

# Ökobilanz für die Stromerzeugung aus Holzbrennstoffen und Altholz

Dr. Niels Jungbluth  
Dr. Rolf Frischknecht  
Dr. Mireille Faist  
ESU-services, Uster



Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie

[www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)

# Inhalt

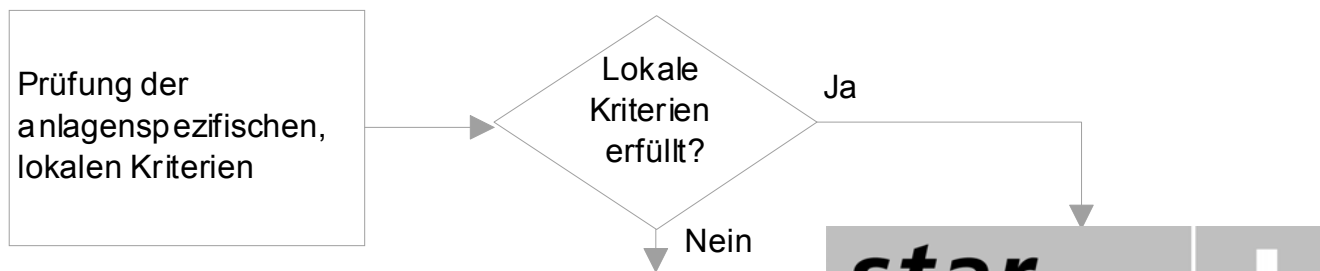
- Zielsetzung der Ökobilanz
- Ergebnisse
- Schlussfolgerungen für die Ökostromzertifizierung

## Zielsetzung der Studie

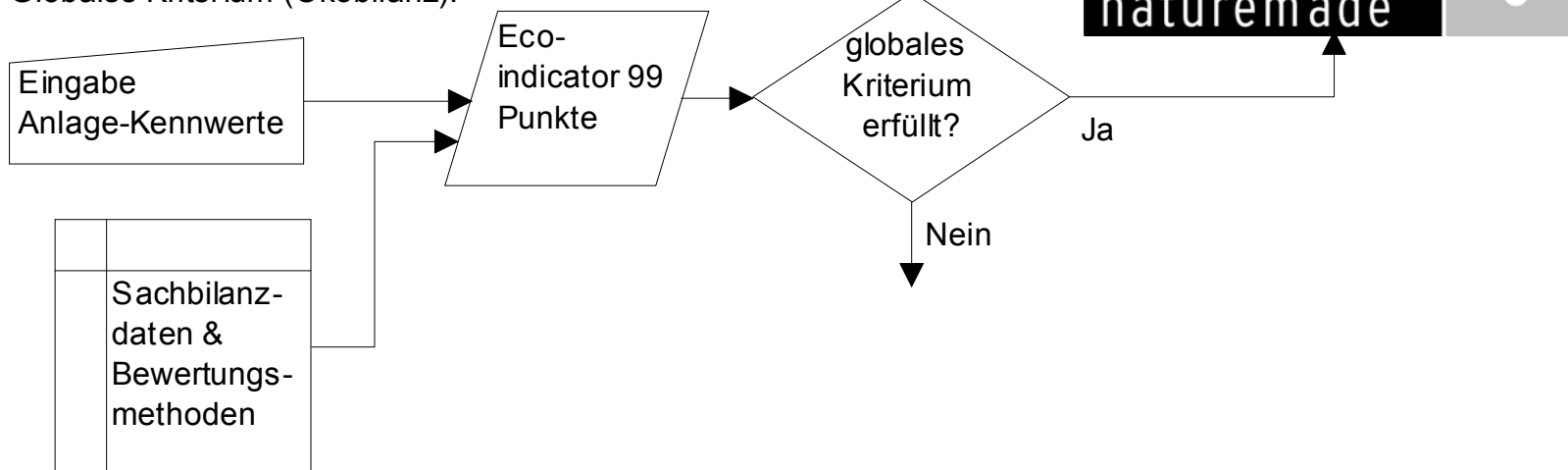
- Grundlage für die Zertifizierung von Strom aus Holz und Altholz
- Durchschnittsbilanz für die Holzverstromung

