



# Niedertemperatur-Tunnelrockner zur optimierten Wertstoffgewinnung

**Dipl.- Ing. Reinhard Schu**  
EcoEnergy Gesellschaft für  
Energie- und Umwelttechnik mbH  
Walkenried

# (Werk)stoffliche versus energetische Verwertung

## Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz

- Vermeiden
- Vermindern
- **Verwerten**
- Beseitigen

## EU-Abfallrahmenrichtlinie (in Abstimmung)

- Vermeiden
- Wiederverwenden
- **Recycling**
- **Verwerten**
- Beseitigen

## Thermische Behandlung: „Energieeffizienzkriterien“

- **Verwertung**
- Beseitigung

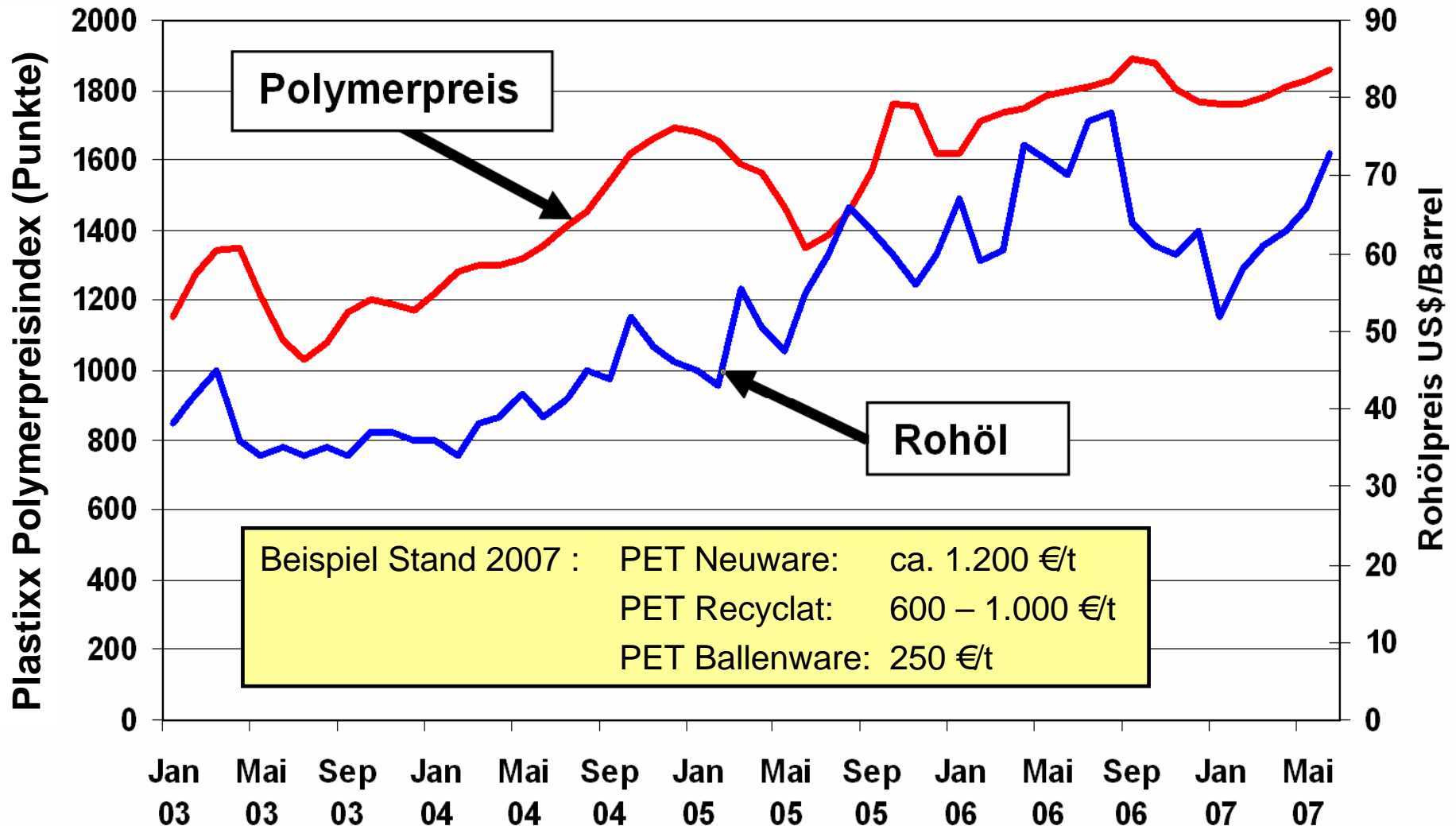
Recycling ist meist eine höhere Form der Energierückgewinnung aus Abfällen als die energetische Verwertung, z.B.: „1 kg Kunststoff entspricht dem Äquivalenteinsatz von 1,8 bis 2,3 l Rohöl.“

- Verbrennung: ca. 17% - 24% Nettowirkungsgrad elektrisch bezogen auf Brennstoffheizwert
- Recycling: ca. 50% - 150% Nettowirkungsgrad Produktenergie bezogen auf Brennstoffheizwert

Material	Gesamtenergiebedarf (inkl. Rohstoffenergie) MJ/kg Produkt
Aluminium	193
Kunststoffe Ø	97
Papier, Karton	45
Weißblech	36
Wellpappe	20
Holz	18
Glas	13

LDPE Folie	92
HDPE Folie	100
PP Spritzguss	119
PVC Folie	67
PS	92
PET Flasche	101
PET Folie	110

