

20. Diskussionsforum Ökobilanzen, 19. September 2003  
ETH Zürich / Session „Energieträger, erneuerbar“



Schweizer Zentrum  
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative  
des ETH-Bereichs  
und Schweizerischer  
Bundesämter



# Holzenergie

Christian Bauer

Paul Scherrer Institut, Villigen, [www.psi.ch/gabe](http://www.psi.ch/gabe)

[christian.bauer@psi.ch](mailto:christian.bauer@psi.ch)

Folie 1

Präsentation: Christian Bauer



## Übersicht

- Heizungen / Wärme-Kraft-Kopplung
  - Bilanzierte Systeme
  - Systemgrenzen der gesamten Kette
  - Schlüsselfaktoren der Modellierung
  - Ausgewählte Resultate
- Neuerungen im Vergleich zu ÖVE3 (1996)
  - Detaillierte Bilanzierung der Holzgewinnungskette (EMPA)
  - Schnitzelheizungen 1000 kW
  - Pelletsfeuerungen
  - Durchgehend separate Bilanzierung von Weich-, Hartholz und Holzmix
  - Bilanzierung von WKK-Anlagen



Schweizer Zentrum  
für Ökoinventare

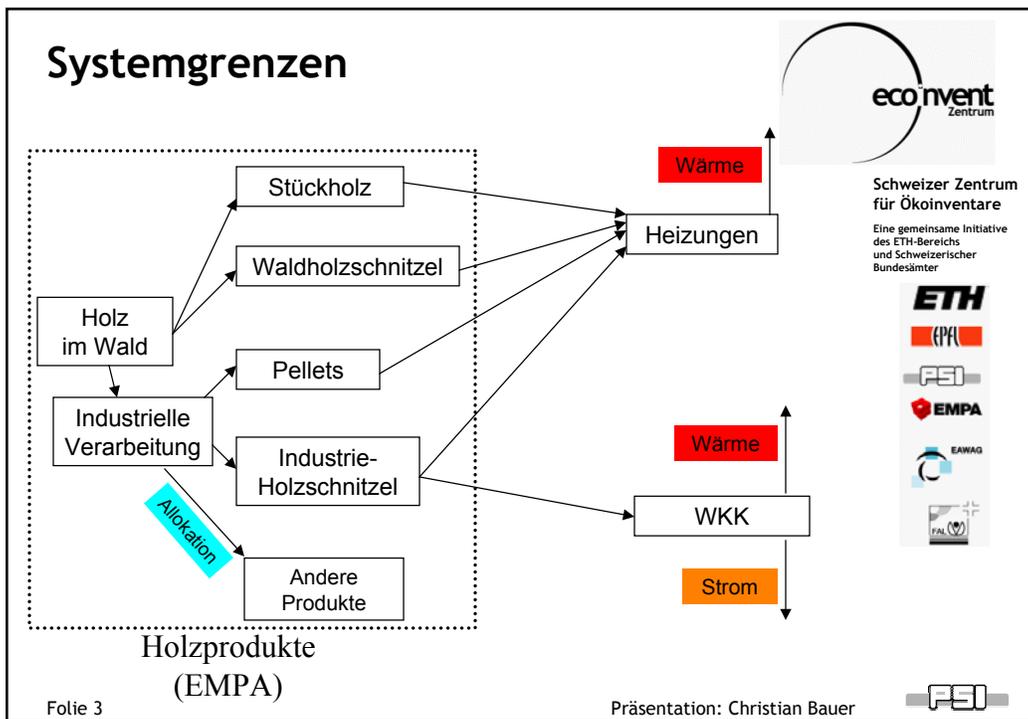
Eine gemeinsame Initiative  
des ETH-Bereichs  
und Schweizerischer  
Bundesämter



Folie 2

Präsentation: Christian Bauer





## Bilanzierte Systeme

### Konventionelle Heizungen

• Stückholz	6 kW ( $\eta=75\%$ )
	30 kW ( $\eta=68\%$ , inkl. Wasserspeicher)
	100 kW ( $\eta=70\%$ , inkl. Wasserspeicher)
• Waldholzschnitzel	50 kW ( $\eta=80\%$ )
	300 kW ( $\eta=82\%$ )
	1000 kW ( $\eta=85\%$ )
• Industrieholzschnitzel	50 kW ( $\eta=80\%$ )
	300 kW ( $\eta=82\%$ )
	1000 kW ( $\eta=85\%$ )
➤	Jeweils Hart- (Buche), Weichholz (Fichte) und Mix (28%/72%)
• Pellets	15 kW ( $\eta=82\%$ )
	50 kW ( $\eta=85\%$ )

