



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative  
des ETH-Bereichs  
und Schweizerischer  
Bundesämter

**ETH**

**EPFL**

**FSE**

**EMPA**

**EAWAG**

**FAL**

20. Diskussionsforum Ökobilanzen, 19. September 2003  
ETH Zürich / Session „Kunststoffe / Chemikalien“

# Kunststoffe

Roland Hischier

Eidgenössische Materialprüfungs- und -forschungsanstalt (EMPA)  
Abteilung „Nachhaltige Informationstechnologie“, St. Gallen

roland.hischier@empa.ch



Schweizer Zentrum  
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative  
des ETH-Bereichs  
und Schweizerischer  
Bundesämter

**ETH**

**EPFL**

**FSE**

**EMPA**

**EAWAG**

**FAL**

# Inhalt



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



Was ist abgedeckt ?

---

Woher stammen die Informationen ?

---

Beispiele

---

Fazit & Ausblick

Folie 3

Präsentation Roland Hischier

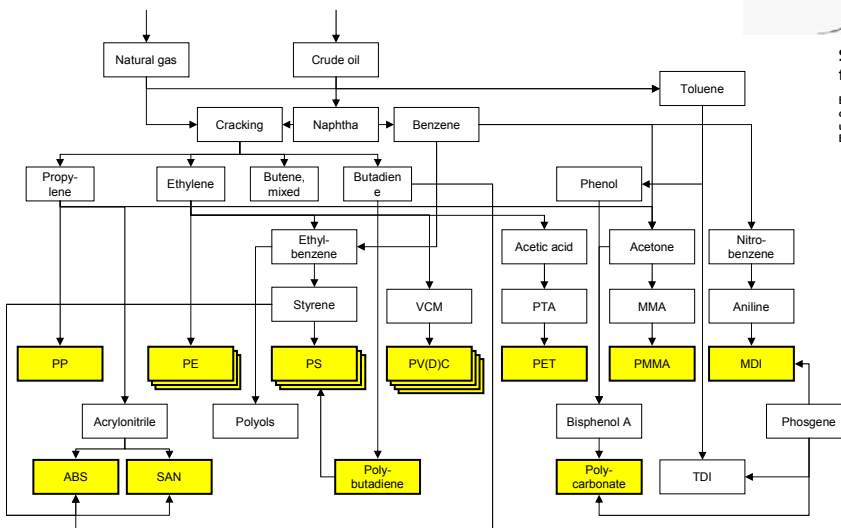


# Das System Kunststoffe



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



Folie 4

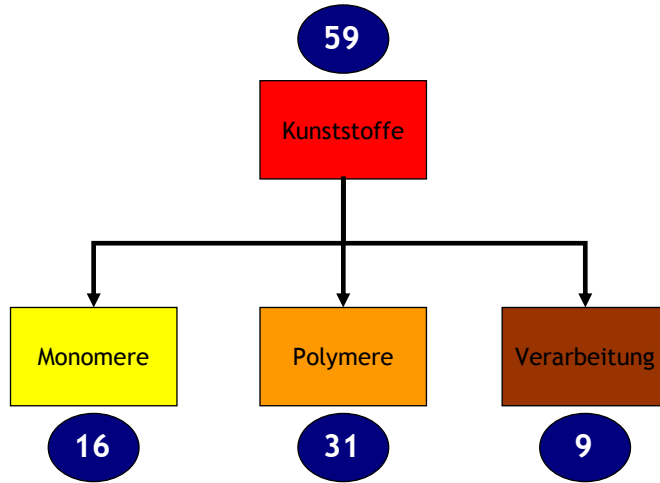
Präsentation Roland Hischier



# Was für Datensätze sind vorhanden



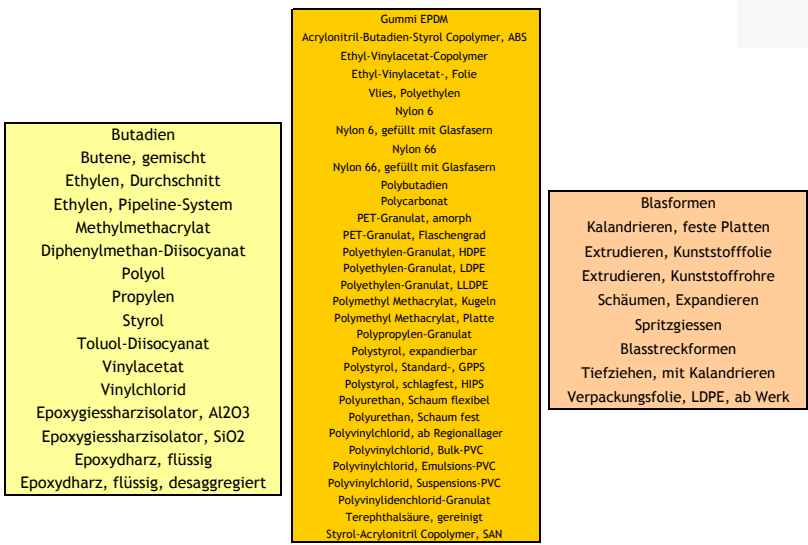
Schweizer Zentrum für Ökoinventare  
Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



# Was für Datensätze sind vorhanden



Schweizer Zentrum für Ökoinventare  
Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



