



## Ressourcenschonung und Klimaschutz - Entwicklungen in der Abfallwirtschaft



Fachtagung am 13. November 2008

UmweltSpezial



## **Ressourcenschonung und Klimaschutz – Entwicklungen in der Abfallwirtschaft**

**Fachtagung am 13. November 2008**

**UmweltSpezial**

## Impressum

Ressourcenschonung und Klimaschutz - Entwicklungen in der Abfallwirtschaft  
Fachtagung des LfU am 13.11.2008  
ISBN (Online-Version): 978-3-936385-46-5

### Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt  
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160  
86179 Augsburg  
Tel.: (08 21) 90 71-0  
Fax: (08 21) 90 71-55 56  
E-Mail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de)

### Redaktion:

LfU Referat 12

### Bildnachweis:

Bayerisches Landesamt für Umwelt / Autoren

### Druck:

Eigendruck Bayer. Landesamt für Umwelt

Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier.

### Stand:

November 2008

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

---

# Inhaltsverzeichnis

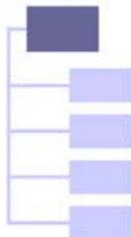
<b>Recycling für den Klimaschutz Die CO<sub>2</sub>-Bilanz bei der Verwertung von Metallen, Papier, Holz und Kunststoff</b>	<b>5</b>
Dr.-Ing. Hartmut Pflaum, Dr.-Ing. Markus Hiebel, Fraunhofer Institut Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT	
<b>Materialeffizienz – Ökobilanzielle Betrachtungen</b>	<b>25</b>
Prof. Dr. Wolfgang Rommel, bifa Umweltinstitut GmbH	
<b>Materialeffizienz beim Einsatz von Kunststoffen und Metallen – Fallstudien</b>	<b>36</b>
Bernhard Hartleitner, bifa Umweltinstitut GmbH	
<b>Altreifenrecycling – neue Kapazitäten für die stoffliche Verwertung</b>	<b>42</b>
Michael Hvam, Genan GmbH	
<b>Rohstoff- und Energieeffizienz in der Papierindustrie</b>	<b>57</b>
Dr. Wilhelm Demharter, UPM-Kymmene Papier GmbH & Co. KG	
<b>PV CYCLE: Making the photovoltaic industry DoubleGreen Das freiwillige europäische Rücknahme- und Recyclingsystem für PV-Module</b>	<b>85</b>
Dr. Sylke Schlenker, Deutsche Solar AG	
<b>Recycling von Energiesparlampen (Entladungslampen allgemein)</b>	<b>88</b>
Christian Merz, Osram GmbH	
<b>Vollständige Verwertung in Müllverbrennungsanlagen</b>	<b>103</b>
Dipl.-Ing. Regine Vogt, Dipl.-Biol. Horst Fehrenbach, IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH	
<b>Tagungsleitung / Referenten</b>	<b>115</b>



## Recycling für den Klimaschutz Die CO<sub>2</sub>-Bilanz bei der Verwertung von Metallen, Papier, Holz und Kunststoff

Dr.-Ing. Hartmut Pflaum, Dr.-Ing. Markus Hiebel, Fraunhofer Institut Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT

### Was erwartet Sie?



- Klimaschutz: Nachhaltige Lösungen sind gefragt
- Ziele der Studie und Vorgehen
- Einzelergebnisse für die Stoffströme
- Zusammenfassung der Ergebnisse
- Recycling für den Klimaschutz – Slogan oder Leitbild?

