (Syntropie). Dadurch können derzeit nicht umkehrbare Prozesse, abgebremst werden.

Um diese Funktion, ebenso wie die Natur als Schadstoffsene und Rohstoffquelle beizubehalten, müssen die Belastungen gesenkt werden. Das Ökosystem kann sich in einer gewissen Zeit nur zu einem bestimmten Grad regenerieren.

²⁴ Stephan, Ahlheim (1996): „Ökonomische Ökologie“ Springer Verlag Berlin

²⁵ <http://www.gcn.de/Kempfenhausen/Zyklus1/downloads/schuetze.pdf> Stand 6.7.11

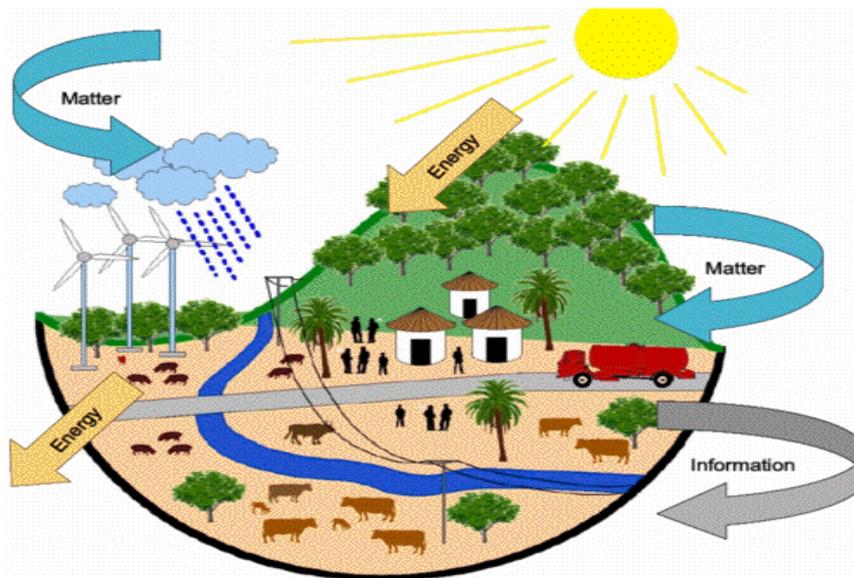


Abbildung 2 Ökosystem Erde (Quelle: ioev.de)

3.3.1 Ökologisches Gleichgewicht

Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik besagt, dass jedes isolierte System einen maximalen Entropiezustand anstrebt. Hohe Entropie bedeutet minimale Struktur und Ordnung (Boltzmann).

Ein natürlicher Prozess, der einen hohen Entropiezustand anstrebt, büßt Strukturen und Ordnung irreversibel ein. Im völligen Gleichgewichtszustand ist ein System, in dem jegliche wertvolle Energie (Syntropie) in nutzlose Entropie umgewandelt ist.²⁶ Das ökologische System ist ein offenes System, das vor allem mit der Ökonomie Energie und Materie austauscht.

Immissionen, Emissionen und andere Schadstoffe beeinflussen das Öko-Gleichgewicht negativ. Die Bereitstellung, Umwandlung und Nutzung von Energie hat besonders gravierende Einflüsse auf die natürliche Umwelt und das Klima. Die Ökonomie entnimmt der Umwelt ständig „Kapitalgüter“ und fordert gleichzeitig eine „Dienstleistung“, in der die Emissionen von der Umwelt aufgenommen und möglichst verwertet werden.²⁷ Ab einem bestimmten Punkt kann das System die Masse nicht mehr kompensieren. Jede Rohstoffentnahme und jede Schadstoffemittierung, die über die Regenerationsfähigkeiten der Umwelt hinaus

²⁶ Man spricht auch vom „Wärmethod des Universums“

²⁷ Vgl. Faber M, u.A.(1985) , Entropie, Umweltschutz und Rohstoffverbrauch S 90-91, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo

geht, verursacht eine Verschnellerung der Geschwindigkeit der Entropiezunahme. Das Gleichgewicht zwischen Ökosystem und Umgebung ist gestört.²⁸

3.3.2 Quellen und Senken

Quellen und Senken sind die Voraussetzung für ein selbstregulierendes System, wie das Ökosystem. Selbst regulierende Systeme verfügen über eine Quelle (Syntropie z.B. Sonnenenergie) und eine Senke (z.B. zur Abgabe von Abwärme). Es gibt irdische und fossile Quellen sowie die Sonnenenergie.

Das Ökosystem bietet eine Reihe von Quellen und Senken für Lebewesen und die Ökonomie. Die Wirtschaft nutzt vor allem die Rohstoffquellen, um in Form von Kohle, Erdöl, Holz und anderen wertvollen Syntropien die eigenen Prozesse am „Laufen zu halten“ (siehe Haas und Schlesinger 2007). Quellen sind beispielsweise Ölfelder, Grundwasserreservoirs, Kiesgruben oder Wälder.

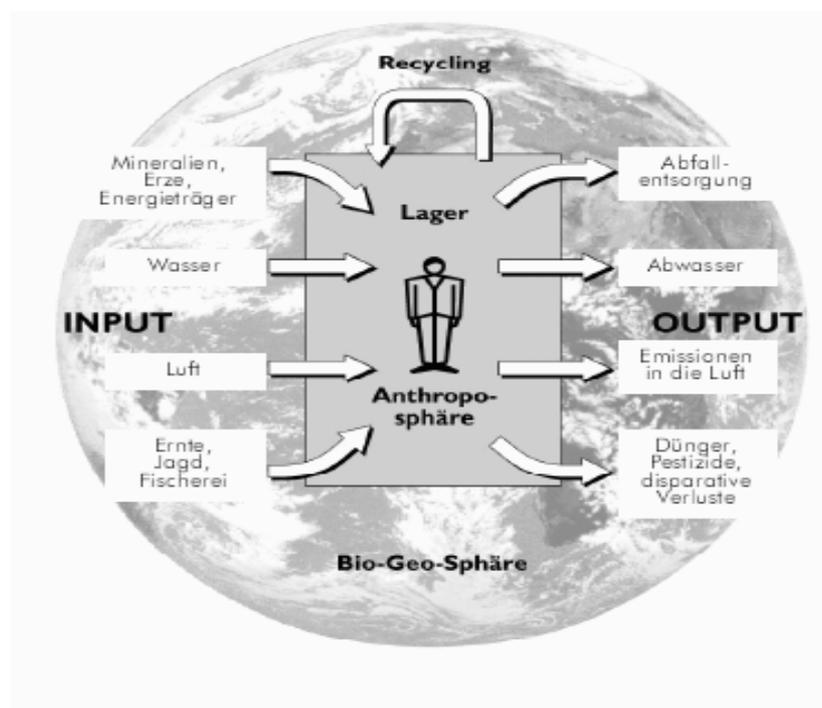


Abbildung 3 Stoffströme verursacht durch den Menschen (boku)

Die Umwelt agiert auch als ein „Auffangbecken für Abfälle“²⁹. Deponien, örtliche Abfalllager, aber auch Kohlendioxidemissionen in der Atmosphäre gehören dazu. Es werden Abfallstoffe, Emissionen sowie Immissionen zurückgeführt. Gewässer,

²⁸ Vgl. Schrader, Chr. Wenn die Gleichungen verrücktspielen, Geo Wissen Nr.2 1990 –Chaos und Kreativität S 184-185.Hamburg (7.5.90)

²⁹ Vgl. Renn, O. u. A.(2007) Leitbild Nachhaltigkeit Band 5 S 22, VS Verlag Wiesbaden

Böden sowie die meisten Umweltmedien können sich zu einem bestimmten Grad selbst regulieren. Die Senken dürfen also nur so weit belastet werden, wie ihre Regenerationsfähigkeit und Funktion nicht zerstört wird (siehe Luks, 2002, S.50 f.). Durch die Zunahme am Ressourcenabbau wird deutlich mehr Energie „in die Luft geblasen“³⁰, als die Erde in selbiger Zeit aufnehmen kann.

Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik besagt, dass in einer unbelebten Welt ein Streben nach Ordnung und Struktur besteht, die Geschwindigkeit der Entropiezunahme innerhalb des Systems nimmt zu. Das heißt für das Ökosystem, dass nicht nur die Quellen und Senkenfunktion mittels Stoffströme (Abfälle, Emissionen, Abwärme etc.) die Geschwindigkeit der Entropiezunahme innerhalb des Systems erhöhen, sondern auch jeder Eingriff in die Natur. Der Abbau nicht regenerierbarer Stoffe und der Abbau nachwachsender Rohstoffe sind Eingriffe in die Natur und folglich erhöht sich die Geschwindigkeit. (vgl. Binswanger 1992).

3.4.Treibhauseffekt

Der natürliche Treibhauseffekt ist für das Leben auf der Erde absolut notwendig. Die Atmosphäre der Erde besteht aus mehreren Schichten. Verschiedene Spurengase (Wasserdampf, Kohlendioxid oder Ozon) in der Atmosphäre verhindern, dass die Sonneneinstrahlung, die auf die Erdoberfläche trifft, direkt zurück ins Weltall gelangt. Treibhausgase sind eine „Membran“³¹ der Atmosphäre. Trifft kurzwellige Strahlung auf die Erde, wird sie in langwellige Wärmestrahlung umgewandelt und zurückreflektiert. Langwellige Wärmestrahlung kann die Erdatmosphäre nicht durchdringen und wird teilweise zurück zur Erdoberfläche reflektiert. Die Oberfläche erwärmt sich zusätzlich. Würden langwellige Wärmestrahlen komplett zurück ins Weltall gelangen, würde die Erde einem „Eisplaneten“ mit einer mittleren Temperatur von -18°C ähneln.³² Die bereits angesprochenen Treibhausgase, sorgen dafür, dass kurzwellige Strahlung relativ ungehindert die Atmosphäre passieren kann.

³⁰ Renn , O. u. A.(2007) Leitbild Nachhaltigkeit Band 5 S 23, VS Verlag Wiesbaden

³¹ Kurzwellige Strahlung kann hindurch, langwellige nicht.

³² Quaschnig (2010), V. Erneuerbare Energien und Klimaschutz S43, 2 Auflage Hanser Verlag München

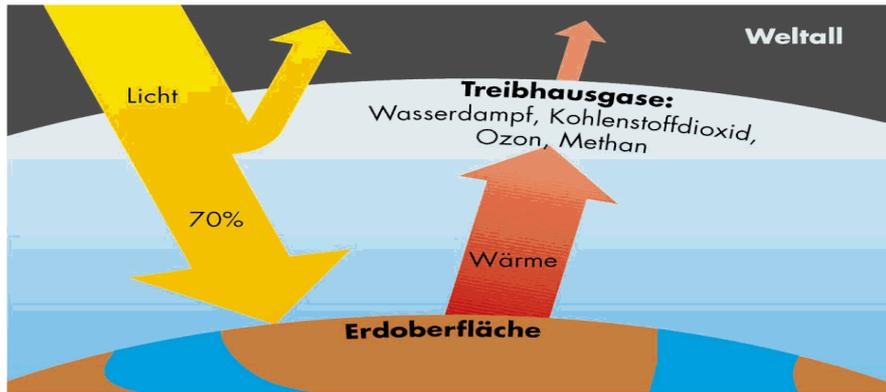


Abbildung 4 Treibhauseffekt (Chemiedidaktik)

3.4.1. Anthropogener Treibhauseffekt

Das menschliche Handeln, in jeglicher Form, verursacht eine Zunahme der Treibhausgase in der Atmosphäre. Die Hauptverursacher sind die Verbrennung fossiler Rohstoffe, eine intensive Viehzucht, Reisanbau sowie mineralische Düngung. Die klimarelevanten Stoffe reichern sich in der Atmosphäre an und schließen die *atmosphärischen Fenster*. Die „Membran“ vergrößert sich. Folge ist, dass mehr Wärmestrahlung auf der Erde bleibt. Zwangsläufige Folge ist eine Temperaturzunahme an der Erdoberfläche.

4. Nachhaltigkeit

Gaia, die Mutter Erde trägt das Leben schon seit mehr als 3 Milliarden Jahren. Der Mensch verändert diese Umwelt seit Jahrhunderten und macht damit den Globus zu einem „Experimentierfeld menschlichen Eingriffs“³³.

Die Ignoranz den Naturgesetzen stellt diese Tragfähigkeit zunehmend infrage. Die ansteigende Industrialisierung verändert die Umweltbedingungen mittlerweile global. Sustainable bedeutet „tragen“ und „fähig sein“³⁴. Damit Gaia weiterhin in der Lage ist, die Menschheit und mit ihr alles Leben tragen zu können, dürfen die Wechselbeziehungen zwischen Ökologie, Soziologie und Ökonomie nicht außer Acht gelassen werden.

Seit der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung (UNCED) ist der Begriff nachhaltige Entwicklung bekannt.

Erstmals beschäftigte sich 1972 der „Club of Rome“ mit der Thematik nachhaltiger Entwicklung und entwickelte den „Grenzen des Wachstums“ Bericht. Die Umweltkonferenz von Stockholm ist der Anfang der Nachhaltigkeitsthematik. Im selben Jahr wurde in der UN-Vollversammlung das UN-Umweltprogramm (UNEP) gegründet.³⁵

Der Begriff „Nachhaltigkeit“ hat seine Wurzeln aber bereits im 16. Jahrhundert. In der Forstwirtschaft versuchte man, nachhaltig zu wirtschaften.

Der hohe Holzbedarf für den Bergwerksbau erfordert ein Stetiges Nachkommen an Holz. „Beharrliche Nutzung“ lässt sich heute noch als Nachhaltigkeit übersetzen.

Hans Carl von Carlowitz hat den Begriff Nachhaltigkeit in seiner Publikation *Sylvicultura oeconomica* aus dem Jahr 1713 erstmals erwähnt, in der er von *nachhaltender Nutzung* der Wälder spricht.

Über 2 Jahrhunderte später, in dem Bericht „Die Grenzen des Wachstums“ führt der Club of Rome den Begriff *sustainable* ein, der hier gleichbedeutend dem „Zustand des Gleichgewichtes“ sein soll. In den 80er Jahren wurde die *World Commission on Environment and Development* gegründet. Der WCED entstammt dem Brundtland-Bericht von 1987 „Our Common Future“. Er ist maßgeblich für das Leitbild der „Nachhaltigen Entwicklung“.

³³ Renn, O. u. A. (2007) „Leitbild Nachhaltigkeit – Eine normativ- funktionale Konzeption und ihre Umsetzung, S21, Band 5, VS Verlag, Wiesbaden

³⁴ ³⁴ Vgl. Sanders, L. (2009): „Wir sind das Leben“ tredition Verlag Deutschland

³⁵ Sietz, M u. A. (2008) clixx Nachhaltigkeit, Wissenschaftlicher Verlag Hari Deutsch, Frankfurt am Main

4. Nachhaltigkeit

„die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen.“

Der Brundtland-Bericht gilt als Meilenstein für die Integration von Umwelt und Entwicklungsbestrebungen. Auf dessen Grundlage hat die Kommission das 3. Säulensystem (Ökologie, Ökonomie und Soziologie) entwickelt.³⁶ Die Agenda 21, das Abschluss-Dokument der Konferenz beinhaltet eine nachhaltige Entwicklung innerhalb der Staaten. Die Anwendung von Nachhaltigkeit in der Praxis (Alltag) muss erlernt werden, um die Nutzungsdauer der Ressourcen und die Artenvielfalt und Biodiversität sicherstellen zu können. Der hohe Lebensstandard der meist westlichen Bevölkerung geht einher mit vielen irreversiblen Prozessen. Problematisch sind die beschränkten Lagerstätten zur Energiegewinnung und dessen Erschließung (Gefahr für die Umwelt und Frieden).



Abbildung 5 Säulen der Nachhaltigkeit (Tu-Darmstadt)

Ökologische Nachhaltigkeit

- Natur und Umwelt für nachfolgende Generationen erhalten.
- Arten & Klima schützen
- Kultur und Landschaftsräume in ursprünglichen Gestalt erhalten
- Ressourcenschutz

³⁶ Vgl. Sietz, Sonnenberg, Wrenger (2008); clixx Nachhaltigkeit S7 ; Harri Verlag Frankfurt am Main

Ökonomische Nachhaltigkeit

- dauerhaft tragfähige Wirtschaftsweise
- Keine Ressourcen von morgen schon heute benutzen
- .Erwerb des Wohlstandes für Jeden erreichbar

Soziale Nachhaltigkeit

- Freiheit, Gerechtigkeit und Frieden
- Materielle Absicherung
- Mit- und Selbstbestimmung und Entfaltungsfreiheit
- Bedürfnisorientierung

4.1 Definitionsunschärfe

Eine Gleichgewichtung der Säulen Ökologie, Ökonomie und Soziologie ist wichtig für eine langfristige Funktionserhaltung aller. Keine Säule kann ohne die andere existieren. Problematisch ist, dass die Teilbereiche nicht klar voneinander abgegrenzt sind. Thematiken sind nicht konkret definiert. Ständige Erneuerungen innerhalb der Gesellschaft erschweren eine klare Definition. Der Begriff Nachhaltigkeit droht zunehmend zu verwässern.³⁷ Pearce/ Markandaya und Barbier sprechen von einer „Gallery of definitions“.³⁸

Es ist wichtig einen expliziten Bewertungsrahmen zu schaffen, der weit über die Normenkonflikte hinaus geht, um die Zielkonflikte der einzelnen Interessensgruppen zu mindern, denn die Inkonsistenz des Gesamtsystems geht weit über die Säulen hinaus.

Der bürgerliche Liberalismus sieht selbst in der nachhaltigen Entwicklung nach Brundtland eine Definitionsunschärfe.

„Wirtschaften ohne die Chance zukünftiger Generationen oder anderer Menschen zu gefährden oder zu reduzieren“

³⁷ Renn, O, u. A.(2007) ,Leitbild Nachhaltigkeit –Eine normativ- funktionale Konzeption und ihre Umsetzung, S28 ,Band 5, VS Verlag, Wiesbaden

³⁸ vgl.Pearce/Markandya/Barbier(1989), „Blueprint for a green economy“, Auflage 2000,Sterling,sixth printing Verlag

4. Nachhaltigkeit

Die Liberalen meinen, dass diese Aussage auch bedeutet, dass ein jeder vorerst das tut, was er möchte, solange niemandem Schaden zugeführt wird?!³⁹ Doch wo wird die Grenze bezogen und wann erleidet jemand Schaden? Begrifflichkeiten wie Gerechtigkeit, Freiheit und Kultur sind in der Gesellschaft in unterschiedlichen Auffassungen vertreten.

Ein inflationärer Gebrauch des Begriffes Nachhaltigkeit in der Gesellschaft führt neben einem höheren Bekanntheitsgrad zunehmend zu einer

Definitionsunschärfe.⁴⁰ Es gibt viele verschiedene Auffassungen von Nachhaltigkeit, die aus öffentlichen Diskussionen und Auseinandersetzungen hervorgehen! Nachhaltigkeit ist nicht nur aufgrund ökologischer und sozialer Probleme ein hochkomplexes Thema. Jede Interessensgruppe versucht das eigene Machtinteresse auszuspielen. So spricht ein Bankangestellter von „Nachhaltigem Wachstum“. In der aktuellen Nachhaltigkeitsdefinition geht es vorrangig um die lokale Generationengerechtigkeit. Würden ausreichende intragenerative Aspekte berücksichtigt werden, wäre das globale Gerechtigkeitsdefizit innerhalb einer Generation nicht in Vergessenheit geraten. Seit 1992 wird viel über „Sustainable Development“ geschrieben, doch bis heute ist der Begriff nicht allgemein und konsensfähig definiert.⁴¹

³⁹ Vgl. clausfaber.net (22.06.2011/ 12:49 Uhr) Nachhaltigkeit kreativ oder doch nur Chaos

⁴⁰ Vgl. Wullenweber, K., 2000, Wortfang, Was die Sprache über Nachhaltigkeit verrät, in; Politische Ökologie 63/64, Januar 2000, S.23 f

⁴¹ Vgl. Renn, O. u. A. Leitbild Nachhaltigkeit VS Verlag Wiesbaden 2007

5. Bewertungsansätze

Die ökologische Zukunftsfähigkeit eines jeden Lebewesens erfordert eine dringende Neuausrichtung der Prinzipien des ökologischen, sozialen und ökonomischen Systems, hin zur Biosphäre. Die Bewertungscheckliste bezieht sich derzeit auf die Thematik Nachhaltigkeit. Wie bereits erwähnt (Kapitel 4.) liegt diesem Begriff eine Definitionsunschärfe zugrunde.

Die Grundlage für die an der Hochschule Ostwestfalen Lippe entwickelte Bewertungsmethode ist die ABC Methode des Umweltbundesamtes, kombiniert mit dem Life-Cycle-Design (LCD) und dem Bewertungssystem nach Betz/Vogl. Dieses neue Bewertungssystem vereint die ökologischen, sozialen und ökonomischen Kriterien.

