



# Kanzlei Dr. Bruck

INGENIEURKONSULENT FÜR TECHNISCHE PHYSIK

Prinz Eugen Strasse 66/9, 1040 Wien  
Tel.: 01/503 55 59, Fax: 01/503 55 58  
Email: bruck@ztbruck.at

## Ökobilanz Lehmziegel

(ÖSTERREICH)

Auftraggeber:

**WIENERBERGER AG**  
European Lobbying

Wienerberg City  
Wienerbergstr. 11  
1100 Wien

Auftragnehmer:

*Kanzlei Dr. Bruck  
Prinz Eugenstr. 66  
1040 Wien*

**Dezember 2004**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>2</b>
<b>2. DATENBASIS.....</b>	<b>2</b>
<b>3. TROCKNUNGSPROZESS VON LEHMZIEGELN .....</b>	<b>2</b>
<b>4. ÖKOLOGISCHE BEWERTUNGSKRITERIEN .....</b>	<b>4</b>
<b>5. HEIZWERTE.....</b>	<b>4</b>
<b>6. ENDENERGIEVERBRAUCH .....</b>	<b>5</b>
6.1.    Detailergebnisse .....	5
<b>7. KUMULIERTER ENERGIEAUFWAND UND ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG.....</b>	<b>6</b>
7.1.    Gebrannter (porosierter) Ziegel.....	6
7.2.    Lehmziegel (Variante 1: Trocknung über Gas).....	9
7.3.    Lehmziegel (Variante 2: Trocknung über Abwärmenutzung aus dem Brennprozess) .....	12
<b>8. ERGEBNIS-ÜBERBLICK.....</b>	<b>15</b>
8.1.    Endenergieverbrauch.....	15
8.2.    KEA (Kumulierter Energieaufwand) .....	15
8.3.    UBP (Umweltbelastungspunkte).....	15
8.4.    GWP (Global Warming Potential) .....	16
8.5.    Kommentar.....	16
<b>9. KURZBESCHREIBUNG DER METHODEN .....</b>	<b>17</b>
9.1.    Kumulierter Energieaufwand .....	17
9.2.    Umweltbelastungspunkte .....	17
9.3.    Global Warming Potential (IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change)...	17
9.4.    Eco-Indicator 95/99.....	17
<b>10. DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ÖKOLOGISCHEN KATEGORIEN UND BEWERTUNGSVERFAHREN.....</b>	<b>18</b>
10.1.    Kumulierter Energieaufwand .....	18
10.2.    Umweltbelastungspunkte (ökolog. Knappheit).....	19
10.3.    Global Warming Potential – Beitrag zum Treibhauseffekt.....	21
10.4.    Eco-Indicator 95/99.....	23

# 1. Aufgabenstellung

Erstellung einer Ökobilanz „Lehmziegel“ im Vergleich zu gebranntem Ziegel  
Lebensdauerphasen: Rohstoffgewinnung bis Bereitstellung zur Auslieferung ab Werk  
Variante 1: Die Trocknungswärme wird über Gasfeuerung bereitgestellt.  
Variante 2: Die Trocknungswärme ist Abwärme aus dem Brennprozess.

## 2. Datenbasis

Als Datenbasis für den gebrannten Ziegel werden die Hennersdorf-Werksdaten des Jahres 2001 herangezogen.

Für Lehmziegel wird in Variante 1 (worst case) angenommen, dass der Wärmebedarf für den Trocknungsprozess durch Erdgasverbrennung erzeugt wird; in Variante 2 (best case) wird angenommen, dass die Wärme „reine“ Abwärme aus dem Brennprozess ist. Die Wärmeverluste Trocknungskammer-Halle werden mit 10% des Trocknungswärmebedarfs in Rechnung gestellt.

Für die in der Werks-Datenbasis von 2001 nicht erhobenen Sachbilanzdaten (Transport-Dienstleistungen, Betriebs- und Hilfsstoffe) wurden entsprechend den Vorgaben des Auftraggebers Mittelwerte aus der Ökobilanz Ziegel 1996, D-A-CH-Bereich (Deutschland, Österreich, Schweiz)<sup>1</sup> herangezogen. Es wurde davon ausgegangen, dass in diesen Bereichen keine wesentlichen Änderungen im Zeitraum 1993/94 (alte Datenbasis) bis 2001 (neue Datenbasis) stattgefunden haben und diese Mittelwerte auch für das Werk Hennersdorf repräsentativ sind. Der dadurch entstandene Fehler ist mit Sicherheit klein, da der Anteil dieser „Effekte“ am Gesamtergebnis verschwindend gering ist.

Die Bewertung der atmosphärischen Emissionen erfolgte in der Ökobilanz Ziegel 1996 auf Basis von Messwerten (Staub, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, HF, CO, CO<sub>2</sub>, HCl, gesamt C, Benzol, Formaldehyd, Phenol).

In der Datenbasis 2001 sind nur geschätzte CO<sub>2</sub> Angaben enthalten. Eine sehr näherungsweise Bewertung wurde an Hand der verfügbaren Feuerungsdatensätze des Swiss Centre for Life Cycle Inventories durchgeführt; die ökologischen Auswirkungen der aus den chemischen Umwandlungen im Ziegelmaterial – z.B. Kalkreduktion – herrührenden Emissionen ist damit nicht erfasst.

## 3. Trocknungsprozess von Lehmziegeln

Anmerkung: Alle Angaben betreffend den Trocknungsprozess von Lehmziegeln stammen von Hans Tschida, Engineering - Wienerberger AG.

Der Rohling wird dem Trocknungsprozess nach der Aufbereitung in folgendem Zustand zugeführt:

---

<sup>1</sup> D-A-CH BERICHT ÖSTERREICH: ÖKOBILANZ ZIEGEL: Ökologische Bewertung von Mauerziegeln sowie ökologische und betriebswirtschaftliche Bewertung von Ziegel-Außenwandkonstruktionen  
M. Bruck, T. Zelger, S. Gasser, G. Koch, H. Brückner  
Hg. v. D-A-CH Sekretariat, Obstgartenstr. 28, Ch-8035 Zürich, 1996

Wassergehalt: 0,23kg H<sub>2</sub>O/kg Produkt mit einer Eingangstemperatur von 15°C (Winter) bis 40°C (Sommer)

Nach dem Trocknungsprozess beträgt der Wassergehalt im Mittel 0,02 kg H<sub>2</sub>O/kg Produkt und die Austrittstemperatur zwischen 60°C bis 70°C.

Der Wasserverlust beim Trocknen beträgt somit  $0,23 - 0,02 = 0,21$  kg H<sub>2</sub>O/kg Produkt  
Die spezifische Wärme des trockenen Tons (trocken) beträgt 0,963kJ/kg,K.