# Vergabe des Qualitätszeichens *naturemade star*

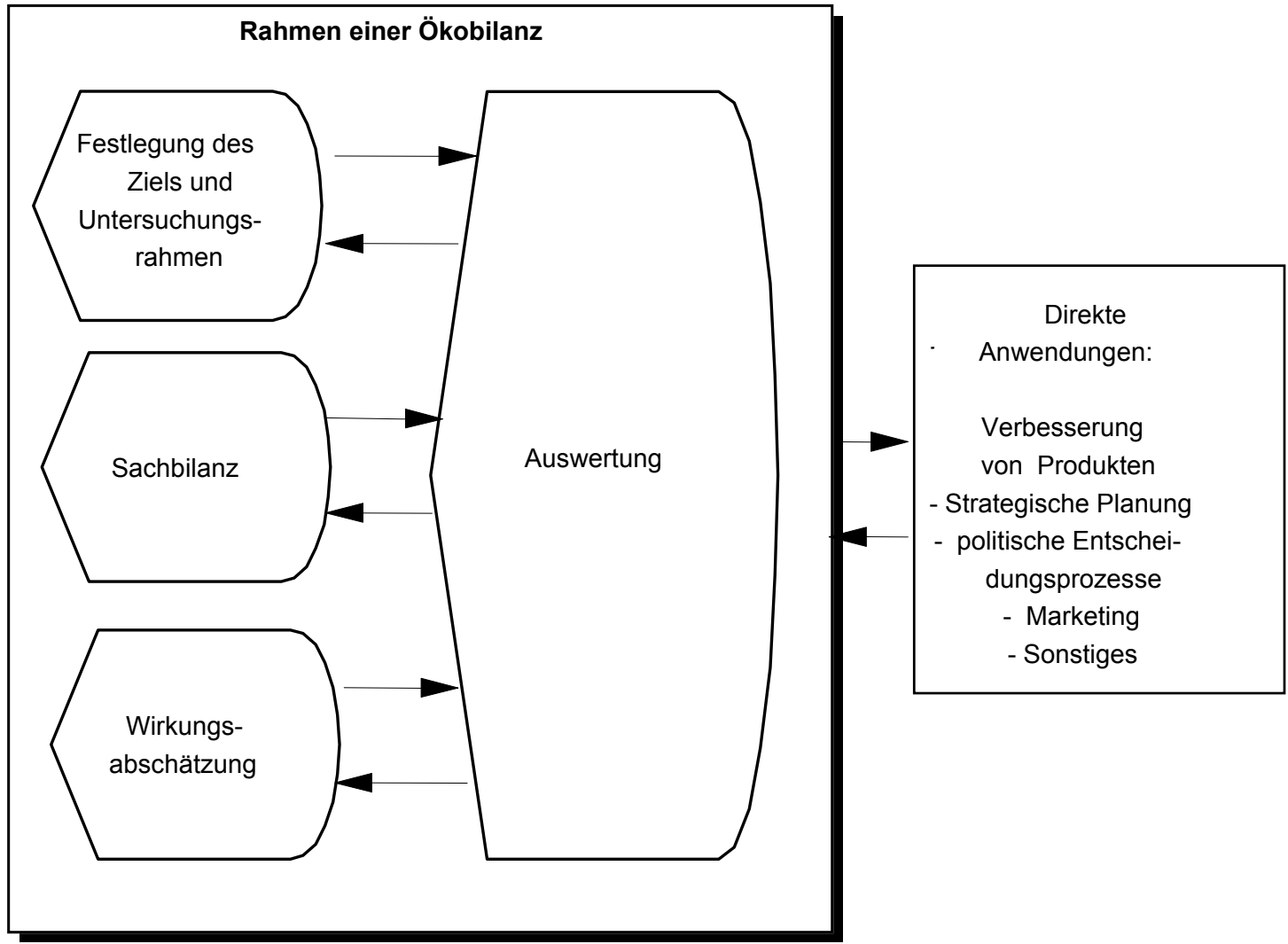
Lokale Kriterien:



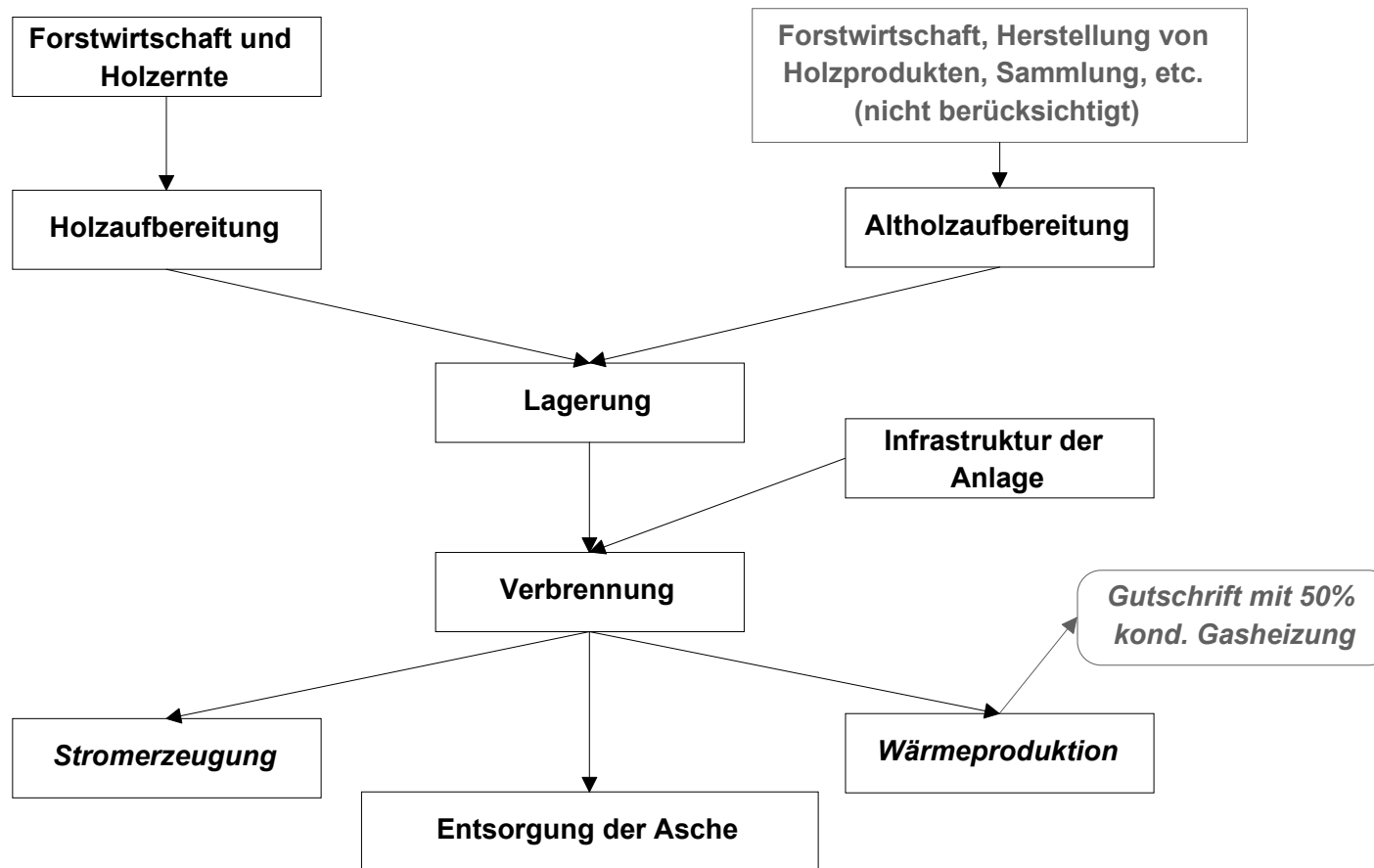
Globales Kriterium (Ökobilanz):