Tabelle 2 ABC Bewertungsmethode (Clixx-Nachhaltigkeit)

A	B	C
Zunahme der Entropiegeschwindigkeit	Gleichbleibende Entropiegeschwindigkeit	Abnahme der Entropiezunahmegeschwindigkeit

Der Entropie wird eine „Key Rolle“ im globalen Klimawandel zugesagt. Nun ist es notwendig, Entropie messbar zu machen. Am Anfang der Industrialisierung etwa um 1850, entstand die Industrie, um dem Menschenleiden ein Ende zu setzen. Nun ist es an der Zeit, dass die Gesellschaft neue Prioritäten (hinsichtlich des ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Handelns) fordert. Der Nachhaltigkeitsbegriff ist nicht ausreichend definiert, sodass es von zwingender Notwendigkeit ist, mithilfe der Entropie einen neuen Maßstab für Nachhaltigkeit zu setzen. Jedes Handeln geht mit einer Entropiezunahme einher. Es ist nicht möglich die Entropiezunahme zu stoppen oder umzukehren, aber sie zu verlangsamen wäre für das Leben auf der Erde von großem Vorteil. Unter wirtschaftlichen Tätigkeiten versteht sich vor allem die Umwandlung von Materie und Energie in eine andere Zustandsform (siehe Ayres und Kneese 1989). Es lässt sich eine Temperaturzunahme unterstellen bzw. ermitteln.

Entropie lässt sich aber auch auf die Bereiche Ökologie und Sozialwesen übertragen. Des Öfteren hört man Begriffe wie „die Situation ist überhitzt“, damit sind zumeist instabile Konstellation gemeint, in denen Konflikte nicht gelöst werden.

Für alle Bereiche, in denen Entropie herrscht, gilt, je höher die Entropie des Systems, desto unfähiger ist das System zu handeln.

Im Folgenden wird die bekannte Nachhaltigkeits-Checkliste aus der Arbeitsgruppe der Hochschule Ostwestfalen Lippe auf das Schwerpunktkriterium Entropie umgeschrieben. Es sollen neue Leitkriterien entwickelt werden. Ökologische, soziale und ökonomische Entropiekriterien sollen Aufschluss über die Auswirkungen eines Produktes geben.

Tabelle 3 Tabellenkopf der Entropie-Checkliste

Entropiebewertung Produkt-Checkliste					
Entropie					
Kriterien	Merkmale	Bewertung			Entropie- Kennzahlen falls vorhanden
		A	B	C	

Abschließend soll anhand der Goldproduktion beispielhaft versucht werden, eine Entropie-Kennzahl zu entwickeln. Diese Kennzahl soll verdeutlichen, wie hoch die jährliche Temperaturzunahme der Atmosphäre durch die Goldproduktion ist. (Temperaturzunahme lässt sich hier gleichsetzen mit dem Begriff der Geschwindigkeit der Entropiezunahme).

Die weiteren Kennzahlen, für die im Tabellenkopf enthalte Spalte, müssen zu späterer Zeit noch entwickelt werden.

Angedacht ist, dass mithilfe der Kennzahlen, leichter eine Entscheidung bezüglich der Geschwindigkeit der Entropiezunahme getroffen werden kann.

5.1 ökologische Bewertungsansätze

Im ökologischen Sinne Entropie (und damit die Geschwindigkeit der Zunahme nicht erhöhen) einzusparen, bedeutet, dass der Kapitalgrundstock („natürliches

Naturkapital“) sowie die Absterbeprozesse und die Regenerationsphasen der Umwelt beachtet werden. Jedes Lebewesen muss mit den „Zinsen“ der Natur auskommen

Jeder lebende Organismus, von der einfachsten Zelle, bis zum komplexen Menschen ist ein offenes System, dass um Überleben zu können kontinuierlich von einem Stoff- und Energiestrom durchflossen werden muss.

Diese Abhängigkeit muss dazu führen, die Entropiezunahme des Ökosystems möglichst gering zu halten, damit die Funktionen des Ökosystems nicht irreversibel geschädigt werden.

5.1.1. Rückführung in einen ökologischen Kreislauf

Ein Produkt, das sich nach seinem Gebrauch vollständig einem ökologischen Kreislauf zurückführen lässt, schließt diesen.

Materialien, die sich kompostieren lassen, ergänzen den Nährstoffhaushalt des Bodens und vermeiden einen anthropogenen Eingriff in einen intakten Kreislauf.

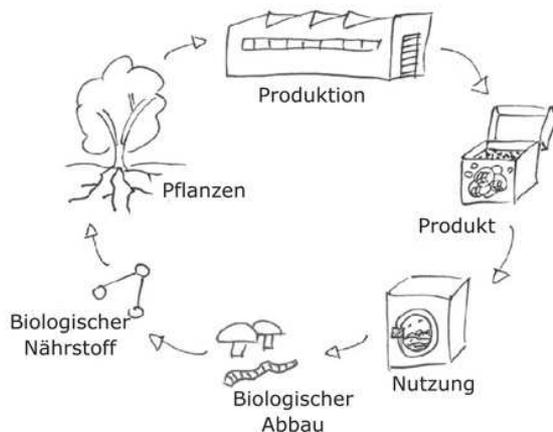


Abbildung 6 Biologischer Kreislauf -Cradle to Cradle (imposis)

Nach Michael Braungart, lässt sich das Problem der Entsorgung durch neuwertige Produkte, die sich im Kreis führen lassen vermindern. Energie und Materialströme können eingespart werden.

Das Prinzip „Cradle to Cradle“ (von der Wiege bis zur Wiege) hat sich die Natur als Vorbild genommen, in der „Abfälle“ als Nahrung verwertet werden (siehe hierzu

„einfach nachhaltig Blog- Braungart“.).

Cradle to Cradle

Der bekannte Ansatz der Ökoeffizienz versucht quantitativ die unbeabsichtigten negativen Auswirkungen, die während der Produktion und des Konsums entstehen, zu minimieren.



Abbildung 7 Cradle to Cradle Produkt (Trigema)

Der Cradle to Cradle Ansatz greift an einem Punkt, der „ökoeffektiv“ genannt wird. Die Hauptprobleme in der Produktion und des Konsums sind die Verschwendung von Material und Energie.

Das Cradle to Cradle Prinzip greift dort. Das Produkt soll die Umwelt nicht schädigen, sondern die natürlichen Kreisläufe unterstützen, indem es sich in diese integriert (siehe hierzu <http://www.braungart.com/visionDE.htm>).⁴²

Tabelle 4 Kreislaufrückführung

1. Lässt sich das Produkt einem ökologischen Kreislauf zurückführen?	Nein	■	□	□	■
	Teile des Produktes sind kompostierbar	□	■	□	
	Nahezu komplett kompostierbar	□	□	■	

⁴² Stand 28.7.2011

5.1.2 Entkoppelung von der Wirtschaft

Ökonomie benötigt Material und Energie aus dem Ökosystem. Hat ein Produkt zunehmend die Eigenschaften sich reproduzieren zu können und langlebiger zu sein, vermindert sich die Anzahl der Eingriffe in die Natur.

Die Stabilität des Ökosystems bleibt erhalten. Es muss weniger Belastungen verkraften, sodass die natürlichen Kreisläufe optimal funktionieren und so die Lebensgrundlage für alle Lebewesen erhält. Ein gesundes Kreislaufsystem kann „Produktionsabfälle“ aufnehmen und integrieren, solange diese Abfälle den Kreislauf nicht wirksam schädigen.

Reproduktion

Die Reproduzierung eines Gutes meint, dass sich aus einzelnen Teilen des Produktes wieder ein neues Produkt zusammensetzen lässt.

Der Zustand wird als „neu erstellt“ oder „aufrecht gehalten“ bezeichnet. In beiden Fällen trägt die Produktstruktur dazu bei, dass weniger neue Produkte hergestellt werden müssen.

Langlebigkeit

Die Eigenschaft „langlebig“ zu sein beschreibt, dass ein Produkt lange funktioniert und über die Garantie hinaus haltbar ist.

Ein typisches Konsumgut ist so konzipiert, dass die Haltbarkeit bereits kurz nach dem Kauf oder im Garantiefall spätestens nach Ablauf der Garantie, eingebüßt wird.

Tabelle 5 Entkoppelung von der Wirtschaft

2. Trägt das Produkt zur Entkoppelung der Wirtschaft bei?	Nein				
	Geringfügig				
	Ja				

5.1.3 Schadstoffeintrag in die Umwelt

Die Umwelt fungiert neben den Funktionen Lebensraum, Erholungsort etc. (siehe <http://www.bayceer.uni-bayreuth.de/biolog/BIOLOG/wissen/funktionen.html>) als Senke für Schadstoffe und Abfälle.

Zu einem gewissen Grad kann sich die Umwelt selbst regulieren. Wird das Maß an Schadstoffeinträgen überschritten, droht die Struktur des Systems zusammenzuberechen.

Durch einen geringeren Schadstoffeintrag verringern sich die Bemühungen der Umwelt, diese zu „beseitigen“. Schadstoffe verändern nicht nur die Strukturen des Ökosystems, sondern können diese irreversibel zerstören. Ein See, der einmal umgekippt ist, ist nur durch einen großen energetischen oder stofflichen Aufwand wieder herzustellen. Der Ausgangszustand wird dabei nicht erreicht. Artenvielfalten, die in dem Ökosystem gelebt haben, sind unwiederbringlich verloren.

Tabelle 6 Schadstoffeinträge in der natürlichen Umwelt

3. Verringert das Produkt den Schadstoffeintrag in die natürliche Umwelt?	Nein, es verursacht zusätzliche Entropieströme				
	Für das Produkt übliche Abfallströme				
	Wenig Emissionen, Abfälle dadurch eine Entlastung				

5.1.4 Degradation der Umwelt

Die Degradation bedeutet, eine Übernutzung der Umwelt. Die zunehmenden Stoffstromanfragen seitens der Ökonomie tragen dazu bei, dass immer mehr Flächen versiegelt, bebaut oder anderweitig nutzungsentfremdet werden.

Die erhöhte Nachfrage nach nachwachsenden Rohstoffen schafft eine Nutzungskonkurrenz zwischen Nahrungsmitteln, Rohstoffen und besiedelten Flächen.

Übernutzung von Böden, Desertifikationen, eine Entwaldung sowie saurer Regen und die Verseuchung der Oberflächengewässer sind Auswirkungen einer Übernutzung. Das Ökosystem kann die Fülle an „Informationen“ nicht verarbeiten und verliert sich im Chaos. Vor allem Böden haben neben der

Nahrungsmittelfunktion wichtige Aufgaben im Wasserhaushaltskreislauf und dem Kohlenstoffkreislauf, von dem der Mensch maßgeblich abhängig ist.

Ein schonender Umgang mit diesen natürlichen Gütern verringert die Gefahr einer Degradation, die in etwa gleichzusetzen ist mit dem thermodynamischen Gleichgewicht.

Tabelle 7 Degradation von Flächen

4. Trägt das Produkt zur Degradation der natürlichen Umwelt bei?	Die natürliche Umwelt wird übernutzt				
	Teilweise				
	Schonender nachhaltiger Umgang mit der natürlichen Umwelt				

5.1.5 Eingriff in die Biodiversität

Biodiversität ist die Vielfalt des Lebens. Sie lässt sich in 3 Ebenen unterteilen. Zum einen die Vielfalt des Ökosystems mit seinen Lebensräumen wie Wasser, Wald und Boden. Der Artenvielfalt, das heißt den Pflanzen, Tieren, Pilzen und Mikroorganismen. Sowie der dritten Ebene, der Genvielfalt (Rassen oder Sorten). Zwischen all diesen Faktoren ist ein dichtes Informationsnetz gespannt.

Die Biodiversität ist die maximale „Informationsentropie“ des Ökosystems. Sie legt die Qualität der Lebensräume und die Rahmenbedingungen fest (siehe hierzu <http://www.biodiversitaet2010.ch/wissen/definition>).

Jede Landschaft, jede Lebensgemeinschaft und jedes Individuum speichert Informationen, die als eine „unendliche Kette“ zyklisch aufeinander folgender Prozesse anzusehen sind.

Durch den Eingriff in die Ebenen der Biodiversität gehen Informationen verloren, die das Ökosystem für die Ausführung seiner Funktionen benötigt.

Die Ordnung nimmt damit ab und das Chaos im System nimmt zu. Alle Ebenen sind miteinander verflochten, sodass beim Verlust einer Art ein Stück Information zerstört wird.

Ein Produkt kann in die Biodiversität in verschiedenen Formen eingreifen. Zum einen werden Materialien für dessen Herstellung benötigt. Es werden enorme Stoffströme umgesetzt in Form von Bohrungen, Aushebungen, geologischen Roh-

und Baumaterialien. Zum anderen wird das Produkt nach Beendigung seines Lebenszyklus dem natürlichen Kreislauf zurückgeführt.

Sind die Informationen, die von diesem Produkt ausgehen nicht kompatibel mit den natürlichen, kann die Natur diese Informationen nicht verwerten. Die Geschwindigkeit der Entropiezunahme nimmt zu.

Tabelle 8 Eingriff in die Biodiversität

5. Beeinflusst das Produkt die Biodiversität?	Ja, es findet ein Eingriff in Landschaften, Lebensgemeinschaften etc. statt				
	Geringfügiger Eingriff in die Biodiversität				
	Vermeidung von übermäßigen Eingriffen				

5.1.6 Reproduktionsdynamik

Die Reproduktionsdynamik der Umwelt bedeutet, dass lebensnotwendige Funktionen der Biosphäre, wie die Assimilation, der Nährstoffaufnahme sowie dem Abbau von Ausscheidungen erhalten bleiben.

Die Kreisläufe der Umwelt ermöglichen, dass sich das Ökosystem regenerieren kann.

Durch anthropogenes Eingreifen in die Stoff-, Energiekreisläufe verändert sich die Reproduktionsdynamik, auch Selbstregulierung der Natur genannt.

Eine erhöhte Konzentration von Emissionen oder Schadstoffen kann nur zu einem gewissen Grad kompensiert werden. Danach ist die Umwelt durch die hohe Entropiezufuhr (eine erhöhte Geschwindigkeit) „überfordert“ und das komplexe System bricht zunehmend zusammen.

Beispiele für anthropogene Eingriffe gibt es zu genügend. Wird Raubbau mit Böden getrieben, so werden diese nach gewisser Zeit unfruchtbar und bilden eine „Wüstenähnliche“ Landschaft.

Tabelle 9 Reproduktionsdynamik der Umwelt

6. Unterstützt das Produkt die Reproduktions-Dynamik der Umwelt?	Nein				
	Geringfügig				
	Ja, wichtige Kreisläufe werden nicht beeinträchtigt				

5.1.7 Ökologische Kreisläufe

Es gibt eine Vielzahl von ökologischen Kreisläufen, die dazu beitragen, dass sich die Umwelt bis zu einem gewissen Grad selbst regulieren kann.

Das Ökosystem besteht aus einer hochkomplexen Struktur aus Artenvielfalten, Medien und Kreisläufen.

Durch anthropogenes Handeln greift der Mensch in diese Kreisläufe ein und reizt die Regulationsspanne aus, bis zu dem Punkt, an dem die Umwelt kapituliert.

Ökologische Kreisläufe

- *Biochemischer Kreislauf*
(Umverteilung von Stoffen innerhalb von Organismen)
- *Geochemischer Kreislauf*
(Austausch von Stoffen zwischen Ökosystemen)
- *Biochemischer Kreislauf*
(Austausch von Stoffen innerhalb eines Ökosystems)
- *Kohlenstoffkreislauf*
- *Wasserstoffkreislauf*
- *Stickstoffkreislauf*
- *Sauerstoffkreislauf*
- *Schwefelkreislauf*
- *Phosphorkreislauf*

Wirtschaftliche natürliche Kreisläufe produzieren keinen Müll. Durch Eingriff des Menschen in die Kreisläufe (Monokultur, Pestizide, Kunstdünger, genetische Veränderungen u.v.m.) werden nützliche Arten und Pflanzen ausgerottet.

Die Zunahme der Entropiegeschwindigkeit, die bei der Nutzung zur Herstellung von

niederentropischen Produkten entsteht, kann keinem natürlichen Kreislauf zurückgeführt werden.

Die natürlichen Prozesse sind angetrieben von der Sonne. Es findet ein ständiger Auf- und Abbau von Materialien und Stoffen statt.

Das ideale Bild der Biologen, das alle ökologischen Kreisläufe (siehe hierzu vorherige Auflistung) sich kontinuierlich abbauen, hängt vom jeweiligen Gas oder Stoff ab.

Tabelle 10 Ökologische Stoffkreisläufe

7. Stört das Produkt die ökologischen Kreisläufe?	Ja, alle Kreisläufe werden beeinträchtigt	■	□	□	□
	Geringfügige Beeinträchtigung	□	■	□	
	Vermeidung in die Kreisläufe übermäßig einzugreifen	□	□	■	

5.1.8 Verschärfung der Nutzungskonkurrenz

Der zunehmende Bedarf an Stoff- und Energieströmen verschärft die Nutzungskonkurrenz zwischen Biosphäre und der Ökonomie.

Die Folge, Regenwälder werden abgeholzt und Plantagen oder Viehzucht werden auf dem neu gewonnenen Land betrieben.

Dabei ist die Biosphäre, „Das Bollwerk gegen die Ansammlung von Unordnung im Universum“ (vgl. Jakl 2010).

Auf dem ersten Blick scheint durch den Eingriff in den Regenwald sich stofflich gesehen, nicht viel verändert zu haben.

Verglichen mit dem Parameter des Gasstoffwechsels, von dem jedes Lebewesen abhängig ist, wird das Ausmaß jedoch deutlich.

Die Bäume des Regenwaldes haben deutlich mehr Gase aufgenommen und assimiliert, als das je eine Plantagenpflanze könnte.

Nebenbei haben die Abholzungen zu einer Erhöhung der CO₂- Konzentration geführt. Jahrelang haben die Regenwälder Gase aufgenommen, die nun konzentriert der Umwelt zurückgeführt werden.

Tabelle 11 Verschärfung der Nutzungskonkurrenz

8. Verschärft das Produkt die Nutzungskonkurrenz zu Gunsten der Ökonomie?	Ja, aus Wäldern werden Plantagen				
	-				
	Nein, die Biosphäre ist bedeutender				

5.1.9 Beeinträchtigung des Wasserkreislaufes

Der Wasserkreislauf der Erde ist einer der ökologischen Kreisläufe. Alle Wasserreservoirs sind miteinander verbunden und bilden so den Wasserkreislauf. In der folgenden Abbildung sind die Schritte des Wasserkreislaufes abgebildet.

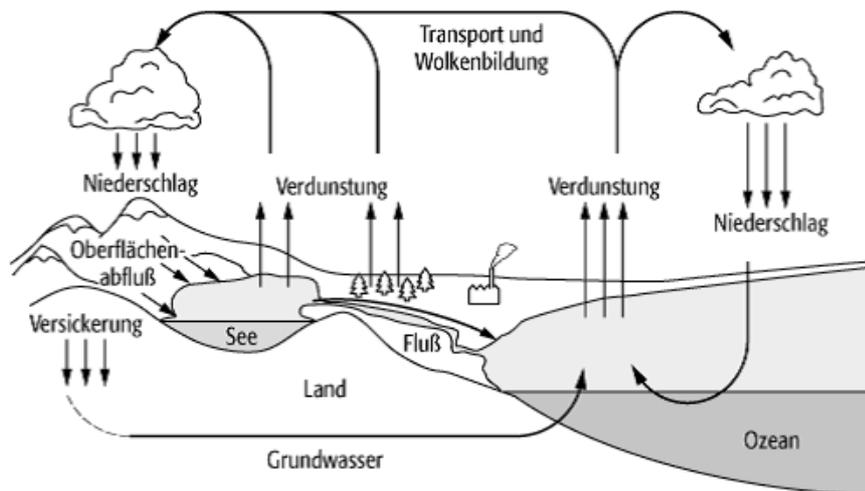


Abbildung 8 ökologischer Wasserkreislauf (Techniklexikon)

Damit der Kreislauf, indem auch das Abwasser (entwertetes Wasser) enthalten ist, funktioniert, muss genügend Fläche vorhanden sein.

Der Wasserkreislauf sorgt auch dafür, dass genügend Süßwasser produziert wird, von dem das Leben abhängig ist.

Ein Produkt das weniger Wasser benötigt, produziert infolge dessen weniger Abwasser. Abwasser ist „verschmutztes“ Wasser, das nicht ein weiteres Mal für denselben Zweck verwendet werden kann. Verschmutzung ist hier mit Entropie gleichzusetzen.

Im Abwasser sind häufig Schadstoffe und Emissionen enthalten, die durch Verdunstung in die Atmosphäre gelangen und dort dissidieren. Die

Schadstoffkonzentration nimmt zu.

Von diesen Konzentrationen gehen Gefahren für das Ökosystem aus. Die Abgase aus der Industrie enthalten Schwefeldioxid, Kohlenstoffmonooxid, Stickstoffoxide, Kohlenstoffdioxid sowie Schwefeldioxyde. Durch verschiedene chemische Prozesse entsteht bei der Wolkenbildung schweflige Säure, die als „Saurer Regen“ auf den Boden nieder regnet und dort den pH-Wert von Gewässern und Boden senkt.

Trinkwassersituation

Jedes Lebewesen besteht zu 2/3 aus Wasser. Es ist daher ein essenzielles Bedürfnis genügend Wasser trinken zu können.