## 3.2 Entwicklung Kunststoffpreise und Rohölpreis

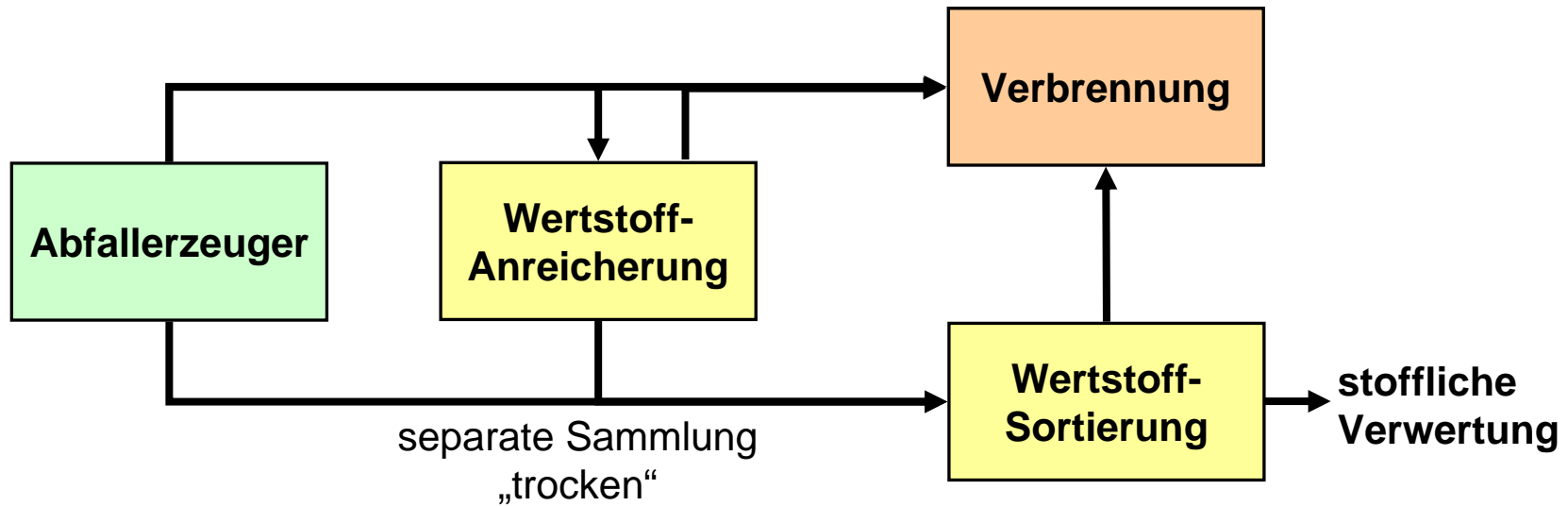


## **Recycling**

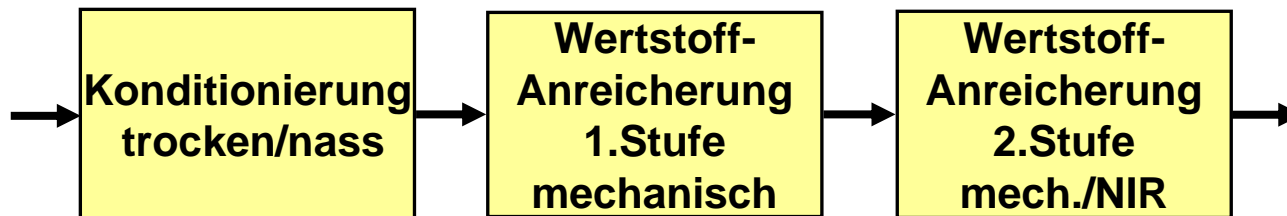
**ist die direkte Konkurrenz zur Verbrennung  
mit besserer Produktenergienutzung!**