# Benutzte Datenquellen



	Kennzeichen	Vorteile	Nachteile
APME (ohne PET - report)	Ökopprofile der Europäischen Kunststoff-Industrie - erhoben und berechnet durch unabhängigen Consultant	europäische Verhältnisse; Abdeckungsgrad der Daten i.allg. zwischen gut und sehr gut (unterschiedlich je nach Datensatz)	nur kumulierte Daten (!) Alter der Daten (Mehrzahl der Daten noch von 1. Hälfte der 90er Jahre !)
APME's PET - report	Ökopprofile der Europäischen Kunststoff-Industrie - erhoben und berechnet durch unabhängigen Consultant	europäische Verhältnisse; Abdeckung: 10 europ. Werke; Bezugsjahr 1999/2000	Energieverbrauch unspezifisch angegeben; Infrastruktur & Transporte fehlend
Ullmann's	"Standard"-Nachschlagewerk für technische Prozesse der chemischen Industrie	frei zugänglich; Prozesse & Verfahren ausführlich beschrieben	Zahlenwerte meist nicht vorhanden

Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



# Beispiele



- Ethylene, average, at plant (RER)**

Beispiel eines Prozesses, basierend auf den kumulierten Daten der Europäischen Kunststoff-Industrie (APME)

-> *Stellvertretend für alle „Boustead-Prozesse“ (sowohl bei den Kunststoffen, wie auch den Chemikalien !)*
- PET, amorphous, at plant (RER)**

Beispiel eines Prozesses, basierend auf Einheitsprozess-Daten der Europäischen Kunststoff-Industrie (APME)