Die Süßwasservorkommen sind sehr gering⁴³ und werden doch verschwenderisch genutzt.

Ein Wassermangel ist mit einer Lebensbedrohung gleichzusetzen.

Vor allem in den Ländern der Dritten Welt haben die Menschen keinen Zugang zu fließendem sauberen Wasser.

Oft wird sauberes Wasser den Armen vorenthalten. Die Preise sind so hoch, dass sich nicht jeder an dem knappen Gut bedienen kann. Krankheiten und Todesfälle nehmen infolgedessen zu.

Tabelle 12 Wasserbedarf des Produktes

9. Senkt das Produkt den Wasserbedarf?	Nein, der Wasserbedarf ist höher im Vergleich zu vorher				
	Bleibt gleich				
	Verringert sich				

5.1.10 Zweckentfremdung von Flächen

Das Ökosystem ist ein einzigartiger und wichtiger Lebensraum mit lebensnotwendigen Funktionen (siehe Agenda 21 Kapitel 12.)

Natürliche Lebensräume wie Teiche, Ozeane, die Bodenqualität sowie jegliches Leben, das auf oder im System lebt, weicht zunehmend den neuen Infrastrukturen der Menschen.

Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Medien werden „übersehen“:

⁴³ Etwa 0,003 % des globalen Wasservorkommens ist Süßwasser

Dabei ist die Umwelt das „Bollwerk“⁴⁴ gegen die Entropiezunahme. Die Geschwindigkeit hin zum thermodynamischen Gleichgewicht wird nicht beschleunigt.

Der Ozean ist längst nicht mehr nur Nahrungsquelle, sondern eine „Autobahn“ für Schiffe (Logistik).

Durch Beobachtungen, fundiertes Wissen und Informationen lässt sich die Entfremdung stoppen, aber nicht rückgängig machen.

Lebensfunktionen gehen durch den menschlichen Eingriff irreversibel verloren. Es muss die Möglichkeit bestehen mit der Umwelt zu leben und nicht gegen sie anzukämpfen.

Der Boden absorbiert beispielsweise einen Teil der Wärmestrahlung. Versiegelte Flächen können weniger Wärme absorbieren, als Wälder (siehe Kapitel Albedo und Treibhauseffekt).

Tabelle 13 Zweckentfremdung von Flächen

10. Müssen Flächen zweckentfremdet werden?	Ja um die Infrastruktur zu verbessern	■	□	□	□
	Teilweise	□	■	□	
	Nein, bestehende Strukturen werden genutzt	□	□	■	

5.1.11 Abbaurate erneuerbarer Rohstoffe

Erneuerbare Rohstoffe und Energien haben im Vergleich zu den abiotischen Rohstoffen den Vorteil, dass sie sich innerhalb einer zyklischen Abfolge kontinuierlich erneuern können.

Möglich ist diese Regeneration nur durch eine Abbaurate, die unterhalb der Regenerationsfähigkeit liegt. Wie bereits im 17. Jahrhundert festgestellt, können nur so viele Bäume geschlagen werden, wie nachwachsen.

Neben der Abbaurate müssen anthropogene Handlungen vermieden werden. Die Rohstoffe sollen möglichst natürlich wachsen. Monokulturen minimieren die Zuwachsrate und waschen die Böden aus.

Werden Regenerationsphasen erheblich oder über längere Zeit nicht eingehalten, kommt es zu Versorgungsgengpässen sowie einem Aussterben von Arten.

⁴⁴ Vgl. Jakl 2010

Je weniger die Abbauraten eingehalten werden, desto größer ist der Aufwand, diese Materialien wirtschaftlich zu nutzen.

Tabelle 14 Abbauraten erneuerbarer Rohstoffe

5. Senkt das Produkt die abbauraten erneuerbarer Rohstoffe?	Nein				
	Geringfügig				
	Ja				

5.1.12 Bedarf an abiotischen Rohstoffen

Abiotische Ressourcen, auch unter dem Begriff fossile Rohstoffe bekannt sind nur begrenzt verfügbar. Sie werden meist in der Industrie in hoher Konzentration benötigt.

Jede Materialverschiebung (Bohrungen, Aushub etc.) greift in die komplexen Strukturen und Verflechtungen des Ökosystems ein. Dessen Ordnung wird zunehmend durch Chaos bestimmt. Um sich den neuen Gegebenheiten anpassen bzw. sich regenerieren zu können, benötigt die Umwelt Zeit, die aufgrund von drängender Rohstoffnachfrage aber nicht gewährt wird.

Ein Produkt kann auf fossile Ressourcen so weit wie möglich verzichten. Schnell regenerierbare Rohstoffe, Holz oder Stroh schonen die Umwelt, wenn sie nachhaltig angebaut werden. Abiotische Rohstoffe sind nach dem einmaligen Verbrauch unwiderruflich für nachfolgende Generationen verloren. Neben den abiotischen Rohstoffen verursacht das nicht verwertbare Material, dass bei der Entnahme aus der Umwelt entsteht zusätzliche Umweltbelastungen.

Tabelle 15 Geringer Bedarf abiotischer Rohstoffe

12. Trägt das Produkt zu einem geringeren Bedarf an abiotischen Rohstoffen bei?	Nein, der Bedarf erhöht sich durch das Produkt				
	Bedarf ist nahezu identisch				
	Verringerung abiotischer Rohstoffe				

5.1.13 Maßvolle Nutzung heimischer Rohstoffe

Heimische Rohstoffe sind bei nachhaltiger Nutzung innerhalb eines Zyklus immer wieder nutzbar.

Neben der Entnahme der Rohstoffe aus der Umwelt fallen geringere Mengen an Emissionen sowie Material- und Energieströmen an.

Die Transport- und Logistikwege sind kürzer (Beispiel Import Äpfel aus Neuseeland, obwohl es heimische Äpfel gibt). Außerdem werden in anderen Ländern Monokulturen angebaut, um der Nachfrage nach diesen Rohstoffen gerecht zu werden.

Monokulturen

„Das Anlegen von Monokulturen bedeutet jedoch einen radikalen Eingriff des Menschen in das Gleichgewicht der Natur: Monokulturen sind biologisch arm (keine Artenvielfalt), sie entziehen dem Boden einseitig Nährstoffe und laugen ihn aus“.

(Quelle umweltdatenbank.de)

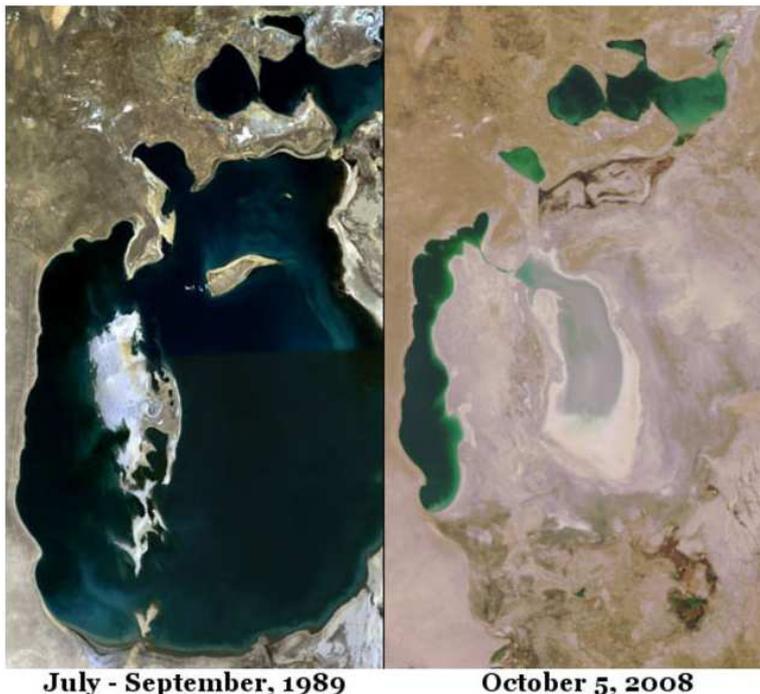


Abbildung 9 Veränderung des Aralsee (deu.andijonadolat)

Als bekanntes Beispiel gilt die Problematik des Aralsees. Durch Monokulturen für Baumwolle werden große Mengen an Wasser benötigt.

Viel Wasser, das dem See entnommen wird, gelangt durch Verluste in den Kanälen

nicht mehr in den See zurück. Ein Teil des Wassers ist zusätzlich mit Chemikalien verseucht (See ist eine Trinkwasserquelle).

Folgen sind kranke Menschen, verlorene Biosphären (Uferbereiche), eine Zunahme des Salzgehaltes im See sowie Auswirkungen auf das Klima in der Region (siehe hierzu <http://de.wikipedia.org/wiki/Aralsee>)⁴⁵.

Tabelle 16 Maßvolle Nutzung heimischer Rohstoffe

13. Fördert das Produkt einen maßvollen Nutzen heimischer Rohstoffe?	Nein, Rohstoffe werden importiert obwohl im Land vorhanden	■	□	□	□
	Teilweise	□	■	□	
	Ja	□	□	■	

5.1.14 Schonung des natürlichen Kapitals

Natürliche Güter sind das Kapital der Menschheit. Die Wirtschaft ist in gleichem Ausmaß davon abhängig.

Es muss ein „gesunder“ Weg gefunden werden, indem das natürliche Kapital nicht zugunsten des Wirtschaftswachstums geopfert wird.

In der „promethischen Revolution“ vor 5000-10 000 Jahren hat sich das menschliche Handeln auf die Sonnenenergie bezogen. Seit der industriellen Revolution beschränkt sich die Menschheit auf die Nutzung der geronnenen Sonnenenergie.

Diese ist aber nur limitiert verfügbar, ebenso wie das Ökosystem und dessen Funktionen. Die folgende Abbildung verdeutlicht, dass je weiter das natürliche Kapital zugunsten der Wirtschaft verbraucht wird, desto schwieriger ein zukünftiges wirtschaften ist.

⁴⁵ Stand 27.7.2011

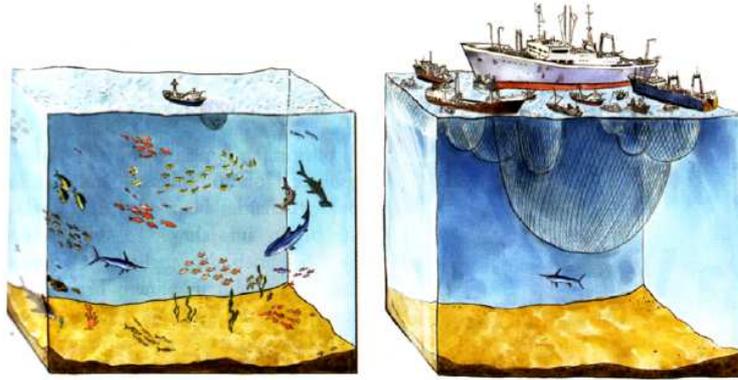


Abbildung 10 Verlust des natürlichen Kapitals durch Menschenhand (Matt Collins)

Straßen, Fabriken und alle Güter, die aus dem natürlichen Kapital entstehen, haben einen geringeren Wert als das natürliche Kapital selbst.

(Das Boot kann immer größer werden, die Fangquote richtet sich aber nach der Begrenztheit des natürlichen Kapitals.)

Tabelle 17 Schonung des natürlichen Kapitals

14. Schont das Produkt das natürliche Kapital?	Nein es wird zu Gunsten des Wirtschaftswachstum ausgebeutet				
	Teilweise				
	Ja				

5.1.15 Reduzierung des Schadstoffeintrags

Jedes Lebewesen und auch die Ökonomie nehmen Stoffe niedriger Entropie auf (Nahrung, Rohstoffe usw.). Um ihren Lebensprozess aufrechterhalten zu können, müssen sie der Umwelt hohe Entropie zurückgeben.

Bionik

Bionik setzt sich aus den Wissenschaftsbereichen Biologie und Technik zusammen. Bionik bedeutet von der Natur lernen, abschauen. Das heißt, es werden Stoffe und Strukturen in den Produktionsprozessen verwendet, die so auch in der Natur zu finden sind.

Die Umwelt produziert keine Abfälle. Nimmt sich die Industrie die Natur zum „Vorbild“, können Schadstoffe und Abfälle deutlich gemindert werden (siehe hierzu biokon.net).

Der so genannte Lotuseffekt, der geringe Effekt der Oberflächenbenetzbarkeit einer Pflanze, wird in der heutigen Forschung und den ersten Produkten bereits angewandt.

Durch eine geringe Benetzbarkeit nimmt die Haftung für Schmutz ab, sodass weniger gewaschen werden muss.



Abbildung 11 Lotuseffekt (uni Oldenburg)

Viele anthropogen hergestellte Industriehilfsmittel sind so verschlüsselt, dass sie der Umwelt nicht zugeführt werden dürfen.

Die Natur kann sie nicht verwerten und zu niedriger Entropie umwandeln. Die Unordnung im System nimmt zu und damit die Handlungsunfähigkeit.

Tabelle 18 Orientierung an natürlicher Umwelt

15. Orientiert sich das Produkt an der Umwelt?	Nein,				
	Teilweise Einsatz von natürlichen Stoffen				
	Ja sehr viel Bionik und natürliche Strukturen				

5.1.16 Optimaler Gebrauch

Die meisten Umweltauswirkungen eines Produktes finden in dessen Nutzungsphase statt. Vor allem elektronische Geräte haben enorme Umweltauswirkungen.

Produkte lassen sich in der Regel effizient und verschwenderisch Nutzen. In den meisten Fällen ist dem Konsumenten der richtige Umgang mit seinem Produkt nicht bekannt.

Informationen bezüglich einer optimalen Nutzung können dazu beitragen, dass die Auswirkungen während der Nutzungsphase minimiert werden können.

In der folgenden Abbildung sind die Auswirkungen bezüglich Stromkosten dargestellt. Es ist deutlich zu sehen, dass die Temperatur und der Stromverbrauch in der Produktnutzungsphase miteinander in Verbindung gebracht werden können. Eine Aufklärung der Nutzer kann dazu führen, dass während der Waschvorgänge Energie und Wasser eingespart werden kann und damit Ressourcen geschont werden.

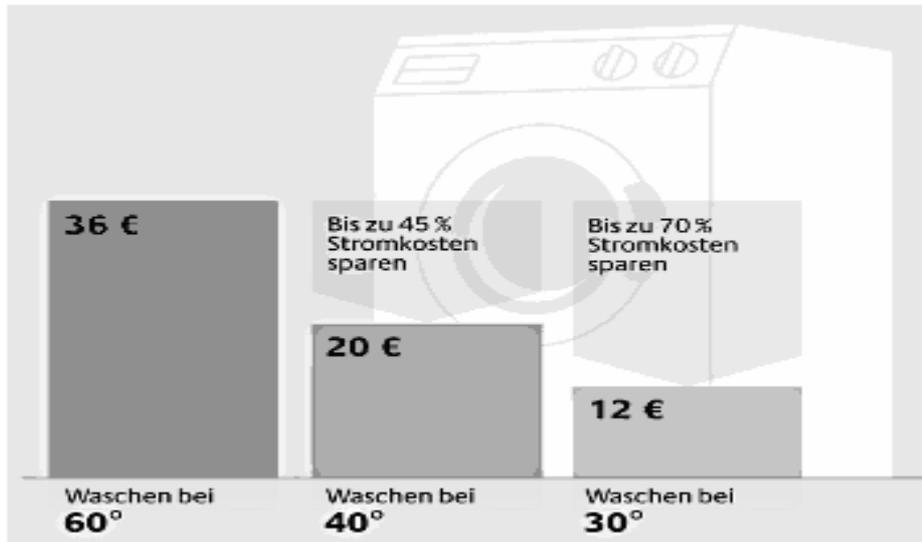


Abbildung 12 Waschmittel -optimaler Nutzen (Energiesparentipps)

Tabelle 19 Optimaler Gebrauch- Gebrauchshinweise

16. Gibt das Produkt Auskunft über den optimalen Gebrauch?	Nein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sehr kurz und unverständlich	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Ja ausführlich mit Vor- und Nachteilen einer optimalen Nutzung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

5.2 Soziale Bewertungsansätze

Die sozialen Bewertungsansätze beziehen sich darauf, inwieweit ein Produkt zu einer Verringerung der Entropiezunahme innerhalb sozialer Systeme beiträgt. Das heißt, wie bereits in Kapitel 3.1.2 erläutert müssen „Soziale Energien“ bereitgestellt werden, um die Struktur und Ordnung der Gesellschaft und die jedes Makro- und Mikrosystems, aufrechtzuerhalten.

5.2.1 Essenzielle Bedürfnisbefriedigung

Essenzielle Bedürfnisse sind Grundbedürfnisse. Sie sind jedem Lebewesen angeboren und beim Menschen durch erlernte kulturelle Eigenschaften überformt.

Die Grundbedürfnisse sind der Antrieb eines jeden Handelns. Sie erhalten das Leben und verbessern die Lebensqualität (siehe Abraham Maslow).

Abraham Maslow hat zur Verdeutlichung der Bedürfnisse eine Pyramide entwickelt.



Abbildung 13 Bedürfnispyramide nach Maslow (Maslow)

Grundbedürfnisse

Die Grundbedürfnisse, auch Defizitbedürfnisse genannt, eines Lebewesens sichern dessen Existenz.

1. Körperliche Bedürfnisse (Nahrung, Schlaf, Bewegung...)
2. Sicherheitsbedürfnisse (Ordnung, Strukturen, Werte....),
3. die Sozialen (Liebe, Geborgenheit, Sorge...)
4. und das Bedürfnis nach Achtung (Prestige, Macht, Wissen...).⁴⁶

Wird eine Bedürfnisstufe erreicht, strebt das Lebewesen nach der nächsthöheren Stufe.

Je höher das Bedürfnis desto komplexer und damit entropischer ist dessen Erfüllung. Die ersten Stufen sind essenziell zum Überleben notwendig. Ein Kind mit Hungergefühl wird sich schlecht oder gar nicht dem Bedürfnis nach Bildung widmen können. Gleiches gilt für ein Produkt. Erfüllt es das grundlegende Bedürfnis eines

⁴⁶ Grundbedürfnisse: <http://www.gluecksarchiv.de/inhalt/grundbedarf.htm> (Stand 27.7.2011)

Konsumenten, ist dieser befriedigt. Schafft es aber neuen Konsumanreiz oder befriedigt es nicht, so entsteht eine Spannung zwischen Soll und Istzustand. Der Sollzustand ist entropisch gesehen, als minimale Entropie anzusehen. Der Ist-Zustand, also die Abweichung vom Sollzustand verlagert das Ungleichgewicht zu einem thermodynamischen Gleichgewicht.

Tabelle 20 Essentielle Bedürfnisbefriedigung

1. Befriedigt das Produkt wirklich die essentiellen Bedürfnisse?	Es schafft neue Bedürfnisse				
	Kurzfristige Befriedigung				
	Spannungen zwischen Ist- und Soll Zustand wird abgebaut				

5.2.2 Kultur

Kultur ist für jedes Individuum eine Art Identifikation. Jede Nation definiert sich über die Kultur, Geschichte, Traditionen und Werte.

Die Globalisierung und die zunehmende Industrialisierung weltweit beeinflussen die Individualität der einzelnen Kulturen.

Die Globalisierung fördert eine einheitliche Kultur, in denen die industriellen Werte im Vordergrund stehen.

Unberührte Völker und Regionen bewahren derzeit noch ihre Bräuche und Traditionen.

Dies ändert sich, sobald die Industrie auf diese Gebiete aufmerksam wird.

Dabei sind die vielfältigen Religionen und Kulturen für eine Weltgemeinschaft wichtig.

Eine „einheitliche“ Weltgemeinschaft befindet sich im Gleichgewicht und ist so, schenkt man den thermodynamischen Hauptsätzen Aufmerksamkeit, handlungsunfähig.

Unterschiede können die Menschen global gesehen vereinen. Die Botschaft muss aber sein, Rücksicht, Neugier und Interesse an Neuem zu entwickeln.

Oft ist Neues ein Grund, Angst zu haben. Und Angst macht den Menschen ebenfalls handlungsunfähig. Eine gegenseitige Rücksichtnahme den fremden Kulturen und Religionen gegenüber könnte Konflikte sogar abbauen.

Tabelle 21 Schutz der Kultur

2. Wird die Kultur geschützt?	Nein auf kulturelle Eigenschaften wird keine Rücksicht genommen				
	Teilweise				
	Ja , Kultur wird geschützt und sogar gefördert				

5.2.3 Sozialer Zusammenhalt

Der Begriff des sozialen Zusammenhalts hat seine Grundwerte durch die Französische Revolution erhalten. Freiheit, Gleichheit und Brüderlichkeit sind alte Werte, die heute dennoch aktuell sind.

„Der soziale Zusammenhalt einer Gesellschaft drückt sich in der Bereitschaft ihrer Mitglieder aus, solidarisch zu handeln“ (Quelle: Wörterbuch Sozialpolitik <http://www.socialinfo.ch/cgi-bin/dicopossode/show.cfm?id=598>).

Ohne diesen Zusammenhalt würde die Gesellschaft auseinanderfallen.

Die Strukturen müssen kontinuierlich gestärkt werden damit sie nicht dem Zerfall unterliegen.

