

Prof. Dr.-Ing. Ekkehard Schiefer

## EcoDesign

### Entwicklung umweltgerechter Produkte

### Ökologische Schwachstellen ermitteln (3)

Vereinfachte Wirkungsindikatoren

Kurzbilanzierungsmethoden

Checklisten

1

### Hinweis

#### Haftungsausschluß

- Die Vorlesungs- und Übungsunterlagen sind ausschließlich für den Gebrauch in meinen Lehrveranstaltungen bestimmt!
- Die Weitergabe der Unterlagen an Dritte, ihre Vervielfältigung oder Verwendung auch von Auszügen davon in anderen elektronischen oder gedruckten Publikationen ist nicht gestattet.
- Für eventuell enthaltene Fehler wird keine Haftung übernommen!

#### Wichtig

Die jeweils neuesten Vorschriften sind den geltenden Normen, Regelwerken und Richtlinien zu entnehmen!

# Inhalt

- Vereinfachte Wirkungsindikatoren
- Kurzbilanzierungsmethoden beim EcoDesign
  - Eco-indicator 99 Standardwerte
  - KEA
  - MIPS
- Checklisten zum Ermitteln ökologischer Schwachstellen
- Hinweise zur ökologischen Bewertung beim EcoDesign

# Vereinfachte Wirkungsindikatoren

## Vereinfachte Wirkungsindikatoren

- berücksichtigen meist nur eine Stoffgruppe oder Umweltwirkung, von der angenommen wird, daß sie auch repräsentativ für andere Umweltauswirkungen ist.
- **Vorteile**
  - sie sind **plakativ**
  - sie sind **einfach verständlich**
  - die Berechnung einer **Ökobilanz** bezüglich dieser Indikatoren ist **weniger aufwendig** als mit vollständigen Wirkungsabschätzungsmethoden.
- **Nachteile**
  - es werden **starke Vereinfachungen** getroffen werden
  - somit haben diese Indikatoren oft nur **beschränkte Aussagekraft**

# Vereinfachte Wirkungsindikatoren

Die vereinfachten Indikatoren können in drei Gruppen unterteilt werden:

## 1. Inputbezogene Indikatoren:

beziehen sich auf eine *Gruppe von Ressourceninputs*; z.B.:

- *Kumulierter Energieaufwand (KEA)*
- *Methode der Materialintensität (MIPS)*

## 2. Outputbezogene Indikatoren:

beziehen sich auf eine *bestimmte Gruppe von Emissionen*; z.B.:

- *Carbon Footprint* : berücksichtigt alle klimarelevanten Emissionen (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O etc.)

## 3. Kombination Ressourcen-/Emissionsbezogen: Diese Indikatoren berücksichtigen sowohl einzelne Ressourcengruppen wie auch einzelne Emissionsgruppen; z.B.:

- *Ökologischer Fußabdruck*

7

Quelle: Hellweg, Vorlesungsskript Ökobilanz, Institut für Umweltingenieurwissenschaften, ETH Zürich 2014

## *Kumulierter Energieaufwand (KEA)*

### Der kumulierte Energieaufwand (KEA)

- gibt die *Gesamtheit des primärenergetisch bewerteten Aufwands in MJ-Äquivalenten* an, der im Zusammenhang mit der Herstellung, Nutzung und Beseitigung eines ökonomischen Guts (Produkt oder Dienstleistung) entsteht bzw. diesem ursächlich zugewiesen werden kann.
- *bewertet den Primärenergieaufwand*, d.h.
  - es werden die *primären Energieträger bewertet*, welche zur Elektrizitätserzeugung benötigt werden: also Kohle, Öl, etc., (*im Gegensatz zu elektrischem Strom*)
  - es wird der aus *der Natur bezogenen primärenergetischen Energieaufwand*, der durch die entsprechenden Technologien (Kohle, Photovoltaik-Zelle, Windkraftanlage etc.) „geerntet“ bzw. konvertiert wird, *aggregiert*
- *beinhaltet auch die primärenergetischen Inputs für die Gewinnung, Herstellung und Entsorgung aller benötigten Materialien und Hilfsmaterialien.*
- Der KEA wurde in den siebziger Jahren als geeigneter Indikator zur Optimierung industrieller Systeme betrachtet.
- In den neunziger Jahren wurde in Deutschland die Richtlinie VDI 4600 zur Formalisierung der Berechnungsweise des KEA verabschiedet.

8

Quelle: Frischknecht, Vorlesungsskript Analyse und Beurteilung der Umweltverträglichkeit, Teil 2 Ökobilanzen (Life Cycle Assessment), ETH Zürich, 2013

## ***Kumulierter Energieaufwand (KEA)***

### **KEA als Wirkungsabschätzungsmethode in Ökobilanzen**

Auf der Basis des KEA können *keine Aussagen über die Umwelteffizienz von Produkten* gemacht werden,

- *solange nicht erwiesen ist, daß der KEA und die Umweltbelastung in diesem Einzelfall korrelieren,*
- und der KEA *somit als Stellvertreter-Indikator zur Bewertung in Ökobilanzen verwendet werden kann.*

Als *Kurzbilanzierungsmethode* findet der KEA *im Rahmen des EcoDesign* dennoch Verwendung.

9

Quelle: Frischknecht, Vorlesungsskript Analyse und Beurteilung der Umweltverträglichkeit, Teil 2 Ökobilanzen (Life Cycle Assessment), ETH Zürich, 2013

## ***Materialintensität pro Serviceeinheit (MIPS)***

Die Materialintensität pro Serviceeinheit (Material Intensity Per Service unit, MIPS)

- wurde in den 90er-Jahren vom *Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie* entwickelt
- *bewertet den kumulierten Ressourcenverbrauch in kg.*
- zeigt das *totale Gewicht aller für die Herstellung eines Produktes gebrauchten oder bewegten Massen.*
- wird als international harmonisierbares und praktikables Maß bezeichnet, mit dem Umweltbelastungsintensitäten von Gütern und Dienstleistungen zwar *grob, aber richtungssicher* abgeschätzt werden können.
- findet als *Kurzbilanzierungsmethode im Rahmen des EcoDesign* Verwendung.

10

## Materialintensität pro Serviceeinheit (MIPS)

### Ermittlung der MIPS

- Alle Inputs von Materialien bzw. Rohstoffen zur **Produktion eines Produktes** oder einer Dienstleistung in kg (oder t), die der Umwelt aktiv entnommen bzw. dort bewegt wurden (Erze, Gesteine, Sand, Kies, etc.), werden berücksichtigt und aufsummiert.
- Hinzu kommen alle Materialien, die **zur Entnahme von Rohstoffen oder zum Bau von Infrastrukturen** bewegt werden müssen; hierzu zählen z.B. anfallender Abraum ebenso wie abgepumptes Grundwasser oder gerodete Bäume.
- Die Erfassung wird Lebenszyklus bezogen durchgeführt und umfasst also u.a. auch die Bereitstellungsprozesse für Energieträger.
- Die ermittelten Materialinputs werden nach **fünf Kategorien** getrennt ausgewiesen
  - **Abiotische Rohmaterialien** (mineralische Rohstoffe, fossile Energieträger, Abraum, Aushub),
  - **Biotische Rohmaterialien** (Biomasse),
  - **Bodenbewegungen** (mechanische Bodenbearbeitung und Erosion),
  - **Wasser** (Oberflächen-, Grund- und Tiefengrundwasser)
  - **Luft(-bestandteile)** (für Verbrennung und für Chemische Umwandlung)

11

Quelle: Frischnecht, Vorlesungsskript Analyse und Beurteilung der Umweltverträglichkeit, Teil 2 Ökobilanzen (Life Cycle Assessment), ETH Zürich, 2013

## Carbon Footprint

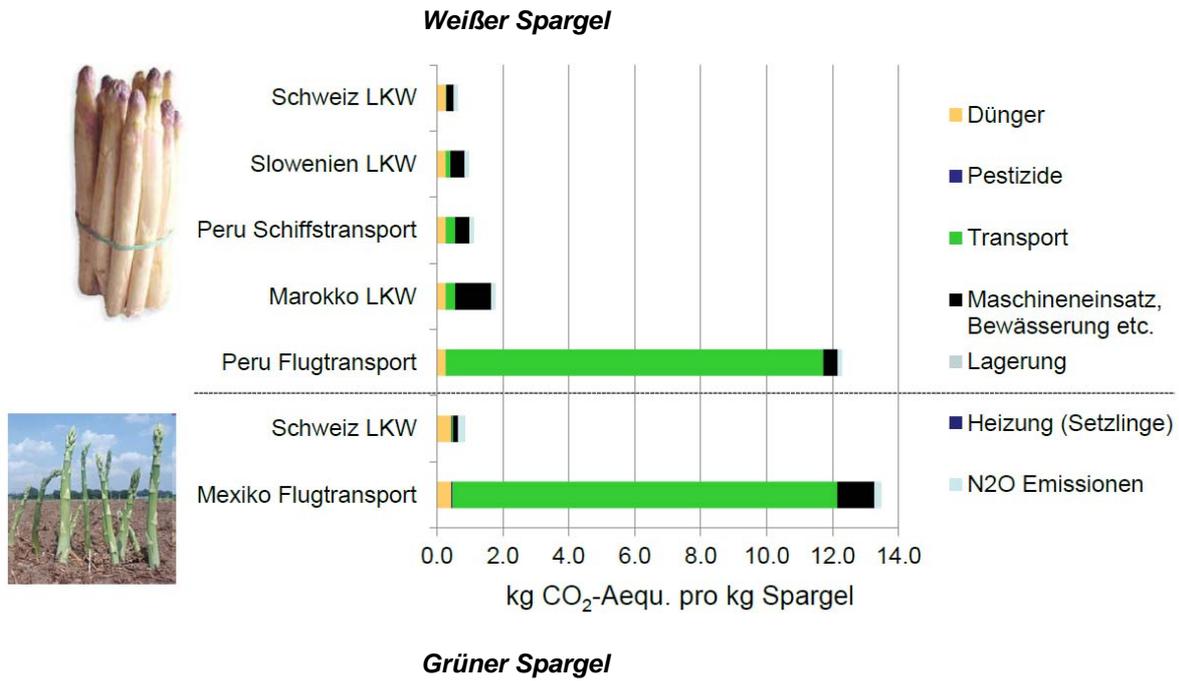
### Der Carbon Footprint

- **CO<sub>2</sub>-Fußabdruck**
- ist eine **emissionsbasierte Methode**, die alle Emissionen bewertet, die zum Klimawandel beitragen: z.B.: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O etc.
- Die Methode **ist weitgehend identisch mit der Wirkungskategorie Klimawandel (GWP)** nach IPCC
- wurde zuerst in Großbritannien normiert (Standard PAS 2050).
- Auf internationaler Ebene wurde 2013 von der ISO eine Technische Spezifikation für den Carbon Footprint veröffentlicht (ISO/TS 14067).