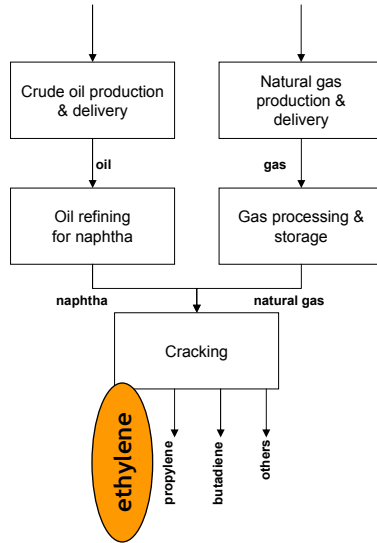
-> *Beispiel eines Einheitsprozesses*

Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



# Ethylene, average, at plant (RER)



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



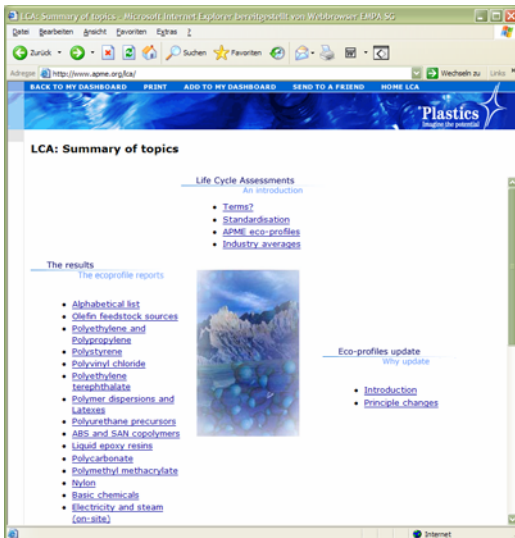
Folie 9

Präsentation Roland Hischier



# Annahmen / Grundlagen

1.)



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



Folie 10

Präsentation Roland Hischier



# Annahmen / Grundlagen

## 2.) Assumptions & Proceeding for integration (Hischier 2004)

	A	B	C
1	Boustead	Ecoinvent database	Remarks / Calculation procedure
2	1 mg Crude oil	10 <sup>6</sup> kg Oil, crude, in ground	-
3	1 mg Gas / condensate	1.25 * 10 <sup>6</sup> Nm <sup>3</sup> Gas, natural, in ground	Based on a density of 0.0008 kg/L for natural gas, as described in Frischknecht et al. 2003
4	1 mg Coal	10 <sup>6</sup> kg Coal, hard, unspecified, in ground	-
5	1 mg Metallurgical coal	10 <sup>6</sup> kg Coal, hard, unspecified, in ground	Metallurgical coal = coking coal and pulverized coal consumed in making steel (Definition US-EIA)
6	1 mg Lignite	10 <sup>6</sup> kg Coal, brown, in ground	-
7	1 mg Peat	10 <sup>6</sup> kg Peat, in ground	-
8	1 mg Wood	1.52 * 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> Wood, unspecified, standing	Based on the density of 658 kg/m <sup>3</sup> for logs (CH, unspecified, 1a dried), as described in Frischknecht et al. 2003
9	1 mg Biomass	2.37 * 10 <sup>6</sup> MJ Energy, gross calorific value, in biomass	Based on the heating value (H <sub>2</sub> = 23.7 MJ/kg) from agricultural bio gas, as described in Frischknecht et al. 2003
10	1 MJ Hydro	1 MJ Energy, potential, stock, in barrage water	As the efficiency of 80% for electricity production from water is already included into the amount in Boustead (Boustead 1999: S2), the respective amount can be transferred directly to Ecoinvent
11	1 MJ Nuclear	2.75 * 10 <sup>6</sup> kg Uranium, 30% in oxides, 70% in crude ore, in ground	In Boustead, an efficiency of 35% for electricity production is already included. In Frischknecht et al. 1996, it is calculated that 1 T <sub>th</sub> of a UCTE-Nuclear Power Plant needs 7.85 kg uranium. Due to the fact that both mentioned sources represent the situation around 1995, these values are used for the calculation of the conversion factor.