Der **Wärmebedarf** für die Trocknung ergibt sich daher aus der Summe der Wärmebedarfs-  
werte folgender Prozesse:

#### a) Erwärmung des Tons

je nach angenommener Temperaturdifferenz ergeben sich für diesen Prozess folgende  
Grenzwerte:

Max.:  $0,963 \text{ kJ/kg,K} * (70 \text{ K} - 15 \text{ K}) = 52,97 \text{ kJ/kg}$

Min.:  $0,963 \text{ kJ/kg,K} * (60 \text{ K} - 40 \text{ K}) = 19,26 \text{ kJ/kg}$

#### b) Erwärmung des flüssigen Wassers

je nach angenommener Temperaturdifferenz ergeben sich für diesen Prozess folgende  
Grenzwerte:

Max.:  $0,02 \text{ kg} * 4,1868 \text{ kJ/kg,K} * (70 \text{ K} - 15 \text{ K}) = 4,61 \text{ kJ}$

Min.:  $0,02 \text{ kg} * 4,1868 \text{ kJ/kg,K} * (60 \text{ K} - 40 \text{ K}) = 1,67 \text{ kJ}$

#### c) Verdampfung des Wassers

2626,9 kJ/kg Enthalpie des Wasserdampfs bei 70°C

62,94 kJ/kg Enthalpie des flüssigen Wassers bei 15°C

2609,7 kJ/kg Enthalpie des Wasserdampfs bei 60°C

167,45 kJ/kg Enthalpie des flüssigen Wassers bei 40°C

Quelle: Recknagel/Sprenger/Schramek, Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik einschließlich  
Warmwasser- und Kältetechnik 01/02 (70. Auflage, Oldenbourg Industrierlag, München, 2001)

je nach angenommener Temperaturdifferenz ergeben sich für diesen Prozess folgende  
Grenzwerte:

Max.:  $0,21 \text{ kg} * (2626,9 \text{ kJ/kg} - 62,94 \text{ kJ/kg}) = 538,43 \text{ kJ}$

Min.:  $0,21 \text{ kg} * (2609,7 \text{ kJ/kg} - 167,45 \text{ kJ/kg}) = 512,87 \text{ kJ}$

#### **In Summe ergeben sich daher folgende Wärmebedarfswerte**

Summe: Max.:  $52,97 + 4,61 + 538,43 = 596,0 \text{ kJ} = 165,56 \text{ Wh}$

Min.:  $19,26 + 1,67 + 512,87 = 533,8 \text{ kJ} = 148,28 \text{ Wh}$

Anmerkung: Aufgrund der niedrigen Temperaturen tritt kein Beitrag zur Wärmebilanz durch  
Verschmelzung von Zuschlagstoffen (wie z.B. Sägemehl,...) auf.

Für die weitere Berechnung wurde der Mittelwert (156,92 Wh/kg Produkt) herangezogen. Dieser Mittelwert wird mit 10% für die Wärmeverluste der Trocknungskammer-Halle beaufschlagt.  
 Der Gesamtwärmebedarf für die Trocknung beträgt daher im Mittel 172,61 Wh/kg Produkt.

## 4. Ökologische Bewertungskriterien

Für die ökologische Bewertung wurden auf Wunsch und in Absprache mit dem Auftraggeber folgende Bewertungskategorien herangezogen:

KEA (nicht erneuerbar: fossil, nuklear,  
 erneuerbar: Wasserkraft; Biomasse; Windkraft, Solar+Erdbwärme)  
 GWP 100a  
 UBP  
 Ecoindicator 99: Acidification+Nutrification  
 Ozone depletion  
 Respiratory effects (bodennahes Ozon)

Quelle: ecoinvent Data v1.1 (The Life Cycle Inventory Data version 1.1, June 2004 (Hg.v. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, 2004)

Eine Beschreibung der wichtigsten Bewertungskategorien und Methoden ist in den Kap. 9 (Kurzbeschreibung) und 10 (detaillierte Darstellung) enthalten.

## 5. Heizwerte

Für die Umrechnung der Brennstoffmassen bzw. beim gebrannten Ziegel der Porosierungsmittelmassen in Heizwerte wurde folgender Datensatz verwendet:

	<b>Heizwert / Einheit</b>
<b>Porosierungsmittel</b>	
Faserreststoff	1,25 kWh/kg
Sägespäne	3,49 kWh/kg
<b>Brennstoffe</b>	
Erdgas	9,5 kWh/m <sup>3</sup>

## 6. Endenergieverbrauch

### 6.1. Detailergebnisse

Im Folgenden ist der Endenergieverbrauch für die betrachteten Varianten dargestellt (alle Angaben in Wh/kg).

- Gebrannter (porosierter) Ziegel (als Vergleichsbasis)
- Lehmziegel, Variante 1: Die Trocknungswärme wird über Gasfeuerung bereitgestellt.
- Lehmziegel, Variante 2: Die Trocknungswärme ist zur Gänze Abwärme aus dem Brennprozess.

	Gebrannter Ziegel	Lehmziegel (Var. 1: Trocknung über Gas)	Lehmziegel (Var. 2: Trockn. über Abwärmenutzung)
Faserreststoff	124,05	0,00	0,00
Sägespäne	148,05	0,00	0,00
Papierfangstoff	0,00	0,00	0,00
Polystyrol (Altstoff)* <sup>1)</sup>	0,00	0,00	0,00
Polystyrol (neu)* <sup>1)</sup>	0,00	0,00	0,00
Faserschlamm	0,00	0,00	0,00
andere	0,00	0,00	0,00
<b>Summe Porosierungsmittel</b>	<b>272,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Steinkohle	0,00	0,00	0,00
Braunkohle	0,00	0,00	0,00
Braunkohlebriketts	0,00	0,00	0,00
Koks	0,00	0,00	0,00
Heizöl schwer	0,00	0,00	0,00
Heizöl mittel	0,00	0,00	0,00
Heizöl leicht	0,00	0,00	0,00
Heizöl extraleicht	0,00	0,00	0,00
Diesel (nur stationäre Anlagen)	0,00	0,00	0,00
Erdgas	370,57	172,61	0,00
Flüssiggas (= Propan)	0,00	0,00	0,00
Sonstige (Biomasse, Abfälle, etc.)	0,00	0,00	0,00
<b>Summe Brennstoffe</b>	<b>370,57</b>	<b>172,61</b>	<b>0,00</b>
Elektrische Energie (Fremdbezug)	56,88	56,88	56,88
Eigenstromerzeugung	0,00	0,00	0,00
<b>Summe: Elektr. Energie</b>	<b>56,88</b>	<b>56,88</b>	<b>56,88</b>
<b>Summe: Endenergie ohne Reststoffe</b>	<b>427,45</b>	<b>229,49</b>	<b>56,88</b>
<b>Summe: Endenergie Reststoffe</b>	<b>272,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Summe Endenergie (gesamt)</b>	<b>699,55</b>	<b>229,49</b>	<b>56,88</b>

## 7. Kumulierter Energieaufwand und ökologische Bewertung

### 7.1. Gebrannter (porosierter) Ziegel

		KEA							UBP	IPCC 2001	Ecoindicator 99		
Einheit		non-renewable energy resources, fossil	non-renewable energy resources, nuclear	renewable energy resources, water	renewable energy resources, wind, solar, geothermal	renewable energy resources, biomass	non-renewable energy resources, sum	renewable energy resources, sum	ecological scarcity 1997	GWP 100 a	Acidification & Nutrification	Ozone Layer Depletion	Respiratory Effects
		MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	UBP	kg CO <sub>2</sub> -eq.	points	points	points
<b>Porosierungsmittel (in kWh/kg Produkt)</b>													
Braunkohle	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Faserreststoff	0,12405	kWh/kg	Altstoff*)										
Sägespäne	0,14805	kWh/kg	Altstoff*)										
Papierfangstoff	0,00000	kWh/kg	Altstoff*)										
Polystyrol Altstoff	0,00000	kWh/kg	Altstoff*)										
Polystyrol neu	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Faserschlamm	0,00000	kWh/kg	Altstoff*)										
and. Porosierungsmittel: Feinstoffe	0,00000	kWh/kg	Altstoff*)										
Sonnenblumen	0,00000	kWh/kg	Altstoff*)										
<b>Brennstoffe (in kWh/kg Produkt)</b>													
Steinkohle	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Braunkohle	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Braunkohlebriketts	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Koks	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Heizöl schwer	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Heizöl mittel	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										