12

Quelle: Hellweg, Vorlesungsskript Ökobilanz, Institut für Umweltingenieurwissenschaften, ETH Zürich 2014

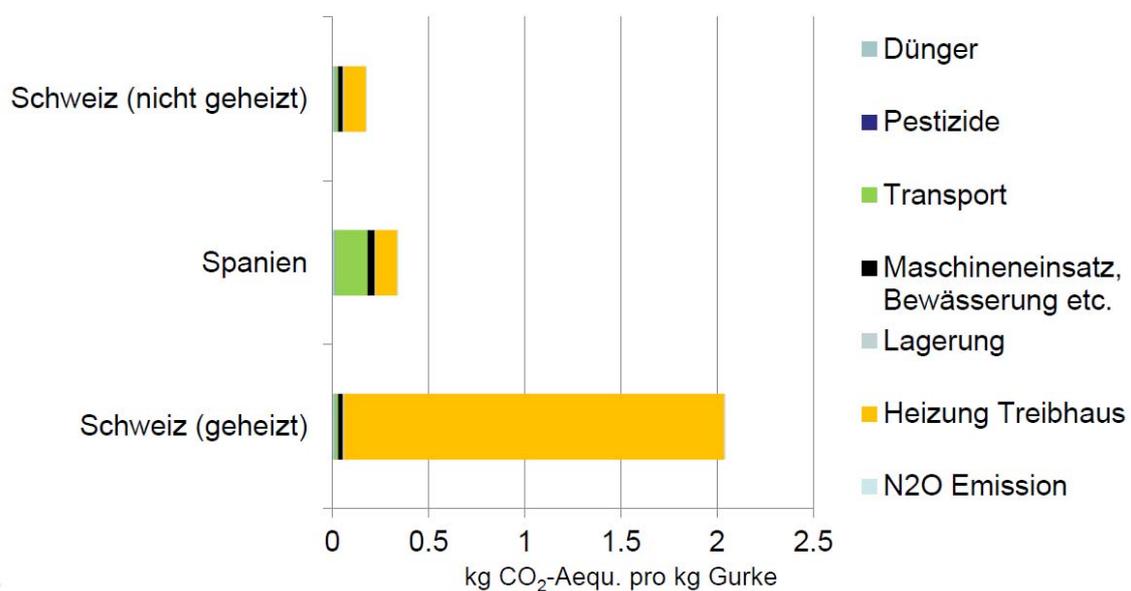
## Beispiel CO<sub>2</sub>-Fussabdruck von in der Schweiz konsumiertem Spargel



13

Quelle: Hellweg, Vorlesungsskript Ökobilanz, Institut für Umweltingenieurwissenschaften, ETH Zürich 2014

## Beispiel CO<sub>2</sub>-Fussabdruck von Gurken aus Treibhäusern (Schweiz)



14

Quelle: Hellweg, Vorlesungsskript Ökobilanz, Institut für Umweltingenieurwissenschaften, ETH Zürich 2014

# Ökologischer Fußabdruck

## Der ökologische Fußabdruck

- *Ecological Footprint (EF)*
- schätzt den *Bedarf an biologisch produktiver Fläche* zur Erstellung eines Produktes ab.
- beinhaltet
  - den *direkten Landbedarf zur Produkterstellung*:  $EF_{direct}$  sowie
  - einen *indirekten Landverbrauch*, welcher den *Landbedarf zur Sequestrierung* (Kohlenstoff-Fixierung der Pflanzen) *des CO<sub>2</sub> aus nicht-erneuerbaren Energiequellen* darstellt:  $EF_{fossil}$

### $EF_{direct}$

- enthält alle *Landtypen wie Wald, Ackerland, Bauland* etc.
- Um die verschiedenen Landtypen addieren zu können, werden sie mit einem *Äquivalenzfaktor* multipliziert, *der die jeweilige relative Bioproduktivität repräsentiert*

### $EF_{fossil}$

- zeigt den *Landbedarf durch Aufforstung, um das emittierte CO<sub>2</sub> aus fossilen Quellen zu sequestrieren*.

15

Quelle: [http://www.footprintnetwork.org/images/article\\_uploads/NFA%202014%20Guidebook%207-14-14.pdf](http://www.footprintnetwork.org/images/article_uploads/NFA%202014%20Guidebook%207-14-14.pdf)

# Ökologischer Fußabdruck

## *Einheit [gha] Globaler Hektar* (100m x 100m)

- ist eine *einheitliche "Währung", die die unterschiedliche Fruchtbarkeit von Böden ausgleicht*: denn eine Fläche in einem Ackerbaugebiet kann naturgemäß mehr erzeugen, als die gleiche Fläche in einer Wüste.
- Das globale Hektar *entspricht einem Hektar durchschnittlicher biologischer Produktivität weltweit*.
- Auf diese Art und Weise können verschiedene Länder oder Gebiete weltweit verglichen werden.

## Weiterführende Informationen

<http://www.footprintnetwork.org/de/index.php/GFN/>

[http://www.footprintnetwork.org/images/article\\_uploads/NFA%202014%20Guidebook%207-14-14.pdf](http://www.footprintnetwork.org/images/article_uploads/NFA%202014%20Guidebook%207-14-14.pdf)

[http://www.conserva-tion-development.net/Projekte/Nachhaltigkeit/DVD\\_10\\_Footprint/Material/pdf\\_Serie\\_Nachhaltigkeit/10\\_Footprint\\_de.pdf](http://www.conserva-tion-development.net/Projekte/Nachhaltigkeit/DVD_10_Footprint/Material/pdf_Serie_Nachhaltigkeit/10_Footprint_de.pdf)

16

Quelle: [http://www.footprintnetwork.org/images/article\\_uploads/NFA%202014%20Guidebook%207-14-14.pdf](http://www.footprintnetwork.org/images/article_uploads/NFA%202014%20Guidebook%207-14-14.pdf)

# Ökologischer Fußabdruck

## Welterschöpfungstag (Earth Overshoot Day)

Jahr	Overshoot Day	Verbrauch in Erde-Einheiten
1971	21. Dezember <sup>[4]</sup>	
...		
1987	19. Dezember	
1990	7. Dezember	
1995	21. November	
2000	1. November	
2005	20. Oktober	
2007	26. Oktober	
2008	23. September	
2009	25. September	
2010	21. August	
2011	27. August	
2012	22. August	1,5
2013	20. August	
2014	19. August	
2015	13. August	
2016	3. August	
2017	2. August	1,7 <sup>[4]</sup>

17

Quelle: [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)

18

# Kurzbilanzierungsmethoden beim EcoDesign

## Kurzbilanzierungsmethoden beim EcoDesign

Als Kurzbilanzierungsmethoden beim EcoDesign werden u.a. eingesetzt

- *Eco-indicator Standardwerte (Eco-indicator 99)*
- *Eco-indicator Standardwerte (ReCiPe)*
- *CO<sub>2</sub>-Fußabdruck (carbon footprint)*
- *Kumulierter Energieaufwand (KEA)*
- *Materialintensität pro Serviceeinheit (MIPS)*

# Eco-indicator Standardwerte

## Eco-indicator als Kurzbilanzierungsmethode

### Eco-indicator nach Eco-indicator 99 oder nach ReCiPe

- werden nicht nur als schadensbasierte Wirkungsabschätzungsmethoden mit optionaler Vollaggregation im Rahmen von Ökobilanzen eingesetzt
- können auch *als Kurzbilanzierungsmethode im Rahmen des EcoDesign* verwendet werden
- Hierfür bietet *Eco-indicator-99 und ReCiPe vollaggregierte Standardwerte für verschiedene Materialien und Referenzprozesse* an, welche die Höhe der Umweltauswirkung repräsentieren.
- Durch Eintragen der Mengen der jeweiligen Positionen sowie das Aufsummieren der Einzelwerte können die Umweltbeeinträchtigungen durch das Produkt ermittelt werden.

⇒ Da es sich jedoch um zwei unterschiedliche Wirkungsabschätzungsmethoden handelt, sind die vollaggregierten Ergebnisse (Eco-Indicator-Punkte) der Methoden Eco-indicator 99 und ReCiPe **nicht miteinander vergleichbar!**

## **Points [Pt] bzw. Millipoints [mPt].**

- Das vollaggregierte Ergebnis bei den schadensbasierten Wirkungsabschätzungsmethoden Eco-indicator 99 und ReCiPe hat die Dimension **Points [Pt]** bzw. **Millipoints [mPt]**.
- Ein sogenannter Eco-Indikator-Punkt entspricht einem Tausendstel der gesamten jährlichen Umweltlasten, die durch einen durchschnittlichen Europäer verursacht wird.
- Die Umweltlasten der Materialien und deren Prozesse werden häufig in millipoints (mPt) angegeben, entsprechen also einem Millionstel dieser durchschnittlichen Umweltlast pro Europäer.
- Je höher dieser Wert ist, desto umweltschädlicher ist die Wirkung des Produktes.
- Für ein einzelnes Produkt können damit die Umweltbeeinträchtigungen in den einzelnen Lebenslaufphasen verglichen werden.
- Ebenso kann man mehrere Produkte gleichen Nutzens miteinander vergleichen.