Wichtige Eigenschaften sind, dass das Produkt eine soziale Interaktion fördert. Ein „Mensch ärgert dich nicht“ Spiel lässt sich schlecht alleine spielen. Neben den sozialen Kontakten werden Strukturen und Verbindungen innerhalb der Gesellschaft gestärkt. Produkte, die sich aber alleine nutzen lassen verstärken den „Individualisierungsschub“ vermindern die Sozialkompetenzen, also auch die Solidarität und verkomplizieren so die Gesellschaft.

Unterschiede innerhalb einer Gemeinschaft schaffen Anreiz neue Kompetenzen zu entdecken.

Toleranz, Respektierung anderer Kulturen, Religionen und Verhalten verhindern, dass die Gesellschaft zunehmend veränderungsunfähig wird. Religion, Kultur, Kreativität sowie außergewöhnliche Hobbys können als Syntropien den starren gesellschaftlichen Strukturen entgegenwirken.

Tabelle 22 Sozialer Zusammenhalt

3. Baut das Produkt soziale Zusammenhalte ab?	Ja				
	Teilweise				
	Nein soziale Zusammenhalte werden gestärkt				

5.2.4 Unwissenheit

Oft ist es der Fall, dass ein Mikro- oder Makrosystem betrachtet wird, aber die Zusammenhänge oder gar der ganze Gegenstand nicht begriffen werden kann. Durch Unwissenheit, eine weitere Form der Entropie kann sich ein Lebewesen seinem Lebensraum nicht optimal anpassen.

Es ist ein höherer Aufwand nötig, um einen optimalen lebenswerten Zustand zu erreichen. Das Individuum ist im andauernden „Stress“.

Besitz das Lebewesen aber durch ein Produkt die Möglichkeit dieses Unwissen zu kompensieren, indem Information, Kompetenz und Wissen vermittelt werden, verringert sich der Aufwand einer optimalen Anpassung.

Eine standardisierte Kennzeichnung von Produkten kann dem Verbraucher dabei helfen, schneller das richtige Produkt zu finden.

Die Gesellschaft ist zunehmend daran interessiert, einen Beitrag für die Umwelt zu leisten. Normen oder Richtlinien, die den Hersteller dazu zwingen Auskunft über umweltrelevante Themen bezüglich des Produktes zu geben, können die Kaufentscheidungen nachhaltig beeinflussen.

Die alte Volksweisheit, „Unwissen schützt vor Strafe nicht“ trifft vollkommend zu. Straffrei ist nur der, der einen Irrtum nicht vermeiden kann.

Tabelle 23 Unwissenheit -Informationsmangel kompensieren

4. Wir der Informationsmangel durch das Produkt abgebaut?	Es führt zu mehr Unwissenheit				
	Erhöht den Wissenstand des Konsumenten				

5.2.5 Werteverfall durch das Produkt

Die Struktur und Ordnung einer Gesellschaft steht und fällt mit ihren Gesetzen, Tabus und Werten. Je komplexer diese Gesellschaft, desto schwieriger ist es, allgemeingültige Werte und Normen zu finden.

Produktdienstleistungen, wie beispielsweise Google Street View oder auch Twitter tragen zu einem Werteverfall bei. Die Freiheit, ein Gut ungestört zu nutzen (beispielsweise den eigenen Garten), wird durch diese Dienstleistungen zerstört (Freiheitseinschränkung).

Die Masse an Informationen in solchen Serviceleistungen erhöht die Geschwindigkeit der Entropiezunahme innerhalb des Systems „Gesellschaft“. Werden gesellschaftliche Strukturen aufgelöst entsteht Unordnung, die wiederum mit einer Entropiezunahme gleichzusetzen ist. Instabile Makro- und Mikrosysteme sind anfällig für Streit und Krieg, sodass sich die Strukturen immer weiter verkomplizieren. Je komplexer eine Gesellschaft, desto offener ist sie. Ein Indianerstamm hingegen ist weitestgehend abgeschlossen, da die Lebensweise nicht durch äußere Einflüsse verkompliziert wird.⁴⁷

Tabelle 24 Werteverfall durch das Produkt

5. Trägt das Produkt zum Werteverfall bei?	Ja				
	Teilweise				
	Nein				

Durch einen zunehmenden Verfall von Werten muss sich das Individuum selbst organisieren und ihrem Leben innerhalb einer modernen Gesellschaft einen Sinn geben.

5.2.6 Selbstorganisation

Unter Selbstorganisation versteht sich ein Individuum oder eine Gesellschaft, das sich gegen Fremdbestimmung wendet. Das heißt, dass die Gesellschaft bzw. das Individuum, die Prozesse und Strukturen sowie Lebensweise selbst gestaltet und

⁴⁷ Wöhlcke, M. <http://www.kultur-fibel.de/Kultur%20Fibel%20Buch,%20W%F6hlcke,%20Das%20Ende%20der%20Zivilisation.htm> (Stand 25.7.2011)

nicht durch eine Hierarchie befohlen bekommt (hier sind alle äußeren Einflüsse gemeint).

Nach Schlemm ist die kapitalistische Produktionsweise kein Umgang mit den globalen Problemen, sondern führt vielmehr zu einer Verschärfung der Problematik (siehe Annette Schlemm 1999).

Selbstorganisation ist eine Ordnung fernab vom thermodynamischen Gleichgewicht, deshalb ist es möglich, individuelle Entscheidungen zu treffen. Das Produkt kann zu einer Selbstorganisation beitragen, indem es Aufgabe übernimmt, um die Gesellschaft oder das Individuum zu entlasten.

Paul La Fargue behauptet sogar, dass der Stand der Technik es den Menschen erlaubt „Ein Recht auf Faulheit“ einzufordern.

Beispiel für ein Produkt zur Selbstorganisation ist ein Brotbackautomat. Durch diesen ist der Mensch nicht mehr in der Abhängigkeit des Bäckers, sondern entscheidet selbst dessen Gestaltung und Inhaltsstoffe seiner Backwaren. Eine Selbstorganisation fördert die Kreativität und Freiheit, die wiederum als „soziale Energien“ wichtig sind, um dem Entropiestrom der Gesellschaft entgegen zu wirken.

Tabelle 25 Selbstorganisation

6. Fördert das Produkt die Selbstorganisation?	Nein, es verstärkt eine Fremdorganisation				
	Es verändert den aktuellen Stand nicht				
	Die Selbstbestimmung erhöht sich				

5.2.7 Einklang mit der Natur

Die Nutzung von Stoffen und Materie ist eine irreversible Vernutzung (nach dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik).

Jeder Gebrauch der Natur ist eine Vernichtung dessen, von dem jedes Lebewesen abhängig ist.

Jeder Prozess, der die Entropie beschleunigt verursacht Chaos und Unwissen.

Veränderungen der Umwelt, die sich nicht ohne Weiteres erklären lassen und nach näherer Betrachtung nicht zu deuten sind, verursachen Unsicherheit und Angst im Menschen.

Um diese Ungewissheit zu beseitigen, sind enorme Aufwendungen notwendig.

Jedes Lebewesen, versucht die Prozesse um sich herum zu verstehen. Ein Produkt kann in diesem Falle dazu beitragen, indem es dem Menschen die Sicherheit gibt,

etwas „Gutes“ für die Umwelt getan zu haben. „BIO“ oder „ÖKO“-Produkte geben das Gefühl etwas für die Erhaltung des Lebensraumes und damit der eigenen Sicherheit getan zu haben.

Tabelle 26 Einklang Mensch und Natur

7. Bringt das Produkt Mensch und Natur in Einklang?	Nein, es verursacht Ängste einer nicht mehr tragfähigen Umwelt				
	geringfügig				
	Ja, es gibt „Sicherheit“				

5.2.8 Vermittlung von existenziellen Informationen

In den Extraktionsländern fehlt es an Wissen um die eigene Existenz sichern zu können.

Der optimale Umgang mit endlichen Ressourcen ist oftmals nicht bekannt. Diese Wissenslücke nutzen die Industriestaaten aus, um preiswert an knappe Ressourcen zu kommen.

Die Entwicklungsländer wissen in den meisten Fällen nicht, wie ihre Ressourcen optimal genutzt werden können. Das Ungleichgewicht unterschiedlicher Wissensstände wird bewusst missbraucht.

Der „kurzzeitige“ Wohlstand, indem die Menschen Arbeit finden und Geld verdienen, wird getrübt durch Subventionierungen von Energie und Wasser, die ohnehin in diesen Ländern extrem knapp sind.

Durch eine Transferierung von Wissen kann das Ungleichgewicht minimiert werden. Die Menschen können dem Chaos, das die Ausbeutung hinterlässt, entgegenwirken. Effiziente und nicht exzessive Nutzungen von Wasserquellen und die Erschließung neuer Brunnen hilft der Unzufriedenheit ein Stück weit entgegen zu wirken.

Es existieren eine Reihe von Produkten, die einen Teil ihres Erlöses den Entwicklungsländern zukommen lassen. Von diesem Geld entstehen beispielsweise Schulen, in denen die Menschen über Nachhaltiges anbauen in der Landwirtschaft informiert werden.

Tabelle 27 Wissenstransfer in Entwicklungsländer

8. Unterstützt das Produkt den Wissenstand in Entwicklungsländer?	Nein				
	Geringfügig				
	Ja, durch Vermittlung von Wissen wird „Wohlstand“ geschaffen				

5.2.9 Förderung der Verteilungsgerechtigkeit

Die Verteilungsgerechtigkeit muss unterschieden werden in „intragenerative Gerechtigkeit“, das heißt, alle Völker auf dieser Erde haben die gleichen Entwicklungsmöglichkeiten sowie der Generationengerechtigkeit.

Umwelleistungen sind in der Regel nur limitiert verfügbar und die Umweltmedien haben nur eine geringe Aufnahmekapazität.

Um das heutige „Wirtschaftswachstum“ erhalten zu können, müssen zunehmend Ressourcen verbraucht werden, die folgenden Generationen oder anderen Ländern gehören.

Es findet eine Auseinandersetzung zwischen Eigentum und Besitz statt in die, die Nutzungskonkurrenz einfließt.

Ressourcen werden verbraucht und Externalisierungen in Kauf genommen. Gegenwärtige und erwartbare sowie zukünftige Schäden werden kaum berücksichtigt. Dabei gilt, dass jedes Lebewesen die gleichen Bedingungen vorfinden soll (siehe Our Common Future, Brundtland). Ein schonenderer Umgang mit den Ressourcen, einer Effizienz sowie die Konzentration auf heimische, regionale Produkte können den Verteilungskonflikt verkleinern. Um eine Gleichverteilung zu erreichen, müssen die Industriestaaten 90% der Rohstoffe und Abfälle einsparen (siehe hierzu Faktor 10).

Tabelle 28 Verteilungsgerechtigkeit

9. Fördert das Produkt die Verteilungsgerechtigkeit?	Nein, die Ungerechtigkeit wird sogar verschärft				
	Ungerechtigkeitsgleichgewicht bleibt erhalten				
	Das Ungleichgewicht verändert sich zum positiven für Entwicklungsländer				

5.2.10 Konsumverhalten

Das Konsumverhalten eines Bürgers kann durch Fehlinformationen mittels äußerer Einflüsse einen erhöhten Aufwand verursachen.

Die größte Fehlinformation innerhalb der Gesellschaft nennt Binswanger die Tatsache, dass die gesellschaftliche Ordnung nur durch eine überproportional anwachsende Unordnung der natürlichen Umwelt erkaufte werden könne (vgl. Binswanger 1994).

Ein Lebewesen muss, um das Fließgleichgewicht des Körpers halten zu können, ständig Syntropien (Nahrung, Sauerstoff, Wasser usw.) aufnehmen. Dem Zerfall lässt sich nur durch Zufuhr von Energie- und Stoffströmen entgegenwirken.

Diese Tatsache gilt auch für eine Gesellschaft, die ihre Struktur nur durch Syntropien aufrechterhalten kann.

Die Fehlinformation liegt aber darin, dass der Massenkonsum dazu beiträgt, ein Fließgleichgewicht aufrechtzuerhalten.

Ebenso kann das Produkt durch Kennzeichnungen aussagen, ob es den nachhaltigen Kriterien entspricht.

Der Verbraucher erhält über die Verpackung Informationen zum Produkt selbst und nicht wie derzeit, Informationen über die Inhaltsstoffe der Verpackung.

Eine aussagekräftige Kennzeichnung kann das Konsumverhalten verändern.

Durch Symbolik kann jeder Konsument entscheiden, ob er sich für das nachhaltige Produkt entscheidet oder nicht.

Oft ist es aber auch der Fall, dass Verpackungen mit Informationen überladen sind, sodass wichtige Daten in sehr kleiner Schriftgröße schwer auffindbar sind.

Eine Studie der Johannes Gutenberg Universität hat außerdem gezeigt, dass der Konsument mehr auf die Optik und Farbgebung des Produktes achtet, als auf dessen Inhaltsstoffe und Umweltkriterien.

Dieser Aspekte könnte sich durch geschicktes Positionieren von umweltrelevanten Informationen ausnutzen lassen.

Die Menschen haben seit der Industrialisierung mehr Freizeit, Geld und Wohlstand, aber sind sie deswegen glücklicher (vgl. Binswanger 2006).

Tabelle 29 Konsumverhaltensänderung durch das Produkt

10. Ändert das Produkt das Konsumverhalten?	Nein				
	Geringfügig				
	Ja, der Überkonsum nimmt ab				

5.2.11 Verbesserung der Lebensqualität

„Krankheiten“ innerhalb einer Gesellschaft definieren sich durch den Umgang unterschiedlicher menschlicher Gruppen miteinander (z.B. arme und reiche Menschen).

Symptome des allgemeinen schlechten Zustandes einer Gesellschaft (deren Gesundheit) können sich in Form von Kriminalität, Rauschgiftkonsum und Frustration äußern.

Müllverschmutzung hemmt den Stoffwechsel der Erde und damit den der Gesellschaft, da diese als Subsystem von der Umwelt abhängig ist. Geht es der Erde schlecht, kann es auch den Menschen nicht gut gehen. Das umgebende Milieu ist geschädigt.

Ein richtiger Umgang mit Ressourcen und Müll kann diesen Zustand vermeiden bzw. verringern.

Es kann aber nicht das Ziel einer Gesellschaft sein den „eigenen Müll“, z.B. Atommüll auszulagern und damit die hohe Entropie des Milieus auf andere Länder zu abzuwälzen (siehe hierzu Zycha „Ökosystem und Nahrung“).

Tabelle 30 Verbesserung der Lebensqualität

11. Verbessert das Produkt die „allgemeine“ Lebensqualität?	Nein				
	Geringfügig				
	Ja , deutliche Abnahme von „Krankheiten“				

5.2.12 Entspannende oder beruhigende Wirkung

Die Zunahme an Technik erhöht den Informationsfluss, der auf die Lebewesen eingeht. Produkte wie Computer, Radio oder Fernseher vermitteln eine „Flut an Informationen“, die das Individuum in einem so geringen Zeitraum nicht verarbeiten kann.

Jedes Unglück, jede Katastrophe und jedes Ereignis verursacht eine Reihe an

Informationen. Früher haben die Menschen, unsere Ur-/und Großeltern am nächsten Tag die wichtigsten Ereignisse in der Zeitung lesen können. Heute sind die Informationen globalen Ausmaßes.

Das Individuum kommt nicht mehr zur Ruhe und ist unentspannt. Die Masse an Informationen lässt sich nicht in wichtig und unwichtig teilen. Die ständig eintreffenden Informationen überfordern. Das „Chaos“ im Kopf nimmt zu und kann zu Krankheiten und Depressionen führen. Produkte, die nicht durch Informationsfluten bestechen, können diesen Phänomenen entgegen wirken.

Tabelle 31 Entspannende oder beruhigende Wirkung

12. Trägt das Produkt zur Entspannung bei?	Nein				
	Geringfügig				
	Ja, es ist ein Wellnessprodukt				

5.2.13 Aufklärung und Bildung

Bildung gehört zu den Grundbedürfnissen eines Menschen. In den meisten Entwicklungsländern ist der Bildungsstand auf einem Niveau fernab der Industriestaaten stagniert.

Die Menschen versuchen, den Industriestaaten wirtschaftlich nachzueifern. Dabei bleiben Bildung und Umweltschutz außen vor.

Den Nachfragen nach Rohstoffen und Ressourcen (aus den Industrienationen) wird nachgegangen um ein Stück „schein“ Wohlstand in das eigene Land zu bringen. Vor allem die mangelnde Aufklärung und Bildung führt zu einem zunehmenden Bevölkerungswachstum (Abbildung Teufelskreislauf in Entwicklungsländern).

In vielen Ländern ist Hunger und Armut ein großes Problem.

Die Sicherheiten eines Sozialstaates, der ihnen im Alter hilft, gibt es nicht. Ihre „Rente“ sind ihre Nachkommen.

Ein Gut, das Bildung vermittelt, ermöglicht einem Individuum neue Chancen sich selbst zu verwirklichen, eine Zukunft aufzubauen und dem Kreislauf zu entfliehen.



Ernährungssituation in Entwicklungsländern. Teufelskreis der Armut.

Abbildung 14 Teufelskreislauf ohne Entwicklungshilfe (ernaerhung.de)

Informationen und Wissen sind wichtige Bestandteile einer nachhaltigen Entwicklung. Analphabetismus ist in vielen Ländern ein großes Problem. Eine aufgeklärte Gesellschaft lehnt sich gegen Ungerechtigkeit und Chaos auf und findet einen toleranten Weg im Einklang mit der Umwelt zu leben (siehe hierzu http://www.thehungersite.de/html/der_welthunger.html).

Tabelle 32 Aufklärung und Bildung

13. Werden Aufklärung und Bildung vermittelt?	Nein				
	Geringfügig				
	Ja, um den Bildungsstand zu verbessern				

5.2.14 Kommunikation

Kommunikation zwischen Individuen bedeutet, ein Austausch von Wissen, Informationen und Erfahrungen.

Alle diese im Gespräch übertragenden „geistigen Medien“ tragen so zu einer Entwicklung des geistigen Wesens bei.

„Aus Erfahrungen lernen wir“ und andere Ansichten und Meinungen lassen den Menschen über sein Verhalten nachdenken. Er übernimmt Strukturen seines

gegenüber und schafft damit eine Zunahme an Komplexität innerhalb seiner menschlichen Grenzen. Ein Produkt kann zu einem Gespräch anregen oder es fördern.

Tabelle 33 Förderung der Kommunikation

14. Trägt das Produkt zu einem erhöhten Informationsaustausch bei??	Nein				
	Ein leicht erhöhter Austausch ist bekannt				
	Ja, Ziel des Produktes				

Durch den „Sozialisierungsprozess“ erlernt das Individuum, innerhalb einer Gesellschaft Aufgaben zu übernehmen. (Dahrendorf)
 Aufgaben bedeuten Verantwortung. Das heißt, dass das Individuum nicht nur an sich selbst, sondern eine Gemeinschaft denken muss (Wirkung gegen den Egoismus).

5.2.15 Faire Bedingungen

Faire Bedingungen meint sowohl Fair Trade (richtige Entlohnung) als auch ein gerechtes Leben innerhalb der Gesellschaft. Ein Produkt kann die Fairness unterstützen, indem nur nachhaltige Wirtschaftssysteme in dessen Produktion integriert werden.

Nicht nachhaltige Wirtschaftssysteme sind zwar in der Regel preiswerter, berechnen aber nicht die Umwelt- und Zukunftskosten des Produktes mit ein.

Fairness bedeutet, Gerechtigkeit. Jeder Mensch ist gleich und hat dieselben Rechte und Pflichten.

Einem Bauern in Kenia steht das Recht einen fairen Lohn für seine Arbeit zu. Ebenso, wie es in den Industriestaaten selbstverständlich ist mit dem Lohn das Leben zu sichern, muss es den Kaffeebauern in Kenia auch ermöglicht werden mit dem Gehalt einen gewissen Wohlstand zu schaffen.

Das Hauptaugenmerk darf nicht immer auf das preiswerteste Produkt fallen, das im Nachhinein aufgrund fehlender Voraussicht, am Ende deutlich teurer ist, als das vermeidlich teurere.

Fair Trade

Das Fair Trade Siegel (siehe Abbildung) ist ein Symbol für den Verbraucher. Damit wird verdeutlicht, dass sich die Produzenten dieser Produkte für faire Arbeits- und Lebensbedingungen in den Rohstoffländern einsetzen.



Abbildung 15 Fair Trade Siegel (fairtrade.de)

Sie unterstützen die Arbeit der Bauern durch faire Bezahlung, die ausreicht um Kinderarbeit zu verhindern.

Tabelle 34 Fairness

15. Wird auf Fairness und Gerechtigkeit geachtet?	Nein				
	Geringfügig				
	Ja, nur nachhaltige Wirtschaftssysteme werden integriert				

5.2.16 Unterstützung eines demokratischen Wandels

Eine Diktatur ist eine stabile Gesellschaftsform, solange genügend Energien aufgebracht werden können, um das gemeine Volk und dessen Meinungen zu unterdrücken (Nahrungsmittelkürzung, Gewalt, Enteignungen usw.).

Wird die einwirkende Kraft der unzufriedenen Menschen größer, muss deutlich mehr Energie aufgewendet werden.