		KEA								UBP	IPCC 2001	Ecoindicator 99		
		Einheit	non-renewable energy resources, fossil	non-renewable energy resources, nuclear	renewable energy resources, water	renewable energy resources, wind, solar, geothermal	renewable energy resources, biomass	non-renewable energy resources, sum	renewable energy resources, sum	ecological scarcity 1997	GWP 100 a	Acidification & Nutrification	Ozone Layer Depletion	Respiratory Effects
			MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	UBP	kg CO <sub>2</sub> -eq.	points	points	points
Heizöl leicht	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet											
Heizöl extraleicht	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet											
Diesel (nur stationäre Anlagen)	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet											
Erdgas	0,37507	kWh/kg	1,63E+00	1,13E-02	3,88E-03	3,05E-04	2,33E-04	1,64E+00	4,42E-03	2,72E+01	8,63E-02	2,73E-05	3,03E-07	2,32E-04
Flüssiggas	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet											
Sonstige (Biomasse, Abfälle)	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet											

#### Strom (in kWh/kg Produkt)

Strom (Fremdbezug)	0,05688	kWh/kg	1,97E-01	6,14E-02	1,65E-01	2,41E-03	1,59E-03	2,58E-01	1,69E-01	1,30E+01	1,67E-02	1,17E-05	2,70E-08	2,64E-04
Stromproduktion (KWK)	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet											

#### Betriebs- und Hilfsstoffe (in kg/kg Produkt)

PE-Folien	0,00066	kg/kg	5,88E-02	4,82E-03	9,31E-04	2,73E-05	4,41E-04	6,36E-02	1,40E-03	2,16E+00	1,81E-03	4,34E-06	5,78E-10	5,58E-05
Stahlbänder	0,00002	kg/kg	2,85E-04	8,56E-05	2,02E-05	2,17E-06	2,19E-06	3,71E-04	2,46E-05	4,74E-02	2,10E-05	4,53E-08	3,25E-11	1,77E-06
Kunststoffbänder	0,00000	kg/kg	1,38E-04	1,13E-05	2,19E-06	6,42E-08	1,04E-06	1,50E-04	3,29E-06	5,10E-03	4,26E-06	1,02E-08	1,36E-12	1,31E-07
Motoröl	0,00001	kg/kg	7,01E-04	2,67E-05	4,13E-06	6,82E-07	6,17E-07	7,28E-04	5,43E-06	1,49E-02	8,96E-06	1,78E-08	1,60E-10	2,41E-07
Getriebe-/Hydr.öl	0,00001	kg/kg	3,86E-04	1,47E-05	2,27E-06	3,75E-07	3,40E-07	4,01E-04	2,99E-06	8,22E-03	4,93E-06	9,79E-09	8,83E-11	1,33E-07
Schmierfett	0,00000	kg/kg	2,71E-04	1,03E-05	1,60E-06	2,64E-07	2,39E-07	2,82E-04	2,10E-06	5,77E-03	3,46E-06	6,88E-09	6,20E-11	9,34E-08
Kalkgranulat	0,00022	kg/kg	8,96E-05	3,50E-05	2,83E-05	4,47E-07	1,73E-04	1,25E-04	2,02E-04	2,02E-01	-4,96E-06	2,19E-08	1,56E-11	2,41E-05
Holzpaletten	0,00044	kg/kg	2,22E-03	3,60E-04	6,05E-05	8,69E-06	8,44E-03	2,58E-03	8,51E-03	1,90E-02	-6,29E-04	4,01E-07	1,95E-10	4,79E-06
Mundstücke (verchromt)	0,00000	kg/kg	1,07E-05	3,16E-06	1,23E-06	8,06E-08	8,42E-08	1,38E-05	1,40E-06	1,78E-03	8,64E-07	1,38E-09	1,12E-12	5,83E-08



			<b>KEA</b>								<b>UBP</b>	<b>IPCC 2001</b>	<b>Ecoindicator 99</b>		
		Einheit	non-renewable energy resources, <b>fossil</b>	non-renewable energy resources, <b>nuclear</b>	renewable energy resources, <b>water</b>	renewable energy resources, <b>wind, solar, geothermal</b>	renewable energy resources, <b>biomass</b>	non-renewable energy resources, <b>sum</b>	renewable energy resources, <b>sum</b>	ecological scarcity 1997	GWP 100 a	Acidification & Nitrification	Ozone Layer Depletion	Respiratory Effects	
			MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	UBP	kg CO <sub>2</sub> -eq.	points	points	points	
Walzenmäntel	0,00002	kg/kg	9,68E-04	2,87E-04	1,12E-04	7,33E-06	7,65E-06	1,26E-03	1,27E-04	1,62E-01	7,85E-05	1,25E-07	1,02E-10	5,30E-06	
andere Stahlteile	0,00001	kg/kg	1,01E-04	3,03E-05	7,16E-06	7,70E-07	7,75E-07	1,31E-04	8,71E-06	1,68E-02	7,43E-06	1,60E-08	1,15E-11	6,25E-07	

<b>Zulieferdienste in tkm/kg Produkt</b>														
Standard LKW	0,02789	tkm/kg	9,20E-02	5,21E-03	1,39E-03	7,47E-05	8,87E-05	9,72E-02	1,55E-03	7,14E+00	5,97E-03	2,46E-05	2,60E-08	2,19E-04

			<b>MJ-eq.</b>	<b>MJ-eq.</b>	<b>MJ-eq.</b>	<b>MJ-eq.</b>	<b>MJ-eq.</b>	<b>MJ-eq.</b>	<b>MJ-eq.</b>	UBP	kg CO <sub>2</sub> -eq.	points	points	points
<b>Gesamtsumme pro kg Produkt</b>			1,98E+00	8,36E-02	1,71E-01	2,84E-03	1,10E-02	2,06E+00	1,85E-01	5,00E+01	1,10E-01	6,87E-05	3,57E-07	8,09E-04

			<b>Wh-eq.</b>	<b>Wh-eq.</b>	<b>Wh-eq.</b>	<b>Wh-eq.</b>	<b>Wh-eq.</b>	<b>Wh-eq.</b>	<b>Wh-eq.</b>	UBP	kg CO <sub>2</sub> -eq.	points	points	points	
<b>Gesamtsumme pro kg Produkt</b>			550,1	23,2	47,6	0,8	3,1	573,3	51,4	49,968	0,110	0,00006866	0,00000036	0,001	
			<b>Summe KEA: 624,7</b>												

## 7.2. Lehmziegel (Variante 1: Trocknung über Gas)

	Einheit	KEA							UBP	IPCC 2001	Ecoindicator 99		
		non-renewable energy resources, fossil	non-renewable energy resources, nuclear	renewable energy resources, water	renewable energy resources, wind, solar, geothermal	renewable energy resources, biomass	non-renewable energy resources, sum	renewable energy resources, sum	ecological scarcity 1997	GWP 100 a	Acidification & Nutrification	Ozone Layer Depletion	Respiratory Effects
		MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	UBP	kg CO <sub>2</sub> -eq.	points	points	points

### Porosierungsmittel (in kWh/kg Produkt)

Braunkohle	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Faserreststoff	0,12405	kWh/kg	Altstoff*)										
Sägespäne	0,14805	kWh/kg	Altstoff*)										
Papierfangstoff	0,00000	kWh/kg	Altstoff*)										
Polystyrol Altstoff	0,00000	kWh/kg	Altstoff*)										
Polystyrol neu	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Faserschlamm	0,00000	kWh/kg	Altstoff*)										
and. Porosierungs- mittel: Feinstoffe	0,00000	kWh/kg	Altstoff*)										
Sonnenblumen	0,00000	kWh/kg	Altstoff*)										

### Brennstoffe (in kWh/kg Produkt)

Steinkohle	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Braunkohle	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Braunkohlebriketts	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Koks	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Heizöl schwer	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Heizöl mittel	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Heizöl leicht	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										

