



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

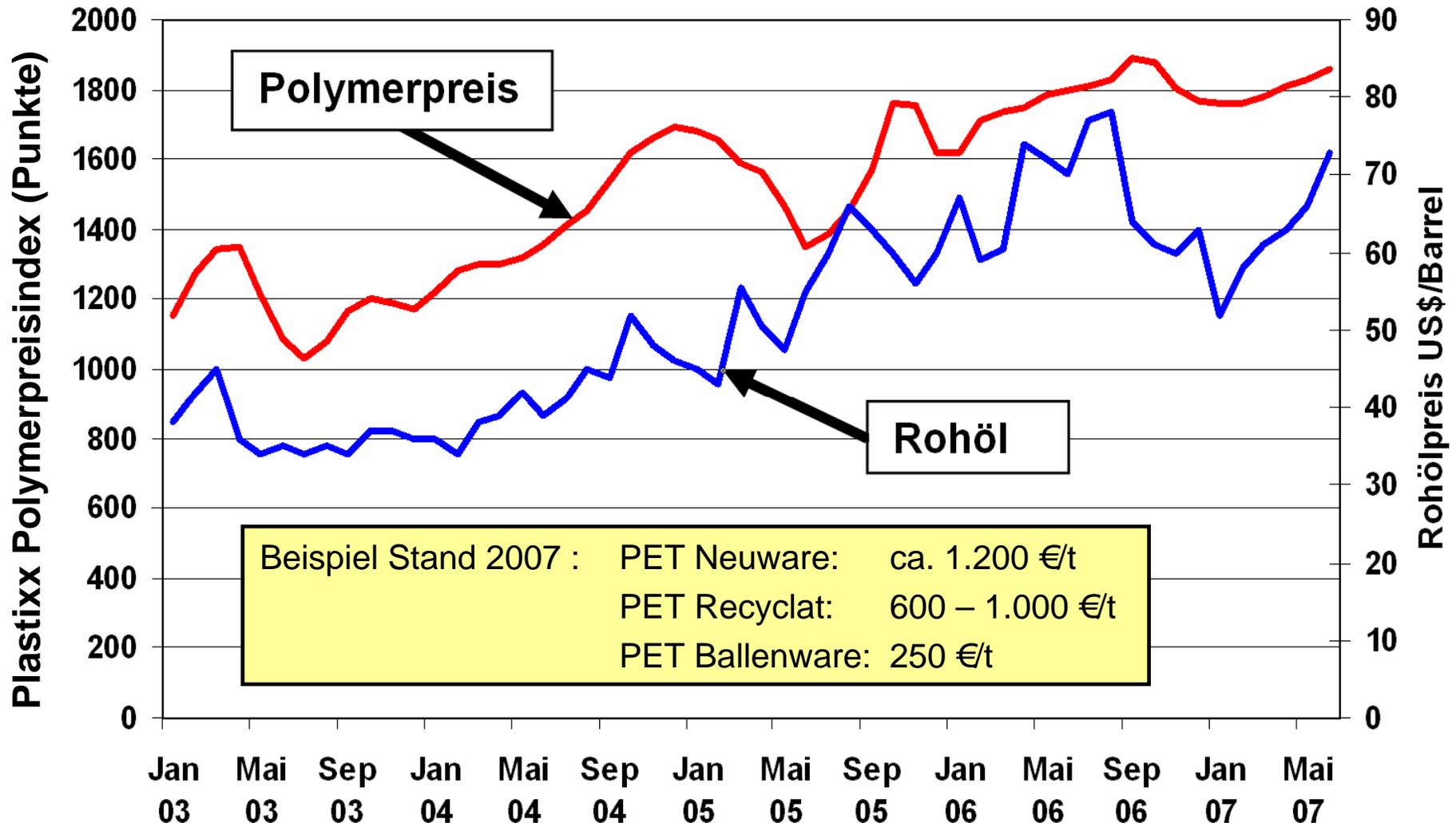
Recycling ist meist eine höhere Form der Energierückgewinnung aus Abfällen als die energetische Verwertung, z.B.: „1 kg Kunststoff entspricht dem Äquivalenteinsatz von 1,8 bis 2,3 l Rohöl.“