Quelle: <https://www.ecodesignkit.de/> (04.05.2017)

23

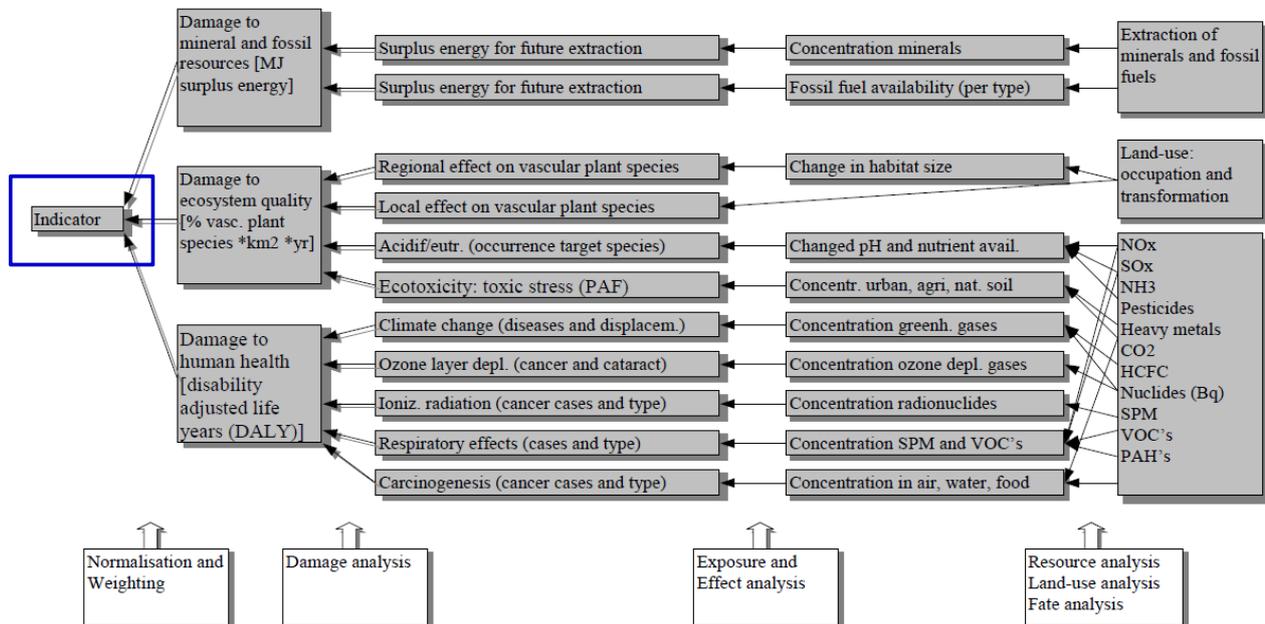
## **Eco-indicator Standardwerte-Verfahren Ablauf**

- Ähnlich wie bei der Ökobilanz müssen alle In- und Outputs des Produktes nach Art und Menge bestimmt werden.
- Diese werden dann in ein Eco-indicator-Formblatt eingetragen, um die Werte zu berechnen.
- Durch diesen einfachen Ablauf bedarf das Eco-indicator Standardwerte-Verfahren keiner komplizierten Software, sondern kann einfach mithilfe eines Excel-Sheets oder gar „händisch“ berechnet werden.

24

# Eco-indicator 99 Standardwerte-Verfahren

Eco-indicator 99 bietet für verschiedene Materialien und Referenzprozesse vollaggregierte **Eco-indicator 99 Standardwerte** an.



Quelle: Frischnecht, Vorlesungsskript Analyse und Beurteilung der Umweltverträglichkeit, Teil 2 Ökobilanzen (Life Cycle Assessment), ETH Zürich, 2013

## Eco-indicator Standardwerte-Verfahren nach Eco-indicator 99 Methodenbeschreibung und Daten

Wo finde ich Methode und Daten (Standardwerte)?

PRé Consultants bv: **Eco-Indicator 99 Manual for Designers**  
- A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment, Amersfoort (NL) 2000

[www.pre-sustainability.com/download/manuals/EI99\\_Manual.pdf](http://www.pre-sustainability.com/download/manuals/EI99_Manual.pdf)

⇒ Runterladen und Ausdrucken!

## Eco-indicator 99 Standardwerte (Auszüge) Elektrische Energie

### Electricity (in millipoints per kWh)

	Indicator	Description	
		Including fuel production	
Electr. HV Europe (UCPTE)	23	High voltage (> 24 kVolt)	1
Electr. MV Europe (UCPTE)	23	Medium voltage (1 kV – 24 kVolt)	1
Electr. LV Europe (UCPTE)	27	Low voltage (< 1000Volt)	1
Electricity LV Austria	18	Low voltage (< 1000Volt)	1
Electricity LV Belgium	24	Low voltage (< 1000Volt)	1
Electricity LV Switzerland	10	Low voltage (< 1000Volt)	1
Electricity LV France	12	Low voltage (< 1000Volt)	1
Electricity LV Greece	62	Low voltage (< 1000Volt)	1
Electricity LV Italy	48	Low voltage (< 1000Volt)	1
Electricity LV the Netherlands	37	Low voltage (< 1000Volt)	1
Electricity LV Portugal	47	Low voltage (< 1000Volt)	1

Quelle: PRé Consultants bv: Eco-Indicator 99 Manual for Designers - A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment, Amersfoort (NL) 2000  
[www.pre-sustainability.com/download/manuals/EI99\\_Manual.pdf](http://www.pre-sustainability.com/download/manuals/EI99_Manual.pdf)

27

## Eco-indicator 99 Standardwerte (Auszüge) Eisenmetalle

### Production of ferro metals (in millipoints per kg)

	Indicator	Description
Cast iron	240	Casting iron with > 2% carbon compound
Converter steel	94	Block material containing only primary steel
Electro steel	24	Block material containing only secondary scrap
Steel	86	Block material containing 80% primary iron, 20% scrap
Steel high alloy	910	Block material containing 71% primary iron, 16% Cr, 13% Ni
Steel low alloy	110	Block material containing 93% primary iron, 5% scrap, 1% alloy metals

Quelle: PRé Consultants bv: Eco-Indicator 99 Manual for Designers - A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment, Amersfoort (NL) 2000  
[www.pre-sustainability.com/download/manuals/EI99\\_Manual.pdf](http://www.pre-sustainability.com/download/manuals/EI99_Manual.pdf)

28

# Eco-indicator 99 Standardwerte (Auszüge)

## Fertigungsprozesse Metallbearbeitung

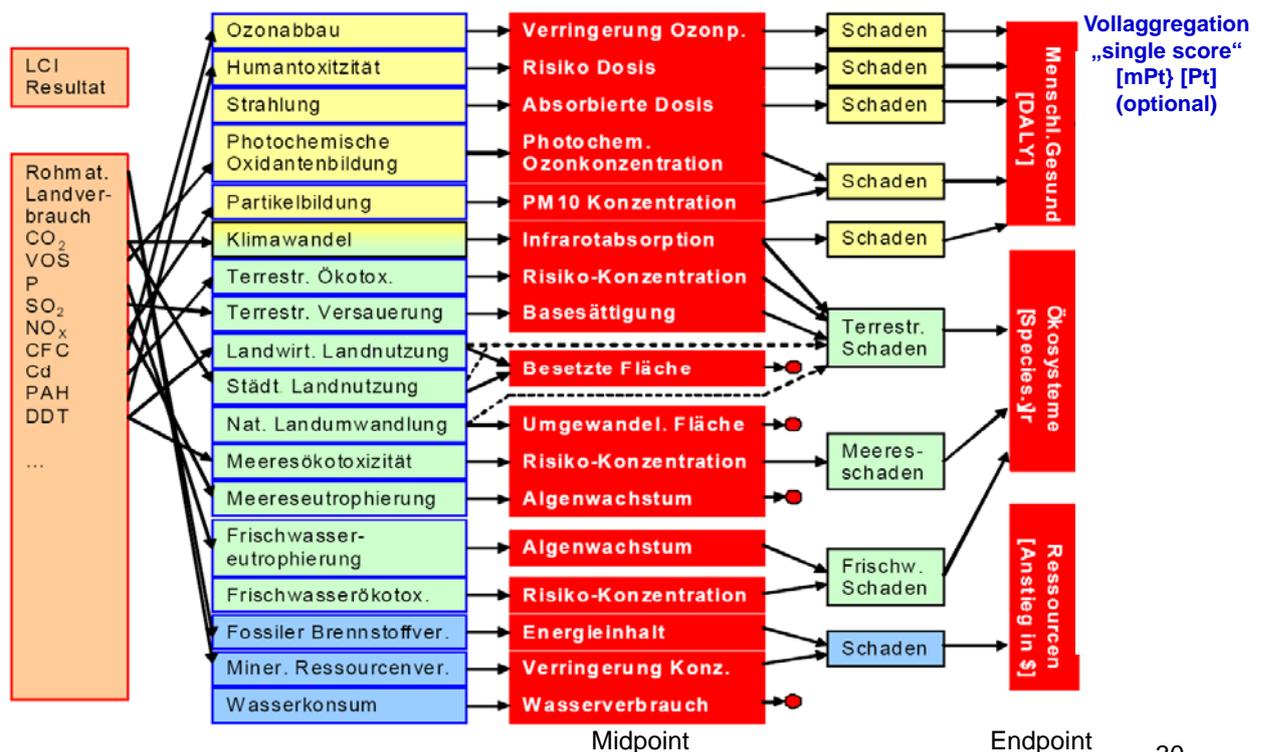
### Processing of metals (in millipoints)

	Indicator	Description
Bending-aluminium	0.000047	one sheet of 1mm over width of 1 metre; bending 90°
Bending-steel	0.00008	one sheet of 1mm over width of 1 metre; bending 90°
Bending-RVS	0.00011	one sheet of 1mm over width of 1 metre; bending 90°
Brazing	4000	per kg brazing, including brazing material (45% silver, 27% copper, 25% tin)
Cold roll into sheet	18	per thickness reduction of 1 mm of 1 m2 plate
Electrolytic Chromium plating	1100	per m2, 1_μm thick, double sided; data fairly unreliable
Electrolytic galvanising	130	per m2, 2.5_μm thick, double sided; data fairly unreliable
Extrusion - aluminium	72	per kg
Milling, turning, drilling	800	per dm3 removed material, without production of lost material
Pressing	23	per kg deformed metal. Do not include non-deformed parts!
Spot welding-aluminium	2.7	per weld of 7 mm diameter, sheet thickness 2 mm
Shearing/stamping-aluminium	0.000036	per mm2 cutting surface
Shearing/stampin-steel	0.00006	per mm2 cutting surface
Shearing/stamping-RVS	0.000086	per mm2 cutting surface
Sheet production	30	per kg production of sheet out of block material
Band zinc coating	4300	(Sendzimir zink coating) per m2, 20-45_μm thick, including zinc
Hot galvanising	3300	per m2, 100_μm thick, including zinc
Zinc coating (conversion μm)	49	per m2, 1 extra_μm thickness, including zinc

Quelle: PRé Consultants bv: Eco-Indicator 99 Manual for Designers - A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment, Amersfoort (NL) 2000  
[www.pre-sustainability.com/download/manuals/EI99\\_Manual.pdf](http://www.pre-sustainability.com/download/manuals/EI99_Manual.pdf)

29

## Eco-Indicator Standardwerte nach ReCiPe



30

Quellen: [http://www.leia-recipe.net/file-cabinet/ReCiPe\\_main\\_report\\_MAY\\_2013.pdf](http://www.leia-recipe.net/file-cabinet/ReCiPe_main_report_MAY_2013.pdf); Zattredirects=0 und : Frischweicht, Vorlesungsskript Analyse und Beurteilung der Umweltverträglichkeit, Teil 2 Ökobilanzen (Life Cycle Assessment), ETH Zürich, 2013

## Eco-indicator nach ReCiPe als Kurzbilanzierungsmethode (**ecolizer 2.0**)

Das **ecolizer 2.0** bietet basierend auf ecoinvent 3.2 für verschiedene Materialien und Referenzprozesse **Eco-indicator-Werte nach ReCiPe** an

Wo finde ich Methode und Daten (Standardwerte)?