13. November 2008

No. 2



### Die Fraunhofer-Gesellschaft 2007

**56 Institute** **1,3 Mrd. € Budget** **13 000 Mitarbeiter**

**7 Institutsverbünde**

- Informations- und Kommunikationstechnik
- Life Sciences
- Mikroelektronik
- Oberflächentechnik und Photonik
- Produktion
- Werkstoffe, Bauteile
- [Verteidigungs- und Sicherheitsforschung]

13. November 2008 No. 4

**Fraunhofer** Institut Umwelt, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT

Recycling für den Klimaschutz

## Keynotes zur Fraunhofer UMSICHT

Gründung .....	1990
Mitglied der FhG seit .....	1998
Betriebshaushalt 2007 .....	17,9 Mio. €
Wirtschaftserträge 2007 .....	8,7 Mio. €
Feste Mitarbeiter .....	150
Technikum/Labor .....	4 000 m <sup>2</sup>



Durchführung der Studie: Geschäftsfeld  
Ressourcenmanagement



13. November 2008

No. 5

  
Fraunhofer Institut  
Umwelt, Sicherheits-,  
Energietechnik UMSICHT

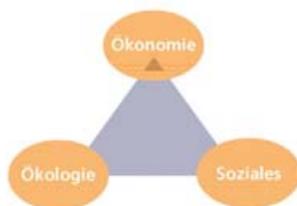
Recycling für den Klimaschutz

**Klimaschutz:  
Nachhaltige Lösungen sind gefragt**

## Umwelt im Wandel der Zeit – die Anfänge

- 1962** »Der stumme Frühling« von R. Carson erscheint in den USA (Umweltkontamination, insbesondere Pestizidproblematik)
- 1968** Gründung des »Club of Rome«
- 1972** Studie »Die Grenzen des Wachstums« (D. Meadows)
- 1972** Gründung United Nations Environment Programme (UNEP)
- 1984** Gründung der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (WCED), Vorsitz: Dr. Gro Harlem Brundtland
- 1987** Bericht der WCED »Our Common Future« (Brundtland-Bericht) Entwicklung des Konzepts »Sustainable Development«
- 1988** Einrichtung des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
- 1992** Umwelt- und Entwicklungskonferenz in Rio de Janeiro (UNCED); Abschlussdokument »Agenda 21«
- 1997** Kyoto-Protokoll (2005-2012): Reduzierung der Treibhausgase