- 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

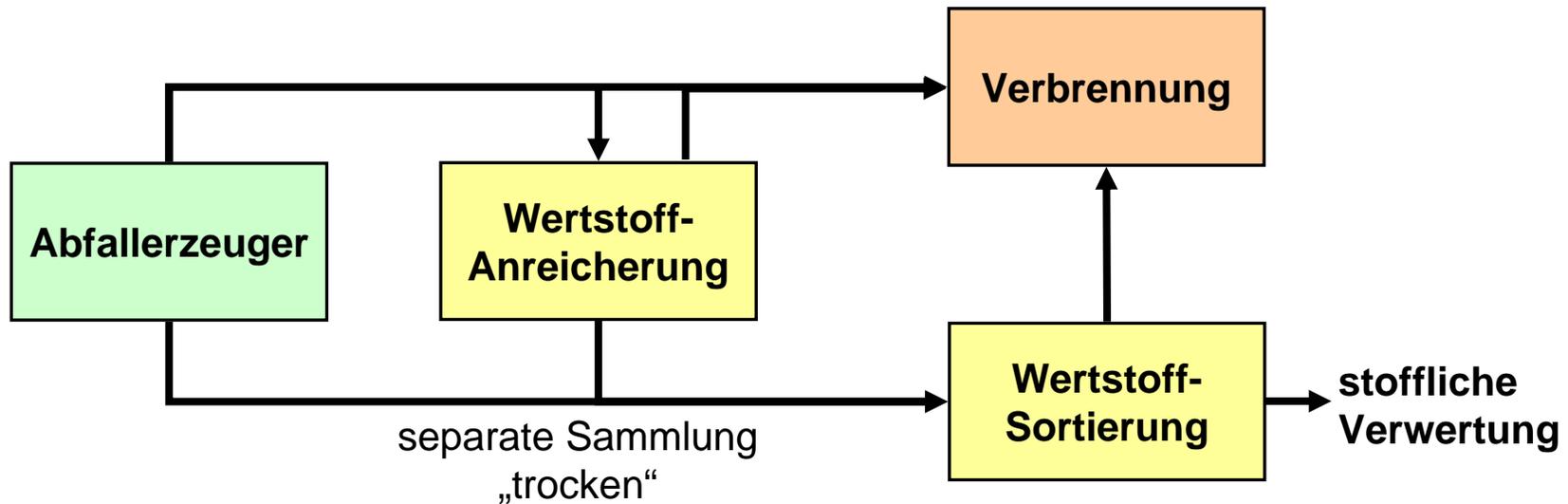


Recycling

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

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

(Werk)stoffliche versus energetische Verwertung



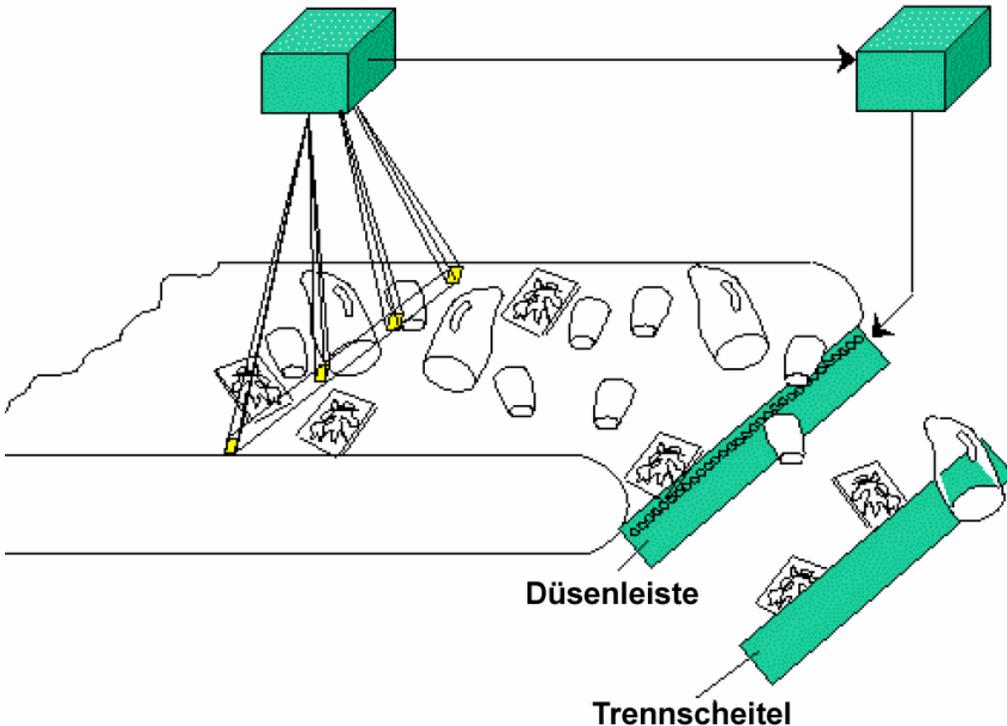
Mehrstufige Wertstoffanreicherung



Wertstoffsartierung durch optische Sortiersysteme

Detektor mit Spiegelsystem

Auswerteeinheit



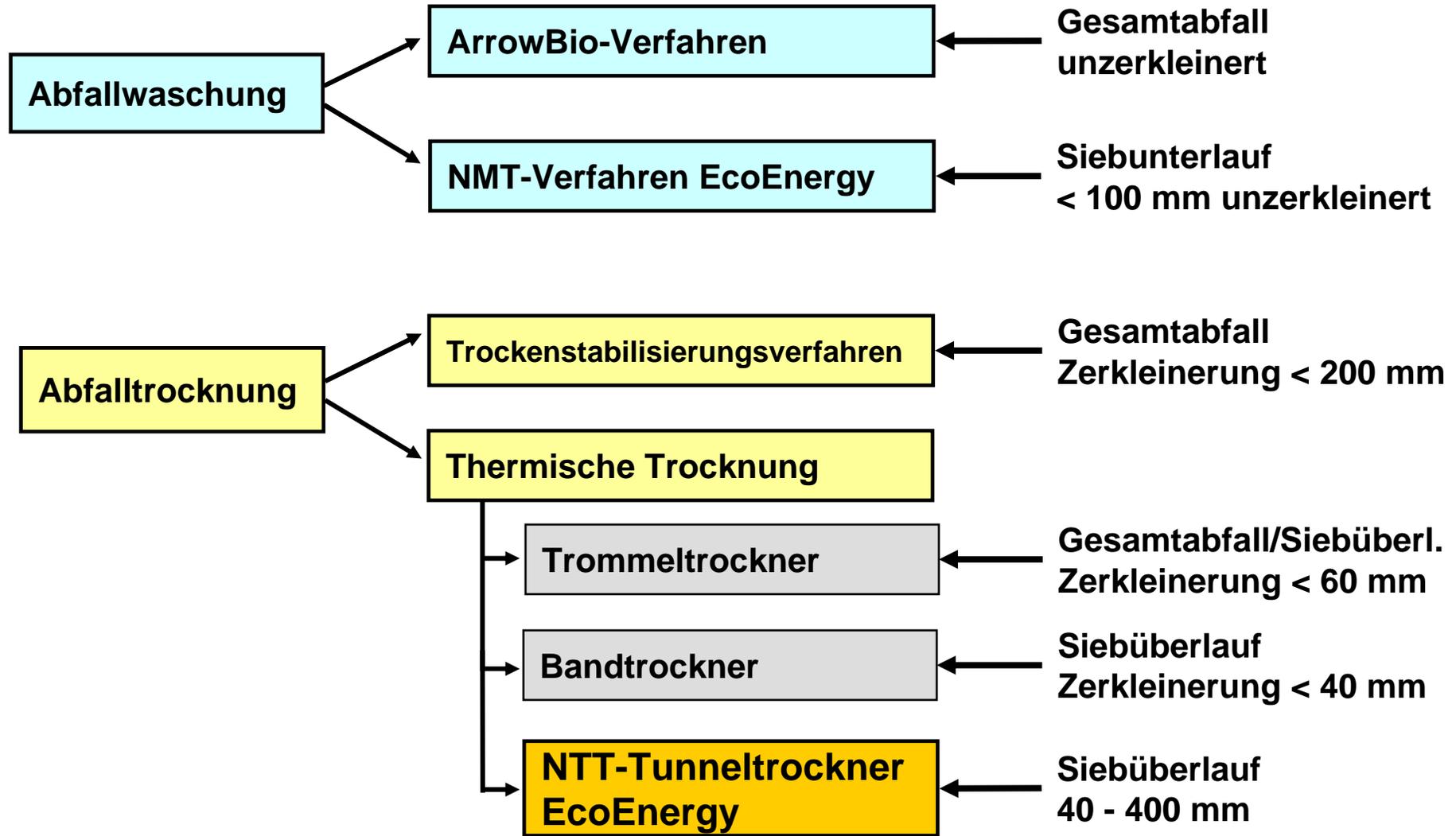
Kosten und Qualität abhängig von:

- 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 ₂ O/h
Trockenstabilat-Verfahren Herhof		
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
Trockenstabilisierung Lentjes		
MBA Wetterau	49.000	2,00
Trockenstabilisierung Nehlsen		
MBV Lübben Ratsvorwerk/Niederlausitz	28.000	1,20
MBS Vogtland	65.000	2,30
MBV-/EBS Anlage Stralsund	70.000	2,70
Trockenstabilisierung Wehrle Umwelt		
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 ₂ O/h
Vandenbroek		
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 ₂ O/h
Amandus Kahl GmbH Co. KG		
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 ³ / t H ₂ O	3.000 - 4.000 Nm ³ / t H ₂ O	3.000 - 4.000 Nm ³ / t H ₂ O	350 - 3.500 Nm ³ / t H ₂ O
Stromverbrauch	40 - 180 kWh/ t H ₂ O			
Erdgasverbrauch RTO	7 - 150 kWh/ t H ₂ O			
Wärmeeinsatz Trocknung	700 - 1.000 kWh/ t H ₂ O			
Elektr. Energieäquivalent	460 - 515 kWh/ t H ₂ O	470 - 530 kWh/ t H ₂ O	140 - 195 kWh/ t H ₂ O	154 - 205 kWh/ t H ₂ O

Abwärmenutzung ist zu bevorzugen:

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

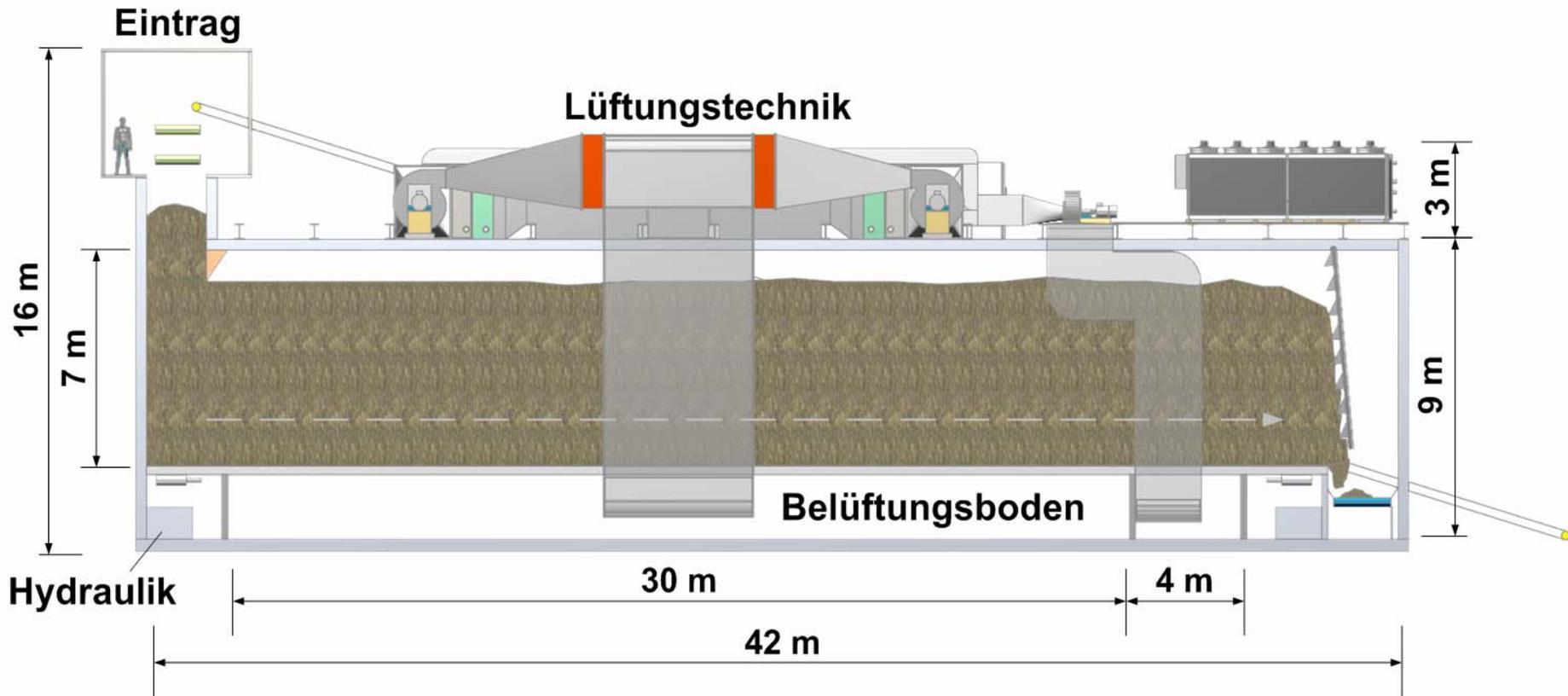


Niedertemperaturtrocknung

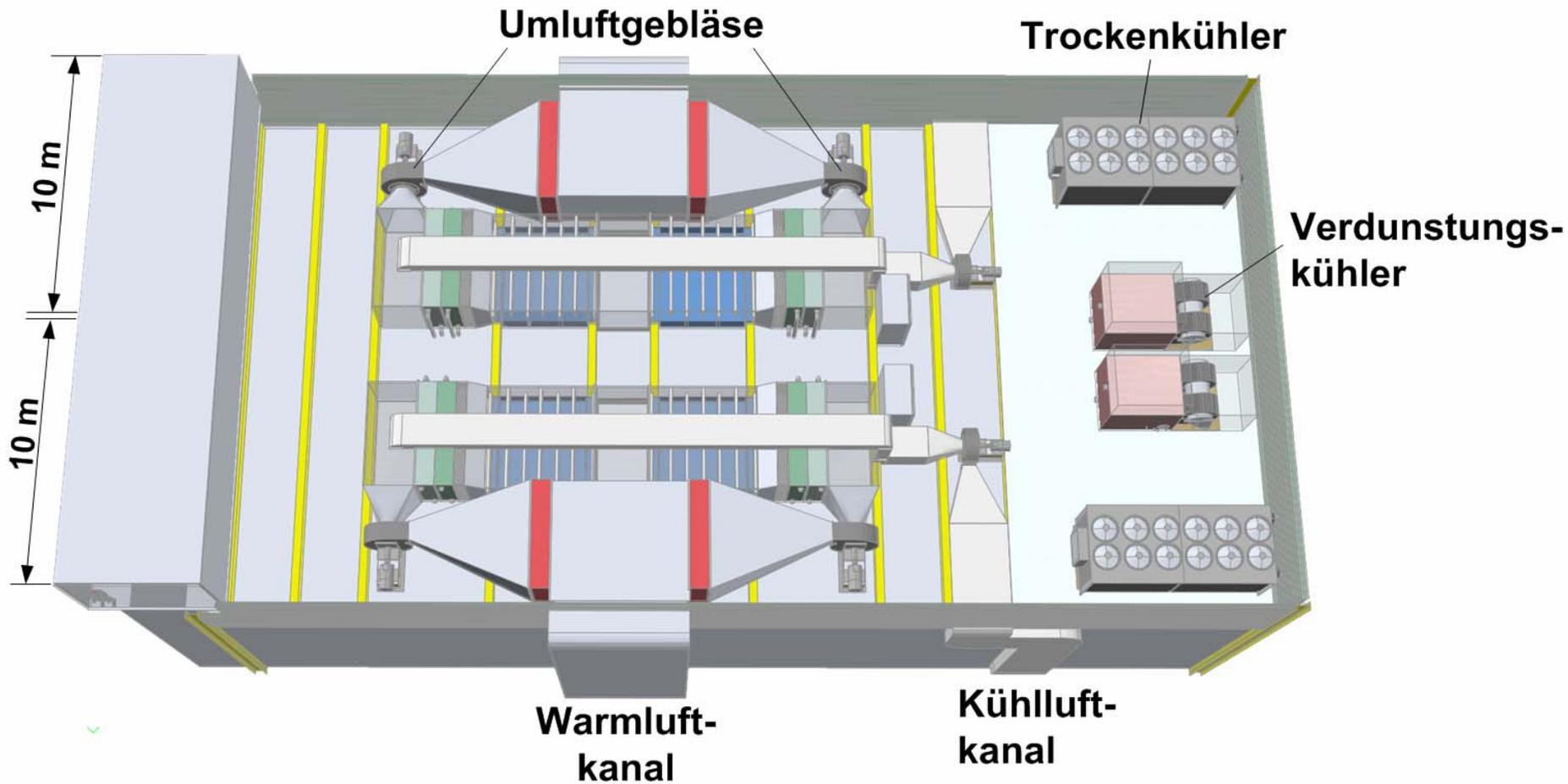
NTT-Tunnelrockner - Auslegungsdaten

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 ³
Heizmedium	Abwärme > 90°C
Wärmeeinsatz Trocknung	850 - 1.100 kWh/t H ₂ O
Elektr. Energieäquivalent	ca. 200 kWh/t H ₂ 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