1. OVAM, Openbare Afvalstoffenmaatschappij voor het Vlaams Gewest (Public Waste Agency of Flanders, BE) Hrsg.: Ecolizer 2.0 – ecodesign tool  
[http://www.ecodesignlink.be/images/filelib/EcolizerEN\\_1180.pdf](http://www.ecodesignlink.be/images/filelib/EcolizerEN_1180.pdf)
2. Weiterentwicklung für das Modul EcoDesign an der FRA-UAS siehe **xls-Werkzeug (BETA-ecolizer 2.0.xls)** unter Moodle



### Beispielanwendung Eco-indicator 99-Berechnung für eine elektrisch betriebene Zitruspresse



**Beispielabbildung**

Quelle: [www.braunhousehold.com](http://www.braunhousehold.com)

**Hinweis: Die Beispielanwendung basiert NICHT auf einer Braun-Zitruspresse**

Prof. Dr.-Ing Ekkehard Schiefer Dieser Umdruck ist ausschließlich für den Gebrauch in meinen Lehrveranstaltungen bestimmt.  
Für eventuell enthaltene Fehler wird keine Haftung übernommen.

## Funktionelle Einheit, Produktsystem



- Die *funktionelle Einheit* der elektrisch betriebenen Zitruspresse lautet „*Pressen von 0,4 l Orangensaft täglich an sechs Monaten im Jahr für vier Jahre*“.
- *Um diesen Nutzen zu erfüllen, müssen auch die Orangen und deren Transport als Teil des Produktsystems in die Bilanzierung einfließen.*
- Einsatzort der Zitruspresse ist Deutschland.
- Des Weiteren werden sowohl die Reinigung des Geräts nach der Nutzung als auch das Recycling und die Entsorgung einbezogen.

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

33

## Eco-indicator 99-Berechnung (Auszug)

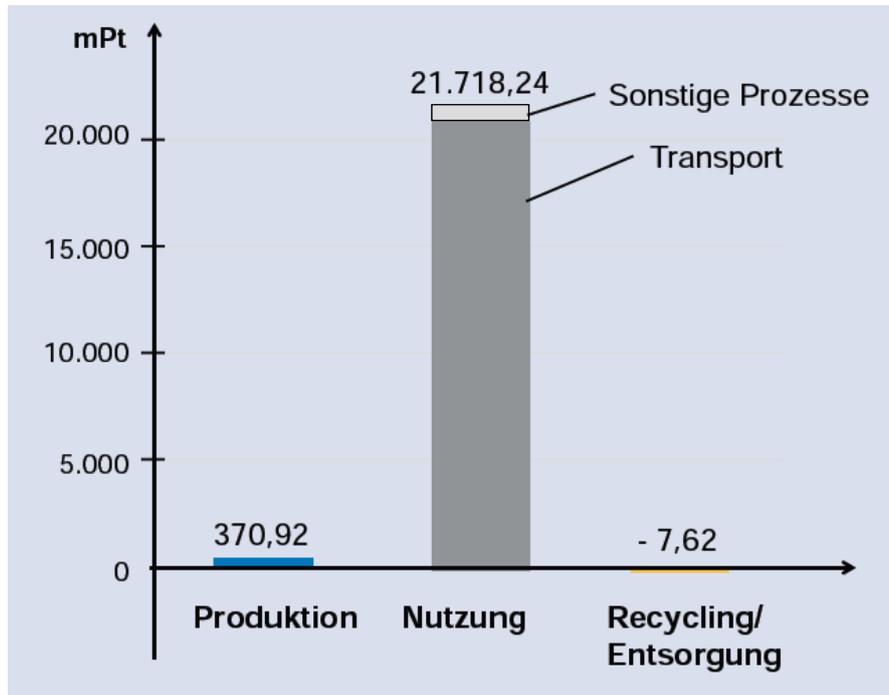


Produktion Materialien, Fertigung			
Material oder Prozess	Menge	Indicator	Ergebnis
Boden (PP)	0,0568	330,00	18,74
Boden (Spritzgießen allg.)	0,0568	21,00	1,19
...			
Summe [mPt]			370,92
Nutzung Transport, Energie und Betriebsstoffe			
Prozess	Menge	Indicator	Ergebnis
Pressen, elektr. Energie	0,973	26,00	25,30
...			
Summe [mPt]			21.718,24
Entsorgung Entsorgungsprozesse nach Materialtyp			
Material und Prozesstyp	Menge	Indicator	Ergebnis
Boden, PP-Verbrennung	0,0568	-13,00	-0,74
...			
Summe [mPt]			-7,62
<b>Gesamtsumme [mPt]</b>			<b>22.081,55</b>

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

34

## Eco-indicator-99 Aufteilung auf Produktlebensphasen



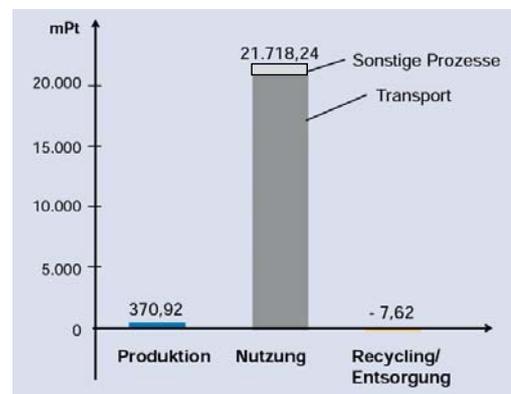
Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

35

## Ökologische Schwachstelle



- Die Nutzungsphase weist mit Abstand die höchsten Umweltbeeinträchtigungen auf.
  - Betrachtet man diese näher, so wird der **Hauptverursacher** ersichtlich: 21.199,20 von 21.718,24 mPt sind dem **Transport der Orangen von Spanien nach Deutschland** zuzuordnen.
  - Die Anzahl der zur Erfüllung der funktionellen Einheit benötigten Orangen wird durch die **Saftausbeute der Presse** bestimmt. Diese **beträgt lediglich 50 % bzw. 0,5 ml Saft/g Orange**.
  - In diesem Fall ist also die **Saftausbeute** eine **ökologische Schwachstelle**
- ⇒ *Durch Optimierung der Saftausbeute werden im gesamten Lebenslauf weniger Orangen benötigt und somit weniger Umweltbeeinträchtigungen durch Transport verursacht.*



Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

36

## Eco-indicator 99 Standardwerte-Verfahren

Der einfache Aufbau ist Grund dafür, daß das Eco-indicator 99 Standardwerte-Verfahren nur als „*Abschätzung*“ bezeichnet werden kann:

- Ist beispielsweise ein Fertigungsprozess in der Prozeßsammlung nicht verfügbar, so muss dieser durch einen ähnlichen substituiert werden.
- Durch die *begrenzte Auswahl* an Daten entsteht also in der Anwendung eine *schwer einzuschätzende Unsicherheit der Ergebnisse*.

Auch liegen dem Eco-indicator 99 Annahmen und Wertungen bezüglich der Umweltschädlichkeit von Materialien und Prozessen zugrunde:

- Diese können nicht verändert werden.
- Im Vergleich zur Ökobilanz kann also keine Interpretation auf Basis des Einsatzes verschiedener Wirkungsabschätzungsmethoden erfolgen.

⇒ *Für das schnelle und grobe Abschätzen der Umweltauswirkungen von Produkten oder Produktvarianten ist das Eco-indicator 99 Standardwerte-Verfahren jedoch sehr hilfreich.*

37

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

## ECO-indicator-Tool

### PRé Consultants bv, Amersfoort (NL)

- implementierte das von ihnen entwickelte Eco-indicator 99 Standardwerte-Verfahren im frei verfügbaren *Eco-indicator-Tool*.
- hat als Mitentwickler der schadensorientierte Bewertungsmethode ReCiPe 2009 (Nachfolger von Eco-indicator 99 und CML 2001) *im aktuellen ECO-it* mittlerweile *ReCiPe-Standardwerte* implementiert.
- Das vollaggregierte Ergebnis der *ReCiPe-Standardwerte* hat ebenfalls die Dimension *Points [Pt]* bzw. *Millipoints [mPt]*.
- Zusätzlich bietet ECO-it die Möglichkeit eine Kurzbilanzierung mit *Carbon-Footprint-Standardwerten* an.

38

Quelle: <http://www.pre-sustainability.com/eco-it>

## ECO-it screening tool

- “ECO-it comes with over 500 ReCiPe (successor of EI99 and CML) environmental impact (ReCiPe) and carbon footprint (CO2) scores for commonly used materials such as metals, plastics, paper, board and glass as well as production, transport, energy and waste treatment processes.“
- “These scores are like predefined building blocks to model the life cycle of your products.”
- <http://www.pre-sustainability.com/eco-it>

Quelle: <http://www.pre-sustainability.com/eco-it>

# Kumulierter Energieaufwand (KEA)

## Kumulierter Energieaufwand (KEA)

### Der Kumulierte Energieaufwand (KEA)

- ist die „*Gesamtheit der primärenergetisch bewerteten Energieaufwendungen*, die im Zusammenhang mit der *Herstellung*, *Nutzung* und *Beseitigung* eines ökonomischen Guts (Produkt oder Dienstleistung) entstehen bzw. diesem ursächlich zugewiesen werden können“.
- wird seit den siebziger Jahren als geeigneter Indikator zur Optimierung industrieller Systeme betrachtet.
- Methode seit 1997 in der VDI-Richtlinie 4600 beschrieben
- Überarbeitete Version:  
*VDI 4600 Kumulierter Energieaufwand (KEA) Begriffe, Berechnungsmethoden (2012)*
- *VDI 4600 - Blatt 1 Kumulierter Energieaufwand Beispiele (2012)*
- *Download unter PERINORM*

## KEA als Kennwert in Ökobilanzen

- KEA kann als wichtiger *Kennwert bei der Ökobilanz* für eine energetische Ressourceneffizienz und eine ökologische Bewertung des jeweils betrachteten Systems sein.
- Auf Basis des KEA können bei der Ökobilanz allerdings *keine Aussagen über die generelle Umwelteffizienz* von Produkten gemacht werden, *solange nicht erwiesen ist, daß KEA und Umweltbelastung in diesem Einzelfall korrelieren und der KEA somit als Stellvertreter-Indikator verwendet werden kann.*

Quelle: Frischnecht, Vortragsmanuskript Analyse und Beurteilung der Umweltverträglichkeit, Teil 2 Ökobilanzen (Life Cycle Assessment), ETH Zürich, 2013

43

## KEA als Kurzbilanzierungsmethode beim EcoDesign

- kann aber als *Kurzbilanzierungsmethode beim EcoDesign zur Grobabschätzung* herangezogen werden, da viele Umweltwirkungen mit dem KEA verbunden sind.
- *ermöglicht beim EcoDesign die energetische Beurteilung und den Vergleich von Produkten und Dienstleistungen*

Quelle: VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt [Hrsg.]: VDI 4600 – Kumulierte Energieaufwand (KEA), Beuth Verlag, Berlin 2012.