# LCA in der ISO-14040 Norm



# Untersuchter Lebenszyklus



# Beispielanlagen

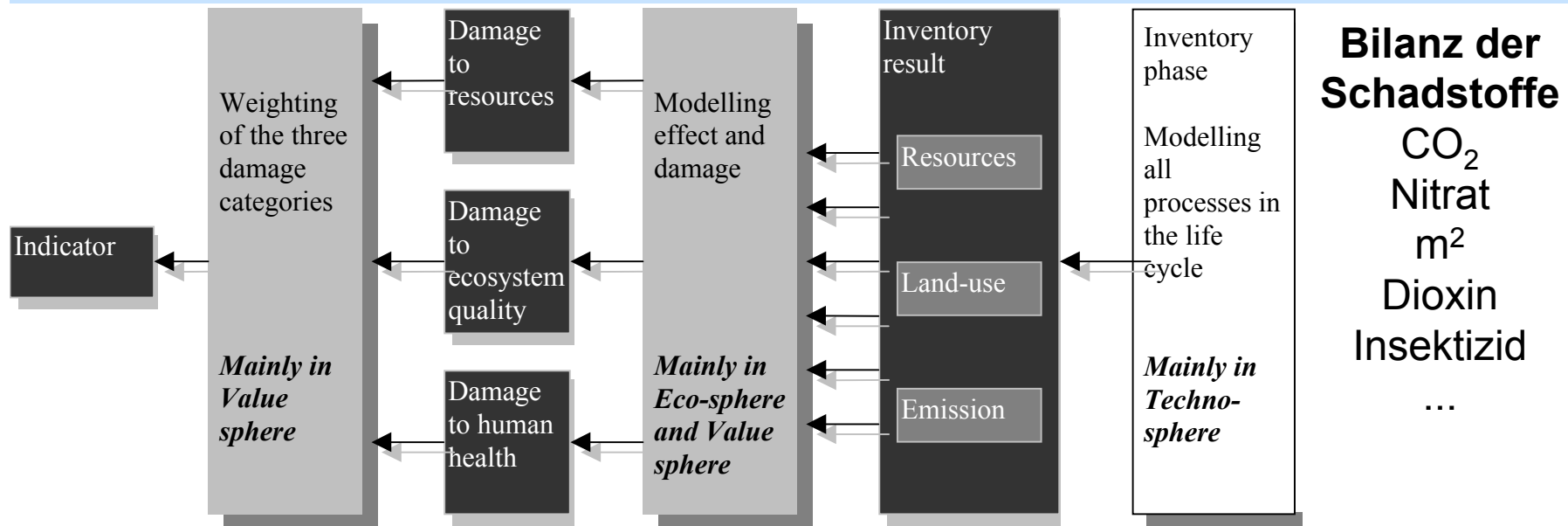
	<b>Waffenplatz Bière</b>	<b>Furnierwerk Lengwil</b>	<b>Fernheizkraft- werk Meiringen</b>	<b>Holzskraftwerk Cuijk</b>
Typ	Dampfturbine mit Organic Rankine Cycle (ORC), Multi-Zyklon	Dampfkolben motor (Wasser), Multi-Zyklon	Dampfturbine (Wasser), Elektrofilter	Wirbelschichtfeuerung, Elektrofilter, katalytische und nicht-katalytische DeNOx-Anlage
Holzverbrauch (Sm <sup>3</sup> /a)	12000 (10000 – 14000)	20000	21800	ca. 915000 (275 000 t/a)
Elektrische Leistung (kW <sub>el</sub> )	335	400	700	25000
Thermische Leistung (kW <sub>th</sub> )	1440	6400	3600	-
Elektrizitätsproduktion (MWh/a)	371.7	1400	1120	200000
Wärmeproduktion (MWh/a)	9000	13000	12100	-
Gesamtwirkungsgrad angeben	82%	83%	72%	29.8%
Gesamtwirkungsgrad berechnet	80%	85%	72%	19%
Staub (mg/Nm <sup>3</sup> )	219 (118-305)	89 (80-91)	3	5.3
NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	221	174 (149-181)	151	49.3
CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	70	14 (10-17)	30	n.a.

# Standardanlagen

	Holz WKK-Anlage, mit Multi-Zyklon	Holz WKK-Anlage, mit weitergehender Abgasreinigung	Altholz WKK, mit weitergehender Abgasreinigung
Holzverbrauch ( $\text{Sm}^3/\text{a}$ )	15296	15296	15296
Elektrische Leistung (kW <sub>el</sub> berechnet)	110	107	107
Thermische Leistung (kW <sub>th</sub> berechnet)	4671	4671	4671
Elektrizitätsproduktion (MWh/a)	964	935	935
Wärmeproduktion (MWh/a)	11367	11367	11367
Gesamtwirkungsgrad berechnet	78.4%	78.2%	78.2%
Staub ( $\text{mg}/\text{Nm}^3$ )	121	10	10
NO <sub>x</sub> ( $\text{mg}/\text{Nm}^3$ )	200	100	100
CO ( $\text{mg}/\text{Nm}^3$ )	100	100	100
Blei ( $\text{mg}/\text{Nm}^3$ )	0.049	0.049	2
Cadmium ( $\text{mg}/\text{Nm}^3$ )	0.0002	0.0002	0.069
Zink ( $\text{mg}/\text{Nm}^3$ )	0.5	0.5	2