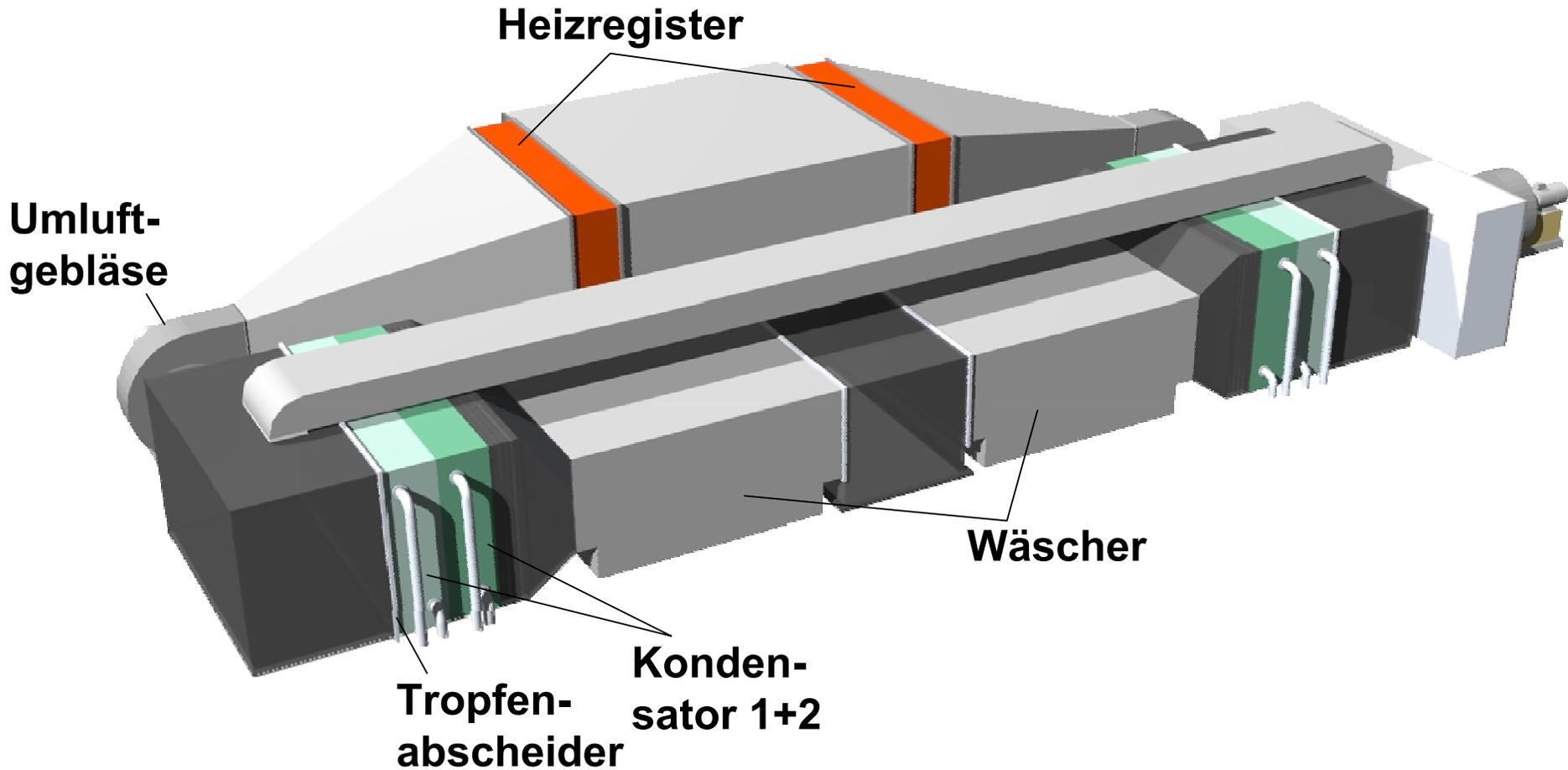
NTT-Tunnelrockner - Schnitt



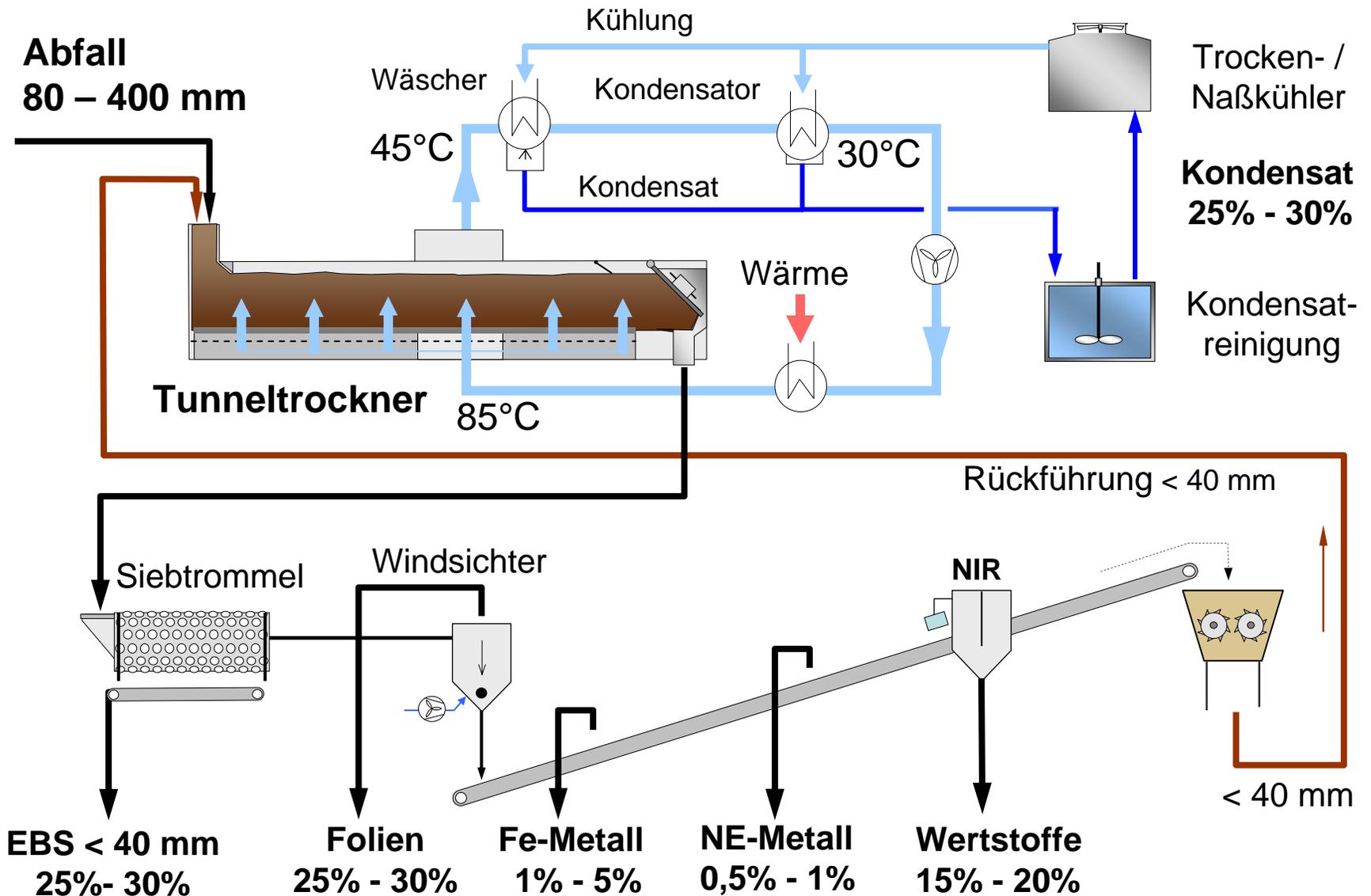
NTT-Tunnelrockner - Draufsicht