**Was hat das mit diesem Vortrag über  
Trocknung zu tun?**

# (Werk)stoffliche versus energetische Verwertung



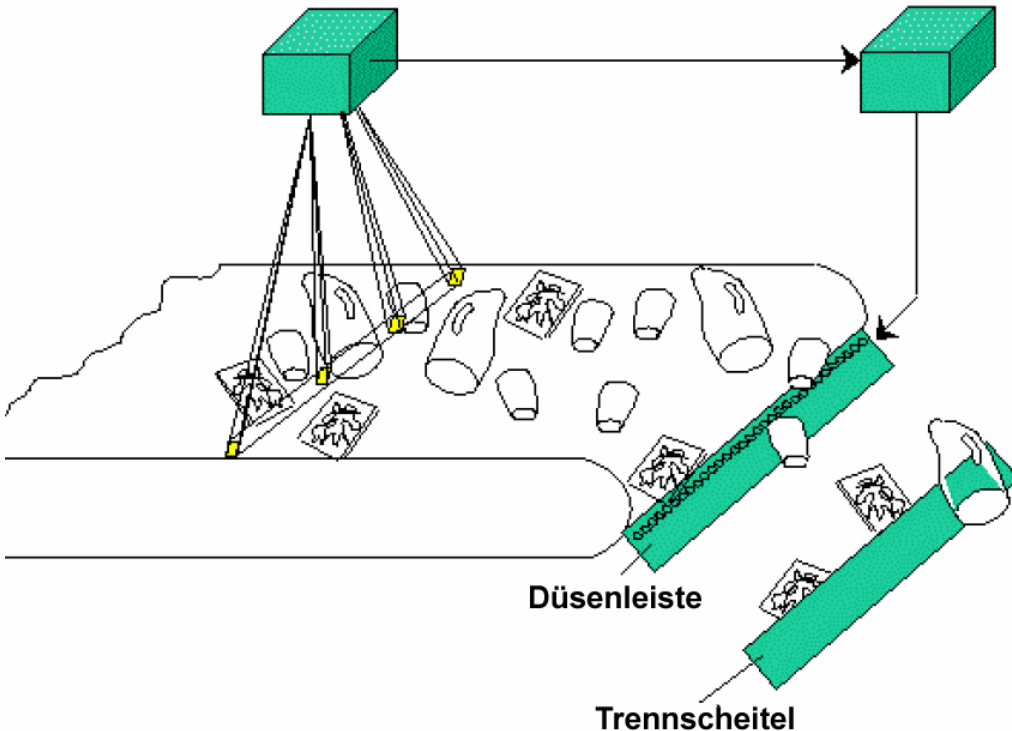
## Mehrstufige Wertstoffanreicherung



# Wertstoffsartierung durch optische Sortiersysteme

Detektor mit Spiegelsystem

Auswerteeinheit



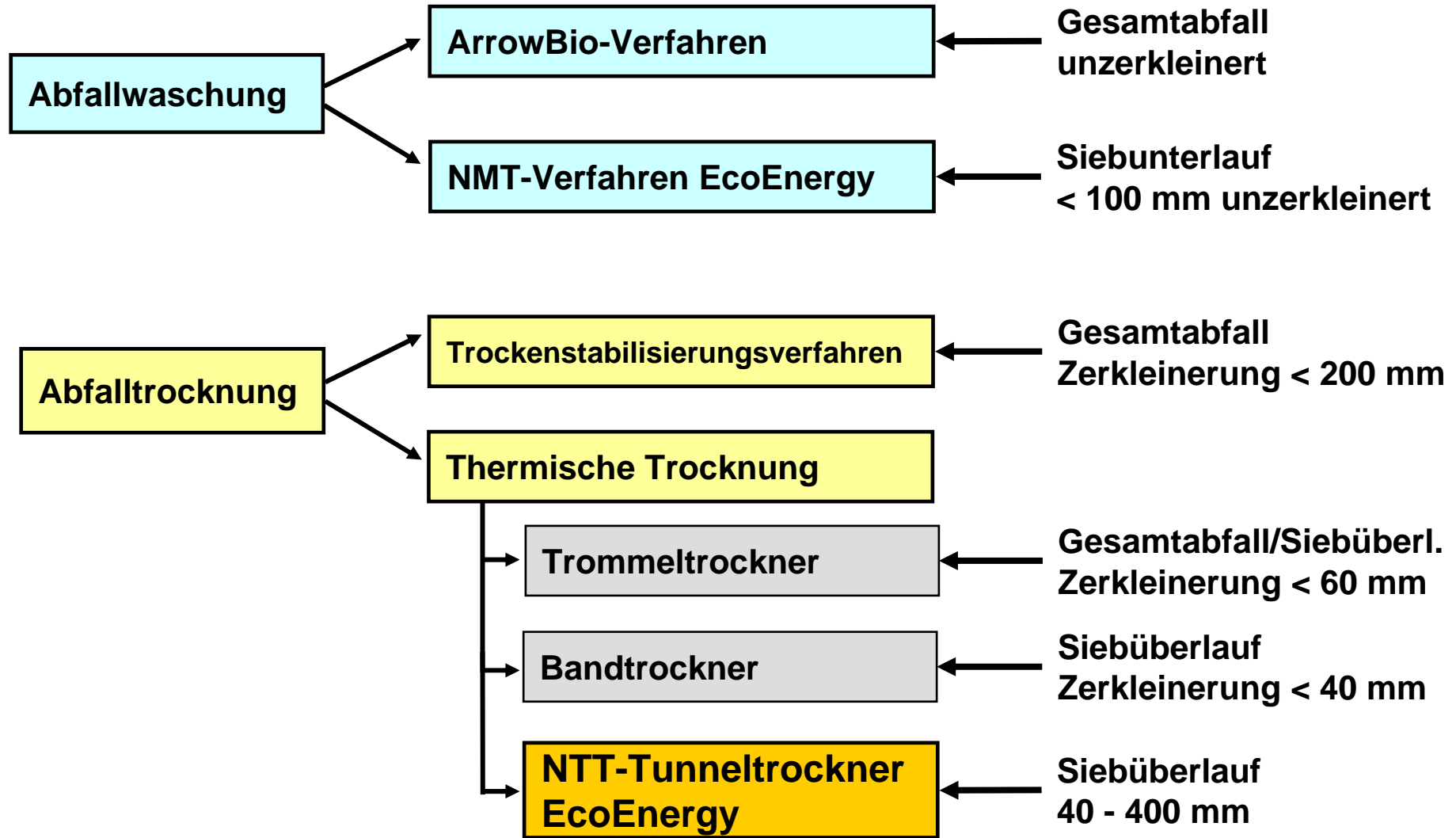
**Kosten und Qualität abhängig von:**

- Wertstoffanreicherung
- Vereinzelung
- Sauberkeit der Oberfläche
- Stückgröße (40 – 400 mm)
- Fraktionierung

## Optimierung Erkennungsquote und Sortenreinheit:

- Trocknung/ Waschung
- Wertstoffanreicherung
- Fraktionierung

# Konditionierung zur Wertstoffanreicherung



# Trockenstabilisierung von Abfall – Anlagen in Deutschland

	Abfalldurchsatz t/a	theor. Leistung t H <sub>2</sub> O/h
<b>Trockenstabilat-Verfahren Herhof</b>		
MBS ZAB Nuthe-Spree (Niederlehme)	135.000	5,50
MBS Aßlar	155.000	6,40
MBS Osnabrück	90.000	3,70
MBS Westerwald (Rennerod)	100.000	4,00
MBS Trier-Mertesdorf	180.000	7,40
BMA Dresden	105.000	4,30
<b>Trockenstabilisierung Lentjes</b>		
MBA Wetterau	49.000	2,00
<b>Trockenstabilisierung Nehlsen</b>		
MBV Lübben Ratsvorwerk/Niederlausitz	28.000	1,20
MBS Vogtland	65.000	2,30
MBV-/EBS Anlage Stralsund	70.000	2,70
<b>Trockenstabilisierung Wehrle Umwelt</b>		
MBA Kahlenberg (100.000 t/a gesamt)	55.000	3,00



# Thermische Trocknung von Abfall zur EBS-Konfektionierung

## Trommeltrockner zur EBS-Konfektionierung in Deutschland

Trommeltrockner	Abfalldurchsatz t/a	Leistung t H <sub>2</sub> O/h
<b>Vandenbroek</b>		
SBS ECOWEST, Ennigerloh	160.000	2,5 - 3,5
MPS Chemnitz (2 Trockner)	143.000	(2x) 4 -5
MPS Berlin-Reinickendorf	160.000	5 - 7
MPS Berlin-Pankow	160.000	5 - 7

## Bandrockner zur EBS-Konfektionierung in Deutschland

Bandrockner	Abfalldurchsatz t/a	Leistung t H <sub>2</sub> O/h
<b>Amandus Kahl GmbH Co. KG</b>		
EBS-Aufbereitungsanlage Wilmersdorf	100.000	2,5 – 3

# Vergleichsdaten bestehende Trocknungssysteme

Parameter	Trocken-Stabilisierung	Trommel-Trockner (Brenngas)	Trommel-Trockner (Abwärme)	Bandrockner (Abwärme)
Inputspezifikation	< 200 mm, biogener Anteil	< 60 mm	< 40 mm (Gärrest)	< 40 mm (Gärrest)
Verweilzeit	6 - 10 Tage	10 - 20 min.	10 - 20 min.	10 - 20 min.
Heizmedium	Rotte (Biomasse)	Erdgas	Abwärme	Abwärme
Temperatur Trocknungsluft Eintritt/Austritt	20 °C/ 60 °C	350 °C/ 105 °C	350 °C/ 105 °C	80 – 120 °C/ 40 – 80 °C
Abgasemission	10.000 - 16.500 Nm <sup>3</sup> / t H <sub>2</sub> O	3.000 - 4.000 Nm <sup>3</sup> / t H <sub>2</sub> O	3.000 - 4.000 Nm <sup>3</sup> / t H <sub>2</sub> O	350 - 3.500 Nm <sup>3</sup> / t H <sub>2</sub> O
Stromverbrauch	40 - 180 kWh/ t H <sub>2</sub> O			
Erdgasverbrauch RTO	7 - 150 kWh/ t H <sub>2</sub> O			
Wärmeeinsatz Trocknung	700 - 1.000 kWh/ t H <sub>2</sub> O			
Elektr. Energieäquivalent	460 - 515 kWh/ t H <sub>2</sub> O	470 - 530 kWh/ t H <sub>2</sub> O	140 - 195 kWh/ t H <sub>2</sub> O	154 - 205 kWh/ t H <sub>2</sub> O

Abwärmenutzung ist zu bevorzugen:

- 30 €/MWh KWK-Strom für EEG-Anlagen
- 15 €/MWh KWK-Strom geplant für Abfall

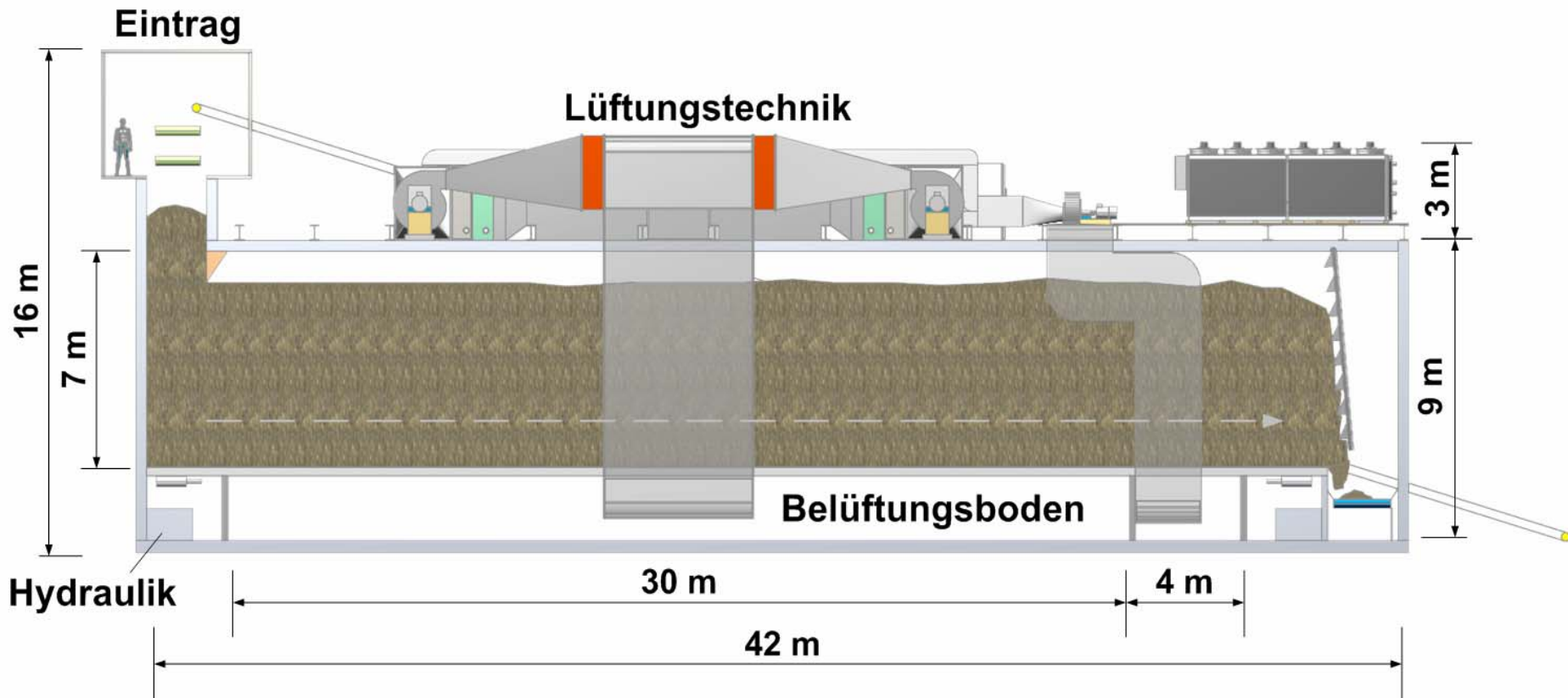


**Niedertemperaturtrocknung**

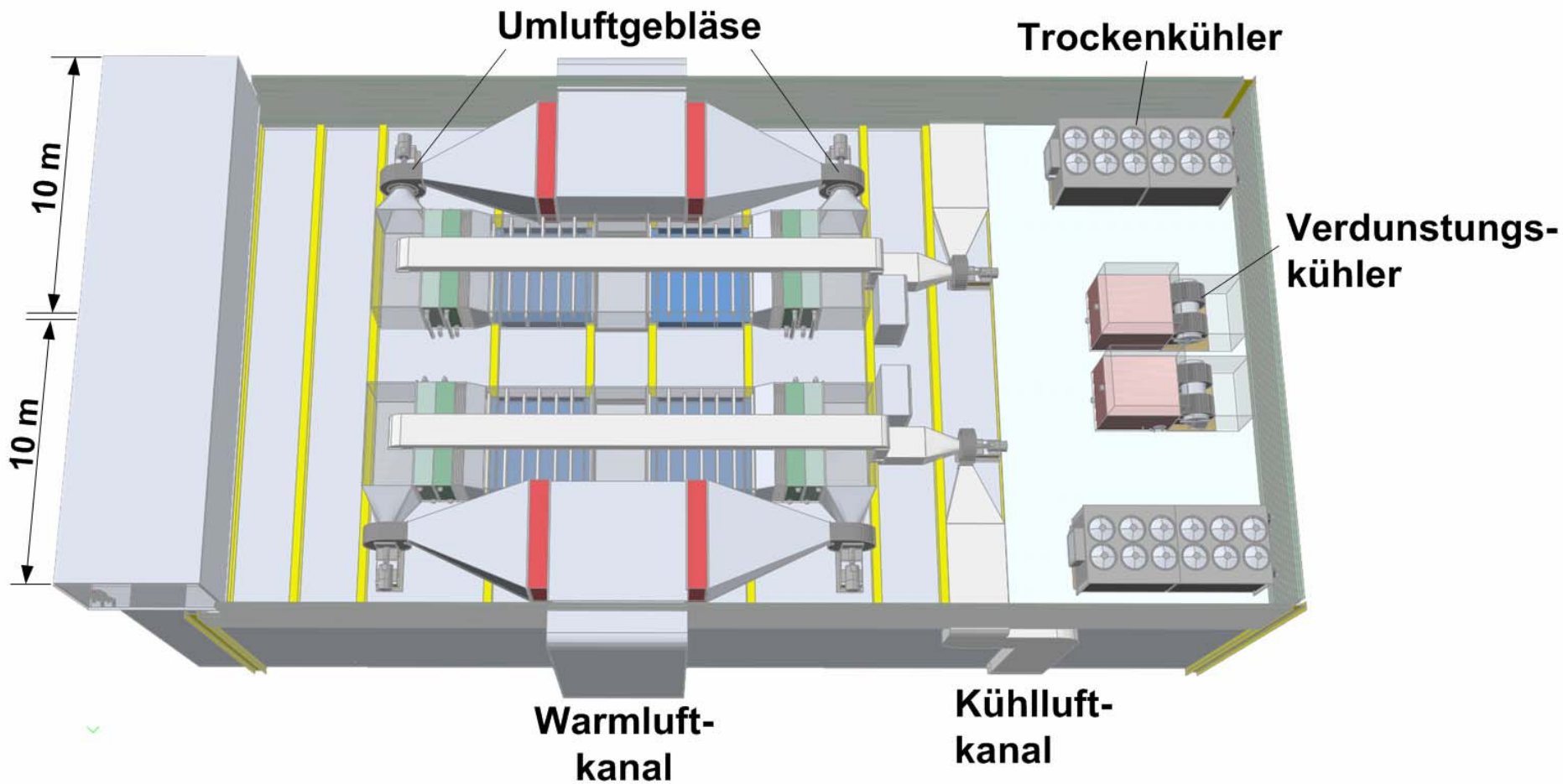
## NTT-Tunnelrockner - Auslegungsdaten

Parameter	Daten
Durchsatzleistung	100.000 t/h Gewerbeabfall / Siebüberlauf Restabfall
Wasserverdampfungsleistung	3 t/h
Verweilzeit im Tunnel	8 – 24 Std.
Inputspezifikation	40 – 400 mm
Dichte Abfallinput	70 – 200 kg/m <sup>3</sup>
Heizmedium	Abwärme > 90°C
Wärmeeinsatz Trocknung	850 - 1.100 kWh/t H <sub>2</sub> O
Elektr. Energieäquivalent	ca. 200 kWh/t H <sub>2</sub> O
Anzahl Tunnel	2 Stück
Schütthöhe im Tunnel	ca. 6,0 m
effektive Breite Belüftung Tunnel	10,0 m
Beheizungslänge	30,0 m
Kühlänge	4 m