			KEA								UBP	IPCC 2001	Ecoindicator 99	
		Einheit	non-renewable energy resources, fossil	non-renewable energy resources, nuclear	renewable energy resources, water	renewable energy resources, wind, solar, geothermal	renewable energy resources, biomass	non-renewable energy resources, sum	renewable energy resources, sum	ecological scarcity 1997	GWP 100 a	Acidification & Nutrification	Ozone Layer Depletion	Respiratory Effects
			MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	UBP	kg CO <sub>2</sub> -eq.	points	points	points
Heizöl extraleicht	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet											
Diesel (nur stationäre Anlagen)	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet											
Erdgas	0,17261	kWh/kg	7,58E-01	5,26E-03	1,81E-03	1,42E-04	1,09E-04	7,63E-01	2,06E-03	1,27E+01	4,02E-02	1,27E-05	1,41E-07	1,08E-04
Flüssiggas	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet											
Sonstige (Biomasse, Abfälle)	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet											

#### Strom (in kWh/kg Produkt)

Strom (Fremdbezug)	0,05688	kWh/kg	1,97E-01	6,14E-02	1,65E-01	2,41E-03	1,59E-03	2,58E-01	1,69E-01	1,30E+01	1,67E-02	1,17E-05	2,70E-08	2,64E-04
Stromproduktion (KWK)	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet											

#### Betriebs- und Hilfsstoffe (in kg/kg Produkt)

PE-Folien	0,00066	kg/kg	5,88E-02	4,82E-03	9,31E-04	2,73E-05	4,41E-04	6,36E-02	1,40E-03	2,16E+00	1,81E-03	4,34E-06	5,78E-10	5,58E-05
Stahlbänder	0,00002	kg/kg	2,85E-04	8,56E-05	2,02E-05	2,17E-06	2,19E-06	3,71E-04	2,46E-05	4,74E-02	2,10E-05	4,53E-08	3,25E-11	1,77E-06
Kunststoffbänder	0,00000	kg/kg	1,38E-04	1,13E-05	2,19E-06	6,42E-08	1,04E-06	1,50E-04	3,29E-06	5,10E-03	4,26E-06	1,02E-08	1,36E-12	1,31E-07
Motoröl	0,00001	kg/kg	7,01E-04	2,67E-05	4,13E-06	6,82E-07	6,17E-07	7,28E-04	5,43E-06	1,49E-02	8,96E-06	1,78E-08	1,60E-10	2,41E-07
Getriebe-/Hydr.öl	0,00001	kg/kg	3,86E-04	1,47E-05	2,27E-06	3,75E-07	3,40E-07	4,01E-04	2,99E-06	8,22E-03	4,93E-06	9,79E-09	8,83E-11	1,33E-07
Schmierfett	0,00000	kg/kg	2,71E-04	1,03E-05	1,60E-06	2,64E-07	2,39E-07	2,82E-04	2,10E-06	5,77E-03	3,46E-06	6,88E-09	6,20E-11	9,34E-08
Kalkgranulat	0,00022	kg/kg	8,96E-05	3,50E-05	2,83E-05	4,47E-07	1,73E-04	1,25E-04	2,02E-04	2,02E-01	-4,96E-06	2,19E-08	1,56E-11	2,41E-05
Holzpaletten	0,00044	kg/kg	2,22E-03	3,60E-04	6,05E-05	8,69E-06	8,44E-03	2,58E-03	8,51E-03	1,90E-02	-6,29E-04	4,01E-07	1,95E-10	4,79E-06
Mundstücke (verchromt)	0,00000	kg/kg	1,07E-05	3,16E-06	1,23E-06	8,06E-08	8,42E-08	1,38E-05	1,40E-06	1,78E-03	8,64E-07	1,38E-09	1,12E-12	5,83E-08
Walzenmäntel	0,00002	kg/kg	9,68E-04	2,87E-04	1,12E-04	7,33E-06	7,65E-06	1,26E-03	1,27E-04	1,62E-01	7,85E-05	1,25E-07	1,02E-10	5,30E-06

		KEA							UBP	IPCC 2001	Ecoindicator 99			
		Einheit	non-renewable energy resources, fossil	non-renewable energy resources, nuclear	renewable energy resources, water	renewable energy resources, wind, solar, geothermal	renewable energy resources, biomass	non-renewable energy resources, sum	renewable energy resources, sum	ecological scarcity 1997	GWP 100 a	Acidification & Nutrification	Ozone Layer Depletion	Respiratory Effects
			MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	UBP	kg CO <sub>2</sub> -eq.	points	points	points
andere Stahlteile	0,00001	kg/kg	1,01E-04	3,03E-05	7,16E-06	7,70E-07	7,75E-07	1,31E-04	8,71E-06	1,68E-02	7,43E-06	1,60E-08	1,15E-11	6,25E-07

Zulieferdienste in tkm/kg Produkt														
Standard LKW	0,02789	tkm/kg	9,20E-02	5,21E-03	1,39E-03	7,47E-05	8,87E-05	9,72E-02	1,55E-03	7,14E+00	5,97E-03	2,46E-05	2,60E-08	2,19E-04

		MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	UBP	kg CO <sub>2</sub> -eq.	points	points	points
<b>Gesamtsumme pro kg Produkt</b>		1,11E+00	7,76E-02	1,69E-01	2,68E-03	1,09E-02	1,19E+00	1,83E-01	3,54E+01	6,42E-02	5,40E-05	1,95E-07	6,85E-04	

		Wh-eq.	Wh-eq.	Wh-eq.	Wh-eq.	Wh-eq.	Wh-eq.	Wh-eq.	Wh-eq.	UBP	kg CO <sub>2</sub> -eq.	points	points	points
<b>Gesamtsumme pro kg Produkt</b>		308,6	21,6	47,0	0,7	3,0	330,1	50,8	35,430	0,064	0,00005405	0,00000020	0,000685	
		<b>Summe KEA: 380,9</b>												

### 7.3. Lehmziegel (Variante 2: Trocknung über Abwärmenutzung aus dem Brennprozess)

	Einheit	KEA							UBP	IPCC 2001	Ecoindicator 99		
		non-renewable energy resources, fossil	non-renewable energy resources, nuclear	renewable energy resources, water	renewable energy resources, wind, solar, geothermal	renewable energy resources, biomass	non-renewable energy resources, sum	renewable energy resources, sum	ecological scarcity 1997	GWP 100 a	Acidification & Nutrification	Ozone Layer Depletion	Respiratory Effects
		MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	UBP	kg CO <sub>2</sub> -eq.	points	points	points

#### Porosierungsmittel (in kWh/kg Produkt)

Braunkohle	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Faserreststoff	0,12405	kWh/kg	Altstoff*)										
Sägespäne	0,14805	kWh/kg	Altstoff*)										
Papierfangstoff	0,00000	kWh/kg	Altstoff*)										
Polystyrol Altstoff	0,00000	kWh/kg	Altstoff*)										
Polystyrol neu	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Faserschlamm	0,00000	kWh/kg	Altstoff*)										
and. Porosierungs- mittel: Feinstoffe	0,00000	kWh/kg	Altstoff*)										
Sonnenblumen	0,00000	kWh/kg	Altstoff*)										

#### Brennstoffe (in kWh/kg Produkt)

Steinkohle	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Braunkohle	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Braunkohlebriketts	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Koks	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Heizöl schwer	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Heizöl mittel	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Heizöl leicht	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										
Heizöl extraleicht	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet										

		KEA							UBP		IPCC 2001	Ecoindicator 99		
		Einheit	non-renewable energy resources, fossil	non-renewable energy resources, nuclear	renewable energy resources, water	renewable energy resources, wind, solar, geothermal	renewable energy resources, biomass	non-renewable energy resources, sum	renewable energy resources, sum	ecological scarcity 1997	GWP 100 a	Acidification & Nitrification	Ozone Layer Depletion	Respiratory Effects
			MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	UBP	kg CO <sub>2</sub> -eq.	points	points	points
Diesel (nur stationäre Anlagen)	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet											
Erdgas	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet											
Flüssiggas	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet											
Sonstige (Biomasse, Abfälle)	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet											