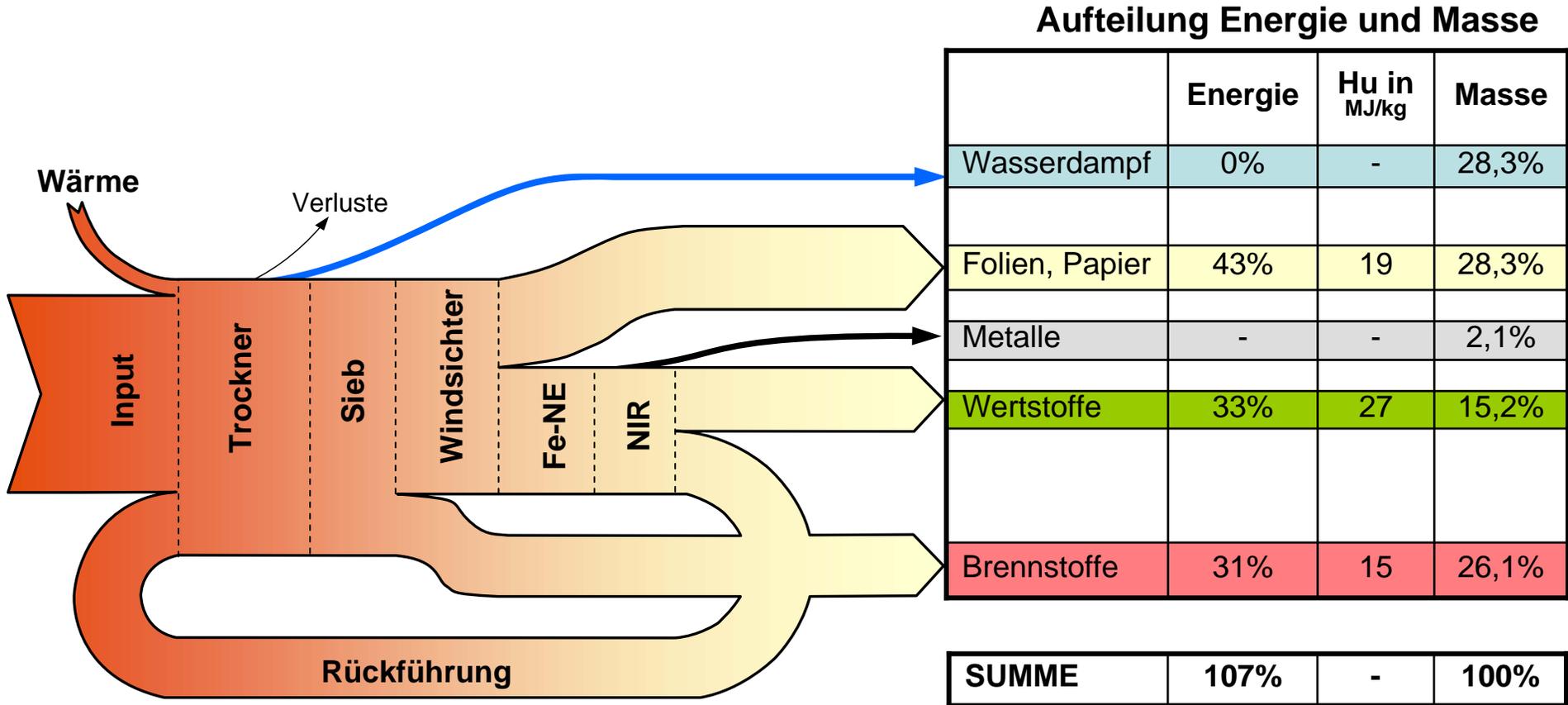
Umluftstrecke Tunneltrockner



Verfahrensfließbild Tunneltrockner mit Aufbereitung