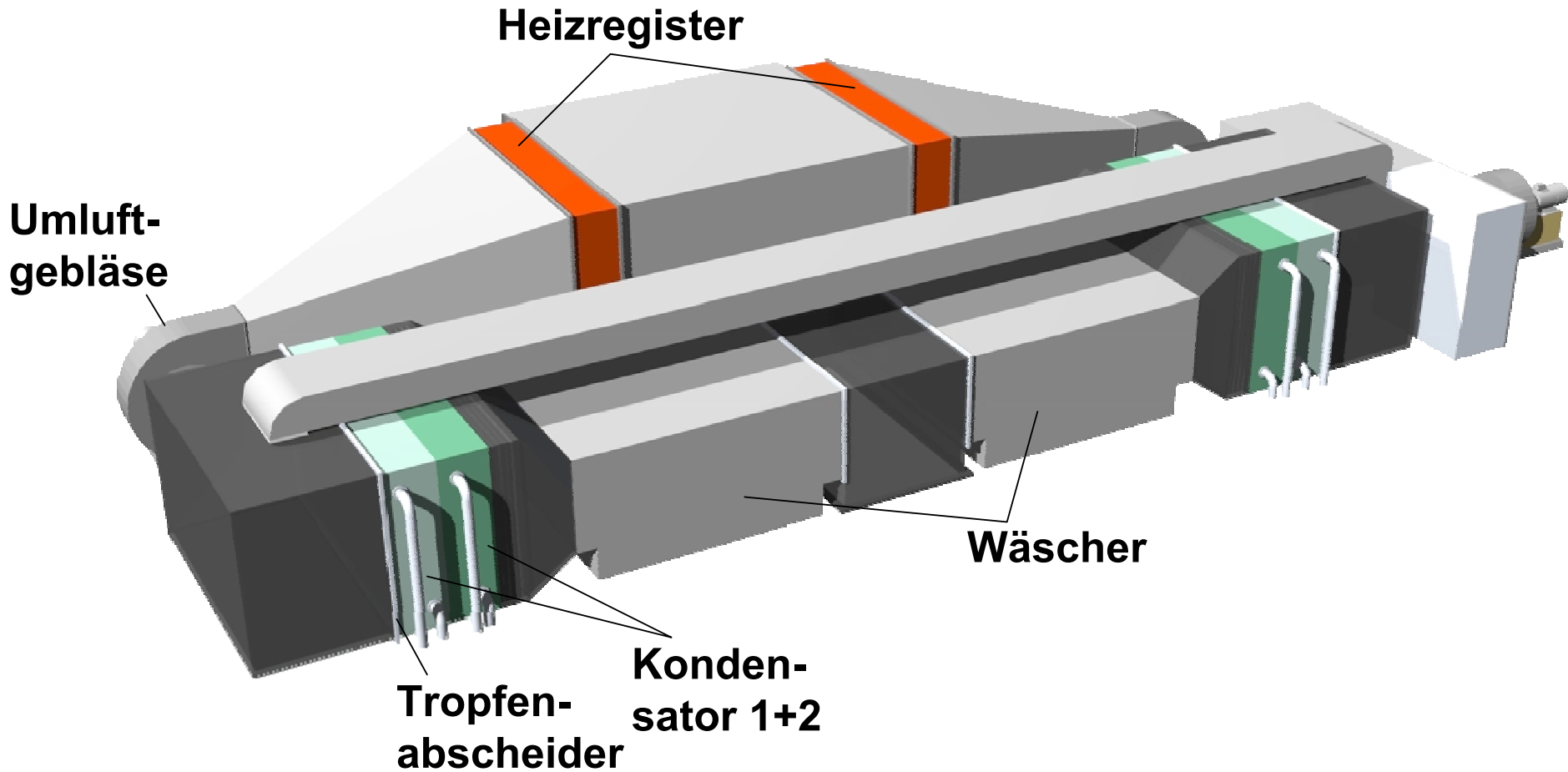
# NTT-Tunnelrockner - Schnitt



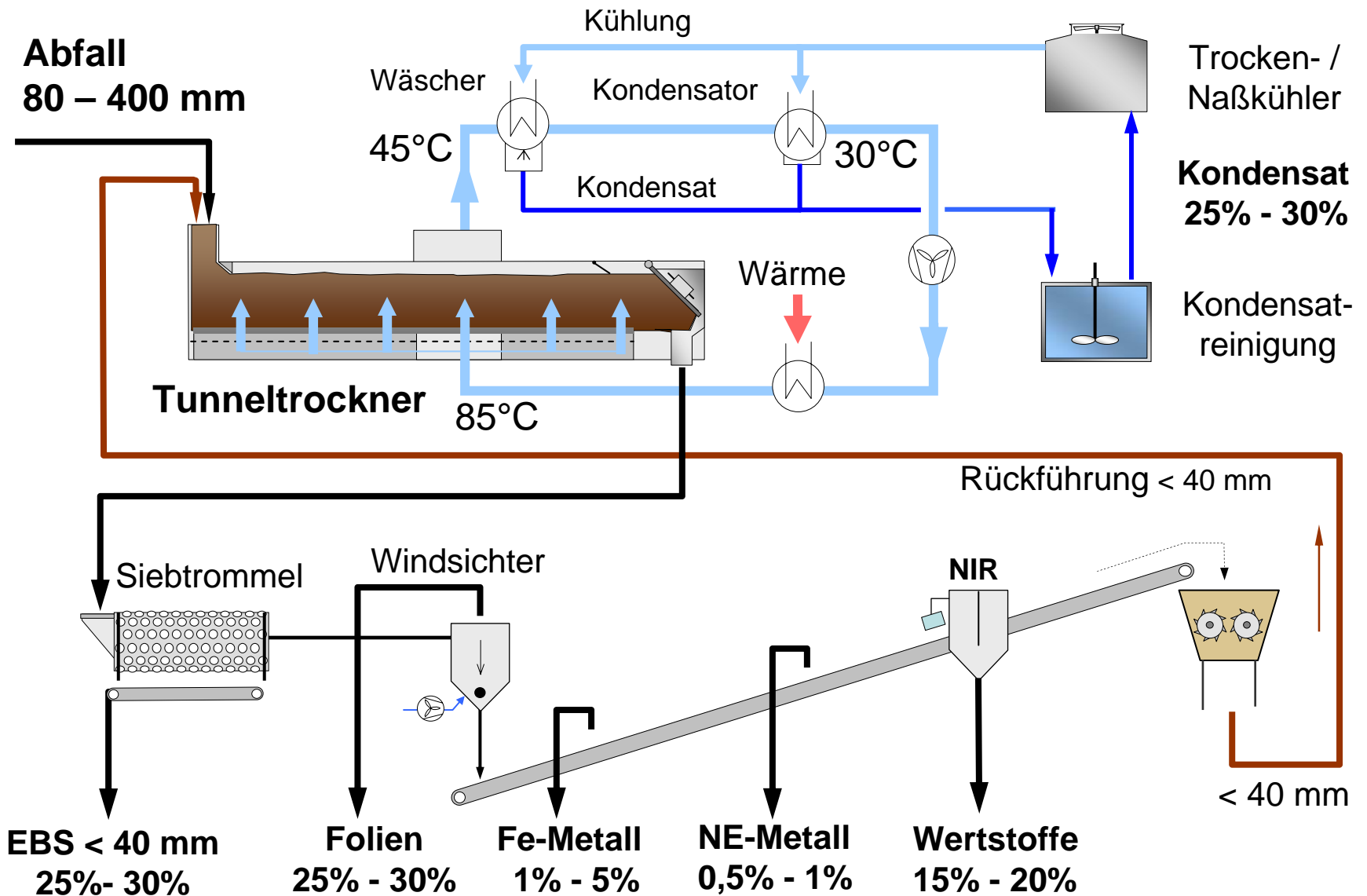
# NTT-Tunnelrockner - Draufsicht