Bis zu dem Punkt, an dem die Kräfte, die auf die Staatsform einwirken größer sind, als die Einwirkungen auf die Bevölkerung. Das System ist handlungsunfähig.



Abbildung 16 politische Freiheit Weltweit (Amnestie)

Unterstützten Unternehmen ein Regime durch den Ankauf von Ressourcen für ihre Produkte, so erhält die Diktatur neue Energien, die sie dem Volk entgegen wirken kann. Um einen demokratischen Wandel zu unterstützen, muss darauf verzichtet werden Material- und Energieströme aus diesen Ländern zu importieren.

Zivilisatorisches Hexagon



Abbildung 17 Zivilisatorisches Hexagon (friedenspädagogik)

Dieter Senghaas hat das zivilisatorische Hexagon während seiner Forschung über die Entwicklungsländer und die unterschiedlichen Entwicklungswege der Industriestaaten konzipiert.

Alle 6 Bausteine befinden sich in einer Wechselbeziehung zueinander, die je nach Situation oder Staat mehr oder weniger ausgeprägt sein können.

Zusammen ergeben sie eine Möglichkeit, eine stabile und friedliche Gesellschaft zu identifizieren (siehe hierzu <http://www.bpb.de/files/GDW9HO.pdf>)⁴⁸.

Tabelle 35 Demokratie

16. Unterstützt das Produkt demokratische Werte??	Nein, Teile des Produktes stammen aus diktatorischen Gebieten	■	□	□	■
	Teilweise	□	■	□	
	Ja	□	□	■	

5.2.17 Ungleiche Einkommensverteilung

Die Einkommensverteilung in der Gesellschaft verwehrt einem Teil dieser den Zugang zu Gütern.

Nicht jedes Individuum bekommt für seine Arbeit das gleiche Geld, sodass Unterschiede in den Gehältern entstehen. Selbst in ähnlichen oder identischen Berufen gibt es Unterschiede.

Ungleiche Verteilungen führen innerhalb der Gesellschaft zu Spannungen. Es entstehen Gefühle wie Neid und Hass auf den Nächsten.

Einkommen entscheidet neben dem aktuellen Lebenszustand auch über zukünftige und gegenwärtige Chancen.

Häufig haben Menschen mit geringem Einkommen eine deutlich geringere Chance auf Bildung (beispielsweise die Studiengebühren).

Geld bedeutet in vielerlei Hinsicht Prestige und Anerkennung, Bedürfnisse nach dem jedes Individuum in mehr oder weniger ausgeprägter Weise strebt.

Ein Produkt, das für alle Einkommensschichten frei zugänglich ist, entschärft die Ungleichheit.

⁴⁸ Stand 31.7.2011

In der nachfolgenden Abbildung sind die aktuellen sozialen Klassen der deutschen Gesellschaft zu sehen. Ähnlich der Bedürfnispyramide, hat jedes Individuum mehr oder weniger die Chance die Pyramidenstufen hinaufzusteigen. Es zeigt sich, dass der Großteil der deutschen Gesellschaft im Bereich „Lohnarbeit“ angesiedelt ist.

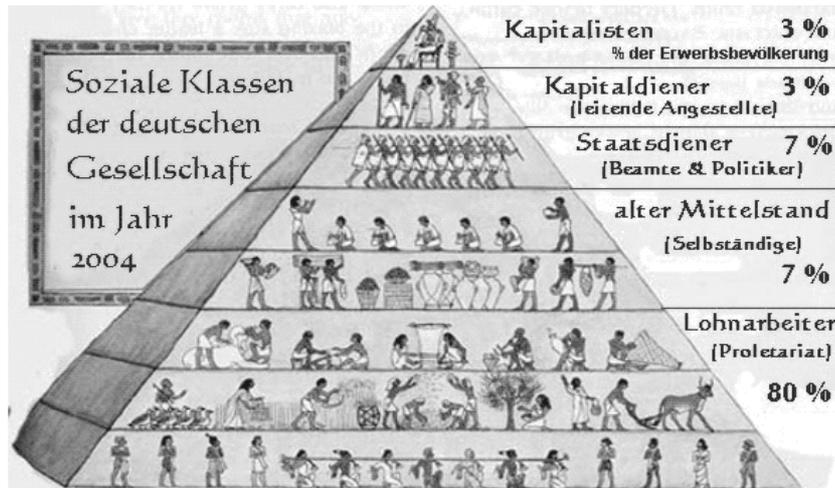


Abbildung 18 Soziale Klassen der deutschen Gesellschaft (Indymedia)

Die größten Einkommen sind aber in der Spitze der Pyramide zu finden. Sie verdeutlicht damit, dass das höchste Einkommen der Gesellschaft bei den kleinsten Gruppierungen zu finden ist. Das Durchschnittseinkommen der Gesellschaft nimmt ab, nur die Gehälter der oberen „Klassen“ nehmen zu. Einkommen und Geld sind Macht und ermöglichen eine Art „Prestige“.

Tabelle 36 Einkommensverteilung

17. Ist das Produkt für alle Einkommensschichten zugänglich?	Nein,				
	Teilweise				
	Ja, für jede Einkommensschicht erwerbbar				

5.2.18 Integrationsförderung

"Integration bedeutet, sich einer Gemeinschaft zugehörig zu fühlen, ein gemeinsames Verständnis zu entwickeln, wie man in der Gesellschaft zusammenlebt" (Quelle: http://www.rbb-online.de/stadt_land/dossiers/integration/definition.html).⁴⁹

Die zunehmende Öffnung der Grenzen, die Globalisierung und der allgemeine Fachkräftemangel in einigen EU-Staaten, tragen dazu bei, dass die Quote der Einwanderer zunimmt.

Innerhalb der Gesellschaft integriert zu sein, bedeutet zum einen, eine Aufnahmebereitschaft der Gesellschaft und zum anderen setzt es die Bereitschaft des Einwanderers dieser beizutreten voraus.

Neben Sprachkenntnissen und Bildung kann die Integration auch durch ein Produkt vollzogen werden.

Zum Beispiel der italienische Pizzabäcker aus der Nachbarschaft. Seine Sprachkenntnisse sind möglicherweise nicht perfekt, aber durch sein italienisches Produkt, das er vermarktet, wird er anerkannt.

Integration bedeutet aber auch, dass sich jeder Mensch in eine neue Umgebung, einem Arbeitsplatz integrieren lässt. Werte wie Rücksicht auf den Nächsten und Vorurteile gegenüber etwas Neuem müssen dazu auf- bzw. abgebaut werden.

Eine schlechte Integration kann zu „Drücken“ innerhalb einer Gesellschaft führen. Schlecht integrierte Menschen sind unzufrieden und nehmen die Normen und Werte der Gesellschaft dann teilweise nicht richtig wahr. Es entstehen Gefühle wie Angst, Hass oder Zorn, die sich in Missmut, Kriminalität oder Drogenkonsum äußern. Die Stabilität der gesellschaftlichen Strukturen nimmt ab und der Aufwand diese aufrechtzuerhalten nimmt andauernd zu (die Entropie nimmt bis zu dem Punkt zu, an dem die Gesellschaft handlungsunfähig ist.)

⁴⁹ Stand 29.7.2011

Tabelle 37 Integrationsförderung

18. Fördert das Produkt die Integration?	Nein,				
	Teilweise				
	Ja				

5.2.19 Gleichstellung der Geschlechter

Ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen den Geschlechtern trägt dazu bei, dass die Interessen beider Gruppen vertreten werden.

Eine ungleiche Behandlung führt meistens dazu, dass Meinungen nicht berücksichtigt werden und Chancen verbaut werden.

Dabei basiert eine Demokratie auf Mitspracherecht. Frauen und Männer haben in verschiedenen Bereichen unterschiedliche Ansichten, die dazu führen können, dass sich der Anschauungshorizont erweitert.

Frauen haben ein Recht auf Bildung und ihre eigene Meinung. In vielen Ländern haben Frauen aufgrund alter Normen und Werte innerhalb der Gesellschaft keinen Zugriff auf Bildung.

Ihnen wird die Möglichkeit verwehrt, sich frei entfalten zu können und ihre eigene Meinung bilden zu können.

In Deutschland ist die Gleichstellung von Mann und Frau im Bundesgleichstellungsgesetz von 2001 festgehalten.

Tabelle 38 Gleichstellung der Geschlechter

19. Wird auf Gleichstellung Wert gelegt?	Nein, es gibt keine/kaum Frauen in hohen Positionen				
	Ein geringer Teil				
	Die Positionen sind ausgeglichen				

5.3 Ökonomischer Entropieansatz

Die Ökonomie ist abhängig von einer ständigen Zufuhr negativer Entropie in Form von Material- und Energieströmen aus der Umwelt. Zugleich muss sie Abwärme, Schadstoffe und Emissionen, kurz Entropie der Umwelt zuführen, damit die Entropie innerhalb des Systems nicht steigt und ein thermodynamisches Gleichgewicht

auslöst. Sprich den Tod.

„Energie kann aber nur so lange bereitgestellt werden, wie Systeme mit niedriger Entropie existieren, deren freie Energie ausgenutzt werden kann“ (Schrödinger 1944).

Wirtschaft ist also mehr als ein kontinuierlicher Strom an Materie und Energie. Neben den gewünschten Produkten wird immer ein großer Entropiestrom (die Geschwindigkeit erhöht sich) mit produziert, der sich nur durch Effizienz und Suffizienz des Konsumenten, verkleinern lässt. Des Weiteren muss sich die Ökonomie zunehmend einer Entkoppelung der Umwelt unterziehen.

5.3.1 Effiziente Produktion

„Effizienz beschreibt das Verhältnis zwischen dem erreichten Ergebnis und den eingesetzten Ressourcen“. (ISO 9000:2000)

Ein effizienter Umgang mit den Ressourcen bedeutet, dass innerhalb der Produktion möglichst wenige Verluste auftreten. Verluste können Abfälle, Fehlproduktionen, Emissionen aber auch Schadstoffe und Ausfälle sein.

Technische Innovationen ermöglichen zunehmend höhere Wirkungsgrade für Maschinen, Verfahren und Prozesse. Der Rohstoff kann so einen „Mehr Nutzen“ erfüllen.

Eine Kraft-Wärme-Kopplung hat eine deutlich höhere Ressourcenausnutzung als die getrennte Produktion von Strom und Wärme (siehe Abbildung 21).

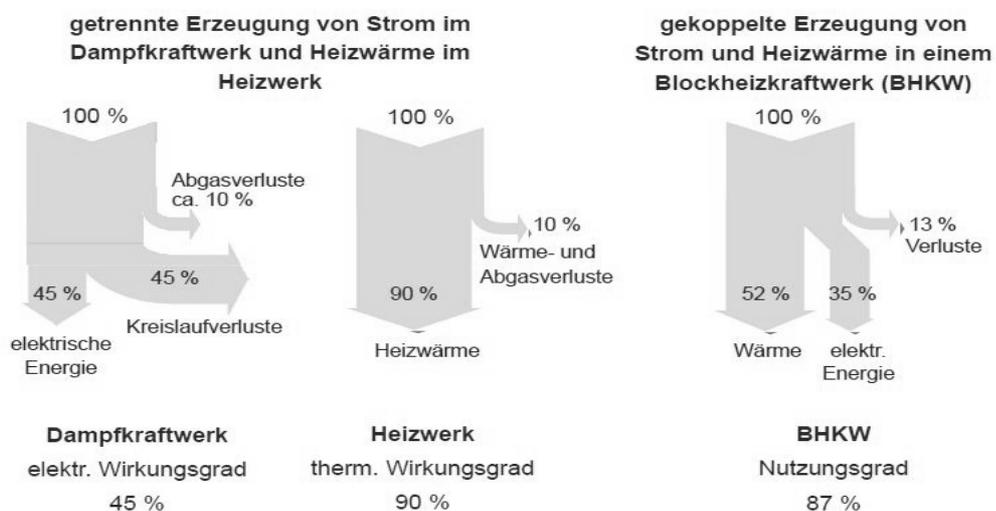


Abbildung 19 Kraft- Wärme Kopplung (Schrops)

Ein effizienter Umgang mit den Ressourcen geht einher mit einem geringeren Eingriff in die Umwelt.

Tabelle 39 Effiziente Produktion

1. Ist die Produktion des Produktes effizient?	Nein, in vielen Prozessbereichen treten Verluste aus				
	Verfahren und Prozesse weisen teilweise große Verluste auf				
	Die Verluste sind sehr gering				

5.3.2 Externe Folgekosten

Folgekosten sind externe Kosten, die durch Umweltbelastungen der Allgemeinheit zur Last fallen.

Innerhalb der ökonomischen Prozesse entstehen viele Entropieströme (Abwärme, Emissionen, Abfälle etc.), die die Umwelt beeinflussen. Seen und Flüsse werden zur Kühlung von Kraftwerken benutzt ebenso wie Böden zur Deponierung. Außerdem muss der Abfallstrom entsorgt werden. Selbst Recyclingprozesse benötigen dazu einen Energiestrom.

Es entstehen Folgekosten um die Schäden der „end of pipe“ Methoden zu beseitigen.

End of Pipe

End of pipe Methoden beeinflussen nicht den Produktionsprozess selbst, sondern sind nachgeschaltete Maßnahmen und Technologien, die die Umweltauswirkungen am Ende der Produktion minimieren sollen. Zum Beispiel Partikel- oder Schadstofffilter (siehe hierzu VDI 3800).

<i>Funktion der Umwelt</i>	
<i>Lieferant von Inputs</i>	<i>Aufnahmemedium für Outputs</i>
<p><i>Verbrauch stofflicher Ressourcen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • mineralische Ressourcen • Biomasse • Wasser • Luft • fossile Energieträger <ul style="list-style-type: none"> • Erdöl • Kohle • Erdgas • regenerative Energieträger <p><i>Nutzung stofflicher Ressourcen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Flächennutzung • Erosion • Landschaftsbild <p><i>Entnahme energetischer Ressourcen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • chemische Energie • Strahlungsenergie • mechanische Energie • thermische Energie 	<p><i>Stoffliche Emissionen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Luftbelastungen • Wasserbelastungen • Bodenbelastungen <p><i>Energetische Emissionen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • chemische Energie • Strahlungsenergie • mechanische Energie • thermische Energie

Abbildung 20 Abbildung 10 Umweltkonto Stoff- und Energieflussberechnung (Schaltegger, Sturm)

Der Aufwand der „end of pipe“ Methode ist enorm und verursacht einen Material- und Energiestrom, der durch das Vorsorgeprinzip, dem „Begin of pipe“ Prinzip nicht entstehen würde.

Begin of Pipe

Das Vorsorgeprinzip greift in den Produktionsprozess ein. Informationen und menschliche Erkenntnisse tragen dazu bei, Umweltbelastungen vor dessen Entstehung schon zu berücksichtigen und damit die Umweltqualität nachhaltig zu sichern.

Tabelle 40 Externe Folgekosten durch das Produkt

2. Verursacht das Produkt ökologische Folgekosten?	Ja, externe Kosten für „End of Pipe“ Methoden				
	Geringfügig				
	Kosten werden soweit wie möglich durch „Vorsorgeprinzip“ vermieden				

5.3.3 Kooperationsförderung

Kooperation bedeutet einen ständigen Kontakt zu Personen und Unternehmen, die direkt oder indirekt am Produktionskreislauf des Produktes beteiligt sind.

Komplexe neuwertige Produkte lassen sich deutlich einfacher und schneller in einem Projekt abwickeln.

Die Ressource „Mensch“ ist so flexibler einzusetzen und kann an mehreren Projekten gleichzeitig beteiligt sein.

Netzwerke

Ein Netzwerk trägt dazu bei, dass Meinungen auf einer Plattform geäußert werden können.

Alle Informationen, die für das Produkt wichtig sind, werden an dieser Stelle gebündelt. Das erleichtert ein schnelleres Handeln bei Wechselbeziehungen zwischen beispielsweise Lieferanten und Produktion.

Ein schnelles Eingreifen vermindert Produktionsausfälle und damit auch die Verschwendung der Ressourcen durch Fehlproduktionen.

Außerdem fördert es das Gefahren- und Risikomanagement, da auf bestimmte Informationen und Dateien immer zurückgegriffen werden kann.

Ein Austausch zwischen Unternehmen fördert außerdem den Innovationsschub. Oft wird der ausschlaggebende Aspekt, der zum Erfolg des neuen Produktes beiträgt von einem Außenstehenden geäußert.

Tabelle 41 Förderung der Kooperation

3. Trägt das Produkt zur Kooperationsförderung bei?	Nein				
	Teilweise				
	Ja, die Mitarbeiter sind ständig in Rücksprache mit Lieferanten, externen Beauftragten etc.				

5.3.4 Ressourcen-Produktivität

Die Ressourcenproduktivität drückt das Verhältnis von hergestellter Gütermenge zum Ressourceneinsatz (inkl. Schadstofffreisetzung) aus (z. B. BIP zu Primärener-

gieverbrauch oder BIP zu Co2-Emissionen). (Quelle: nachhaltige-oekonomie.de)

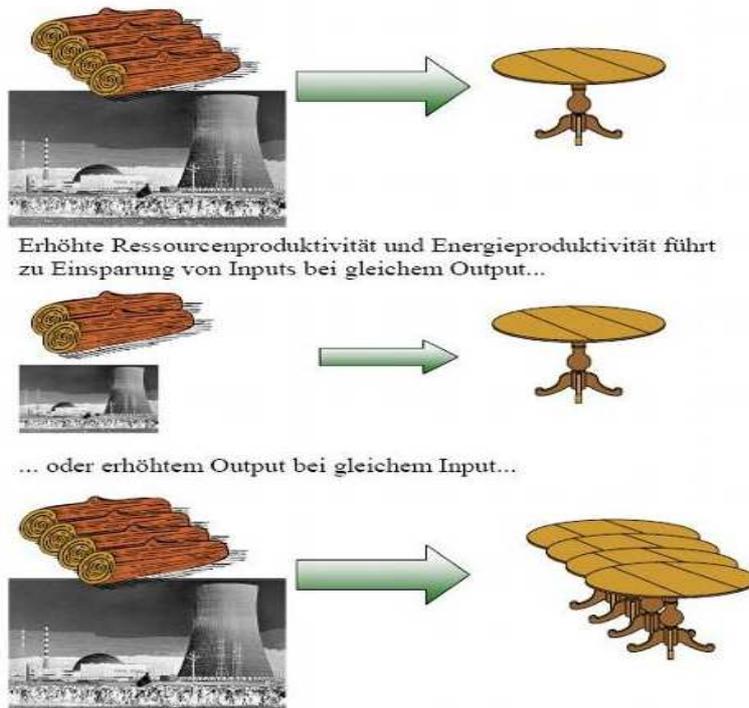


Abbildung 21 Ressourcenproduktivität am Beispiel eines Tisches (vwl-nachhaltigkeit)

Ein effizienter Umgang mit Ressourcen vermindert den Bedarf an Eingriffen in die Natur. Je mehr Güter aus einer geringen Menge an Rohstoffen produziert werden können, desto größer ist die Ressourcenproduktivität (siehe Abbildung 23). Ein geringer Verschnitt sowie ein geringes Abfallaufkommen und die Möglichkeit ein Produkt Wieder- oder Weiterverwenden zu können entlastet das Ökosystem. Die Rohstoffquellen werden weniger ausgebeutet und bleiben den nachfolgenden Generationen erhalten.

Tabelle 42 Ressourcenproduktivität

4. Wie hoch ist die Ressourcenproduktivität?	Große Mengen an Abfall				
	Abfall, Emissionen möglichst werden vermieden				

5.3.5 Gebrauchswert eines Produktes

„Der Gebrauchswert wird durch die Nützlichkeit des Produktes bestimmt“⁵⁰

Ein Gebrauchswert kann sowohl eine Erhöhung der Entropiegeschwindigkeit verursachen und ist damit weniger Wert, als sein Gebrauchswert. Ob ein Produkt „nützlich“ ist, ist in den meisten Fällen Ansicht des Betrachters (Frage nach dem Sinn eines Tamagotchis). Unterscheiden lässt sich aber, ob das Produkt lebensnotwendig oder ein reines „Konsumgut“ auf dem Weg zum Massenkonsum ist.

Ein Gut kann einen „Mehrwert“ haben, als dessen Nutzen. Dies ist der Fall, wenn Rohstoffe oder Verfahren verwendet werden, in denen bezogen auf den Lebenszyklus eine größere Menge an Umweltbelastungen erzeugt wird, als während des Produktlebens überhaupt kompensiert werden kann. Die Lebensdauer des Produktes entscheidet mit über den Gebrauchswert. (Die Lebensdauer eines Holzstuhls entspricht dem Wachstum eines neuen Baumes).

Tabelle 43 Gebrauchswert eines Produktes

5. Entspricht das Produkt seinem Gebrauchswert?	Nein der Gebrauchswert ist geringer				
	Ja stimmt überein				
	Das Produkt hat einen Mehrwert				

5.3.6 Seltene Ressourcen

Neue Innovationen, die bei der Energieeinsparung helfen sollen und dem Konsument einen effizienteren Umgang mit Energie- und Materialströmen ermöglichen soll, sind zum Teil aus seltenen Ressourcen.

Die hochwertigen LCD Fernseher benötigen Unmengen an Indium, einem sehr seltenen Material.