44

## KEA als Kurzbilanzierungsmethode beim EcoDesign

Man erhält durch KEA *Hinweise auf*

- die mit KEA verbundenen *Materialaufwendungen*
- die *Wahl der Werkstoffe und der Prozesstechnik* unter energetischen Gesichtspunkten
- die *energetische Bedeutung der Behandlung benutzter Güter* durch Teil-, Komponenten-, Stoffrückführung, energetische Nutzung, Entsorgung
- den *Einfluss der Nutzungsdauer* energieverbrauchender oder umwandelnder ökonomischer Güter (Produkte und Dienstleistungen) unter energetischen Gesichtspunkten
- die *mit Energieumwandlungen* bei Herstellung, Betrieb und Beseitigung *verbundenen Emissionen*
- *Energieeinsparpotenziale* in ihrem komplexen Zusammenhang zwischen Konstruktion, Herstellung, Nutzung und Entsorgung

45

Quelle: VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (Hrsg.): VDI 4600 – Kumulierte Energieaufwand (KEA), Beuth Verlag, Berlin 2012.

## Vorgehensweise beim kumulierten Energieaufwand

Die Vorgehensweise beim Ermitteln des KEA ist ähnlich wie bei der Ökobilanz:

- Festlegung Ziel
- Definition Funktionelle Einheit
- Lebenszyklusbezogene Betrachtung
- Datenbanken mit KEA-Werten sind verfügbar

46

## Definition des kumulierten Energieaufwands

Der KEA des zu untersuchenden Produktes , Produktsystems oder der Dienstleistung setzt sich zusammen aus den Teilsummen für

- die *Herstellung*  $KEA_H$  (Werkstoffherstellung und Produktion),
- die *Nutzung*  $KEA_N$  und
- die *Entsorgung*  $KEA_E$  (inkl. Recycling)

$$KEA = KEA_H + KEA_N + KEA_E$$

*KEA-Einheiten: [MJ/fE], [J/fE] oder [Wh/fE]*

*fE = funktionelle Einheit* des zu untersuchenden Produktes, des Produktsystems oder der Dienstleistung

47

Quelle: VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt [Hrsg.]: VDI 4600 – Kumulierte Energieaufwand (KEA). Beuth Verlag, Berlin 2012.

## Kumulierter Energieaufwand für die Herstellung $KEA_H$

$KEA_H$  ist die *Summe der primärenergetisch bewerteten Energieaufwendungen*

- bei der *Herstellung* sowie
- bei der *Gewinnung, Verarbeitung, Herstellung und Entsorgung der Fertigungs-, Hilfs- und Betriebsstoffe* und *Betriebsmittel* einschließlich der *Transportaufwendungen*



Quelle: www.mav-online.de

48

Quelle: VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt [Hrsg.]: VDI 4600 – Kumulierte Energieaufwand (KEA). Beuth Verlag, Berlin 2012.

## Kumulierter Energieaufwand für die Nutzung $KEA_N$

$KEA_N$  ist die *Summe der primärenergetisch bewerteten Energieaufwendungen*, die beim *Betrieb* oder der *Nutzung* auftreten

$KEA_N$  beinhaltet

- den *Betriebsenergieverbrauch*
- den *kumulierter Energieaufwand für die Herstellung und Entsorgung*
  - von *Ersatzteilen*,
  - von *Hilfs- und Betriebsstoffen*
  - von *Betriebsmitteln*, die für Betrieb und Wartung erforderlich sind.
- den *Energieaufwand für Transporte*
- Die zugrunde gelegten *Betriebs- und Nutzungsmodelle* / -zeiten sind zu dokumentieren.

49

Quelle: VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (Hrsg.): VDI 4600 – Kumulierte Energieaufwand (KEA). Beuth Verlag, Berlin 2012.

## Kumulierter Energieaufwand für die Entsorgung $KEA_E$

$KEA_E$  ist die *Summe der primärenergetisch bewerteten Energieaufwendungen*, die sich bei der *Entsorgung des Produktes* oder *Teilen* davon (dem endgültigen Ausschleusen aus dem Nutzungskreislauf) ergeben

$KEA_E$  beinhaltet

- den KEA für die *Entsorgung* und
- den KEA für die *Herstellung und Entsorgung von Hilfs- und Betriebsstoffen* sowie von *Betriebsmitteln*, die für die Entsorgung erforderlich sind.
- den *Energieaufwand für Transporte*.

Hinweis: Wird ein Sekundärrohstoff (z.B. Kunststoffabfälle) in einer neuen Prozeßkette als Energieeintrag gewertet, muß dem alten Bilanzraum eine *Energiegutschrift* zugeordnet werden

50

Quelle: VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (Hrsg.): VDI 4600 – Kumulierte Energieaufwand (KEA). Beuth Verlag, Berlin 2012.

## Beiträge zum Kumulierten Energieaufwand

Der KEA beschreibt die Summe aus

- dem *kumulierten Energieverbrauch KEV* und
- dem *kumulierten nicht energetischen Aufwand KNA*

$$KEA = KEV + KNA$$

51

Quelle: VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (Hrsg.): VDI 4600 – Kumulierte Energieaufwand (KEA). Beuth Verlag, Berlin 2012.

## Beiträge zum Kumulierten Energieaufwand

### *Kumulierter Energieverbrauch KEV*

Der *kumulierte Energieverbrauch KEV* umfaßt alle gehandelten, primär-energetisch über *Bereitstellungsnutzungsgrade* bewerteten *Endenergien EE*

#### *Endenergie EE*

- ist der nach Energieumwandlungs-, Transport und Übertragungsverlusten *übriggebliebene Teil der Primärenergie, die den Hausanschluß des Verbrauchers passiert*
- entspricht also dem *Energieinhalt aller primären und sekundären Energieträger*, die dem Verbraucher zur Verfügung stehen, *z.B. elektrischer Strom aus der Steckdose, Diesel an der Tankstelle*; Beispiele:
  - Chemische Energie von Kohle wird in Kraftwerken in elektrische Energie umgewandelt und als elektrischer Strom [kWh] bereitgestellt
  - Rohöl (Erdöl) wird in Raffinerien in Kraftstoffe, z.B. in Heizöl mit  $H_i = 42,6$  MJ/kg umgewandelt.
- Bei Umwandlung, Transport und Übertragung geht ein Teil der Energie „verloren“ bzw. wird - physikalisch korrekt - in nicht mehr weiter nutzbare Energieformen umgewandelt
- Die Summe des Bedarfs an *Endenergie EE ist demnach immer geringer als die Summe des Primärenergiebedarfs*, der auch alle Energieumwandlungs-, Transport und Übertragungsverluste enthält

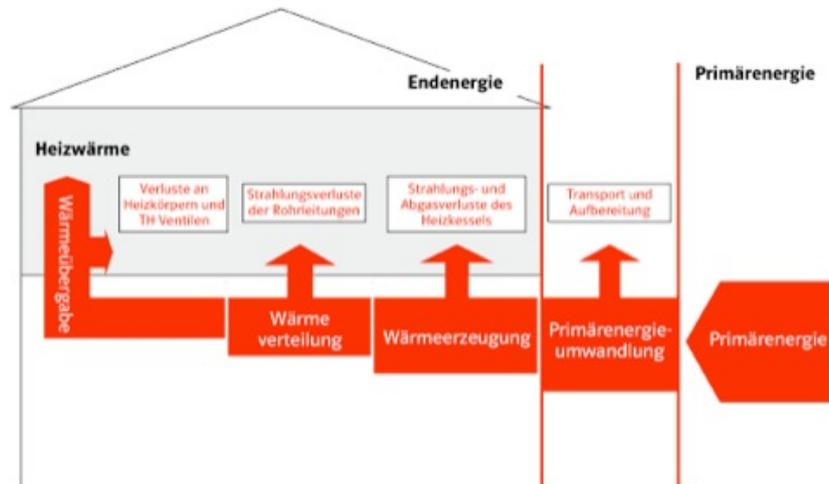
52

Quelle: VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (Hrsg.): VDI 4600 – Kumulierte Energieaufwand (KEA). Beuth Verlag, Berlin 2012.

## Umwandlung **Endenergie EE** in **Nutzenergie**

Beim Endverbraucher erfolgt die Umwandlung der **Endenergie EE** in **Nutzenergie**  
Beispiele:

- Verlustbehaftete Umwandlung der **elektrischen Energie (elektrischer Strom)** in **mechanische Energie (Nutzenergie)** zum Antrieb des Rasenmähers
- Verlustbehaftete Umwandlung der **chemischen Energie von Heizöl (Heizwert  $H_i$ )** in **Heizwärme (Nutzenergie)**



Quelle: [www.stadtwerke-erlinhausen.de](http://www.stadtwerke-erlinhausen.de)

53

## Beiträge zum Kumulierten Energieaufwand *Kumulierter nicht energetischer Aufwand KNA*

Der *kumulierte nicht energetische Aufwand KNA* ist die *Summe des primärenergetisch bewerteten Energieinhalts*

- aller *nichtenergetischen Verbräuche NEV* und
- des *stoffgebundenen Energieinhalts von Einsatzstoffen SEI*

### **Nicht energetischer Verbrauch NEV**

- Energieinhalt des stofflichen Verbrauchs an Energieträgern, die *in der nationalen Statistik als Energieträger ausgewiesen* sind, v.a. fossile Rohstoffe
- Beispiel: Erdöleinsatz für die Herstellung von Kunststoffen

### **Stoffgebundener Energieinhalt SEI**

- Energieinhalte aller anderen brennbaren Stoffe (Heizwert  $H_i$ ), die *nicht in der nationalen Statistik als Energieträger ausgewiesen* sind
- Beispiel: zu Werkstoff verarbeitete Biomasse

54

# Primärenergetische Beurteilung des Energieträgereinsatzes

## Bereitstellungsnutzungsgrad

Alle in den KEA eingehenden Energieaufwände müssen auf den Primärenergieeinsatz bezogen angegeben werden

### Bereitstellungsnutzungsgrad

- Kriterium zur Beurteilung der primärenergetischen Aufwendungen
- Vergleichbar mit *Wirkungsgrad der Prozeßkette von der Primärenergieträergewinnung bis zur Bereitstellung des Energieträgers*
- *Die Aufwendungen aus allen Stufen der Prozesskette von der Exploration bis zur Bereitstellung als Endenergie beim Verbraucher sind zu bilanzieren:*
  - *Förderung und Gewinnung der Primärenergieträger,*
  - *Transport, Aufbereitung bzw. Umwandlung,*
  - *Verteilung,*
  - *Bereitstellung als Endenergie*

55

Quelle: VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (Hrsg.): VDI 4600 – Kumulierte Energieaufwand (KEA). Beuth Verlag, Berlin 2012.