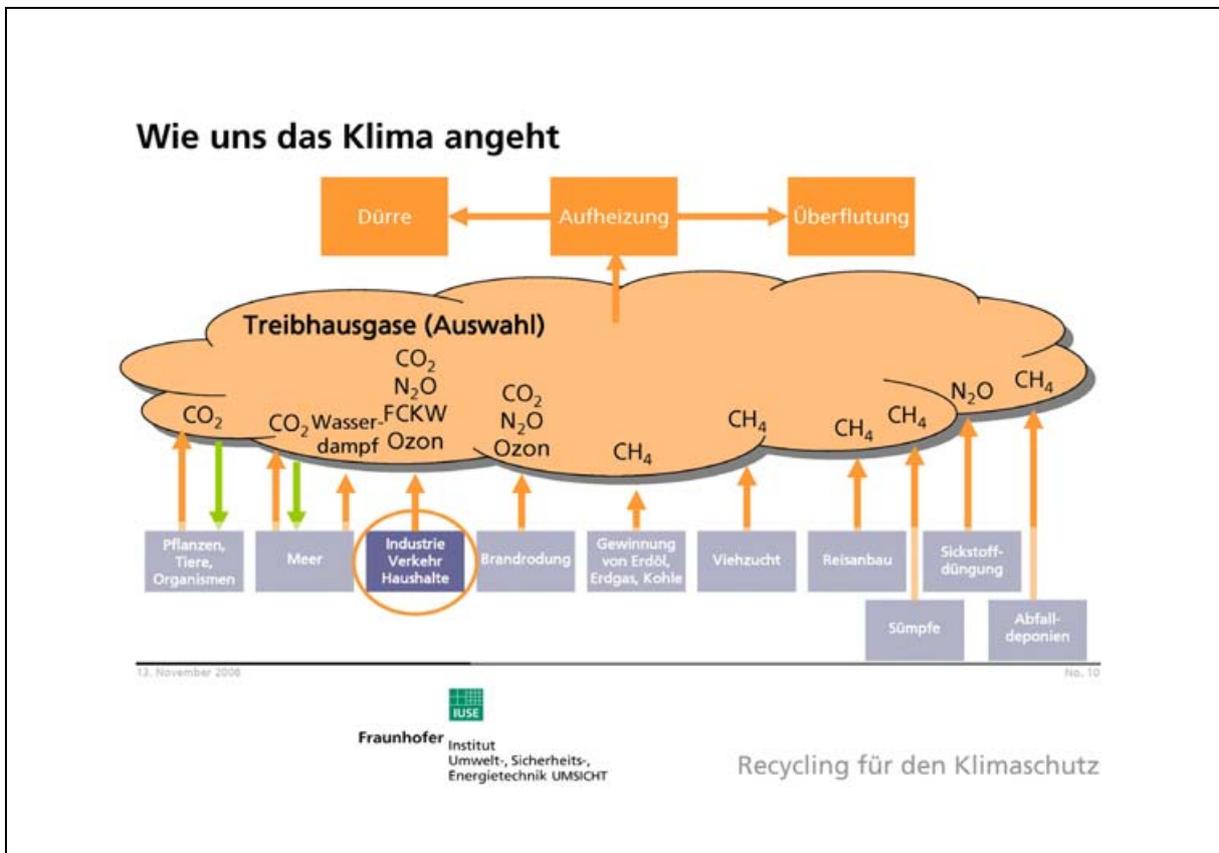
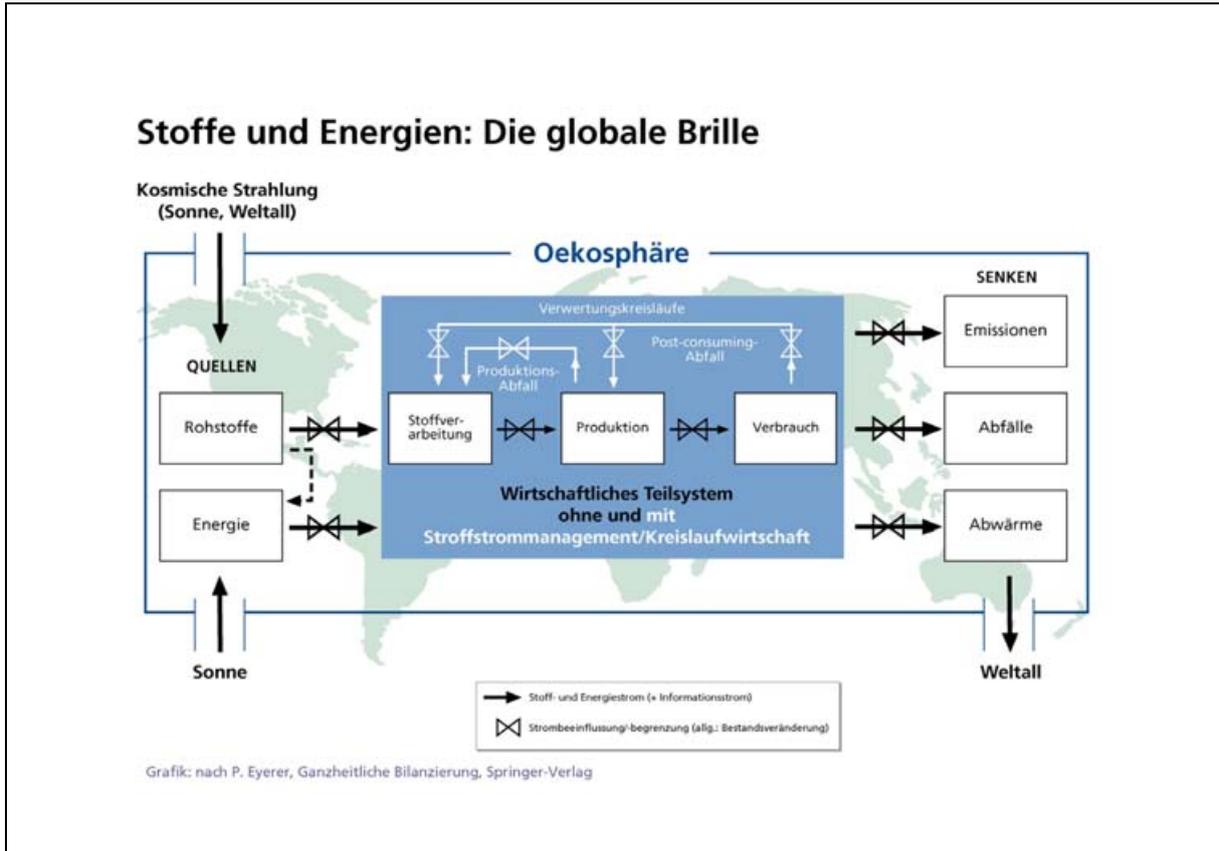
## Nachhaltigkeit: 3 Säulen als (Über-)Lebensmodell