Je komplexer die spätere Ware, desto mehr seltene Rohstoffe werden dafür

⁵⁰ <http://wiwi.uni-paderborn.de/www/vwl/vwl8/vwl8.nsf/pages/Definition19990802145202R3642?OpenDocument> (Stand 26.7.2011)

5. Bewertungsansätze

benötigt (siehe hierzu <http://www.produktion.de/werkstoffe/rohstoff-risiken-vor-der-entwicklung-pruefen/>).

Die Materialien lassen sich durch eine Kreislaufführung mehrfach verwenden. Der zunehmende Bedarf an seltenen Rohstoffen wächst kontinuierlich.

Nach Bennewitz ist in kürzester Zeit ein weiterer Stern notwendig um diesen Bedarf decken zu können (siehe Bennewitz 1996).

1																
H																
3	4															
Li	Be															
11	12															
Na	Mg															
19	20	21														
K	Ca	Sc														
37	38	39														
Rb	Sr	Y														
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Abbildung 22 Ausschnitt aus Periodensystem (wikipedia)

Zu den seltenen Erden gehören:

Scandium, Yttrium, Lanthan, Lanthanoide, Praseodym, Neodym, Promethium, Samarium, Europium, Gadolinium, Terbium, Dysprosium, Holmium, Erbium, Thulium, Ytterbium und Lutetium.

Tabelle 44 Seltene Ressourcen in Produktion

6. Enthält das Produkt seltene Ressourcen?	Ja	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Teilweise, diese werden aber recycelt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	So wenige wie möglich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

5.3.7 Anthropogener Treibhauseffekt

Der anthropogene Treibhauseffekt verstärkt den natürlichen Treibhauseffekt, ohne den kein Leben auf dem Planeten möglich wäre (siehe hierzu Kapitel 3.4.1).

Die zusätzlichen Emissionen in Form von unterschiedlichen Treibhausgasen lassen sich durch Vorsorgemethoden und ein Verzicht auf Materialien, die diese Gase

produzieren, erwirken.

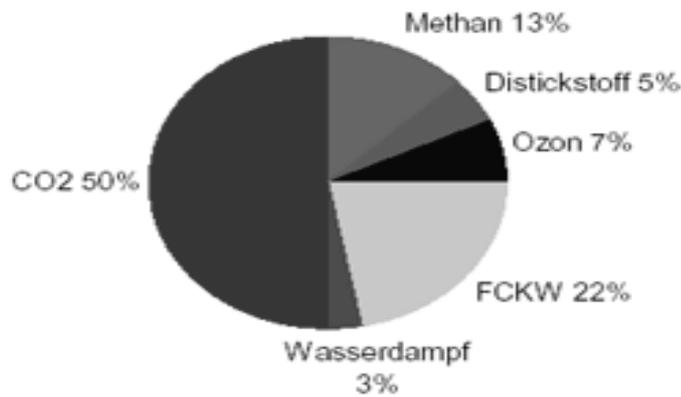


Abbildung 23 Treibhausgase (Bvk)

Die Abbildung 23 zeigt die Konzentration der Treibhausgase, die sich derzeit in der Atmosphäre befinden.

Durch anthropogenes Handeln, steigt die Konzentration und der Treibhauseffekt nimmt zu (siehe hierzu Kapitel Treibhauseffekt).

Ein geringerer Einsatz an fossilen Ressourcen, sowie eine effiziente Produktproduktion minimieren den Ausstoß an treibhausrelevanten Gasen. Einige chemische Stoffe lassen sich sogar durch Biotechnologien ersetzen.

Tabelle 45 Anthropogener Treibhauseffekt

7. Trägt das Produkt zur Verringerung des anthropogenen Treibhauseffektes bei?	Es verstärkt ihn				
	Keine Änderung				
	Verringert den Treibhauseffekt				

5.3.8 Wirkungsgradsteigerung

Alle wirtschaftlichen Prozesse benötigen Energie. Und ebenso alle Prozesse funktionieren nicht ohne Verluste.

Der Wirkungsgrad eines Prozesses kann niemals gleich 1 sein (siehe hierzu 1. und 2. Hauptsatz der Thermodynamik).

$$\eta = \frac{\text{zugeführte Energie}}{\text{Nutzenergie}} \leq 1 \quad (5.1)$$

Der Wirkungsgrad kann durch eine sofortige Nutzung der Abwärme verbessert werden. Diese nachfolgenden Verfahren müssen in den Prozess eingreifen, bevor die Hauptsätze der Thermodynamik greifen. Verteilt sich die Energie im Raum, ist diese für immer verloren.

Tabelle 46 Wirkungsgradsteigerung

8. Entsteht durch das Produkt eine Wirkungsgradsteigerung?	Nein				
	Ja, eine sehr geringe Verbesserung				
	Ja erhebliche Verbesserung				

5.3.9 Recyclingfähigkeit des Produktes

Ein Recyclingverfahren ist nur sinnvoll, wenn weniger Energie und Material benötigt wird, als bei einer Primärentnahme.

Zu beachten sind neben den Energie- und Materialverbräuchen auch die Abfallproduktion und der Flächenverbrauch der Anlage.

Eine leichte Recyclingfähigkeit erhöht die Möglichkeit, einen Rohstoff dem Produktionskreislauf ein weiteres Mal zuführen zu können und die Ökonomie damit ein Stück von der Umwelt zu entkoppeln. Kein Recycling ermöglicht eine komplette Wiederverwendung des Rohstoffes. Ein Teil dissipiert bei jedem Recyclingvorgang. Durch die Zufuhr von Energie- und Stoffströmen entsteht neben dem Recyclat ein Kuppelprodukt in Form von Abwärme bzw. nicht verwertbaren Stoffen. Jede Entkopplung der Wirtschaft vom Ökosystem stellt eine Entlastung dessen dar.

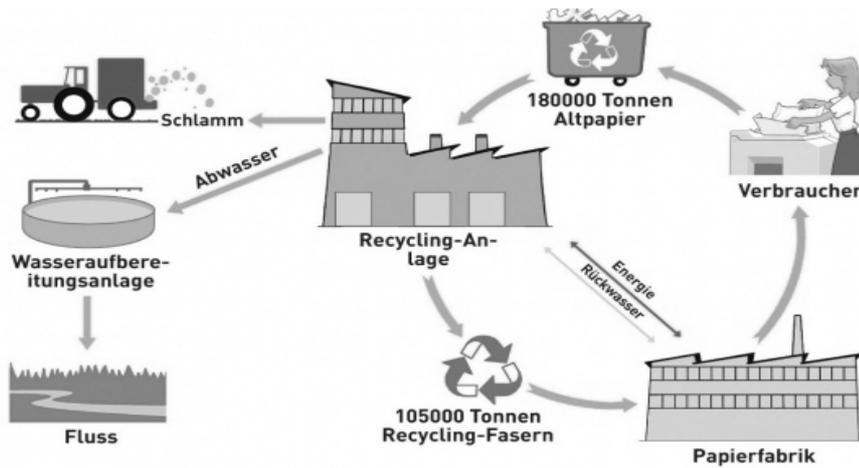


Abbildung 24 Recyclingkreislauf am Beispiel Papierfabrik (pbs-buisness)

Tabelle 47 Produktrecycling

9. Lässt sich das Produkt recyceln?	Nein				
	Ja, nicht vollständig				
	Ja, der Aufwand ist geringer als die Primärentnahme				

5.3.10 Komplexe Strukturen

Ein hochstrukturiertes Industriegut ist entropisch gesehen ein Gut niedriger Entropie (sehr starke Ordnungsstrukturen).

Je komplexer die Strukturen der Produkte, desto größer ist der Einsatz an Material- und Energieströmen, die zu dessen Produktion nötig sind.

Verschiedene Varianten eines Produktes, ersetzen die Möglichkeit einer einfachen Bauweise.

In der folgenden Abbildung 25 ist am Beispiel der Autoentwicklung eine Zunahme an Komponenten festzustellen.

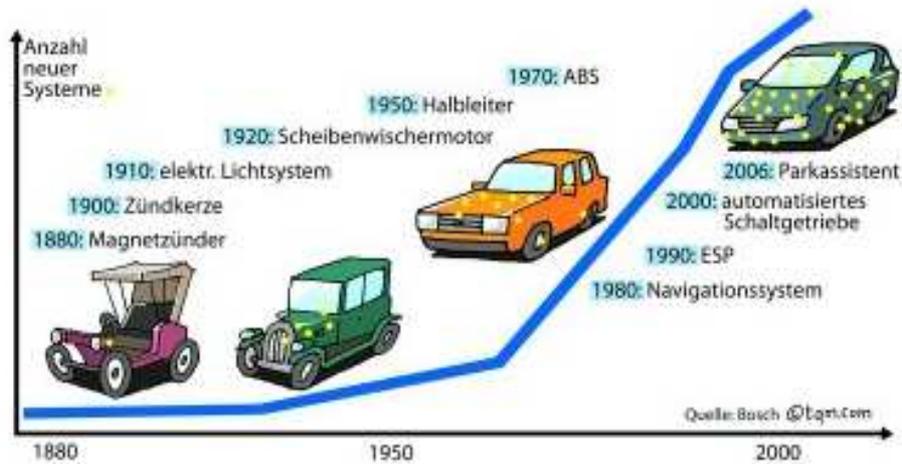


Abbildung 25 Kompetenzzunahme eines Autos von 1880- 2000 (tqm)

Die Zunahme an immer neueren komplexeren Strukturen erfordert einen höheren Strom von Syntropien (Material und Energie).

Je größer die Ordnung, desto entropischer ist dessen Entstehung. Das beste Beispiel ist der Mensch selbst. Er benötigt kontinuierlich Energie und Nahrung, um seine komplexen Strukturen erhalten zu können.

Tabelle 48 Komplexität eines Produktes

10. Ist das Produkt ein hochstrukturiertes Gut?	Ja, sehr komplex				
	Mehrere unterschiedliche Bauteile				
	Nein, einfach gehalten				

5.3.11 Primärenergiebedarf

Primärenergie ist die Menge an Energie, die von der Natur unmittelbar zur Verfügung gestellt wird. Sie lässt sich ohne Umwandlung als Brennstoff nutzen (siehe hierzu <http://www.eon-edis.com/html/14178.htm>).

Primärenergie erfasst sowohl die fossilen abiotischen Ressourcen ebenso wie die erneuerbaren Energiequellen (alle Formen der Sonnenenergie).

Entlang einer Umwandlungskette werden die Primärenergien zu Endenergien überführt. Dabei können je nach Umwandlungskette enorme Verluste entstehen. Die folgende Abbildung verdeutlicht die Verluste bei der Umwandlung von 1 Tonne SKE (Steinkohleeinheiten). Je mehr Verluste auftreten, desto größer ist die

Zunahme der Entropiegeschwindigkeit und damit auch die Wahrscheinlichkeit das thermodynamische Gleichgewicht der Erde zu erreichen.

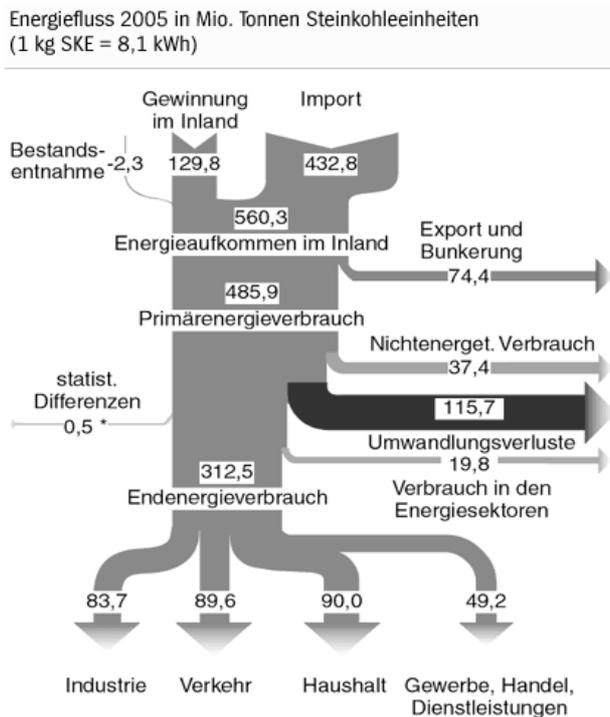


Abbildung 26 Umwandlung Steinkohle zu Endenergie (Spiegel)

Eine Senkung des Primärenergiebedarfs betrifft die Senkung des fossilen und des erneuerbaren Bedarfs.

Jeder Prozess benötigt Energie. Und jeder Prozess verursacht eine Erhöhung der Entropiegeschwindigkeit. Dabei ist es egal, ob die Energie durch ein Kohlekraftwerk oder eine Windkraftanlage erzeugt wird (wenn die Schadstoffentstehung außen vor bleibt). Eine Windkraftanlage wandelt den Wind (kinetische Energie) in Rotationsenergie um, die durch einen Generator in elektrische Energie transformiert wird. An den Rotorblättern sowie dem Rotor selbst entstehen Reibungen, die zu Hitze führen (Problematik der Überhitzung).

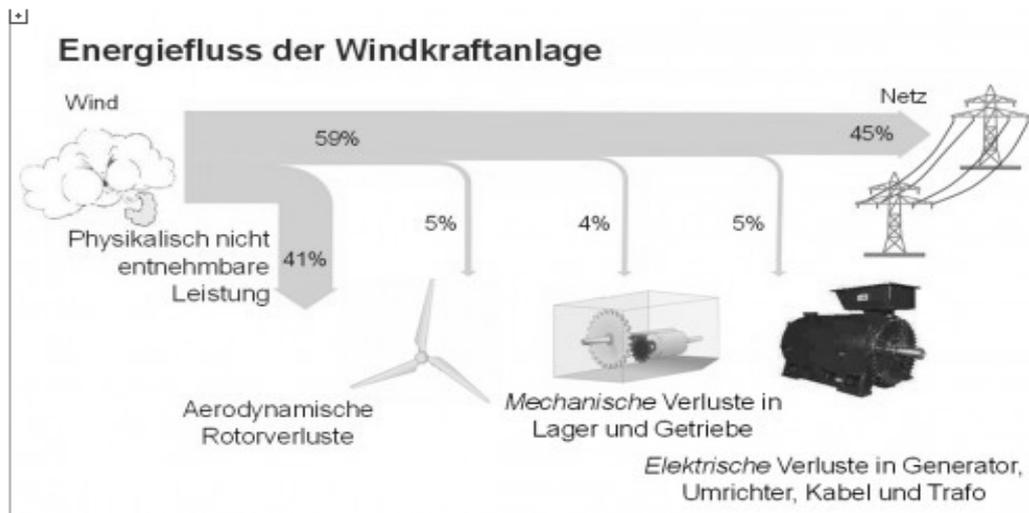


Abbildung 27 Energiefluss einer Windkraftanlage (BWE)

In jedem Fall entsteht aus Energie nutzbare Anergie und unnutzbare Exergie.

Tabelle 49 Primärenergiebedarf

11. Trägt das Produkt zur Senkung des Primärenergiebedarfs bei?	Nein, es erhöht den PEB				
	Gleichbleibend				
	Senkt den Primärenergiebedarf				

5.3.12 Verschärfung der Nutzungskonkurrenz einer Ressource

Der zunehmende Bedarf an Gütern führt dazu, dass immer mehr Ressourcen benötigt werden. Gleichzeitig werden die abiotischen Ressourcen knapper und der Aufwand diese dem Ökosystem zu entnehmen größer.

Nachwachsende Rohstoffe (NAWARO) werden zunehmend den Produktionskreisläufen zugeführt. Dabei entstehen Nutzungskonkurrenzen zwischen den Bereichen.

Am Beispiel der Biogasanlage zeigt sich, dass eine Nutzungskonkurrenz zwischen Strom-/Wärmeerzeugung und der Nahrungsmittelherstellung entstehen kann.

Es werden derzeit nur wenige Hundert Pflanzen für die Lebensmittelproduktion verwendet, dabei gibt es deutlich mehr essbare (siehe hierzu Sanders 2009).

Ein Produkt, das Rohstoffe benötigt, die ohnehin der Allokation unterliegen verursacht in Bezug auf Stoff- und Energieströme einen deutlich höheren Aufwand.

Produkte, die hingegen durch Innovationen neuartige Ressourcen verwenden,

entgehen dieser Allokation.

Tabelle 50 Nutzungskonkurrenz von Ressourcen

12. Verschärft das Produkt die Nutzungskonkurrenz von Ressourcen	Ja , mehrere Konkurrenzen				
	Mind. ein weiteres Nutzungsfeld				
	Nein, entlastet den Nutzungskonflikt				

5.3.13 Produktionsstandorte

Das Wachstum der Städte und der Industrie nimmt ungebremst zu. Konzentriert sich eine Produktion nur auf einen Standort, so ist der Aufwand für eine flächendeckende Verteilung deutlich höher, als bei einer dezentralen.

Daneben existiert die Problematik, dass teilweise die Trinkwasserversorgung ihre Grenzen erreicht hat und kaum mehr die Megastädte mit ausreichend Wasser versorgt werden können.

Ein großer Produktionsstandort benötigt Unmengen an Wasser und verschärft diese Situation. Die Arbeitssuchenden zieht es in die Städte zu den

Produktionsstandorten. Der Kreis des Wasserbedarfs wird zunehmend größer.

Dezentrale Produktionsstandorte vermindern das Risiko einer „Völkerwanderung“ hinein in die Städte.

Außerdem ermöglichen dezentrale Standorte eine einfachere und effizientere Verteilung der Güter. Die Transportwege zum Endverbraucher sind kürzer. (Benzin und Schadstoffe werden eingespart).

Tabelle 51 Konzentration der Produktionsstandorte

13. Konzentriert sich die Produktion auf einen Standort?	Ja				
	Es gibt mind. einen weiteren				
	Mehrere dezentrale Standorte				

5.3.14 Mehrwert eines Produktes

Der Mehrwert eines Produktes kann ein Zusatznutzen für den Konsumenten sein.

Wirtschaftlich betrachtet meint es, dass ein Produkt durch Zuschüsse vom Staat oder Privatleuten und Investoren überhaupt erst produziert werden kann.

Rohstoffe sind zu teuer, der Preis für den späteren Konsumenten würde keinen Gewinn für das Unternehmen abwerfen oder der Preis wäre zu hoch, sodass sich keine Nachfrage einstellt.

Investitionen und Kredite sind potenzielles Geld, für das es keinen oder nur einen geringeren Gegenwert gibt.

Nach Bennewitz nimmt die Entropie der Ökonomie zu, wenn zu viel potenzielles Geld in den Umlauf gelangt (siehe Bennewitz 1996). Die Stabilität der Wirtschaft nimmt ab und eine neue Finanz- und Wirtschaftskrise entsteht.

Subventionen

Subventionen sind Zuwendungen und Hilfeleistungen für Unternehmen, Haushalte und Bürger. Sie können dazu beitragen, dass neue Produkte entwickelt werden oder Existenzen gegründet werden.

Tabelle 52 Mehrwert eines Produktes

14. Hat das Produkt einen „Mehrwert“?	Ja durch Zuschüsse	■			
	Teilweise		■		
	Nein			■	

5.3.15 Ressourcenbeschaffung außerhalb „ökonomischer Grenzen“

Der Wirtschaftsprozess benötigt kontinuierlich Energie. Ohne Energie finden keine Produktionsprozesse statt. Durch Verluste geht immer ein Teil dieser Energie in nicht mehr nutzbare Entropie verloren.

Findet ein Unternehmen innerhalb der „ökonomischen Grenzen“, hier als Handel zwischen den Industriestaaten definiert, keine Ressourcen mehr, muss es außerhalb der Grenzen eine verfügbare Quelle finden. Geht mehr Output aus den Werkstoren heraus, als Input, hineinkommt, nimmt die Geschwindigkeit der Entropiezunahme des Systems zu (Firma verschuldet sich). Bis zu dem Punkt, an dem das thermodynamische Gleichgewicht erreicht ist.

Arbeitsbedingungen

In der EU gelten Rahmenrichtlinien und Gesetze, um den Arbeitnehmer vor einer Ausbeutung zu schützen (Richtlinie 89/391/EWG).

Importe aus Ländern außerhalb der Handelsweltgemeinschaft bergen ein Risiko bezüglich Arbeitsbedingungen.

Oft wird in den Schwellenländern und Entwicklungsländern Kinderarbeit betrieben, die Menschen werden für einen „Hungerlohn“ ausgebeutet und die Arbeitsbedingungen entsprechen der Sklaverei.

Importe dieser Produkte unterstützen die Ansichten der Machthaber in diesen Ländern. Sie erhalten weiterhin die Möglichkeiten, die sie benötigen, um ihre Macht auszuspielen zu können. In den meisten Fällen ist die Bevölkerung von diesen Arbeitsplätzen abhängig um ihr Überleben sichern zu können.

Tabelle 53 Ressourcenbeschaffung außerhalb der am Wirtschaftsprozess beteiligten Staaten

15. Werden Ressourcen außerhalb der am Wirtschaftsprozess beteiligten Staaten genutzt?	Ja ein großer Teil				
	Geringfügig				
	Nein				

5.3.16 Materieller Wert eines Produktes

Es gibt materielle Produkte (Gemälde, Kaffeemaschinen usw.) und nicht materielle Produkte (Aktien, Arztleistungen).