## Bereitstellungsnutzungsgrad

### Bereitstellungsnutzungsgrade von Brennstoffen $g_{Br}$

- Ist für Stoffe, die einen *Heizwert  $H_i$*  besitzen, definiert als der Quotient aus dem *Heizwert des Energieträgers an seinem Einsatzort* und dem *KEA für seine Bereitstellung*:

$$g_{Br} = H_i / KEA_{Be}$$

- Der KEA der Bereitstellung  $KEA_{Be}$  des Energieträgers beinhaltet dabei den *Energieinhalt des Energieträgers in seiner Lagerstätte* und die *Aufwendungen für seine Bereitstellung am Einsatzort*.
- Anstelle des *Heizwertes  $H_i$*  kann auch der *Brennwert  $H_s$*  zur Bewertung des Energieinhaltes herangezogen werden
- Exkurs: *Heizwert  $H_i$  (früher unterer Heizwert  $H_u$ ) = Brennwert  $H_s$  (früher oberer Heizwert  $H_o$ ) – Verdampfungsenthalpie des Wasserdampfes bei 25°C (2442 kJ/kg)*

### Bereitstellungsnutzungsgrade für elektrische Energie $g_{el}$

- ergibt sich aus dem Verhältnis der erzeugten elektrischen Energie  $W_{el}$  und dem  $KEA_{el}$  für ihre Bereitstellung:

$$g_{el} = W_{el} / KEA_{el}$$

56

Quelle: VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (Hrsg.): VDI 4600 – Kumulierte Energieaufwand (KEA). Beuth Verlag, Berlin 2012.

## Brennwert H<sub>s</sub> (oberer Heizwert H<sub>o</sub>) von Energieträgern

	Einheit	oberer Heizwert (H <sub>o</sub> ) [MJ/Einheit]
<b>nicht-erneuerbare energetische Ressourcen</b>		
- Erdölgas	Nm <sup>3</sup>	45.0
- Rohgas (Erdgas)	Nm <sup>3</sup>	40.3
- Rohöl ab Bohrloch	kg	45.8
- Rohbraunkohle vor Förderung <sup>1)</sup>	kg	9.9
- Rohfördersteinkohle vor Aufbereitung <sup>1)</sup>	kg	19.1
- Uran ab Erz (0.7 % U235) <sup>2)</sup>	kg	560'000.0
<b>erneuerbare energetische Ressourcen</b>		
- Potenzielle Energie Wasser	MJ	1.0
- Holz im Mischwald (atro)	kg	20.2

1): Wert für durchschnittliche Einsatzkohle in Kraftwerken des westeuropäischen Stromverbundes UCTE.

2): exkl. Energieinhalt des U235 im abgereicherten Uran, das wegen seiner hohen spezifischen Dichte in Bomben und zur Stabilisierung in Flugzeugen eingesetzt wird, und unter der Annahme, dass eine Wiederaufarbeitung erfolgt.

57

Quelle: Frischnecht, Vorlesungsskript Analyse und Beurteilung der Umweltverträglichkeit, Teil 2 Ökobilanzen (Life Cycle Assessment), ETH Zürich, 2013

## Berechnung des kumulierten Energieaufwands

Der **kumulierte Energieaufwand KEA** berechnet sich aus

- den **Endenergien EE<sub>l</sub>**,
- den **nicht energetischen Verbräuchen NEV<sub>j</sub>** und
- den **stoffgebundenen Energieinhalten SEI<sub>k</sub>**

mit den jeweiligen **Bereitstellungsnutzungsgraden g<sub>i</sub>**

$$KEA = \sum_{l=1} \frac{EE_l}{g_l} + \sum_{j=1} \frac{NEV_j}{g_j} + \sum_{k=1} \frac{SEI_k}{g_k}$$

58

Quelle: VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (Hrsg.): VDI 4600 – Kumulierte Energieaufwand (KEA), Beuth Verlag, Berlin 2012.

## Aufteilung des KEA nach Art der energetischen Ressource

In Abhängigkeit von der verfügbaren Datenbasis lässt sich der KEA auch nach der Art der eingesetzten Energieträger (*nicht regenerativ* oder *regenerativ*) unterteilen in

- den *Kumulierten Nichtregenerativen Aufwand KNRA* und
- den *Kumulierten Regenerativen Aufwand KRA*

$$KEA = KNRA + KRA$$

59

## Aufteilung des KEA nach Art der energetischen Ressource

Die Aufteilung nach Art der energetischen Ressource kann gegebenenfalls noch weiter spezifiziert werden:

- Aufteilung des *Kumulierten Nichtregenerativen Aufwand KNRA* in die Anteile der unterschiedlichen nichtregenerativen Energieträger wie *Kohle, Erdöl, Kernkraft*
- Aufteilung des *Kumulierten Regenerativen Aufwand KRA* in die Anteile der unterschiedlichen regenerativen Energieträger wie *Wind, Biomasse, Sonnenenergie*

Die Aufteilung hängt dabei davon ab, ob die Inanspruchnahme der energetischen Ressource insgesamt oder nur aus Sicht ihrer Erschöpfbarkeit betrachtet werden soll

- Beispiel: Der *KNRA* erlaubt z.B. *Aussagen zur Ressourceneffizienz* (Schonung nicht erneuerbarer Ressourcen).

60

## KEA-Ressourcenkategorien

Kategorie	Subkategorie	Bewertete Ressourcen	Bewertungsansatz/ Äquivalenzfaktor
Nicht-erneuerbare Ressourcen	Fossil	Kohle, Öl, etc.	Oberer Heizwert
	Nuklear	Uran	52% des Energiegehalts von natürlichem Uran (entspricht maximalen Wirkungsgrad eines effizienten Kraftwerks)
	Primärwald	Biomasse aus nicht nachhaltig bewirtschaftetem „Urwald“	Oberer Heizwert
Erneuerbare Ressourcen	Biomasse	(Nachhaltig bewirtschaftete) Biomasse	Oberer Heizwert
	Wind	Kinetische Energie im Wind	Energie auf der Welle der Windkraftanlage
	Solar	Solare Einstrahlung	Maximale „Ernte“ durch PV-Zellen bzw. Absorption Solarkollektoren
	Geothermisch	Erdwärme	Energie, die durch den Wärmetauscher an die Wärmepumpe weitergegeben wird
	Wasser	Potentielle Energie in Wasser	Auf Turbine übermittelte Rotationsenergie

⇒ Der Bedarf nicht erneuerbarer Energie *erlaubt Aussagen zur Ressourceneffizienz* 61  
(Schonung nicht erneuerbarer Ressourcen)

Quelle: Hellweg, Vorlesungsskript Ökobilanz, Institut für Umweltingenieurwissenschaften, ETH Zürich 2014

## Methoden und Daten zur Ermittlung des KEA

- Zu Bilanzierung des KEA von Produkten und Produktsystemen im Rahmen des EcoDesign eignet sich vor allem die Prozeßkettenanalyse
- Bei der Prozeßkettenanalyse wird der Produktfluß entsprechend den Herstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsvorgängen in einzelne Prozesse zergliedert und untersucht
- Bei der Analyse des Produktaufbaus ergibt sich ein Materialstammbaum, der sich in entgegengesetzter Richtung des Produktionsablaufs nach jeder Stufe in weitere Äste verzweigt

### Wo finde ich KEA-Methode und Daten?

- VDI 4600
- VDI 4600 – Blatt 1 (enthält Material und Prozeßdaten: *MJ-Äquivalente* und *CO<sub>2</sub>-Äquivalente*)
- in Ökobilanzdatenbanken, z.B. GaBi
- in GEMIS-Datenbank

## VDI-Richtlinie 4600 Kumulierter Energieaufwand

- VDI-Richtlinie 4600 Kumulierter Energieaufwand (KEA) - Begriffe, Berechnungsmethoden
- VDI 4600 Blatt 1 Kumulierter Energieaufwand – Beispiele (inkl. *KEA-Standardwerte* und *Carbon-Footprint-Standardwerten*)
- Download aus dem Hochschulnetz kostenlos
- **ReDI - Regionale Datenbank-Information Baden-Württemberg**  
<http://www-fr.redi-bw.de/db/start.php?PSID=6b4991185e9ae199cdd9658373b85bfa&database=Perinorm-Web&organization=fhfm>

=> Bitte runterladen und ausdrucken!

63

Quelle: Hellweg, Vorlesungsskript Ökobilanz, Institut für Umweltingenieurwissenschaften, ETH Zürich 2014

## GEMIS - Globales Emissions-Modell integrierter Systeme

### **GEMIS** (Globales Emissions-Modell integrierter Systeme)

- ist ein frei verfügbares Lebensweg- und Stoffstromanalyse-Modell mit integrierter Datenbank für Energie-, Stoff- und Verkehrssysteme.
- entstand in der ersten Version in 1989 und wird seit dem kontinuierlich aktualisiert und erweitert
- wird in über 30 Ländern zur Umwelt- und Kostenanalyse von Energie-, Stoff- und Verkehrssystemen verwendet

### **GEMIS Modell und Datenbasis, Version 4.9**

- Kostenloser Download: [www.iinas.org](http://www.iinas.org)
- Handbuch:  
[http://www.iinas.org/tl\\_files/iinas/downloads/2008\\_g45\\_handbuch.pdf](http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/2008_g45_handbuch.pdf)
- Berechnung einfacher Umwelteffekte (z.B. KEA) mit GEMIS  
[http://www.iinas.org/tl\\_files/iinas/downloads/g4\\_tour3\\_de.pdf](http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/g4_tour3_de.pdf)

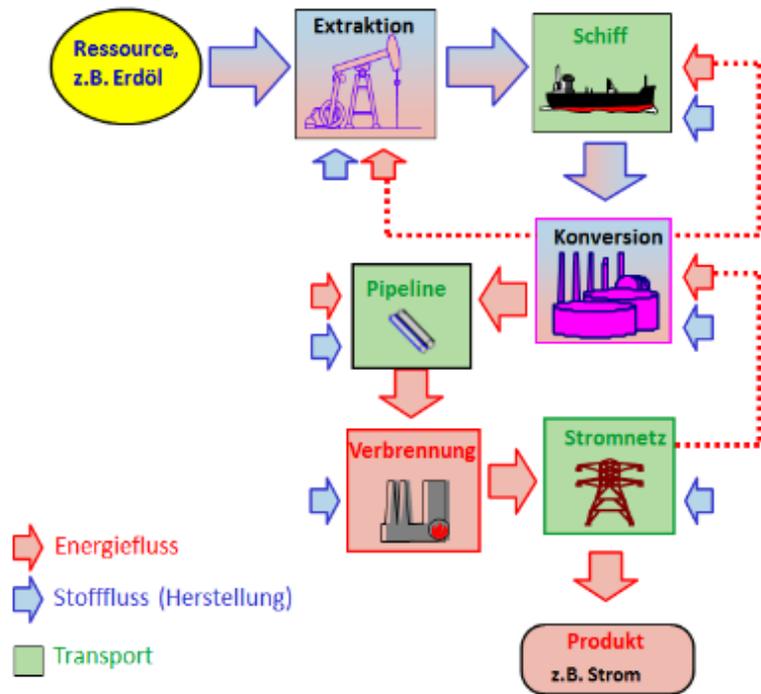
64

Quelle: [www.iinas.org](http://www.iinas.org)

# KEA-Daten in GEMIS

**GEMIS** bilanziert die Lebenswege für Energie- und Stoffströme auf Grundlage von Prozessketten, die in seiner Datenbasis abgelegt sind.