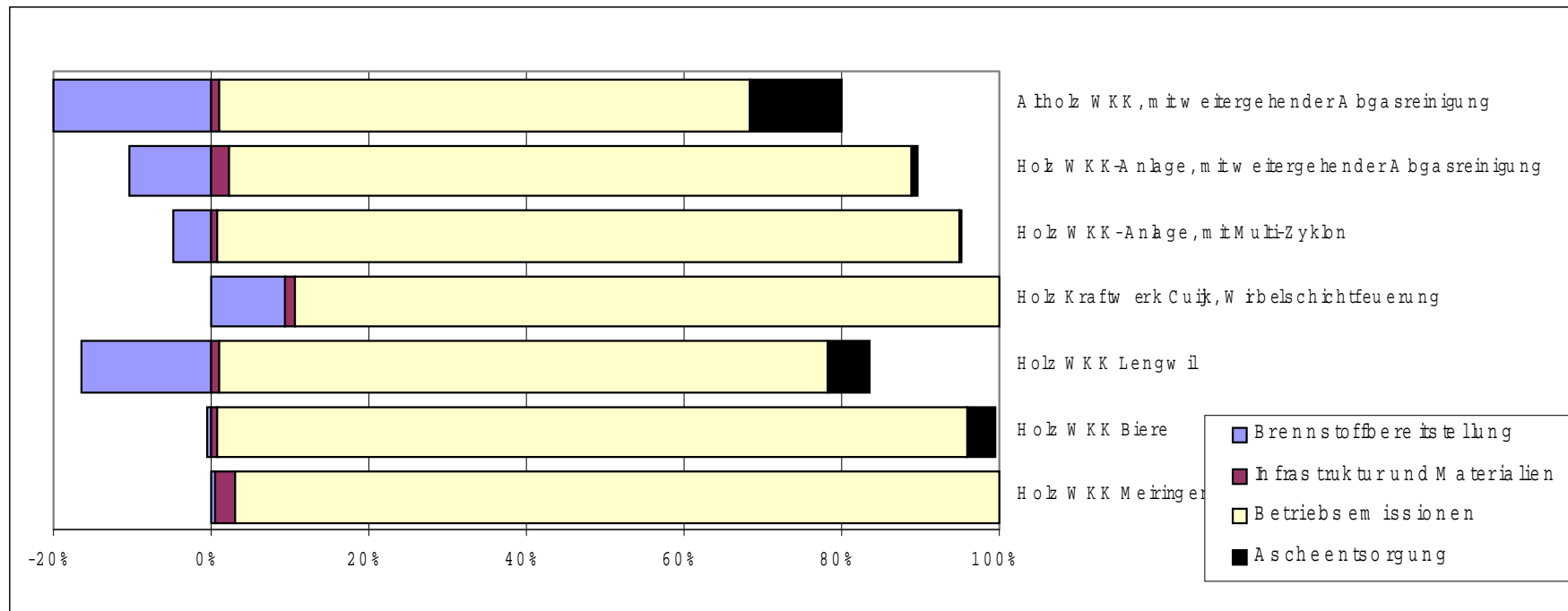


# Wirkungsabschätzung mit dem Eco-indicator 99



- Modellierung von Schäden
- Z.B. Klimaveränderung, Gesundheit, Biodiversität
- Zusammenfassung zu einem Punktwert