- Endlichkeit und Verknappung nicht-regenerativer Rohstoffe
- Klimaschutz
- Technischer Fortschritt
- Gesellschaftspolitischer Fortschritt
- Wachstum
- Sicherung der Lebensgrundlagen jetziger und künftiger Generationen
- Lebensqualität, Gesundheit
- Wissen und Unwissenheit

13. November 2008

No. 6





## Zielstellung



Betrachtungszeitraum:  
2007

\* ca. 96 % der von INTERSEROH beeinflussten Mengen

- Vergleich und Bewertung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei
  - Nutzung von Primärrohstoffen
  - Nutzung von Sekundärrohstoffen aus dem Bereich Recycling
- 7 Sekundärrohstoffe von INTERSEROH\*
  - Eisen/Stahl
  - Aluminium
  - Kupfer
  - Holz
  - Papier
  - Polyethylen (PE)
  - Polyethylenterephthalat (PET)
- Bewertung und Einordnung

Metalle

Kunststoffe

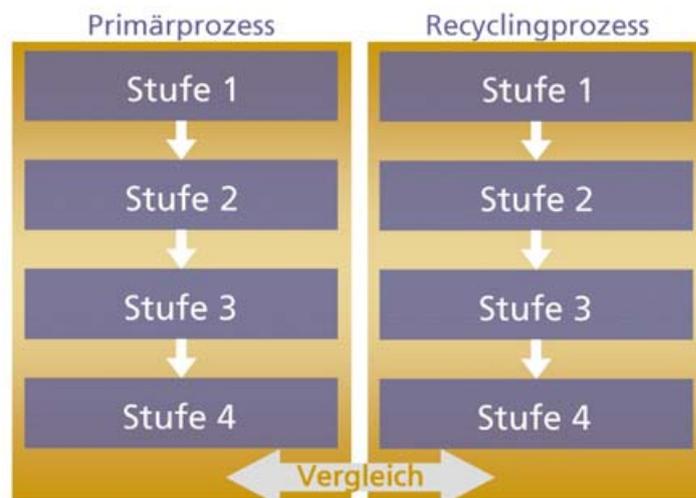
13. November 2008

No. 13

## Das Modell

Modellierung von je 7 Stoffstrompaaren

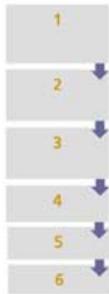
- Stoffstrom
- Energiestrom
- CO<sub>2</sub>-Emission