Folie 4 Präsentation: Christian Bauer

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

## Bilanzierte Systeme WKK-Anlagen

- 6400 kW<sub>th</sub>, Furnierwerk Lengwil
  - A) Multi-Zyklon-Filter  $\eta_{th} = 76.7 \%$   
 $\eta_{el} = 2.3 \%$
  - B) Elektrofilter, DeNO<sub>x</sub>  $\eta_{th} = 76.7 \%$   
 $\eta_{el} = 2.2 \%$
- 1400 kW<sub>th</sub>, Organic Rancine Cykle (ORC), Waffenplatz Bière
  - A) Multi-Zyklon-Filter  $\eta_{th} = 76.8 \%$   
 $\eta_{el} = 0.9 \%$
  - B) Elektrofilter, DeNO<sub>x</sub>  $\eta_{th} = 76.8 \%$   
 $\eta_{el} = 0.8 \%$

➤ Jeweils Allokation nach Energie, Exergie und Wärme

Folie 5

Präsentation: Christian Bauer



Schweizer Zentrum  
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative  
des ETH-Bereichs  
und Schweizerischer  
Bundesämter



## Schlüsselfaktoren der Modellierung

- Konventionelle Feuerungen
    - Datensätze bilden Leistungsklassen ab
    - Emissionswerte repräsentieren Praxisbetrieb von im Jahr 2000 in Mitteleuropa am Markt befindlichen Durchschnittsheizungen
    - Keine Berücksichtigung eines Wärmeverteilungsnetzes
  - WKK-Anlagen
    - Modellierung anhand von in der Schweiz betriebenen WKK-Anlagen
    - Direktmessungen für Partikel, NO<sub>x</sub> und CO
    - Modellierung der Abgasreinigung: DeNO<sub>x</sub> → NO<sub>x</sub> minus 50 %  
Elektrofilter → Partikel -90 %
- Als Brennstoff dient ausschliesslich naturbelassenes Holz (kein Altholz)
- Derzeitige Allokation für Industrie-Schnitzel ist nur anwendbar, solange Holzreste zur Herstellung verwendet werden

Folie 6

Präsentation: Christian Bauer



Schweizer Zentrum  
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative  
des ETH-Bereichs  
und Schweizerischer  
Bundesämter



# Ausgewählte Resultate



## Unbewertete LCI-Ergebnisse

- Vergleich der Wärmeproduktion verschiedener Heizungen
- Jeweils anhand von Partikel- und NO<sub>x</sub>-Emissionen

## Bewertete LCIA-Ergebnisse

- Vergleich verschiedener Heizungssysteme anhand der Treibhausgasemissionen
- Vergleich der Wärmeproduktion mittels eco-indicator 99 (H,A)