Strom (in kWh/kg Produkt)														
Strom (Fremdbezug)	0,05688	kWh/kg	1,97E-01	6,14E-02	1,65E-01	2,41E-03	1,59E-03	2,58E-01	1,69E-01	1,30E+01	1,67E-02	1,17E-05	2,70E-08	2,64E-04
Stromproduktion (KWK)	0,00000	kWh/kg	Nicht verwendet											

Betriebs- und Hilfsstoffe (in kg/kg Produkt)														
PE-Folien	0,00066	kg/kg	5,88E-02	4,82E-03	9,31E-04	2,73E-05	4,41E-04	6,36E-02	1,40E-03	2,16E+00	1,81E-03	4,34E-06	5,78E-10	5,58E-05
Stahlbänder	0,00002	kg/kg	2,85E-04	8,56E-05	2,02E-05	2,17E-06	2,19E-06	3,71E-04	2,46E-05	4,74E-02	2,10E-05	4,53E-08	3,25E-11	1,77E-06
Kunststoffbänder	0,00000	kg/kg	1,38E-04	1,13E-05	2,19E-06	6,42E-08	1,04E-06	1,50E-04	3,29E-06	5,10E-03	4,26E-06	1,02E-08	1,36E-12	1,31E-07
Motoröl	0,00001	kg/kg	7,01E-04	2,67E-05	4,13E-06	6,82E-07	6,17E-07	7,28E-04	5,43E-06	1,49E-02	8,96E-06	1,78E-08	1,60E-10	2,41E-07
Getriebe-/Hydr.öl	0,00001	kg/kg	3,86E-04	1,47E-05	2,27E-06	3,75E-07	3,40E-07	4,01E-04	2,99E-06	8,22E-03	4,93E-06	9,79E-09	8,83E-11	1,33E-07
Schmierfett	0,00000	kg/kg	2,71E-04	1,03E-05	1,60E-06	2,64E-07	2,39E-07	2,82E-04	2,10E-06	5,77E-03	3,46E-06	6,88E-09	6,20E-11	9,34E-08
Kalkgranulat	0,00022	kg/kg	8,96E-05	3,50E-05	2,83E-05	4,47E-07	1,73E-04	1,25E-04	2,02E-04	2,02E-01	-4,96E-06	2,19E-08	1,56E-11	2,41E-05
Holzpaletten	0,00044	kg/kg	2,22E-03	3,60E-04	6,05E-05	8,69E-06	8,44E-03	2,58E-03	8,51E-03	1,90E-02	-6,29E-04	4,01E-07	1,95E-10	4,79E-06
Mundstücke (verchromt)	0,00000	kg/kg	1,07E-05	3,16E-06	1,23E-06	8,06E-08	8,42E-08	1,38E-05	1,40E-06	1,78E-03	8,64E-07	1,38E-09	1,12E-12	5,83E-08
Walzenmäntel	0,00002	kg/kg	9,68E-04	2,87E-04	1,12E-04	7,33E-06	7,65E-06	1,26E-03	1,27E-04	1,62E-01	7,85E-05	1,25E-07	1,02E-10	5,30E-06
andere Stahlteile	0,00001	kg/kg	1,01E-04	3,03E-05	7,16E-06	7,70E-07	7,75E-07	1,31E-04	8,71E-06	1,68E-02	7,43E-06	1,60E-08	1,15E-11	6,25E-07

		<b>KEA</b>								<b>UBP</b>	<b>IPCC 2001</b>	<b>Ecoindicator 99</b>		
	Einheit	non-renewable energy resources, <b>fossil</b>	non-renewable energy resources, <b>nuclear</b>	renewable energy resources, <b>water</b>	renewable energy resources, <b>wind, solar, geothermal</b>	renewable energy resources, <b>biomass</b>	non-renewable energy resources, <b>sum</b>	renewable energy resources, <b>sum</b>	ecological scarcity 1997	GWP 100 a	Acidification & Nitrification	Ozone Layer Depletion	Respiratory Effects	
		MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	MJ-eq.	UBP	kg CO <sub>2</sub> -eq.	points	points	points	

<b>Zulieferrdienste in tkm/kg Produkt</b>														
Standard LKW	0,02789	tkm/kg	9,20E-02	5,21E-03	1,39E-03	7,47E-05	8,87E-05	9,72E-02	1,55E-03	7,14E+00	5,97E-03	2,46E-05	2,60E-08	2,19E-04

	<b>MJ-eq.</b>	<b>MJ-eq.</b>	<b>MJ-eq.</b>	<b>MJ-eq.</b>	<b>MJ-eq.</b>	<b>MJ-eq.</b>	<b>MJ-eq.</b>	<b>MJ-eq.</b>	UBP	kg CO <sub>2</sub> -eq.	points	points	points
<b>Gesamtsumme pro kg Produkt</b>	3,53E-01	7,23E-02	1,68E-01	2,53E-03	1,07E-02	4,25E-01	1,81E-01	2,28E+01	2,40E-02	4,13E-05	5,42E-08	5,76E-04	

	<b>Wh-eq.</b>	<b>Wh-eq.</b>	<b>Wh-eq.</b>	<b>Wh-eq.</b>	<b>Wh-eq.</b>	<b>Wh-eq.</b>	<b>Wh-eq.</b>	<b>Wh-eq.</b>	UBP	kg CO <sub>2</sub> -eq.	points	points	points
<b>Gesamtsumme pro kg Produkt</b>	98,0	20,1	46,5	0,7	3,0	118,1	50,2	22,753	0,024	0,00004131	0,00000005	0,001	
						<b>Summe KEA: 168,3</b>							

## 8. Ergebnis-Überblick

### 8.1. Endenergieverbrauch

Endenergieverbrauch [Wh/kg Produkt]	Gebrannter Ziegel	Lehmziegel (Var. 1: Gas)	Lehmziegel (Var. 2: Abwärme)
Endenergie (gesamt)	699,55 (100%)	229,49 (32,81%*)	56,88 (8,13%*)
Endenergie (Reststoffe)	272,10 (38,90%*)	0,00 (0%*)	0,00 (0%*)
Endenergie (ohne Reststoffe)	427,45 (61,10%*)	229,49 (32,81%*)	56,88 (8,13%*)

\* Vergleichsbasis: Endenergie gesamt gebrannter (porosierter) Ziegel (Werk Hennersdorf)

### 8.2. KEA (Kumulierter Energieaufwand)

Primärenergie [Wh/kg Produkt]	Gebrannter Ziegel	Lehmziegel (Var. 1: Gas)	Lehmziegel (Var. 2: Abwärme)
Primärenergie (gesamt)	624,7 (100%)	380,9 (60,97%**)	168,3 (26,94%**)
Primärenergie nicht erneuerbar	573,3 (91,77%**)	330,1 (52,84%**)	118,1 (18,91%**)
Primärenergie erneuerbar	51,4 (8,23%**)	50,8 (8,12%**)	50,2 (8,04%**)

\*\* Vergleichsbasis: Primärenergie gesamt - gebrannter (porosierter) Ziegel (Werk Hennersdorf)

Anmerkung: Die Altstoffe (Faserreststoff und Sägespäne) wurden als Reststoff klassifiziert und gehen in die Ökobilanzierung nicht ein.