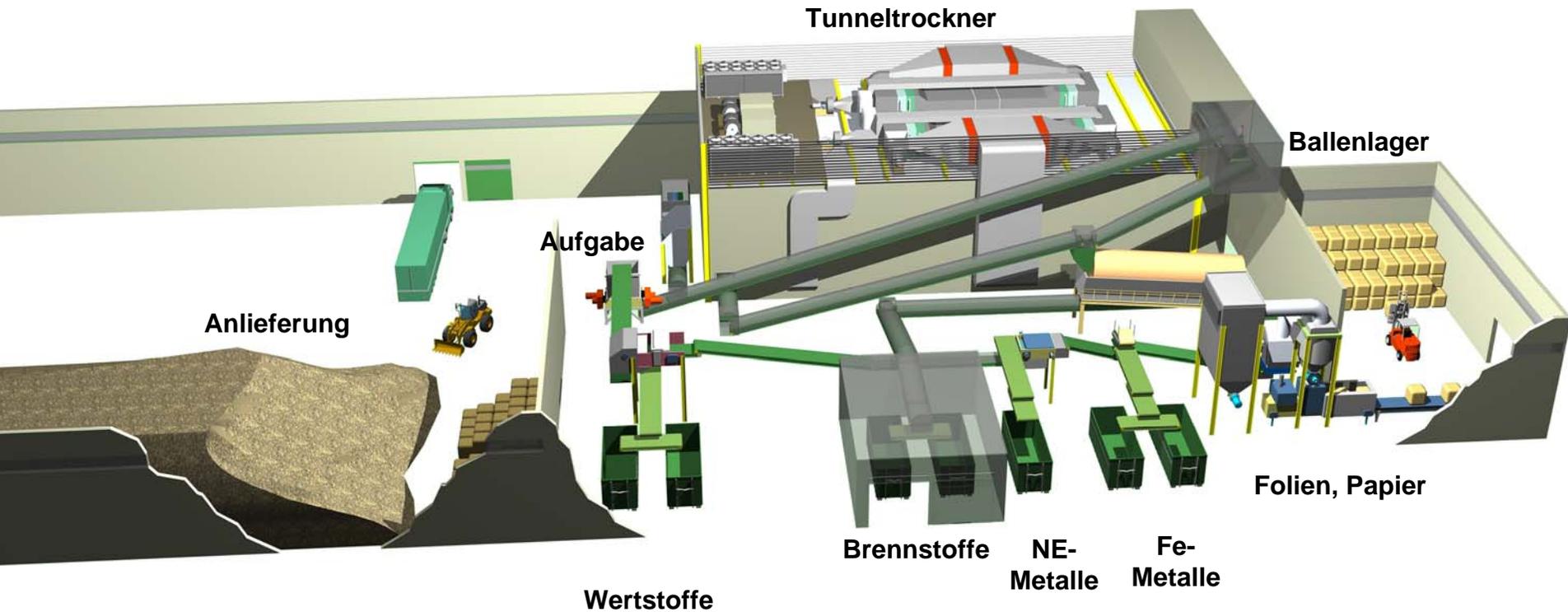
Sankey-Diagramm Tunneltrockner



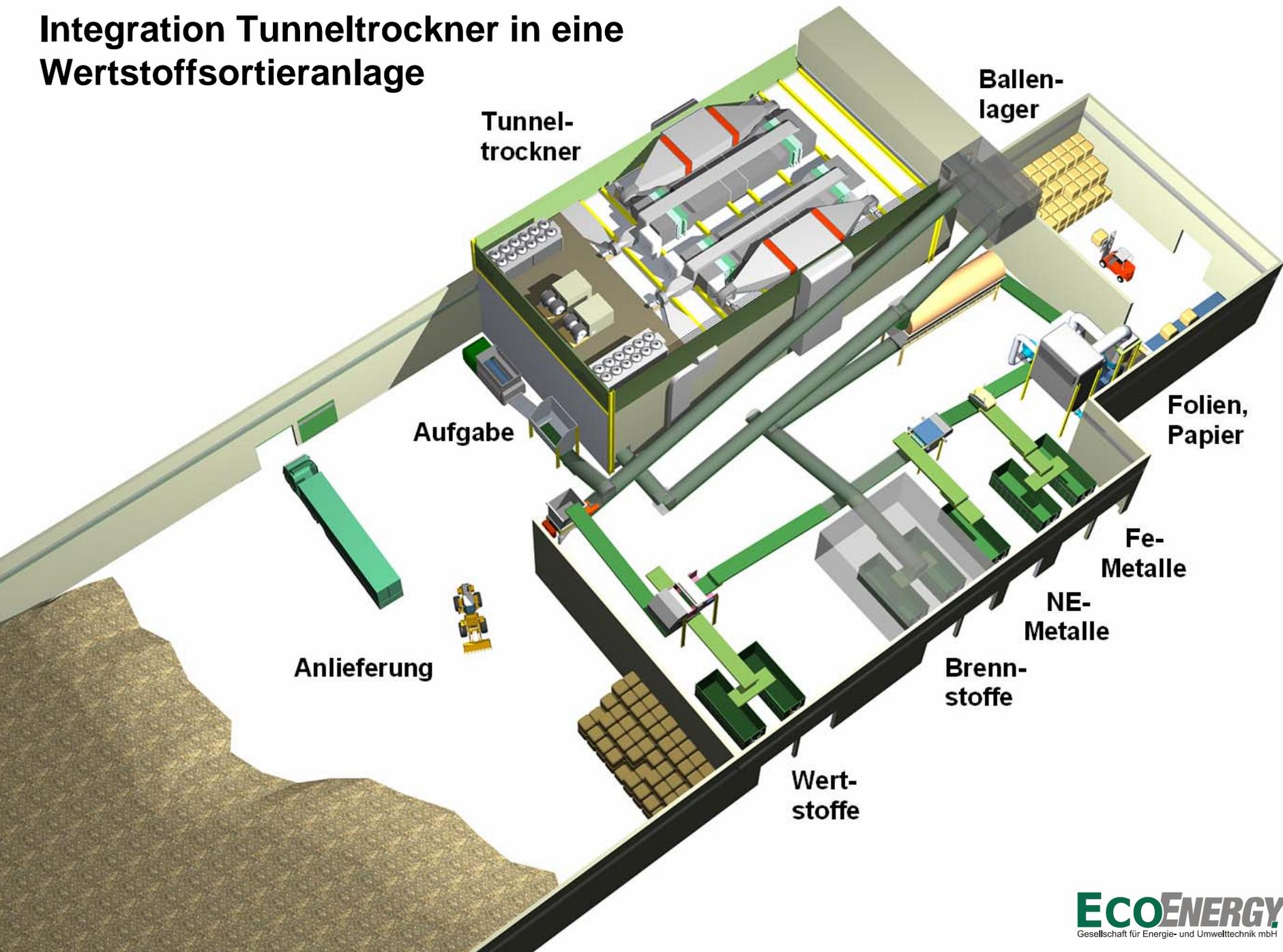
Aufstellung Tunneltrockner mit Aufbereitung