# Bewertung mit dem Eco-indicator 99



➤ Direkte Emissionen dominieren die Gesamtbilanz

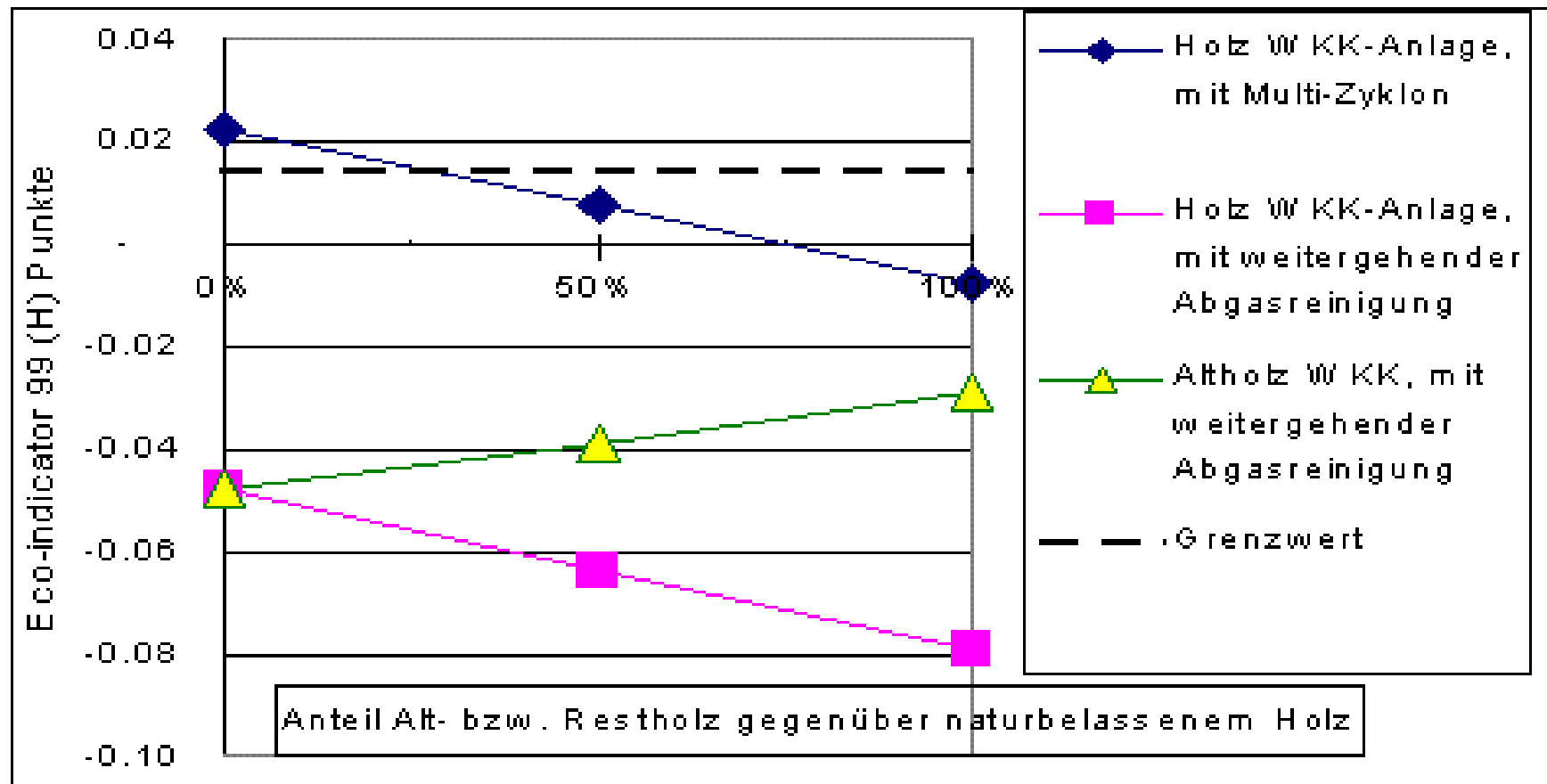
# vergleich mit dem Grenzwert

- Grenzwert naturemade star:

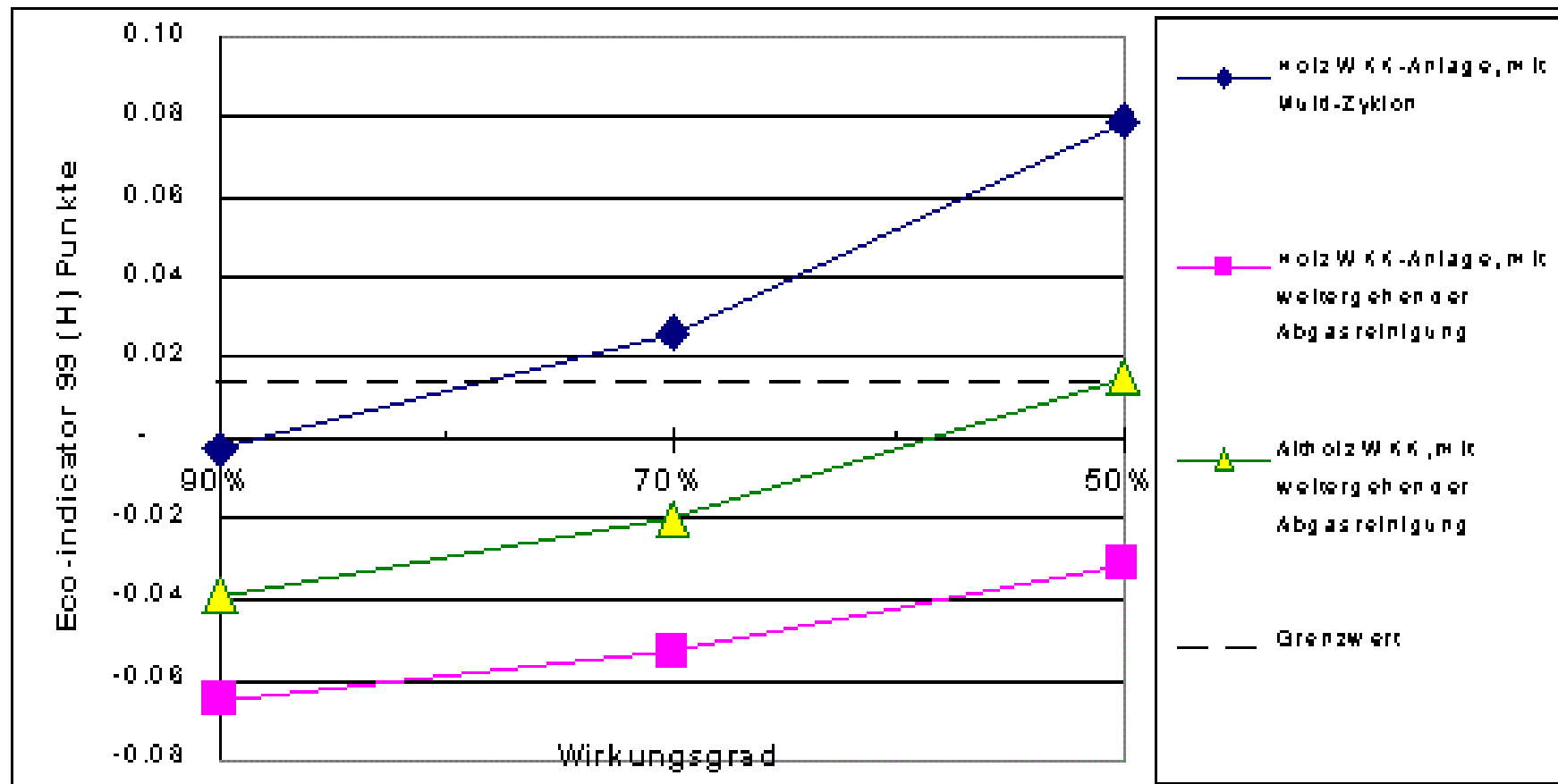
0.014 Eco-indicator 99 (H,A) Punkte pro  
 kwh Strom