Folie 11

Präsentation Roland Hischier



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



# Eingabedaten - Teil 1: Inputs

	Name	Location	Unit	ethylene, average, at plant RER
input	Aluminium, 24% in bauxite, 11% in crude ore, in ground		kg	1.33E-04
	Anhydrite, in ground		kg	6.83E-06
	Barite, 15% in crude ore, in ground		kg	5.59E-08
	Calcite, in ground		kg	1.39E-03
	Chromium, 25.5 in chromite, 11.6% in crude ore, in ground		kg	8.23E-11
	Clay, bentonite, in ground		kg	6.85E-05
	Clay, unspecified, in ground		kg	1.59E-05
	Coal, brown, in ground		kg	7.05E-04
	Coal, hard, unspecified, in ground		kg	1.79E-02
	Dolomite, in ground		kg	2.85E-06
	Zinc 9%, Lead 5%, in sulfide, in ground		kg	7.16E-08
	Uranium, in ground		kg	8.42E-07
	Sylvite, 25 % in sylvinite, in ground		kg	2.64E-06
	Sulfur, in ground		kg	7.06E-05
	Sodium chloride, in ground		kg	9.81E-04
	Shale, in ground		kg	1.93E-05
	Sand, unspecified, in ground		kg	6.93E-05
	Rutile, in ground		kg	9.30E-28
	Phosphorus, 18% in apatite, 12% in crude ore, in ground		kg	5.11E-08
	Olive, in ground		kg	2.15E-06
	Oil, crude, in ground		kg	7.50E-01
	Nickel, 1.98% in silicates, 1.04% in crude ore, in ground		kg	1.89E-11
Manganese, 35.7% in sedimentary deposit, 14.2% in crude ore, in ground		kg	2.26E-07	
Iron, 46% in ore, 25% in crude ore, in ground		kg	3.14E-04	
Gravel, in ground		kg	8.47E-07	
Granite, in ground		kg	4.19E-09	
Gas, natural, in ground		Nm <sup>3</sup>	7.98E-01	
Fluorspar, 92%, in ground		kg	3.03E-07	
Feldspar, in ground		kg	1.12E-33	
resource, biotic	Peat, in ground		kg	3.52E-05
	Wood, unspecified, standing		m <sup>3</sup>	1.77E-09
resource, in water	Energy, gross calorific value, in biomass		MJ	7.83E-03
	Water, cooling, unspecified natural origin		m <sup>3</sup>	6.16E-02
	Water, river		m <sup>3</sup>	3.70E-06
	Water, salt, ocean		m <sup>3</sup>	2.49E-04
	Water, unspecified natural origin		m <sup>3</sup>	1.60E-03
waste service	Water, well, in ground		m <sup>3</sup>	1.59E-06
	Energy, potential, stock, in barrage water		MJ	1.90E-01
	disposal, facilities, chemical production	RER	kg	4.14E-05
	disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to municipal incineration	CH	kg	9.46E-04
	disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration	CH	kg	1.06E-05
	disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration	CH	kg	1.16E-08
	disposal, hard coal mining waste tailings, in surface backfill	GLO	kg	5.25E-03
	disposal, average incineration residue, 0% water, to residual material landfill	CH	kg	1.17E-03
disposal, hazardous waste, 0% water, to underground deposit	DE	kg	7.86E-04	