Solange „Fonds“ und Aktien gehandelt werden können, befindet sich der Prozess außerhalb eines Gleichgewichtes und ist handlungsfähig.

Ändert sich eine Rahmenbedingung (der Preis für einen Rohstoff erhöht sich) kann das Fließgewicht zu einem Gleichgewicht werden und löst eine Krise aus. Im ungünstigsten Fall entspricht die Wertschöpfung nicht den entstandenen Kosten. Es fließt nicht mehr genügend Energie in den Prozess, wie herausgeht. Das System kann die Zunahme Entropieschwindigkeit nicht durch Syntropie (hier in Form von Geld) kompensieren.

In der Marktwirtschaft werden diese Unterstützungen jedoch kritisch gesehen, da sie das Marktgeschehen verfälschen können (siehe hierzu

http://www.bpb.de/popup/popup_lemmata.html?guid=HUNOS4).⁵¹

Da alle ökonomischen Prozesse als Subsysteme miteinander verbunden sind, wird sich die Problematik auf weitere Produkte ausdehnen.

Eine neue Finanzkrise, die nur durch „Cash-Generierung“ (siehe Bennewitz 2006) gelöst werden könnte.

Tabelle 54 Wertschöpfung des Produktes

16. Entspricht die Wertschöpfung dem Wert des Produktes?	Nein				
	Ja				

5.3.17 Produktionsintensitätsänderung

Die Produktionsintensität (siehe hierzu Övaf) eines Produktes wird durch die Nachfrage des Konsumenten bestimmt.

Eine geringere tägliche Produktionszeit von Gütern bedeutet:

1. Weniger Ressourcen werden verbraucht

2. Emissionen-, Abfälle- und Abwärmequote fallen geringer aus.

Eigenschaften des Produktes können die Nachfrage des Konsumenten nach einem neuen Produkt verringern.

Ist das Produkt langlebig (siehe hierzu nachhaltigkeit.org) und leicht zu reparieren bzw. aufzurüsten verlagert sich der Aufgabenbereich des Unternehmens von der Produktion in die Dienstleistung. Niedrige Produktionsraten haben eine hohe Nachhaltigkeit und senken das Tempo des Ressourcenabbaus.

Zum Beispiel lässt sich der Computer ohne großen Aufwand technisch erweitern (Schnittstellen und USB Anschlüsse). Außerdem lässt sich dieser nach einer technischen Aufbereitung erneut dem Nutzungskreislauf zurückführen. In diesem Fall trägt das Produkt dazu bei, dass soziale Schichten, die sich den regelmäßigen

⁵¹ Stand 30.7.2011

„Luxus“ neuwertiger Produkte nicht leisten können, trotzdem Zugriff auf diese Güter bekommen.

Dienstleistung

Dienstleistungen sind im Gegensatz zu materiellen Produkten, ein immaterielles Gut.

„Als ein typisches Merkmal von Dienstleistungen wird die Gleichzeitigkeit von Produktion und Verbrauch angesehen (z.B. Taxifahrt, Haarpflege in einem Frisiersalon)“ (Quelle: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/dienstleistungen.html>.⁵²)

Tabelle 55 Produktionsintensitätsänderung

17. Trägt das Produkt zur Verringerung der Produktions-Intensität bei?	Nein				
	Teilweise				
	Ja, ja es werden weniger Güter produziert				

5.3.18 Medienverhalten

Philosophie, Kunst, Literatur und Musik haben im heutigen alltäglichen Leben nur noch eine sehr geringe Rolle.

Produkte, Eigenschaften und Informationen werden nur noch gebündelt und vereinfacht den Konsumenten mitgeteilt.

Komplexe Strukturen und Informationen regen zum Hinterfragen und nachdenken an.

Ein Produkt soll aber verkauft werden und nicht dessen Sinn hinterfragen.

Vor allem Medien und die Werbung tragen dazu bei, dass der Konsument sich durch alltägliche bekannte Situationen mit dem Produkt identifiziert, obwohl er das Produkt vielleicht gar nicht benötigt.

Es geht nicht um Wissensvermittlung oder Information, sondern um die reine Wahrnehmung des Produktes.

Es wird nur ein geringer Informationsgehalt über das Produkt vermittelt. Viele wichtige Informationen werden nicht erwähnt oder gehen verloren.

Auf der Konsumentenseite kann es so zu Fehlverhalten oder fehlerhaften Meinungen kommen.

In aufwendigen Werbungen werden oft das Gefühl von Freiheit, Sehnsucht

⁵² Stand 9.8.2011

vermittelt, obwohl das Produkt selbst nicht dazu beiträgt.

Tabelle 56 Medienverhalten

18. Wie ist das Medienverhalten des Produktes?	Beschränkt sich auf allgemein bekanntes				
	-				
	Gibt Anreiz zum nachdenken				

5.3.19 Gemeinschaftsnutzen

Ein Produkt oder ein Gegenstand kann so konzipiert sein, dass es nur für einen alleinigen Gebrauch genutzt werden kann (Zahnbürste).

Es gibt aber auch Produkte, die in der Herstellung deutlich mehr Energie und Material benötigen und dabei nicht alltäglich gebraucht werden.

Die Nutzungsintensität einer Kettensäge ist in der Regel also deutlich geringer als bei der Zahnbürste.

Es gibt eine Reihe von Produkten, die sich für eine gemeinschaftliche Nutzung eignen. Das Softwareprogramm hat in der Regel 3 Lizenzen. Die Bohrmaschine, die ihr halbes Leben im Keller oder dem Werkzeugschuppen verbringt, ein Auto usw. Alle Produkte mit einem Gemeinschaftsnutzen tragen durch Tausch oder Verleih dazu bei, dass die Nutzungsintensität zunimmt und weniger Produkte auf dem Markt nachgefragt werden.

Tabelle 57 Gemeinschaftsnutzen

19. Hat das Produkt einen Gemeinschaftsnutzen?	Nein				
	-				
	Ja				

5.4 Auswertung

Die im Kapitel 5.3 vorgestellten Kriterien beziehen sich alle auf eine Erhöhung der Geschwindigkeit der Entropiezunahme, ausgehend von einem Produkt.

Jedes Kriterium ist in 3 Unterkriterien unterteilt.

Je mehr Kriterien mit Antwortmöglichkeit A „hohe Entropiegeschwindigkeit“ beantwortet werden, desto geringer ist die Nachhaltigkeit, die von diesem Produkt

ausgeht.

Ein hoher Entropiestrom schädigt ökologische, soziale und ökonomische Prozesse. Ziel muss es sein, dass die Auswertung einen möglichst geringen Entropiestrom hervorbringt. Ein hoher Entropiestrom und eine hohe Geschwindigkeit dieser Zunahme bedeuten eine geringe Nachhaltigkeit.

Alle Kriterien lassen sich grafisch darstellen, sodass die Bereiche, in denen ein dringender Handlungsbedarf besteht, sofort identifiziert werden können.



6 Ansatz zur Entwicklung einer entropischen Kennzahl

6.1 Jährlich produzierte Menge Gold

Gold gehört zu den Edelmetallen. Seit dem 6. Jahrhundert vor Christi Geburt haben die Menschen Gold bereits zu Zahlungszwecken verwendet.

Lange Zeit haben die einzelnen Staaten ihr Vermögen in Gold angelegt, um einen Gegenwert für das im Umlauf befindliche Geld zu haben.

In der heutigen Zeit befindet sich aber mehr „Papiergeld“ und virtuelles Geld in Form von Subventionen oder Aktien im Umlauf, als es dafür überhaupt einen Gegenwert gibt. Die Instabilität des Systems nimmt zu, bis zur Handlungsunfähigkeit.

Viele Menschen legen derzeit ihr Geld in Gold an, um der Entwertung durch Inflation zu entgehen.

Aus diesem Anlass wird nun versucht, den Entropiestrom der Goldproduktion auf 1Kg Luft zu beziehen.

Annahme :

	Mine production	
	<u>2007</u>	<u>2008^e</u>
United States	238	230
Australia	246	225
Brazil	40	40
Canada	101	100
China	275	295
Chile	42	42
Ghana	84	84
Indonesia	118	90
Mexico	39	41
Peru	170	175
Papua New Guinea	65	65
Russia	157	165
South Africa	252	250
Uzbekistan	85	85
Other countries	471	440
World total (rounded)	<u>2,380</u>	<u>2,330</u>

Abbildung 28 Goldfördermenge (USGS Mineral Commodity)

6.2 Prozessablauf Goldgewinnung

1. Im Gebiet wird mit seismischen Geräten und Bodenproben nach Gold gesucht
2. „Schwere Geräte“ beginnen mit den Bohrungen in unterschiedlichen Tiefen
3. Gold kann knapp unter der Oberfläche (Australien) oder in der Tiefe (Südafrika) liegen
4. A) Sprengungen zur Einrichtung eines Tagebau
B) Abteufen eines Schachtes (bis zu 5000Meter tief)
5. Abtransport des Erzes durch schwere LKWs zur chemischen Vorbehandlung
6. Goldanlösung in cyanidhaltiger Lösung
7. Durchweichtes Gestein in Metalltrommeln mit unterschiedlich großen Metallkugelinhalt
8. „Goldschlamm“ kommt in ein Becken mit Aktivkohlefilter um Gesteinsreste zu lösen
9. „Heiße Ätzlösung“ um Gold von Kohlenstoff zu trennen
10. Elektrolyse um Gold von Lauge zu trennen
11. Barren gießen und finale Aufbereitung durch Einblasen von Chlor um andere Mineralien abzutrennen.

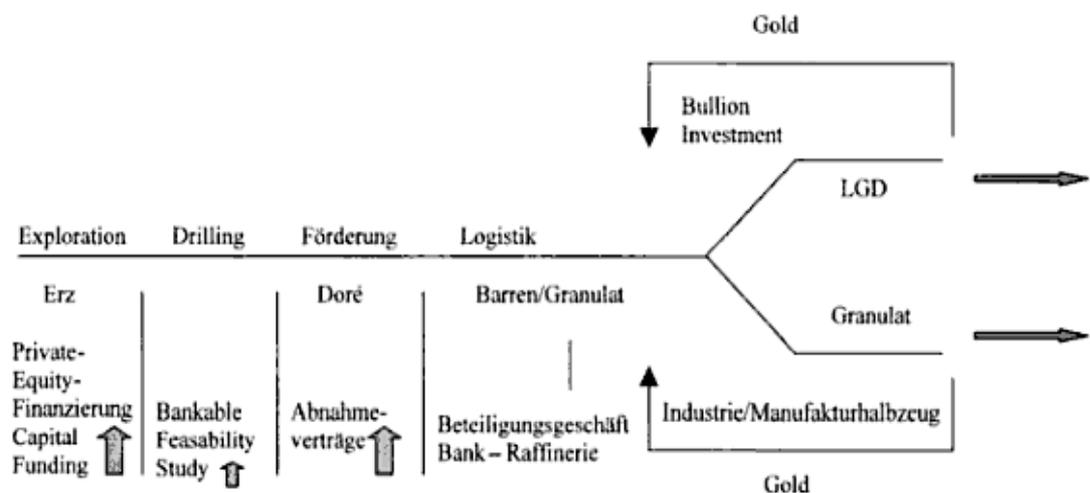


Abbildung 29 Prozesskette der Goldproduktion (Eibl 2008)

In Südafrika befinden sich die Goldreserven in 3,9km tiefe. Um arbeitsfähige Bedingungen zu schaffen, müssen die Stollen permanent von 56°C runter gekühlt werden.

Deshalb entspricht der jährliche Stromverbrauch der südafrikanischen Minen, etwa der einer 3 Millionen Einwohnerstadt.

Neben dem Energieverbrauch tragen die offen abgelagerten Minenabräume dazu bei, das Grundwasser und Luft mit Säure und Schwermetallen belastet werden.

Die Zyanidlaugen zur Auswaschung sind hochgiftig und Arbeitsunfälle verursachen immer wieder Kontaminierungen des Bodens oder des Grundwassers. Der Bedarf an Zyanid wird in den großen Minen auf etwa 1 Tonne pro Tag geschätzt.

Das verseuchte Gestein wird der Umwelt wieder zurückgeführt. Was dies für das Ökosystem bedeutet wurde bereits im Kapitel 3.3 diskutiert.

Der erhöhte Strom und Wasserverbrauch verbietet, vor allem den Armen Menschen, den Zugang zu fließend Wasser und Strom.

Die Strompreise schießen in die Höhe, sodass den Armen Menschen, das nötige Geld fehlt sich Strom leisten zu können.

Lehnen Sie sich gegen die Minen auf, so verlieren Sie ihre Arbeitsplätze.

Ein zunehmender Teufelskreislauf, aus dem kein Ausweg zu finden ist.

Erst wenn die Mine leer ist oder die Förderung, den meist ausländischen Unternehmen, zu teuer geworden ist, ziehen diese ab.

Die Menschen in der Region verlieren nicht nur ihre Arbeitsplätze, sondern „gewinnen“ auch eine ganze Hinterlassenschaft an Umweltproblemen.

6.2.3 Entropiebilanzansatz

Um die genaue Entropieproduktion bei der Goldherstellung berechnen zu können, muss eine Bilanz aufgestellt werden.

Sowohl Input- als auch Outputströme müssen dafür bekannt sein.

Über die genaue Goldproduktion, vom Abbau über den Wasser- und Strombedarf bis hin zu den Zyanidlaugen sowie den Transportwegen und Anlagen, sind keine spezifischen Angaben verfügbar.

Darum soll im Anschluss, sehr vereinfacht versucht werden anhand des Strombedarfs eine Temperaturerhöhung zu berechnen.

6.3. Grundlagen

Der Erzgehalt, in einer Tonne geförderten Boden beträgt derzeit etwa 2 Gramm.⁵³

Daraus lässt sich logischerweise schließen, dass der Energieverbrauch in der Produktion steigt.

Der Aufwand das Erz von der Bodenmasse zu lösen ist größer, als bei einem höheren Erzgehalt pro Tonne.

Schätzungen weisen daraufhin, dass der Gehalt bis 2100 weiter abnehmen wird (0,7 g/t).

Bei der Annahme von 2g/t beträgt der Bodenaushub für die jährliche Goldmenge etwa $1,65 \cdot 10^{12}$ t.

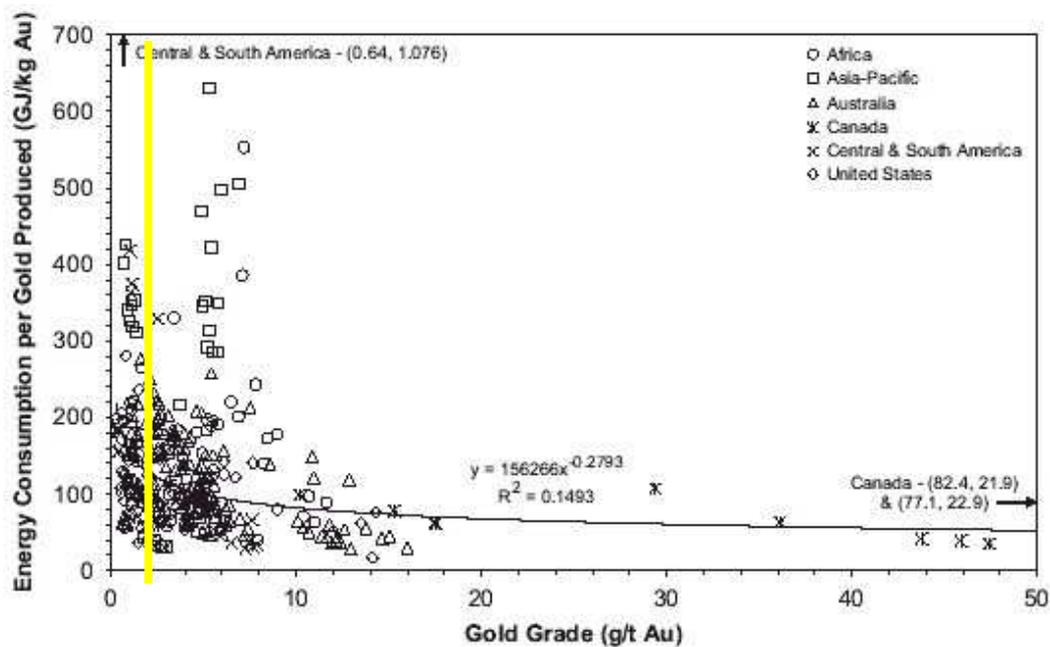


Abbildung 30 Energieverbrauch pro kg Gold in Abhängigkeit des Erzgehaltes (G.M. Mudd)

Die Abbildung zeigt, dass je geringer der Goldgrad ist, desto höher ist der Energiekonsum der Produktion.

Angenommen das Gold stammt aus Australien (Dreiecke in der Abbildung). Der Energieverbrauch für ein Kilogramm Gold betrage bei einem Erzgehalt von 2 g/t etwa 280GJ/kg Au.

Um eine Annahme für den jährlichen Energieverbrauch zur Goldherstellung treffen zu können, wird ein Mittelwert ermittelt.

⁵³ <http://www.goldseiten.de/modules/news/print.php?storyid=13076> Stand 28.7.2011

Tabelle 58 Mittelwert des jährlichen Energieverbrauches in der Goldproduktion

Land	Energieverbrauch in GJ/ Kg Au
Australien	280
Canada	200
Zentral und Süd- Amerika	340
Afrika	340
USA	270
Asien/Pazifik	300

Mittelwert

$$X = \frac{x_1+x_2+x_3\dots+x_i}{xn} \quad (6.1)$$

Energieverbrauch für jährliche Menge Goldproduktion

$$E = \text{spezifischer Energieverbrauch} * \text{jährliche Fördermenge} \quad (6.2)$$

6.3 Berechnungsansätze

Die Werte aus der Tabelle 57 werden in die Formel 6.1 eingesetzt um einen aussagekräftigen Mittelwert für die weitere Berechnung zu erhalten.

$$x = \frac{280+200+340+340+270+300}{6} = 288,33$$

Für die Goldförderstaaten wird ein Energieverbrauch von 288,33 GJ pro Kg Gold angenommen.

Um den Jahresenergieverbrauch zu erhalten, muss dieser Wert mit der jährlichen Fördermenge multipliziert werden (Formel 6.2).

$$E = 288,33 * (2330 \cdot 10^3) = \underline{671808900 \text{ GJ}} = 671 \cdot 10^5 \text{ GJ}$$

Annahme

Der Wirkungsgrad dieser am Prozess beteiligten Maschinen liegt im Durchschnitt bei einem Wirkungsgrad von $\eta = 0,35$.

Damit würden 65% des Energieverbrauchs in Abwärme, Emissionen kurz Entropie umgewandelt werden.

$$E_{\text{tatsächlich}} = 0,35 \cdot 671 \cdot 10^5 = 23485000 \text{ GJ}$$

Entropiestrom, der von der Goldproduktion ausgeht bei 43615000GJ.

6.3.1 Temperaturzunahme der Luft

Formel :

$$E = m * c * dT \quad (6.3)$$

E= benötigte Energie

m= Masse der Luft

c= Wärmekapazität der Luft

dT= Temperaturänderung

6.3.2 Berechnung

Die folgenden Normwerte des Mediums Luft werden in die Gleichung 6.3 eingesetzt, um die Temperaturänderung dT zu erhalten.

Tabelle 59 Berechnungsgrundlage

Variable	Wert
E	43615000GJ
M	1Kg
Cp	1,005 KJ/Kg*K

$$43615000 \text{ GJ} = 1 \text{ Kg} \cdot 1,005 \text{ KJ/Kg} \cdot \text{K} \cdot dT$$

$$\Rightarrow \frac{4366757850 \cdot 10^6}{1 \cdot 1,005} = dT$$

$$\Rightarrow dt = 4,33 \cdot 10^{13} \text{ K}$$

Bei einer Lufttemperatur von 273K (0C°) nimmt die Temperatur von 1 Kg Luft um $4,33 \cdot 10^{13} \text{ K}$ zu.

6.3.3. Berechnung der Auswirkung auf die ganze Atmosphäre (vereinfacht)

Die Werte aus Tabelle 59 werden bis auf die Variable m übernommen. Die Masse der Erdatmosphäre beträgt ca. $5,15 \cdot 10^{18} \text{ Kg}$ ⁵⁴

$$dT = \frac{43615000 \cdot 10^6}{5,15 \cdot 10^{18} \cdot 1,005} = 8,4 \cdot 10^{-5} \text{ K}$$

Übertragen auf die Masse der Erdatmosphäre (ausgegangen von dem Wert $5,15 \cdot 10^{18} \text{ Kg}$) beträgt die Temperaturzunahme durch den Goldabbau 0,000084K.

Diese Erwärmung umfasst lediglich die Prozesse der Goldherstellung, nicht dessen Ausgrabung und Erforschung von neuen Goldminen.

⁵⁴ <http://de.wikipedia.org/wiki/Erdatmosph%C3%A4re> Stand 31.7.2011

6 Ansatz zur Entwicklung einer entropischen Kennzahl

Des Weiteren fehlen Angaben zum Wasserverbrauch sowie die Menge an Boden, die durch Zyanidlaugen kontaminiert wird.