<b>E I99-aggregated , H ierarchist</b>	Holz W KK M eiringen	Holz W KK B iere	Holz W KK Lengwil	Holz Kraftwerk C uijk, W irbelschicht f euerung	Holz W KK - Anlage, m it M ulti-Zyklus	Holz W KK - Anlage, m it w eitergehender A bgasreinigung	A ltholz W KK , m it w eitergehender A bgasreinigung
1 Jahr Betrieb	5.36E+4	1.32E+5	9.02E+4	2.64E+6	1.12E+5	4.54E+4	7.31E+4
Strom (Abz. Gasheizung) pro kW h	-4.74E-2	1.41E-1	-1.74E-2	1.47E-2	1.25E-2	-5.87E-2	-2.90E-2
Anteil Emissionen beim Betrieb	30%	79%	79%	21%	77%	42%	71%
<b>Anteil Top 5 / Emission</b>	100%	100%	100%	91%	98%	89%	91%
<b>Anteil Top 2 / Emission</b>	100%	100%	94%	75%	94%	70%	26%

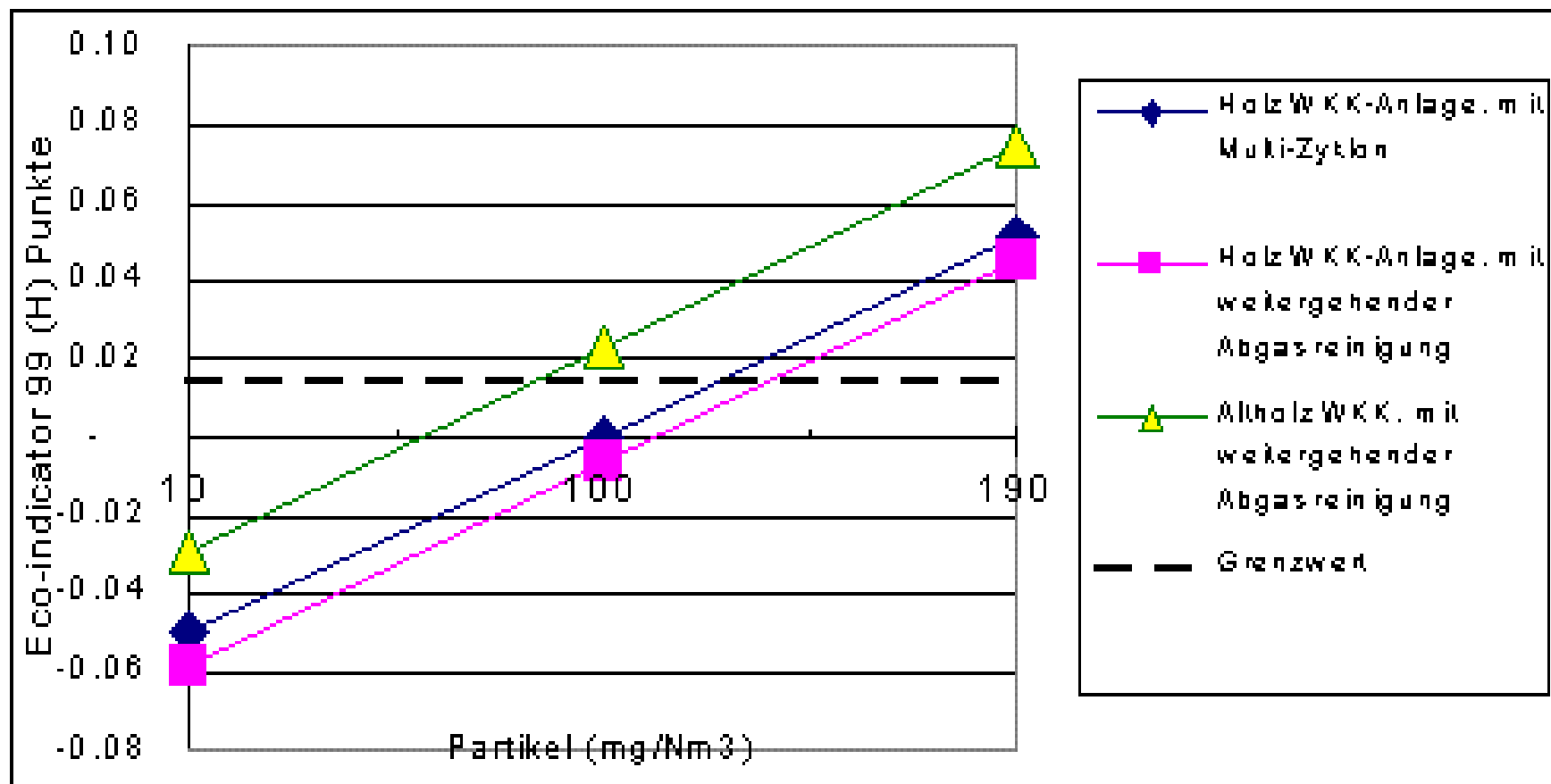
# Variation Holz brennstoff



# Variation des Wirkungsgrades



# Staubemissionen



# Ökostrom-Prüfung: Stromerzeugung aus Holzbrennstoffen und Altholz

Eingabe:

Deutsch ▼

Anlagenname:

WKK Lengwil, 77%

Bewertungsmethode

EI'99-aggregated, Hierarchist ▼

Anlagentyp

WKK Altholz mit weitergehender Abgasreinigung ▼

## Inputs

### Holzschnitzel aus Frischholz (Laubbaum)

- Holzschnitzel aus Frischholz (Laubbaum)
- Holzschnitzel aus Frischholz (Nadelbaum)
- Holzschnitzel aus Restholz (z.B. Sägereiabfälle)
- Holzschnitzel aus Altholz

Sm <sup>3</sup> /a	km
6000	25
14000	25
0	25
0	100
20000	

### Bemerkungen:

Jahresverbrauch von Holz in Schüttkubikmetern.  
 Mittlere Transportentfernung ab Wald (Frischholz)  
 bzw. ab Schnitzelherstellung.

Holzmenge (t atro) aus Sm<sup>3</sup> berechnet, aber nicht weiter verwendet

3'800

## Umwandlung

### Wärmeerkopplung

### Heizkessel

Kesselwirkungsgrad	84.0%	%	83.0%	Angaben des Kesselherstellers
Wärmeproduktion Kessel	15'652'174	kWh/a	-	Wärmeabgabe direkt aus dem Kessels (gemessen)