Kenndaten

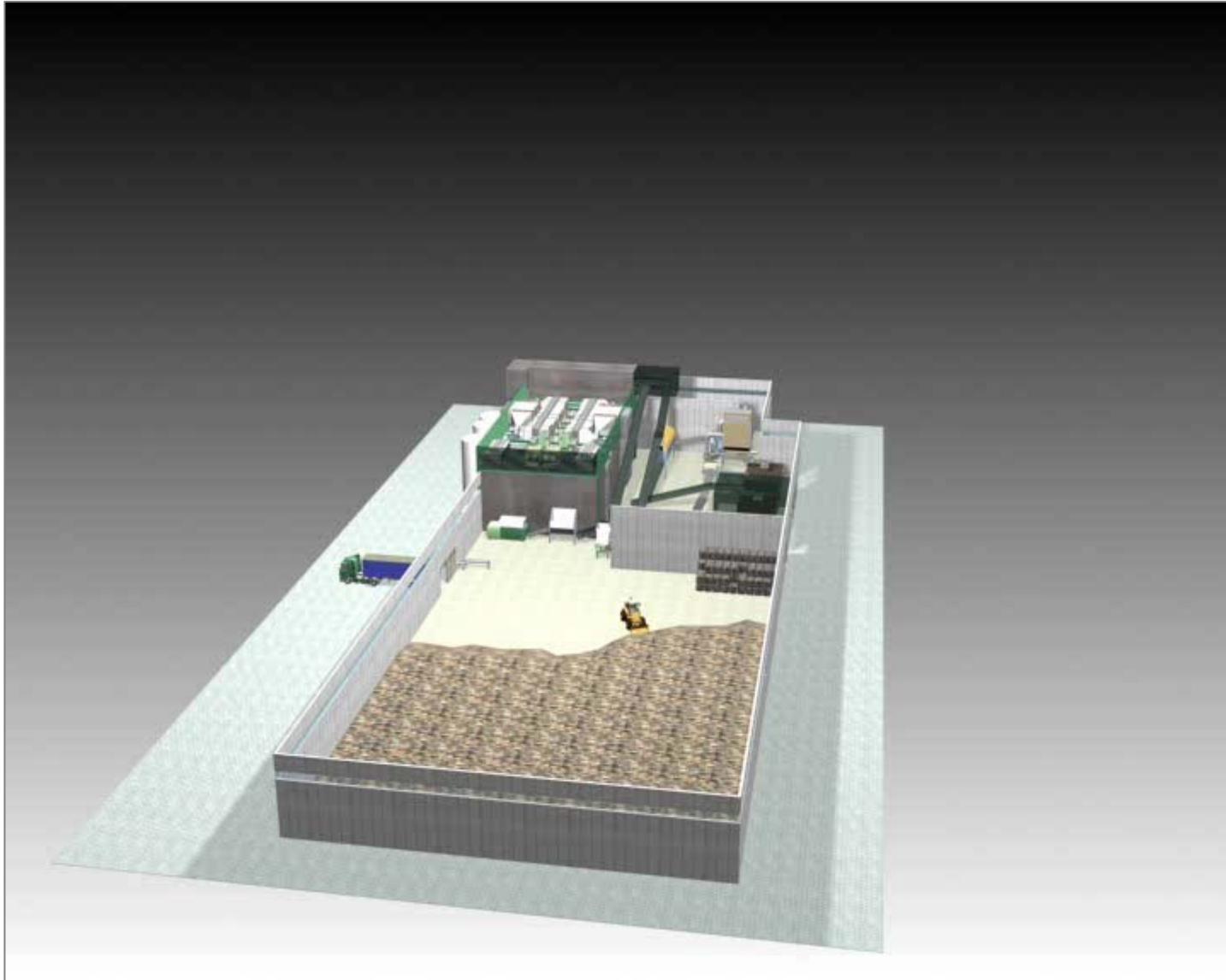
- ↻ 100.000 t/a Gewerbeabfall, Restabfall > 80 mm
- ↻ Wasserverdampfungsleistung: 4 t/h
- ↻ Wärmebedarf: 4 MW



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
Wärme 20 €/MWh bei 95 °C	6
Sonst. Betriebsmittel	1
SUMME Trocknung	18
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
SUMME Aufbereitung	11

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
SUMME Entsorgung	37,3	

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

5 Einfluss von CO₂-Zertifikathandel auf die EBS-Menge und Qualität

Direkter Einfluss

(falls neue EBS-Kraftwerke nicht mehr aus dem CO₂-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

⇒ **CO₂-Emissionspotenzial von EBS**: 57 g CO₂/MJ

⇒ 0,8 t CO₂/t EBS bei 14 MJ/kg

⇒ **Kunststoffanteil**: 1 t CO₂/t Kunststoff normiert auf 14 MJ/kg

Bei 50 €/t CO₂-Zertifikat müssen 40 €/t EBS mehr eingenommen werden, sollte der CO₂-Zertifikathandel ab 2013 auch auf energetische Verwertungsanlagen für Abfälle ausgeweitet werden.

2. 5 Einfluss von CO₂-Zertifikathandel auf die EBS-Menge und Qualität

Indirekter Einfluss

(auch wenn EBS-Kraftwerke vom CO₂-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 CO₂-Zertifikatpreisen und steigenden Ölpreisen

Konsequenz für EBS-Menge und Qualität

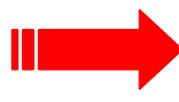
- Mengenrückgang – Biomasse und Wertstoffe
- Qualitätsverschlechterung
- Chloranstieg im Restgemenge

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