Folie 12

Präsentation Roland Hischier



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



# Eingabedaten - Teil 2: Outputs

Name	Location	Unit	ethylene, average, at plant
Location	Unit	RER	RER
<b>Product</b>			
ethylene, average, at plant		RER	kg
Acetylene, unspecified		kg	1.02E+00
Ammonia		kg	1.04E+09
Carbon dioxide, biogenic		kg	7.09E+10
Carbon dioxide, fossil		kg	1.77E+04
Carbon dioxide, fossil		kg	1.16E+00
Carbon disulfide		kg	1.98E+10
Carbon monoxide, biogenic		kg	1.58E+07
Carbon monoxide, fossil		kg	8.84E+04
Chlorine		kg	1.42E+07
Carbide		kg	3.18E+03
Dinitrogen monoxide		kg	1.18E+07
Ethane, 1,2-dichloro-		kg	5.18E+14
Ethene, chloro-		kg	2.74E+14
Fluorine		kg	8.57E+11
Halogenated hydrocarbons, chlorinated		kg	2.54E+09
Heat, waste		MJ	1.93E+01
Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, cyclic		kg	5.03E+04
Hydrocarbons, aromatic		kg	1.32E+05
Hydrogen		kg	2.92E+05
Hydrogen chloride		kg	9.28E+09
Hydrogen fluoride		kg	2.87E+07
Hydrogen sulfide		kg	5.20E+06
Lead		kg	7.52E+11
Mercury		kg	1.91E+07
Methane, biogenic		kg	6.22E+07
Methane, fossil		kg	4.27E+03
Nitrogen oxides		kg	6.35E+03
NM/OC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin		kg	1.66E+03
Particulates, < 2.5 um		kg	1.70E+04
Particulates, > 2.5 um		kg	2.17E+04
Particulates, > 2.5 um, and < 10um		kg	2.92E+04
Sulfur		kg	3.95E+13
Sulfur dioxide		kg	5.16E+03
<b>On-site</b>			
Acety, unspecified		kg	4.94E+09
Aluminum		kg	4.62E+07
Ammonium ion		kg	3.96E+06
Arsenic, ion		kg	1.78E+10
BOD5, Biological Oxygen Demand		kg	2.94E+06
Calcium, ion		kg	8.28E+07
Calciumite		kg	6.95E+05
Chloride		kg	1.54E+04
Chlorinated solvents, unspecified		kg	5.14E+10
Chlorine		kg	9.74E+10
Chromium VI		kg	5.18E+11
COD, Chemical Oxygen Demand		kg	1.22E+04
Copper, ion		kg	2.58E+08
Carbide		kg	5.83E+08
Ethane, 1,2-dichloro-		kg	8.28E+17
Ethene, chloro-		kg	1.21E+30
Fluoride		kg	3.27E+09
Hydrocarbons, unspecified		kg	9.18E+05
Iron, ion		kg	8.44E+08
Lead		kg	4.08E+09
Magnesium		kg	1.74E+08
Mercury		kg	1.13E+08
Nickel, ion		kg	2.21E+08
Nitrate		kg	1.21E+08
Nitrogen		kg	2.20E+06
Oil, unspecified		kg	1.16E+04
Phenol		kg	1.69E+06
Phosphorus		kg	1.65E+07
Potassium, ion		kg	7.81E+08
Sodium, ion		kg	1.47E+04
Solvent solids		kg	7.76E+04
Sulfate		kg	1.05E+04
Sulfide		kg	7.66E+07
Suspended solids, unspecified		kg	1.93E+04
Zinc, ion		kg	7.30E+09



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter

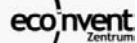


Folie 13

Präsentation Roland Hischier

# Kumulierte Daten (Inventar)

Name	Location	Unit	Infrastructure	ethylene, average, at plant	ethylene, pipeline system, at plant	propylene, at plant	styrene, at plant	vinyl chloride, at plant
Unit	Unit	Unit	Unit	RER	RER	RER	RER	RER
kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
<b>LCIA results</b>								
cumulative energy demand	non-renewable energy resources, fossil	MJ-Eq		6.7E+1	7.0E+1	6.8E+1	8.7E+1	4.3E+1
cumulative energy demand	non-renewable energy resources, nuclear	MJ-Eq		4.7E-1	3.0E-1	4.6E-1	1.2E+0	7.5E+0
cumulative energy demand	renewable energy resources, water	MJ-Eq		1.9E-1	2.3E-2	1.1E-1	7.3E-2	9.7E-1
cumulative energy demand	renewable energy resources, wind, solar, geothermal	MJ-Eq		7.9E-6	6.4E-6	8.2E-6	1.2E-5	5.5E-5
cumulative energy demand	renewable energy resources, biomass	MJ-Eq		8.2E-3	3.1E-3	7.9E-3	1.7E-2	1.9E-1
<b>LCI results</b>								
resource	Land occupation	total	m2a	1.1E-4	5.6E-5	1.1E-4	9.8E-5	4.9E-4
air	Carbon dioxide, fossil	total	kg	1.2E+0	1.2E+0	1.2E+0	2.4E+0	1.5E+0
air	NM/OC	total	kg	1.7E-3	1.5E-3	2.5E-3	2.0E-3	6.9E-3
air	Nitrogen oxides	total	kg	6.4E-3	5.9E-3	9.2E-3	6.9E-3	2.0E-2
air	Sulphur dioxide	total	kg	5.2E-3	4.7E-3	7.5E-3	6.8E-3	7.5E-3
air	Particulates, < 2.5 um	total	kg	1.7E-4	1.7E-4	1.7E-4	2.8E-4	6.3E-4
water	BOD	total	kg	8.4E-5	7.7E-5	8.5E-5	1.7E-4	7.2E-4
soil	Cadmium	total	kg	3.9E-13	2.9E-13	3.3E-13	5.5E-13	2.6E-12