13. November 2008

No. 14

### Generell gilt...



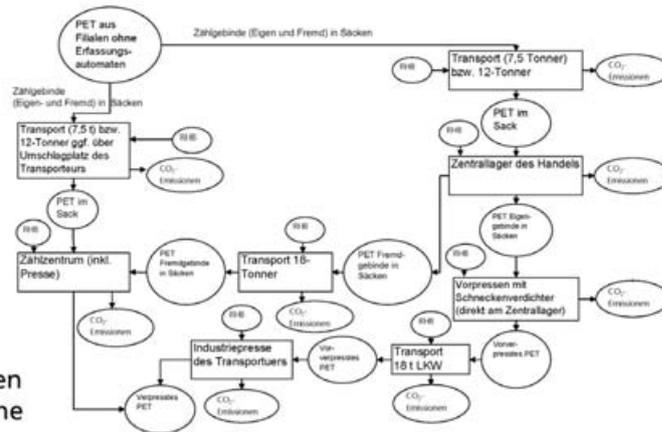
- ... jeder Prozess wird einzeln bilanziert, d. h. CO<sub>2</sub>-Emissionen werden berechnet und mit bekannten Daten verglichen
- ... Daten stammen aus Datenbanken und von INTERSEROH (z.B. Berücksichtigung von Störstoffen → realer Fall)
- ... die Ergebnisse werden in [t CO<sub>2</sub>/Tonne Material] berechnet
- ... Emissionen von Transport und Aufbereitung werden als **Belastung** gerechnet
- ... eingesparten Emissionen durch Recycling (vermeidene Primärprozesse) stellen **Gutschrift** dar
- ... für die Modellbildung werden **konservative** (d. h. vorsichtige) Annahmen getroffen
- ... in Zweifelsfällen werden eher schlechtere Daten gewählt

13. November 2008

10\_13

### Beispiel: Recyclingprozess PET im Modell

- Die Herstellung von PET-Regranulat erfordert:
  - Sammlung
  - Sortierung
  - Transport
  - Pressen
  - Zerkleinerung
  - Extrusion
- Unterschiede zwischen Erfassungssystem ohne und mit Automaten