Die Faktoren Arbeitsbedingungen, fließendes Trinkwasser, Strompreiserhöhung, Umweltverschmutzung (Land-, Luft- und Grundwasserverseuchung) müssen bei der Entwicklung der Entropiekennzahl ebenfalls berücksichtigt werden und dürfen nicht vernachlässigt werden.

Wären diese Transport und Arbeitswege mit eingerechnet, wäre die Temperaturzunahme noch höher zu erwarten.

7.Fazit

Seit Mitte der siebziger Jahre hat sich der Bekanntheitsgrad der Nachhaltigkeitsproblematik gesteigert. Die Ressourcen werden knapper, die Abfallberge höher, auf den Finanzmärkten herrscht zunehmend „hitzige“ Atmosphäre und die Werte der Gesellschaft unterliegen dem Verfall. Der Glaube, die Welt könnte das anthropogene Handeln ewig tragen, erweist sich als Irrglaube. Bertold Brecht sagt bereits 1928: „Zuerst das große Fressen dann die Moral“. Der Konsum der Industrieländer steht auch heute vor der globalen Verteilungsgerechtigkeit.

Der 1. Hauptsatz der Thermodynamik besagt, dass weder Energie noch Materie verschwinden kann. Folgt nun im nächsten Gedankenschritt nicht der 2. Hauptsatz, nämlich dass sich die Nutzbarkeit vermindert (Qualität) bzw. die Energie/Materie in nicht mehr nutzbares Gut verwandelt wird, könnte man den falschen Schluss ziehen, dass es keine Nachhaltigkeitsproblematik gibt.

Fakt ist, diese Gesetze können nur so lange missachtet werden, wie das globale Ökosystem in der Lage ist einen energetischen und materiellen Rohstoffüberschuss zu produzieren.

Die Naturgesetze sind die Schranken jedes menschlichen Handelns. Mit Ihnen steht und fällt alles Leben. Kaum eine Dienstleistung oder ein Kulturgut und sogar das menschliche Leben, funktionieren ohne Rohstoffe.

Eine zukunftsorientierte Welt kann durch Einbindung der Entropieperspektive in ökologische, ökonomische und soziale Prozesse, den Nachhaltigkeitshorizont erweitern. Strategien zur Effizienzerhöhung energetischer Prozesse sowie Bemühungen die Ungerechtigkeit und Instabilität innerhalb der Gesellschaft durch Initiativen zu verringern, kann zur nachhaltigen Entwicklung beitragen. Ein geringerer Bedarf in den Industrieländern fördert die Verteilungsgerechtigkeit in der ganzen Welt. Das Ökosystem ist nicht nur Rohstoffquelle und Senke, sondern deren Organismen sind auch wesentlich am Wirtschaftsprozess beteiligt sind. Man schätzt die Bestäubungsarbeit der Bienen auf etwa 150 Milliarden Euro. Gäbe es keine Bienen, so gäbe es kaum bzw. keine Nahrungsmittel. Die Entropie kann als ein qualitatives Maß, die Entwertung der Natur erfassen.

Es ist an der Zeit, dass eine menschengerechte und umweltgerechte Weltgemeinschaft entsteht, die mehr freie Sonnenenergie bindet als sie in ihrem Lebenszyklus freigibt.

Denn wo Entropie herrscht, da herrscht Chaos, Unordnung, Desinformation,

Langeweile und der Tod.⁵⁵ Die Entwicklung der Menschheit ist zwar nicht nur durch Entropie bestimmt, sondern basiert auch auf technische Fortschritte und Wissen, das ebenso unumkehrbar ist, wie die Entropie selbst. Es ist jedoch wichtig, den Abstand zwischen thermodynamischem Gleichgewicht, einer nicht mehr lebenswerten Umgebung und dem Stand des Wissens zu bewahren und auszubauen. Nur durch einen effizienten Umgang mit energetischen und materiellen Rohstoffen und einem veränderten Konsummuster lässt sich die Entropie verlangsamen. Weg vom Massenkonsum, hin zur Suffizienz. Der Primärenergiebedarf muss gesenkt werden. Es geht dabei nicht nur um die Senkung des fossilen Verbrauchs, sondern prinzipiell um den Primärenergieverbrauch. Die utopischen Vorstellungen, dass negative Umwelteinwirkungen durch einen enormen technologischen Aufwand beseitigt werden können, müssen durch Aufklärung und Information widerlegt werden. Die nachsorgende Umweltpolitik „End of pipe“ muss der Vorsorgenden „Begin of pipe“ weichen. Entscheidend ist eben nicht das Wissen über Nachhaltigkeit, sondern das bewusste nachhaltige Leben.

Der Wüstenfuchs blieb nicht etwa vor jedem Baum stehen. Manche ließ er links liegen, obwohl sie von Schnecken wimmelten. Andere umging er scheu. An andere wiederum, machte er sich heran, aber ohne sie leer zu fressen ... Ja er nimmt nie zwei benachbarte Schnecken vom gleichen Zweig. Fräße er nach seinem Hunger, stürben die Schnecken aus. Und wenn die Schnecken verschwunden wären, hätte es auch mit dem Fenek ein schlimmes Ende!

Antoine de Saint-Exupéry

⁵⁵ Faz.net (Stand 18.7.2011)

Literaturverzeichnis

- Ayres,R. und A. Kneese(1989): „Externalities: Economics and Thermodynamics“ In: F. Archibugi und P. Nijkamp (Hrsg.) : *Economy and Ecology: Towards Sustainable Development*. Dordrecht
- Bennewitz, J. (1996). *Ökodynamische Anwendung der Hauptsätze der Thermodynamik*, *ACB Verlag*
- Bennewitz, J. (2007a). *Application of the Main Laws of Thermodynamics on Economy*, *Social Science Research Network*,
- Binswanger,M. (1988) u. a.: *Arbeit ohne Umweltzerstörung; Strategien für eine neue Wirtschaftspolitik* S. 74, überarbeitete Fassung, Frankfurt am Main
- Binswanger,M (1994): „Das Entropiegesetz als Grundlage einer ökologischen Ökonomie“. In: F. Beckenbach und H. Diefenbacher (Hrsg.) *Zwischen Entropie und Selbstorganisation*. Marburg
- Binswanger, M. (2006): „Die Tretmühle des Glücks“ 3 Auflage, Herder Verlag Freiburg im Breisgau
- Broda, E. (1970) „The evolution of bioenergetics processes. *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 21“, S.143 - 208 Max Planck Gesellschaft
- Buitenkamp,M. (1992): „Sustainable Netherlands“ *Vereiniging Milieudefensive Amsterdam*
- Boltzmann,L.(1872-1905): „Entropie und Wahrscheinlichkeit“ Harri Deutsch Verlag
- Dürr, Hans-Peter (2002). *Ideen zur neuen Qualität der Arbeit*, S. 11. Vortrag auf dem Kongress der „Initiative Neue Qualität der Arbeit INQA“ am 17. Juni 2002 im Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung, Kleisthaus, Berlin.
- Eibl, Christopher (2008): „Alles was Sie über Gold wissen müssen“ 2Auflage, Finanzbuch Verlag ,München
- Eisner, u. A.(2010), T. u. A. *Elemente Chemie 2*, 1 Auflage S 150 Stuttgart Ernst Klett Verlag
- Feynman, Richard P., Leighton, Robert P., Sands, Matthew (1987), *Vorlesungen über Physik Band 1*: Verlag Oldenbourg München, Wien.
- Frisch v., K. (1950) „Du und das Leben“, Berlin, Verlag des Druckhauses Tempelhof
- Gerthsen, Ch.(1964): *Physik Heidelberg*.
- Haas, Hans-Dieter & Schlesinger, Dieter Matthew (2007): *Umweltökonomie und Ressourcenmanagement*. Darmstadt.

- Haber(1993): Ökologische Grundlagen des Umweltschutzes, Bonn
- Liedtke, C., Schmidt-Bleek, F.,(1995) . „Kunststoffe. Ökologische Werkstoffe der Zukunft ?“. Vortragsmanuskript zum Symposium Kunststoff, Frankfurt/Main
- Luks, Fred (2002): „Nachhaltigkeit“. Hamburg, Europäische Verlagsanstalt
- Mudd, G.M. (2007): "Global trends in gold mining: Towards quantifying environmental and resource sustainability? " Resources Policy, Vol. 32, S. 42–56
- Quaschnig,V.(2010): „Erneuerbare Energien und Klimaschutz“,2Auflage, München, Carl Hanser Verlag
- Prigogine, Ilya & Stengers, Isabelle (1990) : Dialog mit der Natur : Neue Wege naturwissenschaftlichen Denkens, Piper Verlag, München.
- Rifkin, J. (1982): „Entropie- Ein neues Weltbild“ Hoffmann und Campe Hamburg
- Schlemm, A. (1999): „Dass nichts bleibt, wie es ist Philosophie der selbstorganisierten Entwicklung Band II: Möglichkeiten menschlicher Zukünfte, LIT Verlag
- Schraps, Stella (2010): „Kraftwerk- Wärmepumpen“ Vorlesungsskript
- Sietz,Sonnenberg,Wrenger.(2008): „Clixx-Nachhaltigkeit“,Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch GmbH, Frankfurt am Main
- Spangenberg,J.; Tischner U.(1994) : „Towards Sustainable Europe“ , Wuppertal Institute
- Stahel, W.R(1991)., „Langlebigkeit und Materialrecycling, Strategien zur Vermeidung von Abfällen im Bereich der Produkte“, Essen,
- Stephan.(1992): „Entropie, Umweltschutz und Rohstoffverbrauch: Ein thermodynamischer Ansatz in der Umweltökonomie“. In: M. von Hauf und U. Schmid (Hrsg.). Ökonomie und Ökologie Stuttgart
- Stephan, Ahlheimer (1996): „Ökonomische Ökologie“ Springer Verlag Berlin
- Schmidt-Bleek, F.(2004):Der Ökologische Rucksack-Wirtschaften für eine Zukunft mit Zukunft ,Stuttgart ,Hirzel Verlag
- Thess, A. (2007): „Das Entropieprinzip-Thermodynamik für Unzufriedene“, München, Oldenbourg Verlag
- Wöhlcke, M. (1996) : „ Soziale Entropie, Die Zivilisation und der Weg allen Fleisches“, München, DTV
- Wöhlcke, Manfred (2003): Das Ende der Zivilisation: über soziale Entropie und kollektive Selbstzerstörung, überarbeitete Neuausgabe, München: Dt. Taschenbuchverlag
- Zeh,D.H. (2005): „Entropie“ Fischer Verlag Frankfurt am Main

Zeeden, D(1996): „Sustainable Development - Implementierungsproblematik am Beispiel des Landesentwicklungsprogrammes III des Landes Rheinland-Pfalz, Trier, Zentrum für europäische Studien

Zmarsly, Kuttler, Pethe (2007): „Meteorologische klimatologisches Grundwissen“, Stuttgart ,Ulmer Verlag

Elektronische Medien:

Amnesty: „Freiheit Weltweit“

[http://www.allmystery.de/dateien/pr59550,1263334974,Freiheit DW Politik 992535 g.jpg](http://www.allmystery.de/dateien/pr59550,1263334974,Freiheit%20Politik%20992535g.jpg)

(Stand 28.7.2011)

Aralsee: http://deu.andijonadolat.org/wp-content/uploads/2010/04/a_entwicklung.jpg

(Stand 27.7.2011)

Arte (17.2.2011): „Kaufen für die Müllhalde“

<http://netzpolitik.org/2011/arte-dokumentation-kaufen-fur-die-mullhalde/>

(Stand 21.7.2011)

Baumgartner, Lercher,u.A (2008) : „Atmosphäre- Schadstoffe und ihre Auswirkungen“

http://stefan.schleicher.wifo.ac.at/teach/course/kv_envir/07/1-1_Atmosphere.pdf

(Stand 30.7.2011)

Beck: „Fortsetzung Energie und Materie“

<http://www.zum.de/Faecher/Materialien/beck/chemkurs/cs11-6.htm>)

(Stand 18.7.2011)

Beck, B(2007). „ Umwandlung von Primärenergie in Nutzenenergie“ Stromeffizienz aus Sicht der Stromanbieter. Berlin.

(Vortrag im Rahmen der EU / G8 – Konferenz „Energieeffizienz“).

[http://www.bmvbs.de/Anlage/ original_997339 /s6a-beck-pptd.pdf /](http://www.bmvbs.de/Anlage/original_997339/s6a-beck-pptd.pdf)

(Stand 21.07.2011).

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2008): „Ressourceneffizienz in der Produktion“

http://www.produktionsforschung.de/ucm/groups/contribution/@pft/documents/native/ucm01_000307.pdf

(Stand 29.06.11)

BUND(2008) „Erfolgsgeschichte eines Begriffs“

<http://www.bund-bawue.de/themen-projekte/nachhaltigkeit/>

(Stand 22.6.2011)

Bundeszentrale für politische Bildung(2007)„Arktis und Antarktis im Klimawandel“

[http://www.bpb.de/publikationen/S7V2T6,3,0,Arktis und Antarktis im Klimawandel.html](http://www.bpb.de/publikationen/S7V2T6,3,0,Arktis%20und%20Antarktis%20im%20Klimawandel.html) (Stand 23.6.2011)

BWE (2011): „Windenergieumwandlung“

<http://www.wind-energie.de/infocenter/technik/funktionsweise/energieumwandlung>

(Stand 28.7.2011)

Bvk: „Treibhauseffekt“

http://www.bvk-online.com/bvk_smartm/docs/treibhaus1.gif

(Stand 23.7.2011)

Cradle to Cradle:

http://www.imposis.de/wp-content/uploads/Bio_Tech_Cycle_deutsch.jpg

(Stand 30.7.2011)

„Das 2 Grad Ziel“:

<http://www.klima-sucht-schutz.de/klimaschutz/klimaschutz/das-2-grad-ziel.html>

(Stand 23.6.2001)

„Entropie und Leben“

http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/de/Entropy_and_life

(Stand 13.7.2011)

„Entropie und Wirtschaft“

http://www.ausstieg-aus-dem-crash.de/?Hintergrund:Entropie_und_Wirtschaft

(Stand 25.6.2011)

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2011) : „Kreislaufwirtschaft“

<http://www.biowerkstoffe.info/biokunststoffe/rahmenbedingungen/>

(Stand 23.7.2011)

Forkel, M. „Klima der Erde“

www.m-forkel.de/klima

(Stand 27.6.2011)

Größer, Roman (2009) : „Was ist Nachhaltigkeit“

http://www.intern.tudarmstadt.de/dez_iv/nachhaltigkeit_2/einfhrung/index.de.jsp

(Stand 22.6.2011)

Grundbedürfnisse : <http://www.gluecksarchiv.de/inhalt/grundbedarf.htm>

(Stand 27.7.2011)

Ikerd, John(2007) „Recycling for Sustainability“

<http://web.missouri.edu/~ikerdj/papers/Nebraska-recycling.htm>

(Stand 21.7.20011)

Ingenieurökologische Vereinigung Deutschland e.V. „Ökologische
Kreislaufwirtschaft an der Valley View University in Accra (Ghana)“

http://www.ioev.de/projekt_VVU_Accra.html

(Stand 13.7.2011)

Indymedia „Soziale Klassen“

<http://de.indymedia.org/2008/10/230581.shtml>

(Stand 29.7.2011)

Kißler, H.:„Vermeidung und Nutzung von Abwärme in Produktionsbetrieben“

http://www.heilbronn.ihk.de/ximages/1414598_4kissler.pdf

Stand 29.06.11)

Kreislauf Entwicklung

<http://www.ernaehrung.de/aktuell/archiv/images/welternaehrung.gif> (Stand 31.7.11)

Marek Roland-Mieszkowski (1994): „Life on Earth –flow of Energy and Entropy“
http://www.digital-recordings.com/publ/pdfs/life_on_earth.pdf
(Stand 1994) aufgerufen (17.7.2011)

Marslow (2010): „Bedürfnispyramide“
<http://www.saschaerbst.de/literatur/abraham-maslow-erfolgreiche-selbstverwirklichung/>
(Stand 25.7.2011)

<http://www.nachhaltige-oekonomie.de/de/component/glossary/?id=65>
(Stand 24.7.2011)

Pbs-Buisness: „Recyclingkreislauf“
[http://www.pbs-business.de/media/Heft%204-2008/Gruene%20Welle%20im%20Buero/M-real/-w538 -w538_RecyclingKreislauf.jpg](http://www.pbs-business.de/media/Heft%204-2008/Gruene%20Welle%20im%20Buero/M-real/-w538-w538_RecyclingKreislauf.jpg)
(Stand 26.7.2011)

„Perpetuum Mobile“ <http://www.hp-gramatke.de/perpetuum/index.htm>
Stand 26.6.2011)

Periodensystem: „Seltene Erden“
http://de.wikipedia.org/wiki/Metalle_der_Seltenen_Erden
Stand 02.08.2011

Produktion: (2011) „Rohstoff-Risiken vor der Entwicklung prüfen“
<http://www.produktion.de/werkstoffe/rohstoff-risiken-vor-der-entwicklung-pruefen/>
(Stand 27.7.2011)

Ressourcenproduktivität
http://vwi-nachhaltig.de/resources/wsb_484x631_OekoEffizienz.jpg(Stand 31.7.11)

Röhrs G. (2003): „Umweltgerechtes Entwickeln und Konstruieren elektronischer und Feinwerktechnischer Geräte“
http://www.tu-dresden.de/etifwt/wwwroot/lehre/recycling_konstr/umweltg_entwickeln.pdf
(Stand 30.6.2011)

Schütz, Chr: „Wie ist qualitatives Wachstum möglich „
<http://www.gcn.de/Kempfenhausen/Zyklus1/downloads/schuetze.pdf>
(Stand 6.7.2011)

<http://www.univie.ac.at/bwl/ieu/lehre/ss06/Umweltziele.pdf>
(Stand 5.7.2011)

Schaltegger, Sturm (2000): „Ökologieorientierte Entscheidungen in Unternehmen“
http://www2.leuphana.de/umanagement/csm/content/nama/downloads/download_publicationen/Schaltegger_Sturm_Oekologieorientierte_Entscheidungen.pdf
(Stand 21.7.2011)

Spiegel (2007): „Druschba Pipeline,“
<http://www.spiegel.de/wirtschaft/0,1518,459000,00.html>
(Stand 27.7.2011)

Trigema: „Cradle to Cradle“

http://www.trigema.de/medias/sys_master/8452158346330832.jpg

(Stand 28.7.2011)

Tu Ilmenau: „Entropie- Informationstheorie“

http://www.tu-ilmenau.de/fakei/uploads/media/Entropie_Informationstheorie_-_Wikipedia.pdf

(Stand 25.7.2011)

Tqm: http://www.tqm.de/service/illustrationen/produktkomplexitaet/image_preview

(Stand 26.7.2011)

Umweltbundesamt (2006): „Bodenfunktionen“

<http://www.umweltbundesamt.de/boden-und-altlasten/boden/funktionen/index.htm>

(Stand 08.08.2011)

United Nations Environment Programme: „Environment for Development“

<http://www.unep.org/>

(Stand 24.6.2011)

Uni Oldenburg: <http://www.informatik.uni-oldenburg.de/~iug08/nano/media/lotuseffekt.jpg>

<http://www.informatik.uni-oldenburg.de/~iug08/nano/media/lotuseffekt.jpg>

(Stand 30.7.2011)

U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2009: „Gold“

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gold/mcs-2009-gold.pdf>

(Stand 29.7.2011)

Chemiedidaktik : „Treibhauseffekt“

http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/alte_seite_du/teachers/Image27.gif

(Stand 01.08.2011)

Zivilisatorisches Hexagon

http://www.friedenspaedagogik.de/themen/konstruktive_konfliktbearbeitung/grundsaeetze_und_voraussetzungen_der_konfliktbearbeitung/das_zivilisatorische_hexagon

(Stand 31.7.2011)

Energiesparentipps: „Waschen“

<http://www.energiesparentipps.de/images/waschtemperatur.gif>

(Stand 06.08.2011)

Fachzeitschriften

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2011)

„Klimaschutzdialog Wirtschaft und Politik –Abschlussberichte der Arbeitsgruppen“ 2 Auflage ,Berlin , Januar 2011

Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (2010)

„Produktbezogene Klimaschutzstrategien“

1 Auflage BMU, Berlin , Juni 2010

Reinhardt, Peter: „Vom Heizen und Kühlen bis zur Drucklufttechnik“- In Nachhaltige Produktion- Zukunft jetzt, 2011 ,März/April Auflage, Ausgabe 1, Jahrgang 2

Schrader, Chr. Wenn die Gleichungen verrücktspielen, Geo Wissen Nr.2 1990 – Chaos und Kreativität S 184-185.Hamburg (7.5.90)

Wullenweber,K.,2000,Wortfang, Was die Sprache über Nachhaltigkeit verrät, in; Politische Ökologie 63/64, Januar 2000,S.23 f

Normen

DIN EN 16000: „Energiemanagement Zertifizierung“(2006)

ISO 9000:2000 : „Qualitätsmanagement-Norm“(2000)

VDI 3800 : „Ermittlung der Aufwendungen für Maßnahmen zum betrieblichen Umweltschutz" (2001)

Anhang