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



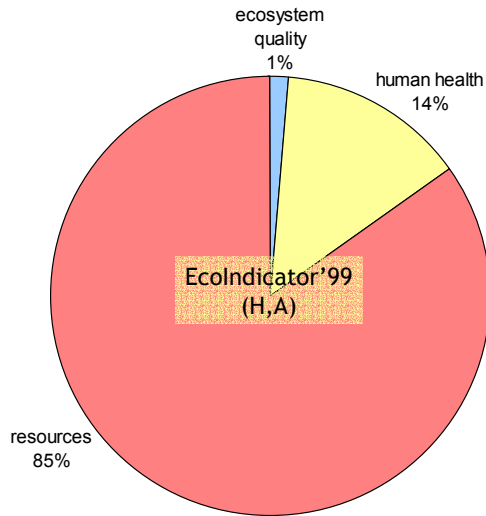
Zum Vergleich, die Eingabedaten :

Air emission	amount
Carbon dioxide, fossil	kg 1.16E+00
Nitrogen oxides	kg 6.35E-03
Sulfur dioxide	kg 5.16E-03
Particulates, < 2.5 um	kg 1.70E-04

Folie 14

Präsentation Roland Hischier

# Kumulierte Daten (bewertet)

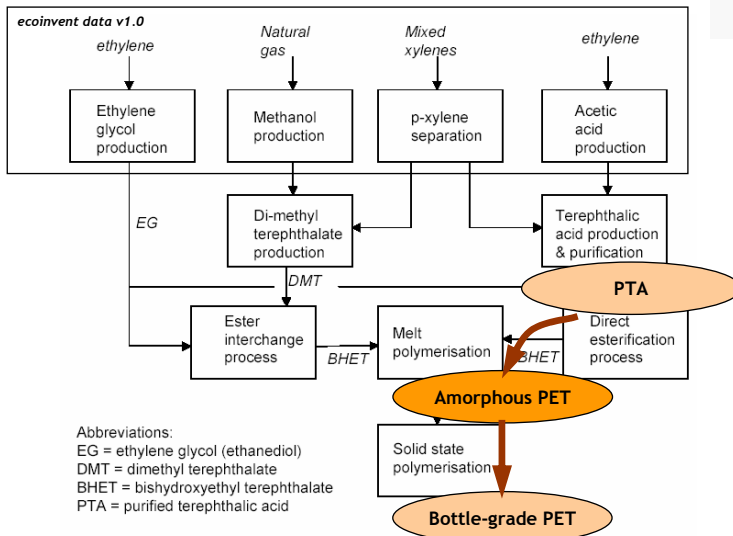


Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



# PET, amorphous, at plant (RER)



Abbreviations:  
 EG = ethylene glycol (ethanediol)  
 DMT = dimethyl terephthalate  
 BHET = bishydroxyethyl terephthalate  
 PTA = purified terephthalic acid



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter





# Annahmen / Grundlagen

## 1. Daten aus APME-Bericht

Dito (4.)