hier Erfassung ohne Automat

13. November 2008

10\_16

## Die Stoffströme »Eisen/Stahl«, »Aluminium«, »Kupfer« Metall

### Der Stoffstrom Eisen/Stahl: Recyclingprozess



**Annahme:**

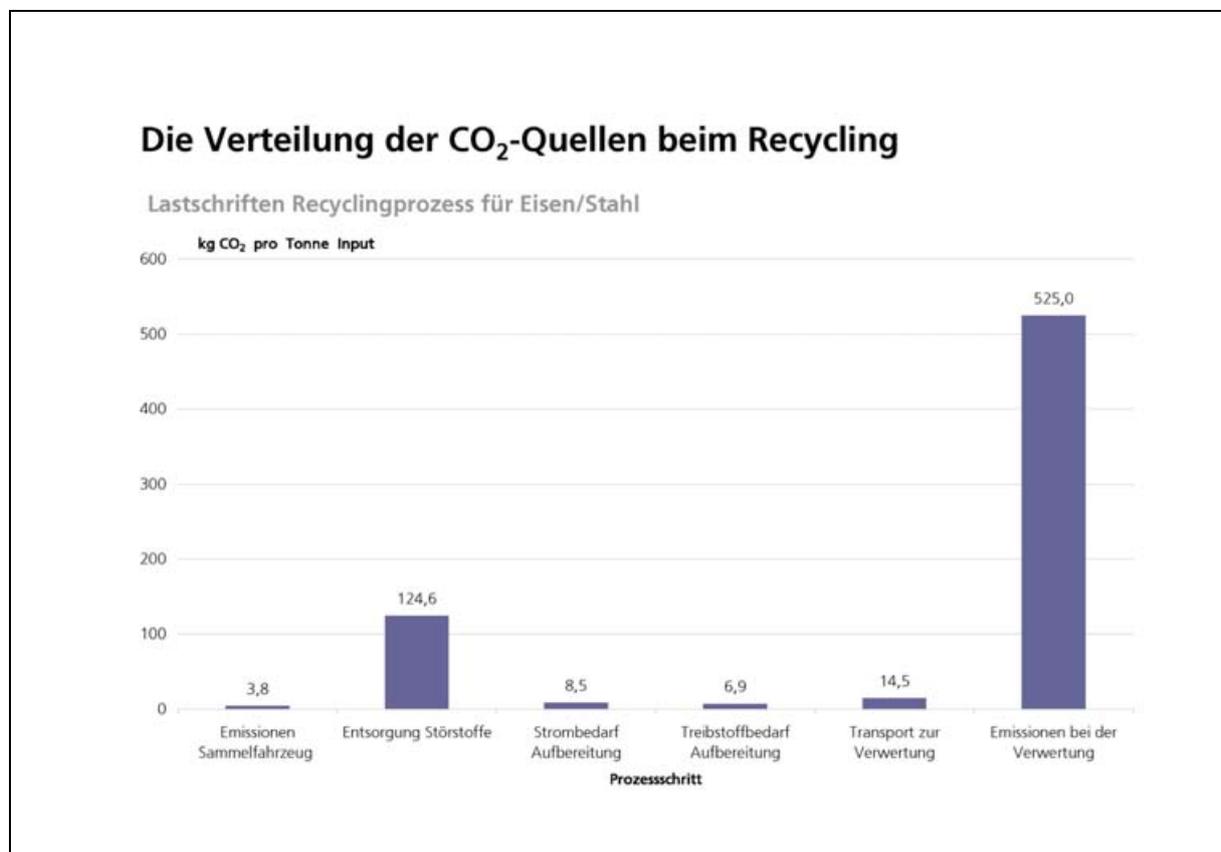
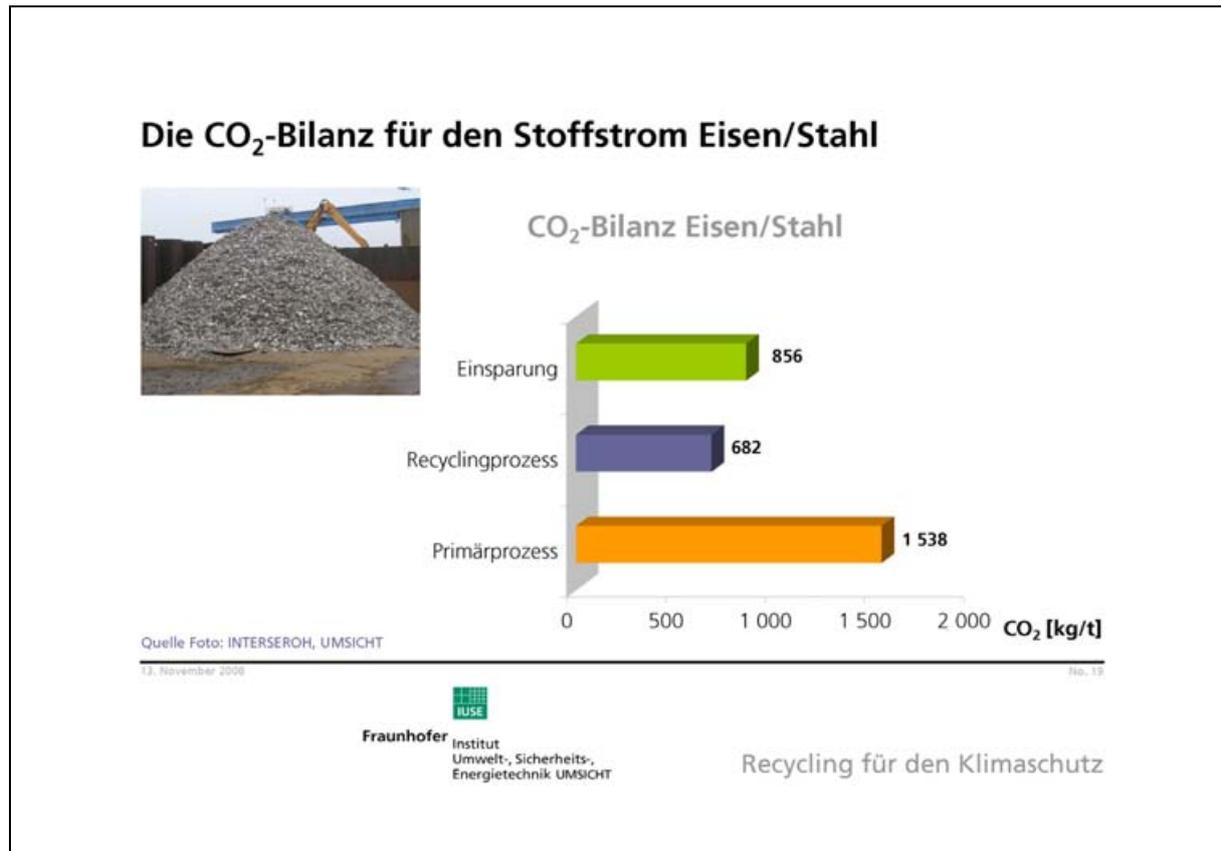
- Oxygenstahl (Primärverfahren) und Elektro Stahl (aus Stahlschrott) sind gleichwertig