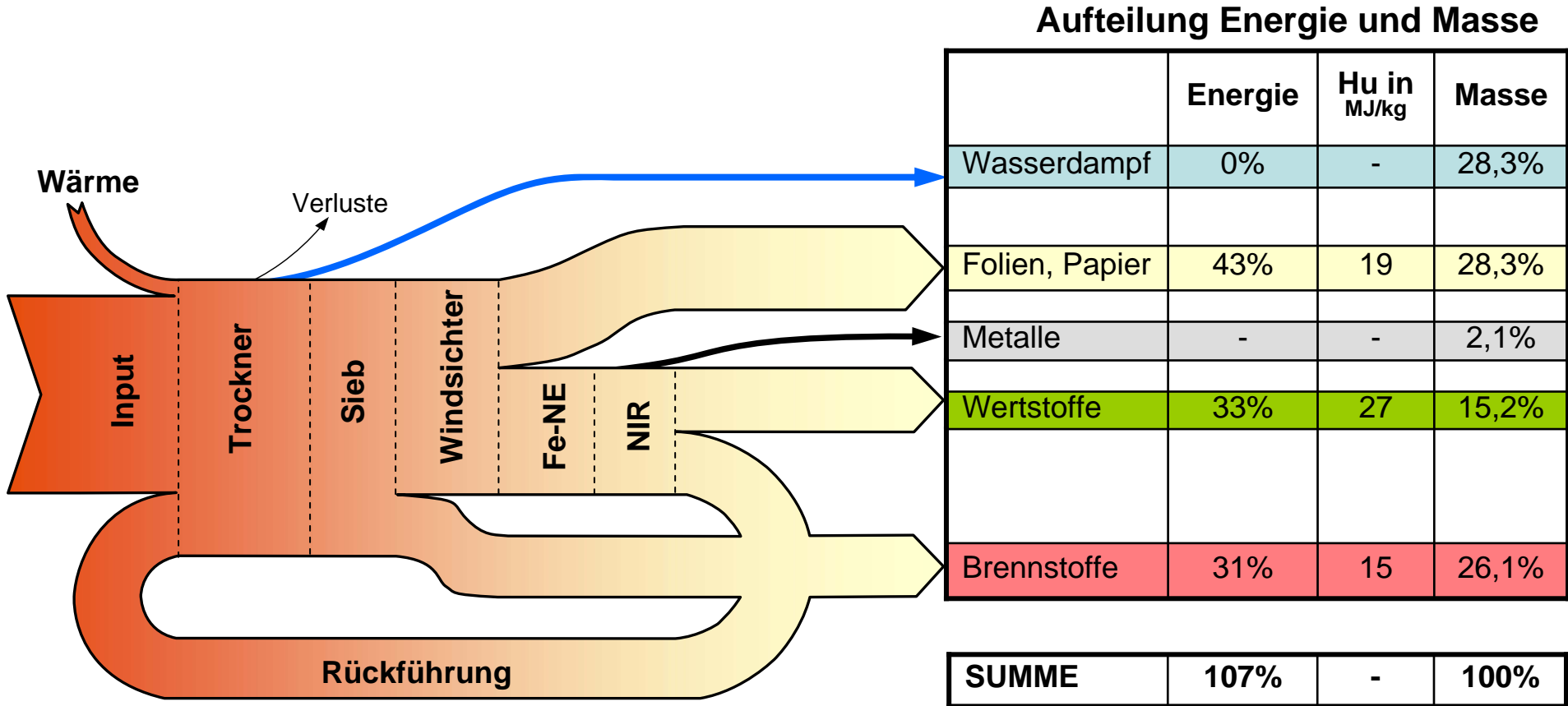
# Umluftstrecke Tunneltrockner



# Verfahrensfließbild Tunneltrockner mit Aufbereitung



# Sankey-Diagramm