Holzverbrauch (t trocken) berechnet	3'626	3'626	-	Wird für Berechnungen verwendet
Netto Stromerzeugung	1'400'000	kWh/a	0	Einschliesslich Verbrauch für die Wärmeverteilung, abzüglich Eigenverbrauch für Brennstofftransport, Rauchgasreinigung und andere Anlagenteile der Stromerzeugung.
Wärme genutzt	13'000'000	kWh/a	-	Eigennutzung und Verkauf von Wärme aus der Anlage.

## Luftmissionen im Reingas

### WKK

Partikel / Staub	10.0	mg/Nm <sup>3</sup>	-	Angaben bezogen auf 11% O <sub>2</sub> im trockenen Abgasvolumen
Stickoxide NO <sub>x</sub> als NO <sub>2</sub>	100.0	mg/Nm <sup>3</sup>	-	
Blei	2.0000	mg/Nm <sup>3</sup>	-	
Cadmium	0.0690	mg/Nm <sup>3</sup>	-	
Zink	2.0000	mg/Nm <sup>3</sup>	-	

## Outputs

Aschen zur Entsorgung

kg 150'000

Gesamtmenge pro Jahr

Art der Entsorgung

Reaktordeponie ▼

## Resultate:

Gesamtwirkungsgrad WKK (berechnet)

77%

### Im Vergleich zur Standardanlage:

WKK Lengwil, 77%	EI-99-points / a	1.08E+05	7.32E+04
WKK Lengwil, 77%	EI-99-points / kWh	-4.41E-03	-2.90E-02
Ökostrom Schweiz Grenzwert	EI-99-points / kWh	1.40E-02	-31.6%

Ökostromkriterium erfüllt

## Schlussfolgerungen zur Zertifizierung

- Wärme-Kraft-Kopplungs Anlagen mit weitergehender Rauchgasreinigung für Partikel, NOx und Schwermetalle werden das Ökostrom-Label in der Regel erreichen



## Lokale Kriterien

- Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften
- Energiekonzept für den Gesamtbetrieb zur Reduktion des Strom- und Wärmebedarfs
- Gesamtwirkungsgrad > 60 Prozent

## Zertifizierung Altholz-WKK

- Kriterien und Verfahren sind klar
- Erste Anlage im Rahmen eines Pilotprojektes zertifizieren
- Nahe Begleitung durch VUE und Auditor
- Auf Grund der Erfahrungen werden die Zertifizierungsinstrumente (Deklaration etc.) definitiv erstellt
- Beginn sofort möglich