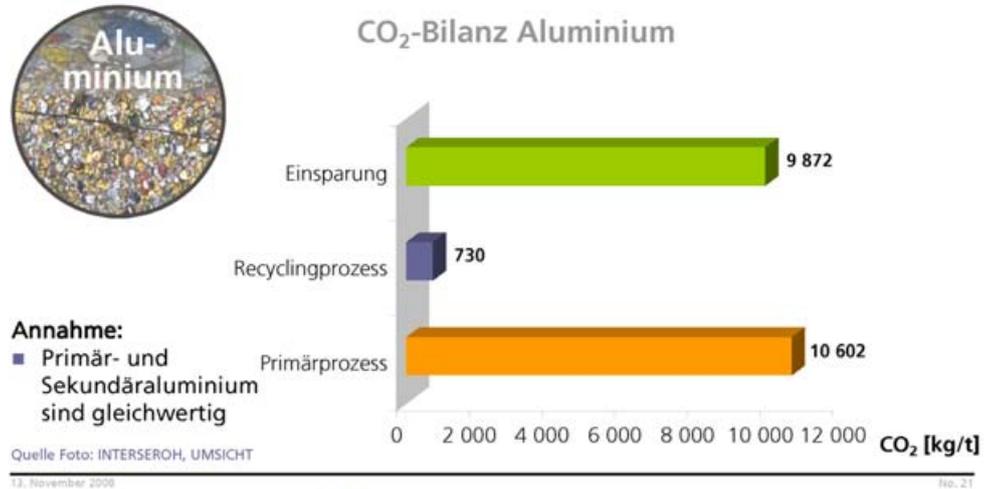
Quelle Foto: INTERSEROH, UMSICHT

13. November 2008

No. 18



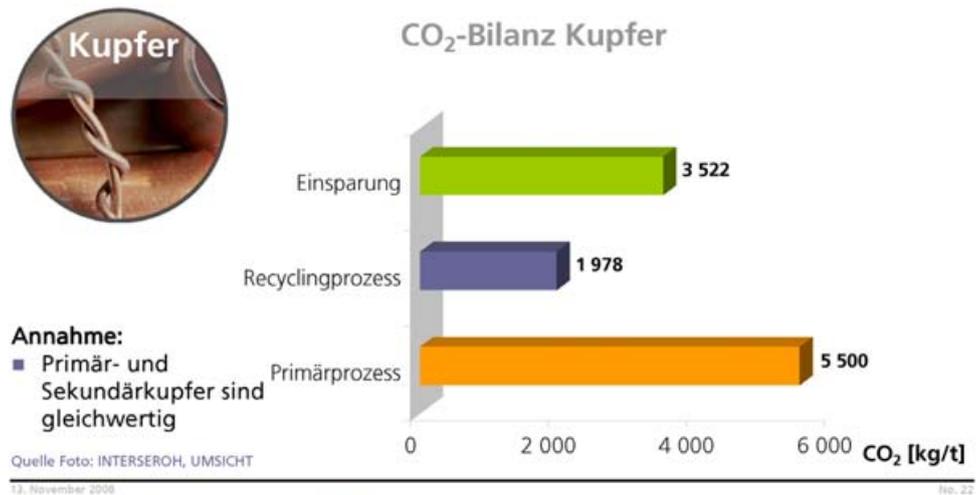
## Die CO<sub>2</sub>-Bilanz für den Stoffstrom Aluminium