## Beispiel elektrischer Strom



# Materialintensität pro Serviceeinheit (MIPS)

## Materialintensität pro Serviceeinheit (MIPS)

Die Materialintensität pro Serviceeinheit (MIPS)

- wurde in den 90er-Jahren vom *Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie* entwickelt
- bewertet den kumulierten Ressourcenverbrauch in kg.
- zeigt das totale Gewicht aller für die Herstellung eines Produktes gebrauchten Ressourcen.
- wird als international harmonisierbares und praktikables Maß bezeichnet, mit dem Umweltbelastungsintensitäten von Gütern und Dienstleistungen zwar grob, aber richtungssicher abgeschätzt werden können.

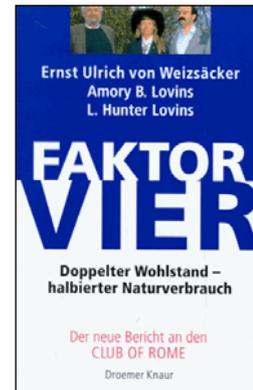
# MIPS

## Zweck

- Bewertung Ressourcenentnahme oder –gebrauch in kg

## Verwandte Begriffe:

- Ökologischer Rucksack
- Faktor 4 bzw. Faktor 10



Quelle: [www.amazon.de](http://www.amazon.de)

69

## Grundgedanke

- Materialentnahmen und -abgaben verursachen Veränderungen in den natürlichen Stoffflüssen und Kreisläufen.
- Jeder Material-Input wird früher oder später wieder zu einem Output, also zu Abfall oder Emissionen.
- Die Erfassung der Inputs ermöglicht eine grobe Abschätzung des gesamten Umweltbelastungspotenzials.

## MIPS

- ⇒ ist ein Maß für den Naturverbrauch eines Produktes oder einer Dienstleistung entlang des gesamten Lebensweges von der Wiege bis zur Wiege (Gewinnung, Produktion, Nutzung, Entsorgung/Recycling).
- ⇒ eignet sich zur Bewertung und zum Vergleich von Umwelteigenschaften von Produkten, Verfahren und Dienstleistungen.

Quelle: [http://wupperrinst.org/de/projekte/themen\\_online/mips/](http://wupperrinst.org/de/projekte/themen_online/mips/)

70

# Vorgehensweise bei MIPS

Vorgehensweise beim Ermitteln der MIPS ist ähnlich wie bei der Ökobilanz:

- Festlegung Ziel
- Definition Serviceeinheit (= Funktionelle Einheit)
- Lebenszyklusbezogene Betrachtung
- Datenbanken mit Material-Intensität-Werten (MI-Werten) online verfügbar

71

## MIPS Grundkonzept

- Alle *Inputs von Materialien bzw. Rohstoffen zur Produktion eines Produktes* oder einer Dienstleistung *in kg (oder t)*, die der Umwelt aktiv entnommen bzw. dort bewegt wurden (Erze, Gesteine, Sand, Kies, etc.), werden berücksichtigt und aufsummiert.
- Hinzu kommen *alle Materialien, die zur Entnahme von Rohstoffen oder zum Bau von Infrastrukturen bewegt werden müssen*; hierzu zählen z.B. anfallender Abraum ebenso wie abgepumptes Grundwasser oder gerodete Bäume.
- Die Erfassung umfasst auch die Bereitstellungsprozesse für Energieträger.

72

Quelle: Frischknecht, Vorlesungsskript Analyse und Beurteilung der Umweltverträglichkeit, Teil 2 Ökobilanzen (Life Cycle Assessment), ETH Zürich, 2013

# MIPS-Ressourcenkategorien

- **Abiotische Rohmaterialien**
  - mineralische Rohstoffe
  - fossile Energieträger
  - bewegte Erde (Abraum, Aushub)
- **Biotische Rohmaterialien**
  - Pflanzliche Biomasse
  - Pflanzen und Tiere aus nicht bewirtschafteten Bereichen
- **Bodenbewegungen**
  - mechanische Bodenbearbeitung
  - Erosion
- **Wasser**
  - Prozeßwasser
  - Kühlwasser
- **Luft(-Bestandteile)**
  - für Verbrennung
  - für Chemische Umwandlung



Zusammengefaßt  
als Globaler  
Materialaufwand

73

Quelle: Hellweg, Vorlesungsskript Ökobilanz, Institut für Umweltingenieurwissenschaften, ETH Zürich 2014

# MIPS-online

**MIPS-online:** [http://wupperinst.org/de/projekte/themen\\_online/mips/](http://wupperinst.org/de/projekte/themen_online/mips/)

- Downloads
- Projekte
- Publikationen

## MIPS-Methodik

- Ritthof, Rohn, Liedtke: MIPS berechnen – Ressourcenproduktivität von Produkten und Dienstleistungen, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, 2002
- Download: <http://wupperinst.org/de/publikationen/details/wi/a/s/ad/585/>

## MIT-Wertetabelle

- Materialintensität von Materialien, Energieträgern, Transportleistungen und Lebensmitteln
- Stand: 3. Februar 2014
- Download: <http://wupperinst.org/de/info/details/wi/a/s/ad/365/>

## Berechnungsbogen für die MIPS-Berechnung

- Tabellenvorlage zur Durchführung eigener Berechnungen
- Download: <http://wupperinst.org/de/info/details/wi/a/s/ad/366/>

74

# Checklisten zum Ermitteln ökologischer Schwachstellen

## EcoDesign-Checklisten

Neben Ökobilanzierung oder Kurzbilanzierungsmethoden werden häufig sogenannte *EcoDesign-Checklisten zur qualitativen Analyse von Produkten* eingesetzt

EcoDesign-Checklisten bestehen aus Fragen

- sind meist *nach Produktlebenslaufphasen gegliedert*
- sollen *helfen, kritische Materialien und Prozesse zu identifizieren*

Beispiele

- Eco-Estimator (Philips)
- EcoDesign Checkliste (Brezet, van Hemel, TU Delft, NL)

## Eco-Estimator von Philips (Auszug)

**Eco-Estimator von Philips**

**Produktlebensdauer**

Wie viele Jahre wird dieser Produkttyp genutzt?      Jahre

Vergößert einfache Reparierbarkeit die Lebensdauer? Um wieviele Jahre?      Jahre

Vergößert Aufrüstbarkeit die Lebensdauer? Um wieviele Jahre?      Jahre

Summe Produktlebensdauer Addiere 1a und 1b und 1c:      Jahre

**Energie und Material**

Wie viel Watt elektrischen Strom verbraucht das Produkt pro Stunde im normalen Betriebsmodus?      W

Wie viele Stunden wird das Produkt pro Jahr im normalen Betriebsmodus gebraucht?      h/a

Wie viele Kilowattstunden pro Jahr macht das in normalem Betrieb aus?      kw'h/a

Wie viel Watt elektrischen Strom verbraucht das Produkt pro Stunde im Stand-by-Betriebsmodus?      W

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

77

Eco-Estimator, komplett: [http://repository.lib.polyu.edu.hk/jspui/bitstream/10397/2849/2/b23213231\\_ir.pdf](http://repository.lib.polyu.edu.hk/jspui/bitstream/10397/2849/2/b23213231_ir.pdf) (Seiten 83 - 87)

## EcoDesign Checkliste (nach Brezet / van Hemel)

Bei der EcoDesign-Checkliste nach Brezet/Hemel handelt es sich um eine strukturierte Produktanalyse hinsichtlich Bedarf und Lebensphasen

- Needs Analysis
- Life cycle stage 1: Production and supply of materials and components
- Life cycle stage 2: In-house production
- Life cycle stage 3: Distribution
- Life cycle stage 4: Utilisation
- Life cycle stage 5: Recovery and disposal

Quelle: Brezet H.; van Hemel C (1997): ECODSIGN - A promising approach to sustainable production and consumption UNEP: Delft Design Guide, <http://ocw.tudelft.nl/courses/product-design/> ;

78

# EcoDesign Checkliste (nach Brezet / van Hemel)

## Needs Analysis

### How does the product system actually fulfill social needs?

- What are the product's main and auxiliary functions?
- Does the product fulfil these functions effectively and efficiently?
- What user needs does the product currently meet?
- Can the product functions be expanded or improved to fulfil users' needs better?
- Will this need change over a period of time?
- Can we anticipate this through (radical) product innovation?

79

Quelle: Brezet H, van Hemel C (1997): ECODESIGN - A promising approach to sustainable production and consumption UNEP; Delft Design Guide, <http://ocw.tudelft.nl/courses/product-design/> ;

# EcoDesign Checkliste (nach Brezet / van Hemel)

## Life cycle stage 1: Production and supply of materials and components

### What problems arise in the production and supply of materials and components?

- How much, and what types of plastic and rubber are used?
- How much, and what types of additives are used?
- How much, and what types of metals are used?
- How much, and what other types of materials (glass, ceramics, etc.) are used?
- How much, and which type of surface treatment is used?
- What is the environmental profile of the components?
- How much energy is required to transport the components and materials?

80

Quelle: Brezet H, van Hemel C (1997): ECODESIGN - A promising approach to sustainable production and consumption UNEP; Delft Design Guide, <http://ocw.tudelft.nl/courses/product-design/> ;

# EcoDesign Checkliste (nach Brezet / van Hemel)

## Life cycle stage 2: In-house production

**What problems can arise in the production process in your own company?**

- How many, and what types of production processes are used? (including connections, surface treatments, printing and labeling)
- How much, and what types of auxiliary materials are needed?
- How high is the energy consumption?
- How much waste is generated?
- How many products don't meet the required quality norms?