INPUTS		per kg PET	OUTPUTS		per kg PET
<b>Materials</b>			<b>amorphous PET</b>		
PTA	g	874.59	Emission to air	g	1000
ethylene glycol	g	334.28	dust	mg	1
compressed air	m3	2.53	organics	mg	90
nitrogen	g	29.78	<b>Emission to water</b>		
<b>Energy</b>			COD	mg	1018
thermal fuels		1.63 MJ	BOD	mg	160
Electricity		0.07 MJ	suspended solids	mg	1
<b>water</b>			organics	mg	439
process water	g	163	hydrocarbons	mg	60
cooling water	g	6400	<b>Waste</b>		
<b>Chemical plant</b>			waste plastics	g	2.31
Transport, lorry		4e-10 unit	hazardous chemicals	g	0.09
....		0.124 tkm	inert chemicals	g	0.4
			incinerated waste	g	0.88

## 2. Annahmen:

- Fuel-Mix gemäss kumulierte Daten
- Strommix = UCTE-Mix

## 3. Zusätzliche Daten:

- Transporte: Standard-Distanzen gem QR
- Infrastruktur: chemische Fabrik

4. „Übersetzung“ gem. Standard-Liste für Boustead-Daten (Hischer 2004)

Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



# Eingabedaten PET (amorphous)

	Name	Location	Unit	polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at plant	
	Location InfrastructureProcess			RER 0 kg	
Input	resource, in water	Water, cooling, unspecified natural origin		m3	6.40E-03
	materials	purified terephthalic acid, at plant	RER	kg	8.75E-01
		nitrogen, liquid, at plant	RER	kg	2.98E-02
		ethylene glycol, at plant	RER	kg	3.34E-01
	energy	electricity, medium voltage, production UCTE, at grid	UCTE	kWh	1.94E-01
		heat, natural gas, at industrial furnace >100kW	RER	MJ	6.66E-01
		heat, at hard coal industrial furnace 1-10MW	RER	MJ	3.06E-01
		heat, heavy fuel oil, at industrial furnace 1MW	RER	MJ	4.94E-01
		heat, light fuel oil, at industrial furnace 1MW	RER	MJ	1.65E-01
	transports & infrastructure	steam, for chemical processes, at plant	RER	kg	9.40E-01
transport, lorry 32t		RER	tkm	1.24E-01	
transport, freight, rail		RER	tkm	7.43E-01	
waste services	chemical plant, organics	RER	unit	4.00E-10	
	disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to municipal incineration	CH	kg	8.80E-04	
	disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration	CH	kg	2.31E-03	
	disposal, average incineration residue, 0% water, to residual material landfill	CH	kg	4.00E-04	
Output	disposal, hazardous waste, 0% water, to underground deposit	DE	kg	9.00E-05	
	Product	polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at plant	RER	kg	1.00E+00
	emission to air, high population density	Heat, waste		MJ	7.00E-01
		NM/VO, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin		kg	9.00E-05
		Particulates, < 2.5 um		kg	2.50E-07
		Particulates, > 10 um		kg	3.20E-07
	emission to water, river	Particulates, > 2.5 um, and < 10um		kg	4.30E-07
		BOD5, Biological Oxygen Demand		kg	1.60E-04
		COD, Chemical Oxygen Demand		kg	1.02E-03
		Hydrocarbons, unspecified		kg	4.99E-04
Suspended solids, unspecified			kg	1.00E-06	
DOC, Dissolved Organic Carbon			kg	2.62E-04	
TOC, Total Organic Carbon		kg	2.62E-04		

Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



# Kumulierte Daten (Inventar)



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter

Name	Location	Unit	purified terephthalic acid, at plant	polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at plant	polyethylene terephthalate, granulate, bottle grade, at plant	
	Infrastructure		RER kg 0	RER kg 0	RER kg 0	
<b>LCIA results</b>						
cumulative energy demand	non-renewable energy resources, fossil	MJ-Eq	5.7E+1	7.4E+1	7.6E+1	
cumulative energy demand	non-renewable energy resources, nuclear	MJ-Eq	3.4E+0	6.1E+0	7.2E+0	
cumulative energy demand	renewable energy resources, water	MJ-Eq	5.0E-1	9.6E-1	1.1E+0	
cumulative energy demand	renewable energy resources, wind, solar, geothermal	MJ-Eq	8.1E-2	1.5E-1	1.8E-1	
cumulative energy demand	renewable energy resources, biomass	MJ-Eq	7.3E-2	1.5E-1	1.8E-1	
<b>LCI results</b>						
resource	Land occupation	total	m2a	1.6E-2	3.2E-2	4.1E-2
air	Carbon dioxide, fossil	total	kg	1.5E+0	2.3E+0	2.4E+0
air	NMVOG	total	kg	2.9E-3	3.4E-3	3.4E-3
air	Nitrogen oxides	total	kg	4.4E-3	6.4E-3	6.9E-3
air	Sulphur dioxide	total	kg	4.3E-3	6.7E-3	7.3E-3
air	Particulates, < 2.5 um	total	kg	2.9E-4	4.9E-4	5.5E-4
water	BOD	total	kg	2.6E-3	3.9E-3	4.5E-3
soil	Cadmium	total	kg	7.1E-10	1.7E-9	2.2E-9