Tunneltrockner

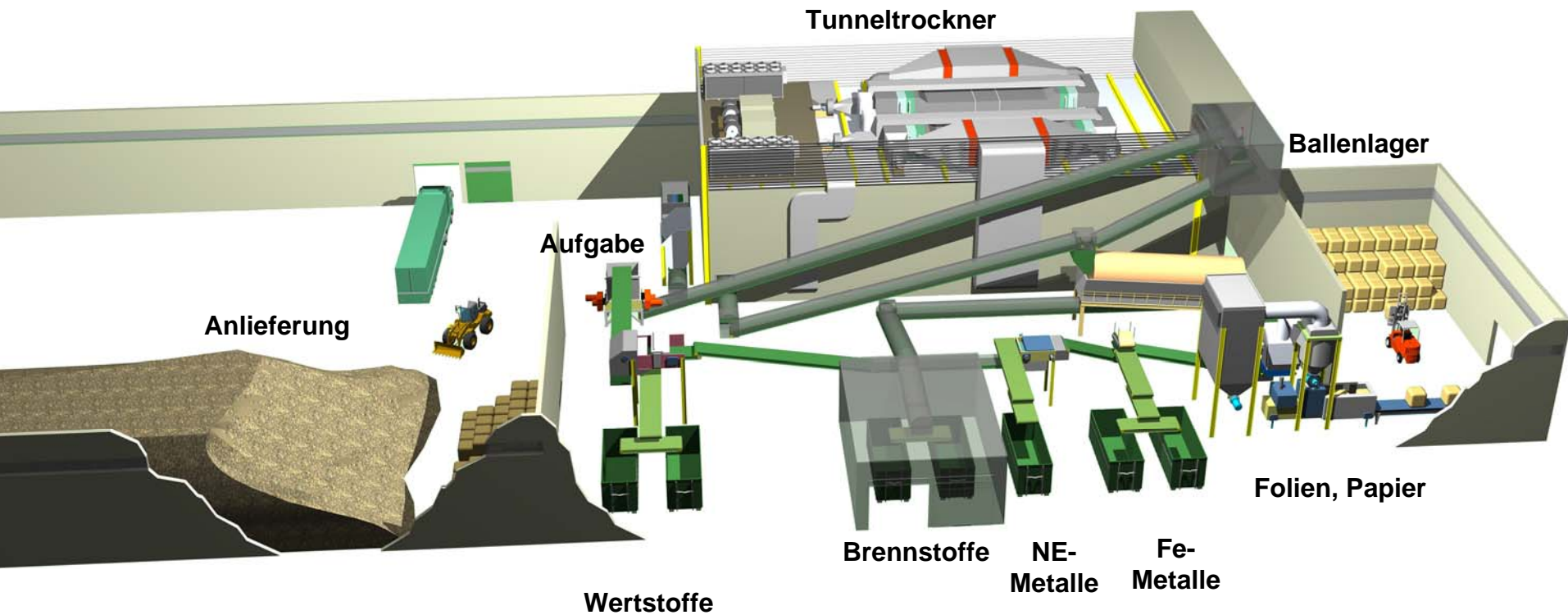




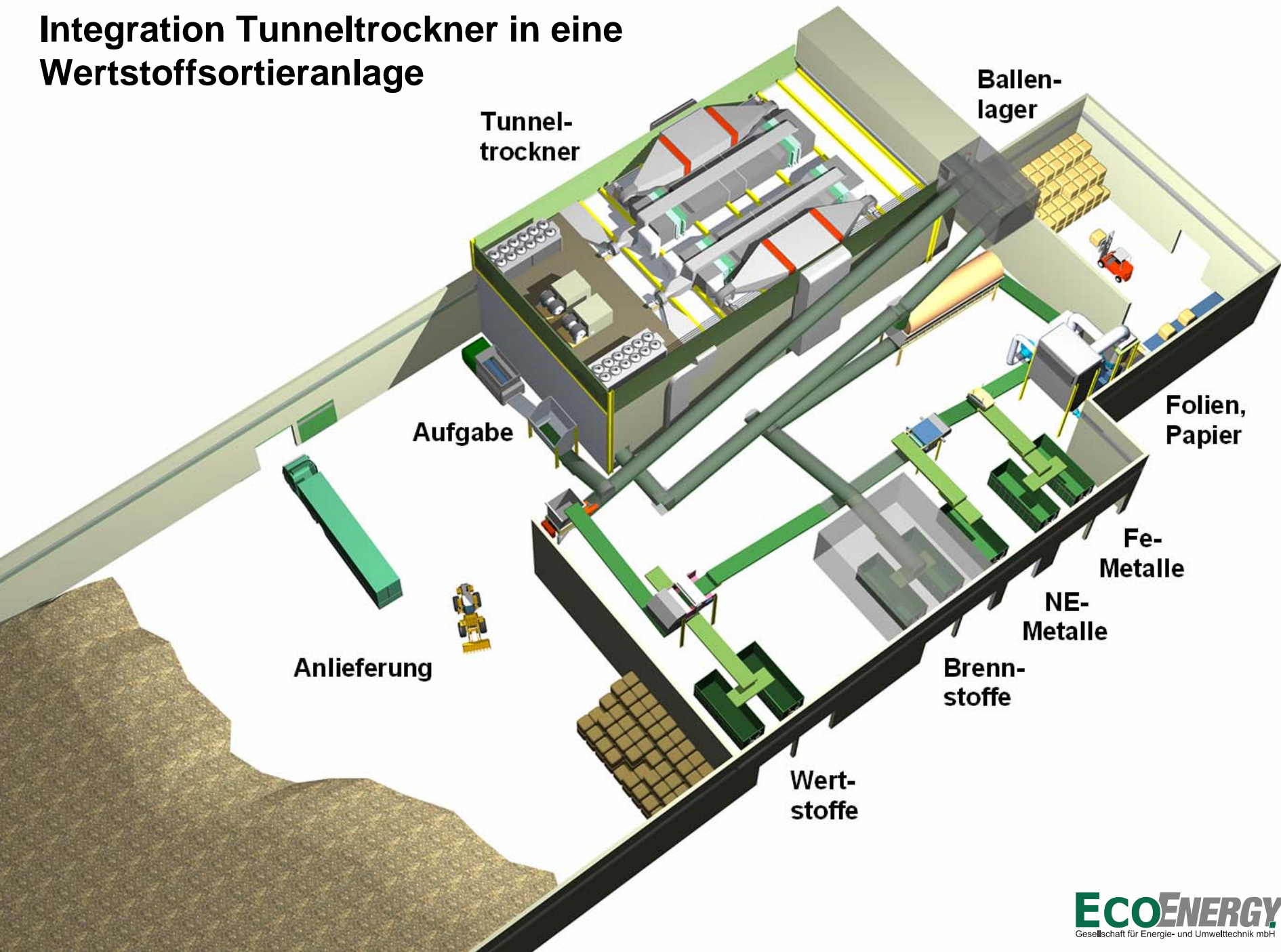
# Aufstellung Tunneltrockner mit Aufbereitung