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



# Ausgewählte LCI-Resultate



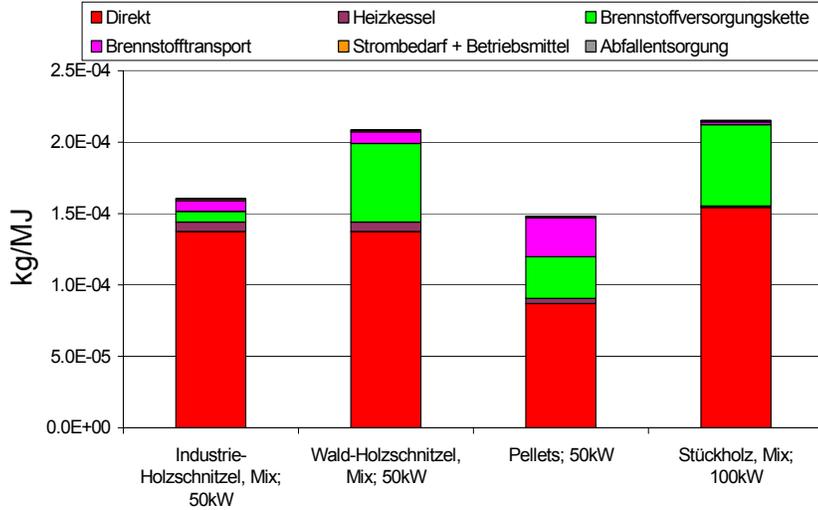
Name	Location	Unit	heat, mixed chips from industry, at furnace 1000kW	heat, mixed chips from forest, at furnace 50kW	heat, mixed chips from industry, at furnace 50kW	heat, mixed logs, at furnace 100kW	heat, wood pellets, at furnace 50kW	
	Unit	Unit	CH	CH	CH	CH	CH	
	Infrastructure		MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	
<b>LCIA results</b>								
cumulative energy demand	non-renewable energy resources, fossil	MJ-Eq	4.03E-02	7.15E-02	4.68E-02	4.67E-02	1.79E-01	
cumulative energy demand	non-renewable energy resources, nuclear	MJ-Eq	4.18E-02	4.27E-02	4.58E-02	3.29E-02	1.20E-01	
cumulative energy demand	renewable energy resources, water	MJ-Eq	1.23E-02	1.42E-02	1.36E-02	1.12E-02	2.45E-02	
cumulative energy demand	renewable energy resources, wind, solar, geothermal	MJ-Eq	3.98E-04	3.08E-04	4.36E-04	2.23E-04	2.36E-03	
cumulative energy demand	renewable energy resources, biomass	MJ-Eq	1.25E+00	1.44E+00	1.37E+00	1.55E+00	1.27E+00	
<b>LCI results</b>								
resource	Land occupation	total	m2a	1.90E-02	6.26E-02	2.03E-02	8.24E-02	3.28E-02
air	Carbon dioxide, fossil	total	kg	2.91E-03	5.59E-03	4.20E-03	3.09E-03	1.34E-02
air	NMVOC	total	kg	1.33E-05	2.66E-05	1.46E-05	3.47E-05	2.34E-05
air	Nitrogen oxides	total	kg	1.42E-04	2.05E-04	1.61E-04	2.15E-04	1.48E-04
air	Sulphur dioxide	total	kg	9.22E-06	1.20E-05	1.05E-05	1.04E-05	4.19E-05
air	Particulates, <2.5 um	total	kg	7.33E-05	5.10E-05	4.61E-05	5.40E-05	3.00E-05
water	BCD	total	kg	7.31E-06	1.77E-05	9.41E-06	1.41E-05	2.07E-05
soil	Cadmium	total	kg	2.06E-09	4.35E-09	4.34E-09	2.86E-09	2.03E-09
<b>Further LCI results</b>								
air	Carbon dioxide, biogenic	total	kg	1.16E-01	1.30E-01	1.23E-01	1.39E-01	1.15E-01
air	Methane, biogenic	total	kg	5.62E-07	9.03E-07	9.02E-07	2.01E-05	4.08E-07
air	Dinitrogen monoxide	total	kg	2.85E-06	3.96E-06	3.90E-06	4.48E-06	3.48E-06
air	Particulates, > 10 um	total	kg	4.19E-06	1.85E-05	1.72E-05	3.81E-06	1.80E-05
air	Particulates, > 2.5 um, and < 10um	total	kg	2.36E-06	1.53E-05	1.41E-05	2.63E-06	1.01E-05

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



# Wärmeproduktion, NO<sub>x</sub>-Emissionen

ecoivent  
Zentrum



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter

ETH

EPFL

FSI

EMPA

EAWAG

FAL

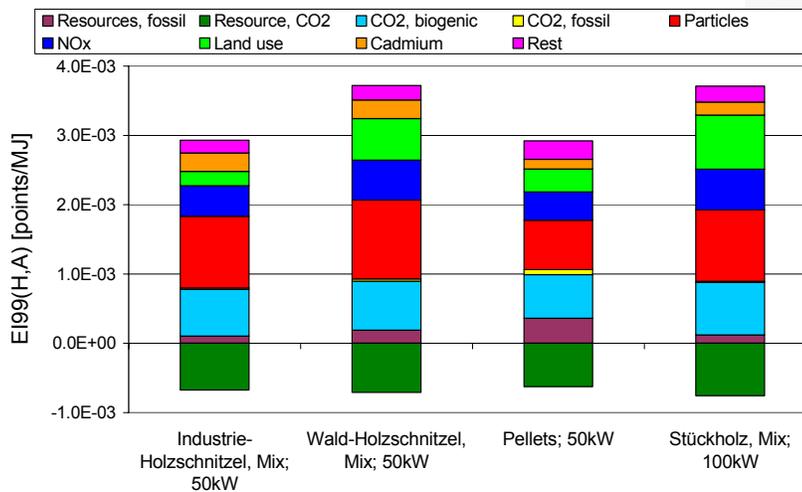
Folie 9

Präsentation: Christian Bauer

FSI

# Bewertete Resultate, Wärmeproduktion

ecoivent  
Zentrum



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter

ETH

EPFL

FSI

EMPA

EAWAG

FAL

➤ Anteil von Partikel- und NO<sub>x</sub>-Emissionen 50 % - 70%

Folie 10

Präsentation: Christian Bauer

FSI