### 8.3. UBP (Umweltbelastungspunkte)

Umweltbelastungspunkte [Punkte/kg Produkt]	Gebrannter Ziegel	Lehmziegel (Var. 1: Gas)	Lehmziegel (Var. 2: Abwärme)
	49,97	35,43	22,75



#### **8.4. GWP (Global Warming Potential)**

Global Warming Potential [g CO <sub>2</sub> -equ./kg Produkt]	<b>Gebrannter Ziegel</b>	<b>Lehmziegel (Var. 1: Gas)</b>	<b>Lehmziegel (Var. 2: Abwärme)</b>
	110	64	24

Anmerkung: Emissionen aus der Reduktion von Calcium- und Magnesiumkarbonat wurden beim gebrannten Ziegel nicht berücksichtigt.

#### **8.5. Kommentar**

In Bezug auf die angeführten ökologischen Kenngrößen liegt der Lehmziegel erwartungsgemäß wesentlich günstiger als der gebrannte Ziegel.

Der Umstand, dass die Primärenergieeinsparung gegenüber dem gebranntem Ziegel rund 39% (Var.1: Gas) bzw. rund 73% (Var.2: Abwärme), die Endenergieeinsparung aber rund 67% (Var.1: Gas) bzw. 92% (Var.2: Abwärme) betragen, ist darauf zurückzuführen, dass die Altstoffe (Sägespäne und Faserreststoffe als Porosierungsmittel) zwar in die Endenergiebilanz, nicht aber in die Primärenergieanalyse eingehen.

## **9. Kurzbeschreibung der Methoden**

Die Beschreibung der ökologischen Bewertungsmethoden folgt in weiten Zügen der Publikation: Seebacher/Oehme/Suschek-Berger/Windsperger/Steinlechner, PUIS – Produktbezogene Umweltinformationssysteme in österreichischen Unternehmen: Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie Fabrik der Zukunft (Berichte aus Energie- und Umweltforschung 16/2003, Hg.v. bmvit, Graz/St. Pölten, Mai 2003).

### ***9.1. Kumulierter Energieaufwand***

Abkürzung: KEA. Ist die Summe aller primärenergetisch bewerteten Leistungen entlang des gesamten Lebensweges eines Produkts oder einer Dienstleistung (siehe auch VDI 4600).

### ***9.2. Umweltbelastungspunkte***

Abkürzung UBP. Auch Ökopunkte, Ökofaktoren oder Methode der ökolog. Knappheit genannt. Das in der Schweiz entwickelte Modell betrachtet das Verhältnis zwischen den gegenwärtigen Umweltbelastungen (aktuellen Flüssen) und den als kritisch erachteten Belastungen (kritischen Flüssen). Die Emissionen verschiedener Substanzen in die Luft, Wasser und Boden sowie für den Verbrauch von Energie-Ressourcen werden dabei zu Umweltbelastungspunkten (UBP) zusammengefasst.

### ***9.3. Global Warming Potential (IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change)***

Abkürzung GWP. Beschreibt den Beitrag eines Spurengases zum Treibhauseffekt, jedoch nicht als Absolutgröße, sondern relativ zu CO<sub>2</sub>.

### ***9.4. Eco-Indicator 95/99***

Wurde in den Niederlanden von PRe Consultants entwickelt. Schadstoffemissionen werden Wirkungskategorien (nach ISO 14040 ff) zugewiesen und mittels Division durch das durchschnittliche europäische Gesamtwirkungspotenzial normiert. Die Umwelteffekte werden sog. Schadenskategorien (Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, Qualität des Ökosystems, fossile und mineralische Ressourcen) zugeordnet.

## **10. Detaillierte Beschreibung der ökologischen Kategorien und Bewertungsverfahren**

### ***10.1. Kumulierter Energieaufwand***

Abkürzung: KEA. Ist die Summe aller primärenergetisch bewerteten Leistungen entlang des gesamten Lebensweges

#### ***Beschreibung***

Der KEA wurde Anfang der 80er Jahre entwickelt und zählt zu den ältesten und im deutschen Sprachraum verbreitetsten Indikatoren. Es handelt sich um eine eindimensionale Bewertungsmethode (d.h. Belastungen werden nur in einer Dimension betrachtet, beim KEA ist dies der Energieeinsatz, darüber hinaus gibt es Methoden, die z.B. nur den Materialeinsatz bewerten oder den Flächenverbrauch).

Das Ziel der Bewertung ist es, den Energieaufwand zur Erzeugung eines Produktes (bzw. einer Dienstleistung) über die gesamte Vorkette aufzuzeichnen und zusammenzufassen. Dabei werden die einzelnen Energieaufwendungen kumuliert, egal woher sie stammen. In den neuesten Datenbanken werden bereits Daten erhoben, die den Anteil verschiedener Energieformen (erneuerbar, fossil, atomar, etc.) enthalten. Auf dieser Basis können noch differenziertere Aussagen getroffen werden. Der KEA soll als einfacher Vergleich (Benchmarking) für konkurrierende Produkte herangezogen werden können.

#### ***Wertgrundlage und Basisdefinitionen***

Der KEA geht davon aus, dass der Energieeinsatz (und implizit die damit einhergehenden Emissionen) heute der wichtigste Umwelteinfluss ist. Im klassischen KEA werden alle Energiearten gleich behandelt. Das kann bei Produktionssystemen mit unterschiedlicher Energiebasis (z.B. erneuerbar - fossil) zu befremdenden Aussagen führen.

Als Basiseinheit wird die Energie verwendet, die das Produkt in der gesamten Vorkette inklusive der Nutzung benötigt. Es liegt wegen der fehlenden Technologiebetrachtung eine nur geringe Abhängigkeit von den Rahmenbedingungen des Wirtschaftssystems und den verwendeten Techniken vor. Eine Integration des Vorsorge- und Vorsichtsprinzips ist nicht gegeben.

#### ***Anwendungsbereiche und Eignung***

Der KEA wird seit langem auf ein sehr breites Feld von Prozessen und Aktivitäten (Produkte) angewendet. Dieses Feld enthält z.B. Chemikalien, Baustoffe, Dämmstoffe, Dünger, Müll, Agrarprodukte und natürlich die verschiedensten Energiesysteme.

Der KEA ist ein mittlerweile bekannter Indikator, der auch deshalb häufig verwendet wird, weil es viele Vergleichswerte gibt. Überall dort, wo Energie eine zentrale Rolle spielt, ist der KEA das geeignete Maß. „Blinde Flecken“ des KEA sind natürlich Flächenbedarf und Emissionen. KEA und Emissionen sind im GEMIS Modell des UBA Berlin vereint, was als Erweiterung gesehen werden kann. Sind die verwendeten Daten der speziellen Energiesysteme (atomar, fossil, Wasser- und Windkraft, etc.) nachvollziehbar dokumentiert, so hat man eine bessere Entscheidungsgrundlage als mit dem klassischen KEA.

#### ***Kommunikationseigenschaften***

Der KEA ist eine gut kommunizierbare, öffentlichkeitswirksame Maßzahl mit pädagogischem Mehrwert, die das Bewusstsein für den Energiebedarf schärft.

### ***Literatur, Links***

Bansal, K. et al. (1998). Material and Energy demand for selected Renewable Energy Resources. INI 305-96, im Auftrag des Internationalen Büros des BMBF  
Siehe auch: [www.oeko.de/service/kea/](http://www.oeko.de/service/kea/)

VDI 4600 – Blatt 1 (Juni 1998): Kumulierter Energieaufwand, Beispiele

## ***10.2. Umweltbelastungspunkte (ökolog. Knappheit)***

Abkürzung UBP. Auch Ökopunkte, Ökofaktoren oder Methode der ökolog. Knappheit genannt. Das in der Schweiz entwickelte Modell betrachtet das Verhältnis zwischen den gegenwärtigen Umweltbelastungen (aktuellen Flüssen) und den als kritisch erachteten Belastungen (kritischen Flüssen). Die Emissionen verschiedener Substanzen in die Luft, Wasser und Boden sowie für den Verbrauch von Energie-Ressourcen werden dabei zu Umweltbelastungspunkten (UBP) zusammengefasst.