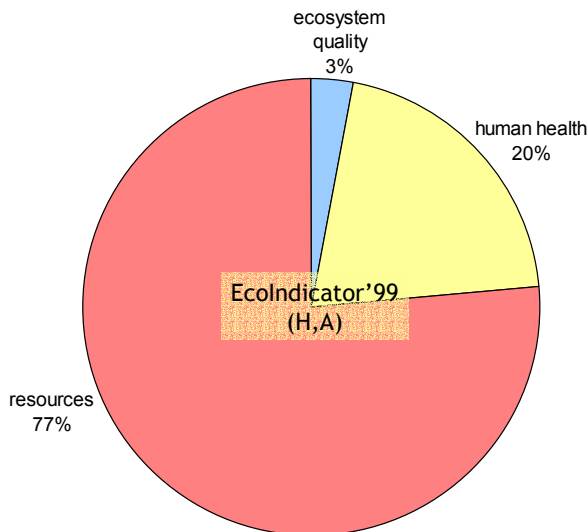


# Kumulierte Daten (bewertet)



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

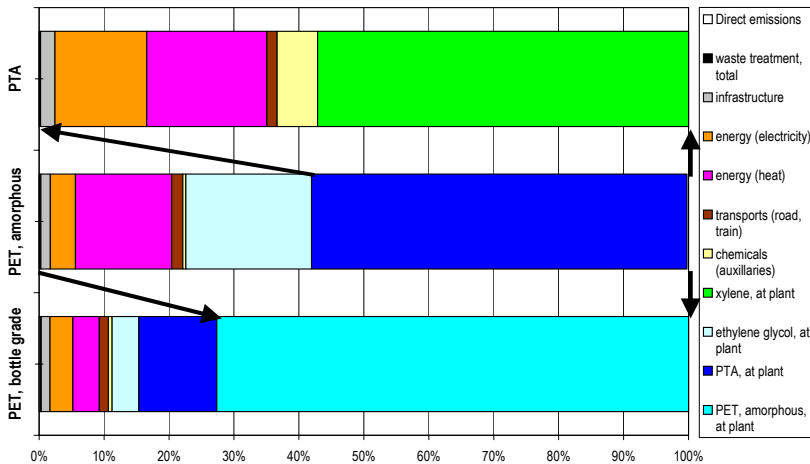
Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



# Kumulierte Daten (bewertet) / II



PET - expressed as kg CO<sub>2</sub>-Äq./kg (according to IPCC 100a definition)



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



# Fazit



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



- Eine **grosse Anzahl** von verschiedenen Kunststoffen sind in ecoinvent data v1.0 vorhanden
- **Vielzahl der Daten** sind **NICHT als Einheitsprozess** vorhanden - es existiert nur ein kumulierter Datensatz der Substanz (aus Erhebungen des Industrieverbandes)
  - Daten sind nicht harmonisierbar mit übrigen Daten (z.B. Strommix bereits eingerechnet / keine Infrastruktur berücksichtigt / ...)
  - Analyse bezüglich Anteilen an Resltaten von einzelnen Bereichen wie Energie / Transport / Vorläufersubstanzen etc. nicht möglich
- APME zeigt selber, dass **anders möglich** (Bsp. PET !)