## Kenndaten

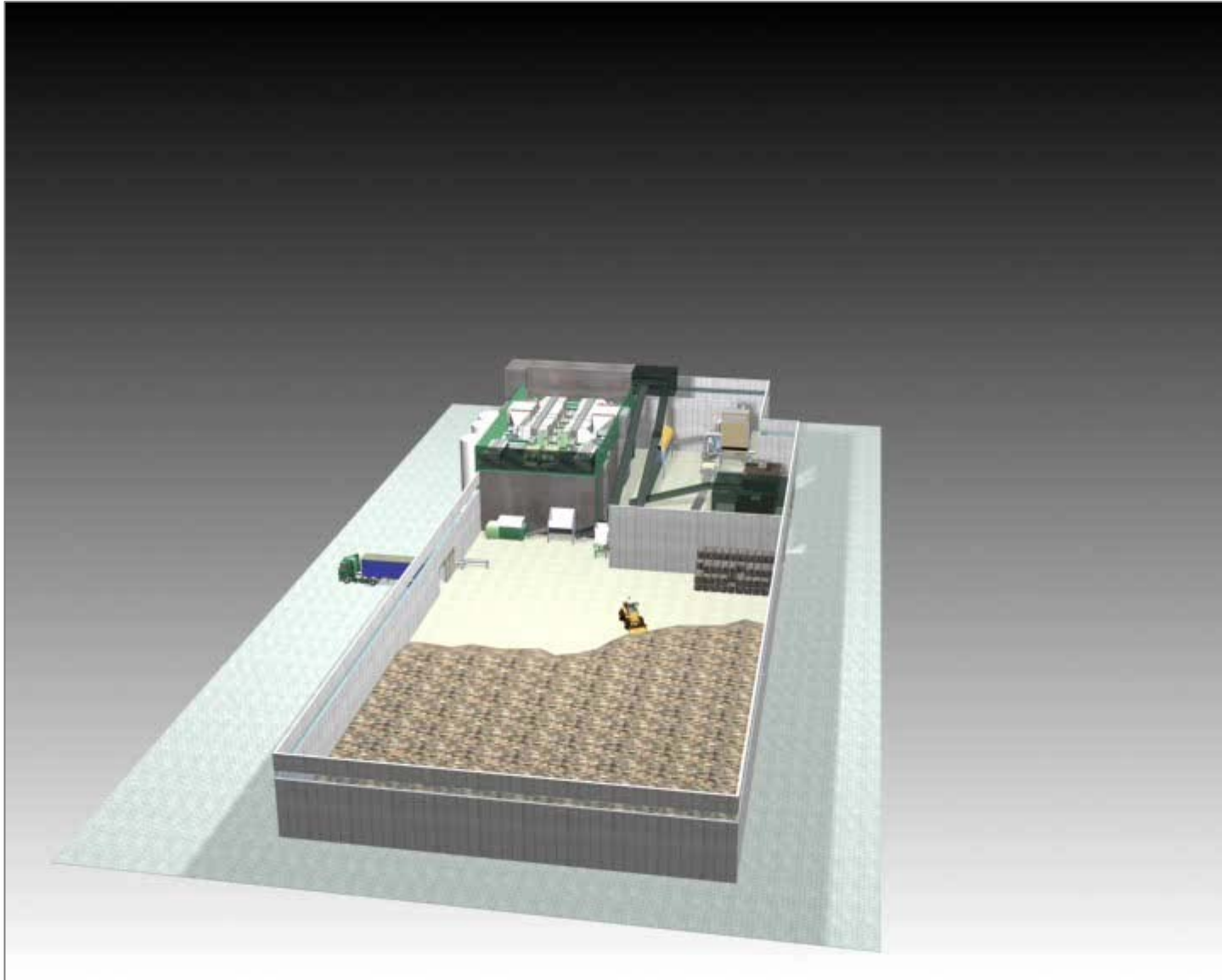
- ↻ 100.000 t/a Gewerbeabfall, Restabfall > 80 mm
- ↻ Wasserverdampfungsleistung: 4 t/h
- ↻ Wärmebedarf: 4 MW



# Integration Tunneltrockner in eine Wertstoffsartieranlage



# Animation Tunneltrockner mit Aufbereitungsanlage



# Kostenübersicht Tunneltrockner

Invest und Betriebskosten Trocknung	€/t Input
Annuität (Invest 6 Mio. €)	6
Wartung, Versicherung	2
Personal	2
Strom 55 €/MWh	1
<b>Wärme 20 €/MWh bei 95 °C</b>	<b>6</b>
Sonst. Betriebsmittel	1
<b>SUMME Trocknung</b>	<b>18</b>
Invest und Betriebskosten Aufbereitung	€/t Input
Annuität (Invest 5 Mio. €)	5
Wartung, Versicherung	2
Personal	2
Strom 55 €/MWh	1
Wärme 20 €/MWh bei 95 °C	-
Sonst. Betriebsmittel	1
<b>SUMME Aufbereitung</b>	<b>11</b>

Rest- und Wertstoffe	€/t Input	€/spez.
Folien, Papier	17,0	60
EBS < 40 mm, 15 MJ/kg	23,5	90
Wertstoffe	0	0
Metalle	- 3,2	- 150
<b>SUMME Entsorgung</b>	<b>37,3</b>	

Behandlungskosten	€/t Input
Trocknung	18
Aufbereitung	11
Rest- und Wertstoffe	37,3
<b>SUMME</b>	<b>66,3</b>

## 5 Einfluss von CO<sub>2</sub>-Zertifikathandel auf die EBS-Menge und Qualität

### Direkter Einfluss

(falls neue EBS-Kraftwerke nicht mehr aus dem CO<sub>2</sub>-Handel ausgenommen werden)

Zusammensetzung EBS: 60% fossil, 40% nativ organisch (massebezogen)  
75% fossil, 25% nativ organisch (energiebezogen)

da fossile Bestandteile doppelt so hohen Heizwert haben

⇒ **CO<sub>2</sub>-Emissionspotenzial von EBS**: 57 g CO<sub>2</sub>/MJ

⇒ 0,8 t CO<sub>2</sub>/t EBS bei 14 MJ/kg

⇒ **Kunststoffanteil: 1 t CO<sub>2</sub>/t Kunststoff normiert auf 14 MJ/kg**

Bei 50 €/t CO<sub>2</sub>-Zertifikat müssen 40 €/t EBS mehr eingenommen werden, sollte der CO<sub>2</sub>-Zertifikathandel ab 2013 auch auf energetische Verwertungsanlagen für Abfälle ausgeweitet werden.

## 2. 5 Einfluss von CO<sub>2</sub>-Zertifikathandel auf die EBS-Menge und Qualität

### Indirekter Einfluss

(auch wenn EBS-Kraftwerke vom CO<sub>2</sub>-Handel ausgenommen werden)

#### Marktmechanismen:

- biogene Abfälle wie Sperrabfall, Altholz, schlechtes Papier sowie biogene Fraktion aus MBA usw. für Kohlekraftwerke und Zementindustrie
- Verstärkung Kunststoffrecycling bei erhöhten CO<sub>2</sub>-Zertifikatpreisen und steigenden Ölpreisen

#### Konsequenz für EBS-Menge und Qualität

- Mengenrückgang – Biomasse und Wertstoffe
- Qualitätsverschlechterung
- Chloranstieg im Restgemenge

## 2. 6 Novellierte EU-Abfallrahmenrichtlinie – Recycling und Energieeffizienz

### Verwertung von PVC:

- Einsatz im Hochofen zur Reduktion oder Methanolproduktion  
- zukünftig nicht als stoffliches Recycling anerkannt (Entwurf)
- energetische Verwertung stark PVC-haltiger Abfälle
  - hohe Dampfparameter → sehr anspruchsvoll durch hohen Chlorgehalt
  - Ausweg: effektive Kraft-Wärme-Kopplung erforderlich, jedoch kaum vorhanden

Einhaltung der Energieeffizienzkriterien der EU-Abfallrahmenrichtlinie werden durch PVC bzw. hohen Chlorgehalt erschwert

 keine Alternative zur energetischen Verwertung für PVC-Gemische (< 30% PVC)

 Recyclingquoten müssen von den sortenrein erfassbaren Kunststoffen und anderen Wertstoffen erfüllt werden

 PVC reichert sich im Abfall zur energetischen Verwertung weiter an



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

**Dipl.- Ing. Reinhard Schu**  
EcoEnergy Gesellschaft für  
Energie- und Umwelttechnik mbH  
Walkenried am Harz  
[www.EcoEnergy.de](http://www.EcoEnergy.de)