### **Kürzel, Synonyme**

UBP, Stoffflussmethode, Methode der kritischen Flüsse, Ökopunkte, Ökofaktoren, Ecological Scarcity

### **Beschreibung**

Diese Bewertungsmethode wurde in den 80er Jahren in der Schweiz entwickelt. Das Modell betrachtet das Verhältnis zwischen den gegenwärtigen Umweltbelastungen (aktuellen Flüssen) und den als kritisch erachteten Belastungen (kritischen Flüssen). Die Emissionen verschiedener Substanzen in Luft, Wasser und Boden sowie für den Verbrauch von Energie-Ressourcen werden dabei zu Umweltbelastungspunkten (UBP) zusammengefasst.

In Analogie dazu entsprechen die kritischen Luft- oder Wasservolumina jenen Mengen an Umweltmedium, denen die ausgetragene Stoffmenge noch zuträglich ist. Ebenfalls ein dazu vergleichbarer Ansatz ist das Konzept der so genannten geogenen Flüsse, das sind die natürlich gegebenen Flüsse innerhalb einer Region, welche den anthropogenen Flüssen gegenübergestellt werden. Es verzichtet dabei auf eine Bewertung im Sinne einer Subsummierung der Wirkungen, die durch verschiedene Stoffe verursacht werden, sondern sucht nach stoffspezifischen Handlungsprioritäten.

### **Wertgrundlage und Basisdimension**

Der Ansatz geht davon aus, dass die „Umwelt“ in einer Region nicht unbegrenzt ist und stellt letztlich dem regional vorhandenen „Verdünnungspotenzial“ die realen Stoffflüsse gegenüber.

Der gegenwärtige Fluss  $F$  (oder Belastung) geteilt durch den kritischen Fluss ( $F_k$ ), welcher die maximale Belastungsgrenze des Ökosystems darstellt, ergibt die Ökologische Knappheit

dieser Belastung. Mit Hilfe eines dimensionslosen Faktors berechnet sich der Öko-Faktor für einen Schadstoff. Die Umweltbelastungspunkte (UBP) ergeben sich aus dem Öko-Faktor multipliziert mit der Emissionsmenge. Werden für alle Emissionen Öko-Faktoren bestimmt, kann leicht eine Gesamt-Aggregation durch Addieren der UBP der verschiedenen Stoffe durchgeführt werden.

Die Festlegung der kritischen Flüsse ist der Kernpunkt dieser Methode. Meist kommen in der Praxis umweltpolitische Vorgaben zur Anwendung, demzufolge sind die kritischen Flüsse nur selten wissenschaftlich begründet, sie sollten aber Grundsätze des Vorsorgeprinzips beinhalten. In die Beurteilung gehen gesellschaftliche Wertevorstellungen insofern ein, als die Berechnung der kritischen Flüsse über Grenzwerte usw. erfolgt. Nachteile können sich dort ergeben, wo natürliche Vorgänge völlig anders verlaufen als es der lineare Ökofaktor berücksichtigt.

### **Anwendungsbereiche und Eignung**

Sind die kritischen Flüsse der bedeutendsten Schadstoffe bekannt, ist diese Methode recht einfach durchzuführen. Daher hat sie breite Anwendung in Unternehmen erfahren, vor allem auch als Auswertemethode für Ergebnisse von Sachbilanzen.

### **Kommunikationseigenschaften**

Die Methode der ökologischen Knappheit stellt eine der Möglichkeiten dar, die Bewertung transparent und nachvollziehbar nach einem einheitlichen Prinzip vorzunehmen.

### **Literatur, Links**

Braunschweig A., Müller-Wenk R. (1993) Ökobilanzen für Betriebe, Verlag Paul Haupt, Bern

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL, Schweiz) (Hrsg.) (1998) Bewertung in Ökobilanzen mit der Methode der ökologischen Knappheit (Schriftenreihe Umwelt Nr.297: Ökobilanzen). Bern: BUWAL

Lutz U., Nehls-Sahabandu M. (2001): Integriertes Produktmanagement, Teil Betriebliche Ökobilanzen Symposium Verlag

Staber W., Hofer M. (1999): Stoffstrommanagement nach IPPC, Grazer Umweltamt

Staber W., Hofer M. (1999): Bewertung von Umweltauswirkungen im Rahmen der EMAS, der 14001 und der IPPC: Ökopunkte Österreich (Schriftenreihe des Instituts für Entsorgungs- und Deponietechnik, Montanuniversität Leoben, Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Ökobilanzen in Unternehmen, Anpassung der ÖBU-Methode auf österreichische Verhältnisse, Schriftenreihe des BMUJF Band 23, 1999

## UBP'05: Aktualisierung der Umweltbelastungspunkte für Ökobilanzen

Zur Gewichtung von Ökobilanz-Daten verwenden viele Firmen die "Umweltbelastungspunkte" (UBP). Die gegenwärtig benutzten UBPs stammen aus dem Jahr 1997 (Bewertung in Ökobilanzen mit der Methode der ökologischen Knappheit, Ökofaktoren 1997, Schriftenreihe Umwelt Nr. 297 des BUWAL).

Die Methode verwendet zur Gewichtung die Verhältnisse von Zielwerten der Umweltpolitik und dem aktuellen Niveau an Umwelteinwirkungen. Aus diesem Grund ist jetzt eine erneute Aktualisierung der Methode notwendig.

Die UBPs werden in den nächsten Monaten aktualisiert, so dass im Verlaufe des Jahres 2004/5 neue "UBP'05" vorliegen werden. In einer Projektgruppe werden VertreterInnen von Firmen und dem BUWAL die einzelnen Schritte bis hin zu den Vorschlägen für die neuen Ökofaktoren kritisch diskutieren. Nähere Infos: <http://www.oebu.ch/de/artikel.php?id=11>

### 10.3. Global Warming Potential – Beitrag zum Treibhauseffekt

Der Treibhauseffekt wird im Wesentlichen durch die Anreicherung von CO<sub>2</sub>-Kristallen und H<sub>2</sub>O-Molekülen in der oberen Schicht der Atmosphäre und die dadurch verbesserte „Wärmedämmung“ der Erde verursacht. Je besser die Erde zum Weltraum hin gedämmt ist, desto höher ist die (mittlere) Temperatur der (bodennahen) Lufthülle.

Für einige häufig vorkommende Substanzen (Methan, Distickstoffoxid, die technisch wichtigsten FCKWs und einige persistente CKWs), die zur Erhöhung des Treibhauseffekts beitragen, wurden Parameter in der Form des **GWP (Global Warming Potential)** entwickelt. Mit Hilfe dieses Parameters kann der direkte Einfluss auf den Treibhauseffekt zu einer Wirkungskennzahl zusammengefasst werden.

Das GWP (Global Warming Potential) beschreibt den Beitrag eines Spurengases zum Treibhauseffekt, jedoch nicht als Absolutgröße, sondern relativ zu CO<sub>2</sub>, der Substanz, die einerseits einen großen Beitrag zum lebenswichtigen, natürlichen Treibhauseffekt, jedoch auch - aus fossiler Verbrennung im Industriezeitalter vermehrt freigesetzt - einen signifikanten Beitrag zum anthropogenen Treibhauseffekt leistet. Vereinfacht gesagt, wird jeder in Frage kommende Stoff auf Äquivalenzmengen (kg) CO<sub>2</sub> umgerechnet; der zur Anwendung gebrachte Faktor, mit dem die emittierten Schadstoffmengen multipliziert werden, ist somit das auf CO<sub>2</sub> normierte GWP.