81

Quelle: Brezet H, van Hemel C (1997): ECODESIGN - A promising approach to sustainable production and consumption UNEP; Delft Design Guide, <http://ocw.tudelft.nl/courses/product-design/> ;

# EcoDesign Checkliste (nach Brezet / van Hemel)

## Life cycle stage 3: Distribution

**What problems can arise in the distribution of the product to the customer?**

- What kind of transport packaging, bulk packaging, and retail packaging are used (volume, weights, materials, reusability)?
- Which means of transport are used?
- Is transport efficiently organised?

82

Quelle: Brezet H, van Hemel C (1997): ECODESIGN - A promising approach to sustainable production and consumption UNEP; Delft Design Guide, <http://ocw.tudelft.nl/courses/product-design/> ;

# EcoDesign Checkliste (nach Brezet / van Hemel)

## Life cycle stage 4: Utilisation

**What problems arise when using, operating, servicing and repairing the product?**

- How much, and what type of energy is required, direct or indirect?
- How much, and what kind of consumables are needed?
- What is the technical lifetime?
- How much maintenance and repairs are needed?
- What and how much auxiliary materials and energy are required for operating, servicing and repair?
- Can the product be disassembled by a layman?
- Are those parts often requiring replacement detachable?
- What is the aesthetic lifetime of the product?

83

Quelle: Brezet H, van Hemel C (1997): ECODESIGN - A promising approach to sustainable production and consumption UNEP; Delft Design Guide, <http://ocw.tudelft.nl/courses/product-design/> ;

# EcoDesign Checkliste (nach Brezet / van Hemel)

## Life cycle stage 5: Recovery and disposal

**What problems arise in the recovery and disposal of the product?**

- How is the product currently disposed of?
- Are components or materials being reused?
- What components could be reused?
- Can the components be reassembled without damage?
- What materials are recyclable?
- Are the materials identifiable?
- Can they be detached quickly?
- Are any incompatible inks, surface treatments or stickers used?
- Are any hazardous components easily detachable?
- Do problems occur while incinerating non-reusable product parts?

84

Quelle: Brezet H, van Hemel C (1997): ECODESIGN - A promising approach to sustainable production and consumption UNEP; Delft Design Guide, <http://ocw.tudelft.nl/courses/product-design/> ;

## Verwendung von EcoDesign-Checklisten

Die Verwendung von EcoDesign-Checklisten bedeutet die

⇒ *systematische Beantwortung von Fragen*

⇒ *Keine Frage soll ausgelassen werden!*

- Nur so kann die notwendige Objektivität und Ganzheitlichkeit gewahrt werden.
- Im Anschluss müssen Aussagen über die Schädlichkeit der erkannten Materialien und Prozesse sowie Handlungsempfehlungen für die Entwicklung abgeleitet werden.

## Hinweise zur ökologischen Bewertung beim EcoDesign

# Ökologischen Bewertung beim EcoDesign

Die ökologische Bewertung beim EcoDesign erfolgt durch

- *Ökobilanzierung*
- *Kurzbilanzierungsmethoden*
- *Checklisten*
- *oder ihre Kombination, z.B.*
  - *Checkliste und Ökobilanzierung*
  - *Checkliste und Kurzbilanzierung*
  - *Kurzbilanzierung und Ökobilanzierung*
  - *Checkliste, Kurzbilanzierung und Ökobilanzierung*

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

87

## Hinweise zur ökologischen Bewertung beim EcoDesign

Eine ökologische Bewertung von Produkten sollte immer

- *alle Phasen des Lebenslaufs* sowie
- *alle zur Nutzenerfüllung benötigten Materialien und Prozesse* einschließen.

⇒ *Vermindertes Risiko*

- *falsche Entwicklungsschwerpunkte zu setzen und*
- *den Markterfolg des Produktes zu gefährden*

Quelle: Rieg et al. (Hrsg.): Handbuch Konstruktion, Hanser 2012

88

# Anwendungsfälle für eine ökologische Bewertung beim EcoDesign

## Neuentwicklung eines Produktes

- Bei der Neuentwicklung eines Produktes ist es möglich, *zu Beginn der Entwicklung ein Produkt zu analysieren*, das dem zu entwickelnden Produkt ähnelt oder zumindest den gleichen Nutzen erfüllt (z. B. Konkurrenzprodukt).

## Weiterentwicklung eines Produktes

- Bei der Weiterentwicklung eines Produktes können Checklisten, Kurzbilanzierung und Ökobilanz helfen, die *ökologischen Schwachstellen des Vorgängerproduktes zu identifizieren*.
- Die Vermeidung der gefundenen Schwachstellen wird dann als Anforderung für das neue Produkt formuliert.

## Maßnahmen bei der Lösungserarbeitung

- Nachdem die ökologischen Schwachstellen als Anforderungen in die Aufgabenstellung eingegangen sind, werden in Phase 2 des EcoDesign umweltgerechte Lösungen erarbeitet.
- In Phase 2 bietet es sich an, *Konzept- und Entwurfsvarianten* oder einzelne Materialien und Prozesse mithilfe einer Kurzbilanzierung (z.B. Eco-indicator 99, KEA, MIPS) oder einer Checkliste grob zu *bewerten*.
- So kann ohne viel Aufwand und auch schon ohne Existenz eines Prototyps eine grobe Abschätzung erfolgen. 89

## Literatur

- *Frischknecht, R.: Vorlesungsskript Analyse und Beurteilung der Umweltverträglichkeit, Teil 2 Ökobilanzen (Life Cycle Assessment), ETH Zürich, 2013*  
[http://www.eco-bau.ch/resources/uploads/Bildungsinstitutionen/130208\\_Frischknecht\\_v1%200.pdf](http://www.eco-bau.ch/resources/uploads/Bildungsinstitutionen/130208_Frischknecht_v1%200.pdf)
- *Rieg, F., Steinhilper, R. (Hrsg): Handbuch Konstruktion, Carl-Hanser-Verlag, München 2012*
- *DIN EN ISO 14040, Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006)*  
Kostenloser Download aus Hochschulnetz:  
<http://www-fr.redi-bw.de/db/start.php?PSID=6b4991185e9ae199cdd9658373b85bfa&database=Perinorm-Web&organization=fhfm>
- *DIN EN ISO 14044, Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen (ISO 14044:2006)*  
Kostenloser Download aus Hochschulnetz:  
<http://www-fr.redi-bw.de/db/start.php?PSID=6b4991185e9ae199cdd9658373b85bfa&database=Perinorm-Web&organization=fhfm>
- *PRé Consultants bv: Eco-indicator 99 Manual for Designers - A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment, Amersfoort (NL) 2000*  
[http://www.pre-sustainability.com/download/manuals/EI99\\_Manual.pdf](http://www.pre-sustainability.com/download/manuals/EI99_Manual.pdf)
- *Eco-indicator 99 - eine schadensorientierte Bewertungsmethode, Nachbereitung zum 12. Diskussionsforum Ökobilanzen vom 30. Juni 2000, ETH Zürich*  
[http://www.lcaforum.ch/Portals/0/DF\\_Archive/DF%201%20bis%2012/DF12.pdf](http://www.lcaforum.ch/Portals/0/DF_Archive/DF%201%20bis%2012/DF12.pdf)
- *Ansätze zum Vergleich von Umweltschäden, Nachbearbeitung des 9. Diskussionsforums Ökobilanzen vom 4. Dezember 1998, ETH Zürich*  
[http://www.lcaforum.ch/Portals/0/DF\\_Archive/DF%201%20bis%2012/df9.pdf](http://www.lcaforum.ch/Portals/0/DF_Archive/DF%201%20bis%2012/df9.pdf)

## Literatur

- VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt [Hrsg.]: VDI 4600 – Kumulierter Energieaufwand (KEA) Begriffe, Berechnungsmethoden. Beuth Verlag, Berlin 2012.
- VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt [Hrsg.]: VDI 4600 – Blatt 1 Kumulierter Energieaufwand Beispiele. Beuth Verlag, Berlin 2012.
- Frischknecht, R.: Vorlesungsskript Analyse und Beurteilung der Umweltverträglichkeit, Teil 2 Ökobilanzen (Life Cycle Assessment), ETH Zürich, 2013  
[http://www.eco-bau.ch/resources/uploads/Bildungsinstitutionen/130208\\_Frischknecht\\_v1%200.pdf](http://www.eco-bau.ch/resources/uploads/Bildungsinstitutionen/130208_Frischknecht_v1%200.pdf)
- GEMIS Handbuch:  
[http://www.iinas.org/tl\\_files/iinas/downloads/2008\\_g45\\_handbuch.pdf](http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/2008_g45_handbuch.pdf)
- Berechnung einfacher Umwelteffekte (z.B. KEA) mit GEMIS  
[http://www.iinas.org/tl\\_files/iinas/downloads/g4\\_tour3\\_de.pdf](http://www.iinas.org/tl_files/iinas/downloads/g4_tour3_de.pdf)
- Ritthof, Rohn, Liedtke: MIPS berechnen – Ressourcenproduktivität von Produkten und Dienstleistungen, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, 2002  
<http://wupperinst.org/de/publikationen/details/wi/a/s/ad/585/>
- MIT-Wertetabelle Materialintensität von Materialien, Energieträgern, Transportleistungen und Lebensmitteln, Stand: 3. Februar 2014  
<http://wupperinst.org/de/info/details/wi/a/s/ad/365/>
- Berechnungsbogen für die MIPS-Berechnung, Tabellenvorlage zur Durchführung eigener Berechnungen  
<http://wupperinst.org/de/info/details/wi/a/s/ad/366/>

## Literatur

- Brezet H; van Hemel C (1997): ECODESIGN - A promising approach to sustainable production and consumption, UNEP
- Delft Design Guide  
<http://ocw.tudelft.nl/courses/product-design/>
- Work on Preparatory Studies for Eco-Design Requirements of EuPs (II) Lot 17 Vacuum Cleaners TREN/D3/390-2006 Final Report; Report to European Commission, Restricted Commercial, ED 04902, Issue 1, February 2009  
[http://www.eup-network.de/fileadmin/user\\_upload/Produktgruppen/Arbeitsplan/eup\\_lot17\\_final\\_report\\_issue\\_1.pdf](http://www.eup-network.de/fileadmin/user_upload/Produktgruppen/Arbeitsplan/eup_lot17_final_report_issue_1.pdf)
- Energy using Product Netzwerk  
<http://www.eup-network.de/de/startseite/>