Das GWP<sub>i</sub> eines Gases i wird, auf Basis der diskutierten Parameter, wie folgt berechnet:

$$\text{GWP}_i[-] = \frac{\int_0^T a_i \cdot c_i(t) \cdot dt}{\int_0^T a_{\text{CO}_2} \cdot c_{\text{CO}_2}(t) \cdot dt}$$

$a_i$  Wärmestrahlungsabsorption pro Einheitskonzentrationsanstieg eines Treibhausgases i

$c_i(t)$  Konzentration eines Treibhausgases i zur Zeit des Austritts

T Anzahl der Jahre, über die integriert wurde

Nachstehend sind von ausgewählten Stoffen die entsprechenden Erwärmungspotenziale  $GWP_i$  - bezogen auf einen Zeithorizont von 100 Jahren aufgelistet. Die Tabelle zeigt auch die Unterschiede in der Bewertung der Treibhausgase durch das IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) in seinen Veröffentlichungen 1996 und 2001:

<b>Comparison of 100-Year GWP Estimates from the IPCC's Second (1996) and Third (2001) Assessment Reports</b>		
<b>Gas</b>	<b>1996 IPCC<sup>a</sup> GWP</b>	<b>2001 IPCC<sup>b</sup> GWP</b>
Carbon Dioxide	1	1
Methane	21	23
Nitrous Oxide	310	296
HFC-23	11,700	12,000
HFC-125	2,800	3,400
HFC-134a	1,300	1,300
HFC-143a	3,800	4,300
HFC-152a	140	120
HFC-227ea	2,900	3,500
HFC-236fa	6,300	9,400
Perfluoromethane (CF <sub>4</sub> )	6,500	5,700
Perfluoroethane (C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> )	9,200	11,900
Sulfur Hexafluoride (SF <sub>6</sub> )	23,900	22,200

<sup>a</sup> IPCC, *Climate Change 1995: The Science of Climate Change* (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1996)

<sup>b</sup> IPCC, *Climate Change 1995: The Scientific Basis* (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001)

Die Berechnung des Treibhauseffektes eines Gases  $i$  (in Äquivalenten kg CO<sub>2</sub>) mittels der  $GWP_i$ -Faktoren wird wie folgt durchgeführt ( $m_i$  : emittierte Menge des Gases  $i$ ):

$$\text{Treibhauseffekt [kg CO}_2\text{-equiv.]} = GWP_i \text{ [kg CO}_2\text{-equiv./ kg}_{\text{Gas}}] \cdot m_i \text{ [kg}_{\text{Gas}}]$$

#### **10.4. Eco-Indicator 95/99**

Die Bewertungsgrundlage des Eco-Indicator 99 basiert auf Schadenshäufigkeiten (Damage Oriented Impact Assessment)

Die Methode wurde mit dem Ecoindicator 95 erstmals 1995 dem Fachpublikum vorgestellt. Sie ist heute mit der Methode der ökologischen Knappheit (Umweltbelastungspunkte) eine der wenigen "Life Cycle Assessment"-Methoden, die ein vollaggregiertes Resultat liefern; d.h. die Methode beinhaltet einen letzten, über alle Umwelteinwirkungen gelegten Bewertungsschritt.. Die Methodenentwicklung ist ein Kernanliegen des BUWAL (CH).

Im Ecoindicator 95+ wurden 10 Wirkungskategorien, wie beispielsweise Treibhauseffekt, Ozonabbau oder Versauerung betrachtet. Alle Umwelteinflüsse, welche durch die verschiedenen zur Herstellung eines bestimmten Produkts notwendigen Aktivitäten hervorgerufen werden, müssen den einzelnen Wirkungskategorien zugeordnet werden. Anschließend werden sie in eine vergleichbare Größe gebracht, indem sie entsprechend ihrem Schadenspotenzial mit einem Faktor multipliziert werden. Damit können für die einzelnen Kategorien die Einwirkungen aufsummiert werden. Eine hohe Punktezahl einer Kategorie bedeutet dabei eine starke Beeinträchtigung der Umwelt.

In einem letzten Schritt kann abgeschätzt werden, wie groß die Summe der Einflüsse der einzelnen Wirkungskategorien ist. Dazu werden die Einwirkungen in einem letzten Schritt gewichtet nach ihrem Einfluss auf Mortalität, Schädigung der Gesundheit und Beeinträchtigung der Ökosysteme. Dieser Schritt lässt subjektive Wertungen zu und ist wegen teilweise kaum exakt quantifizierbaren Annahmen mit den größten Unsicherheiten belastet. Die totalen Ökoindikator-Punkte illustrieren daher vor allem in einer Vergleichsstudie die relativen Stärken und Schwächen eines Verfahrens, dürfen jedoch als Absolutwerte nur unter größter Vorsicht mit Totalwerten von anderen Studien in Bezug gebracht werden.

#### **Wertgrundlage und Basisdimension – Unterschiede Ecoindicator 95 - 99**

Die Wertgrundlage des Ecoindicator 99 basiert auf Schadenshäufigkeiten (Damage Oriented Impact Assessment) anstelle des bisherigen „Distance-to-target" Konzepts (Ecoindicator 95). Ausgehend von der Sachbilanz erfolgt die CML-analoge Zusammenfassung der Belastungen in Wirkungsbereichen (Exposure and Effect Analysis), welche anschließend Schadenskategorien zugeordnet werden. Die Zusammenführung innerhalb dieser Schadenskategorien „Gesundheit", „Ökosystemqualität" und „Ressourcen" erfolgt schadensorientiert (Damage Analysis). Nunmehr wurden auch Wirkungskategorien für ionisierende Strahlung, Karzinogene, Landverbrauch, fossile und mineralische Ressourcen und globale Erwärmung eingeführt.

Die letztliche Aggregation der Schadenskategorien erfolgt auf Grund der Ergebnisse eines ExpertInnen-Panels, bei dem „Gesundheit" und „Ökosystemqualität" gleiche Gewichtung erhielten, während „Ressourcen" etwa als halb so bedeutend eingeschätzt wurde.

Basisdimension der Bewertung sind so genannte Ökopunkte, welche auf Schadenshäufigkeiten beruhen. Durch die Betrachtung der Schadenshäufigkeiten und die Einbeziehung der Werthaltungen ist das Vorsorgeprinzip enthalten. Bei der Methode werden grundsätzlich drei Modelle verwendet.

- Technosphärenmodell bei der Sachbilanz
- Ecosphärenmodell mit Schadenshäufigkeiten beim Impact Assessment



- ein Wertungsmodell für die Aggregation der Schadenskategorien

Das Ergebnis (Damage Score) kann sowohl für die drei Kategorien einzeln angegeben als auch aggregiert werden.

### **Anwendungsbereiche und Eignung**

Die Methode wurde mit dem Ecoindicator 95 erstmals dem Fachpublikum vorgestellt. Sie ist heute ebenso wie die Methode der ökologischen Knappheit eine der wenigen „Life Cycle Assessment“ Methoden, die ein vollaggregiertes Resultat liefern; d.h. die Methode beinhaltet die gesamte Aggregation der Ergebnisse über alle Umwelteinwirkungen.

### **Kommunikationseigenschaften**

Da die Wahl zwischen dem Totalaggregat und Einzelwerten für die drei Schadenskategorien besteht, ist das Ergebnis flexibel wählbar. Die Basiseinheit ist im Grunde anschaulich, durch seine Komplexität in seiner Aussage allerdings nicht wirklich verständlich.

### **Literatur, Links**

Eco-indicator 99: Methodology report, PRe Consultants (Download: [www.pre.nl](http://www.pre.nl) )

Goedkoop M. (1995): The Eco-Indicator 95. Amersfoort, NL

ECO-it, PRe Consultants, NL

SIMAPRO; PRe Consultants, NL, <http://www.pre.nl>