Fraunhofer IUSE  
 Institut Umwelt, Sicherheits-,  
 Energietechnik UMSICHT

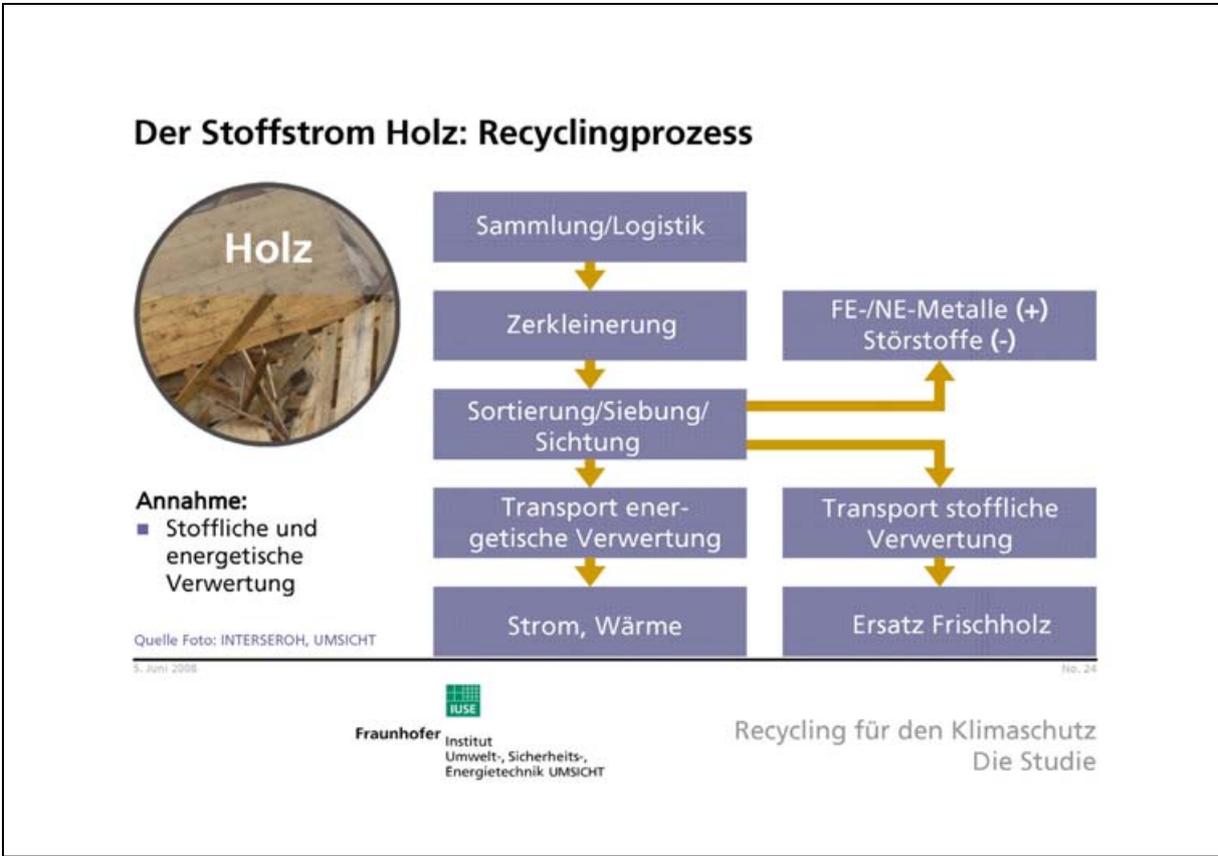
Recycling für den Klimaschutz

## Die CO<sub>2</sub>-Bilanz für den Stoffstrom Kupfer

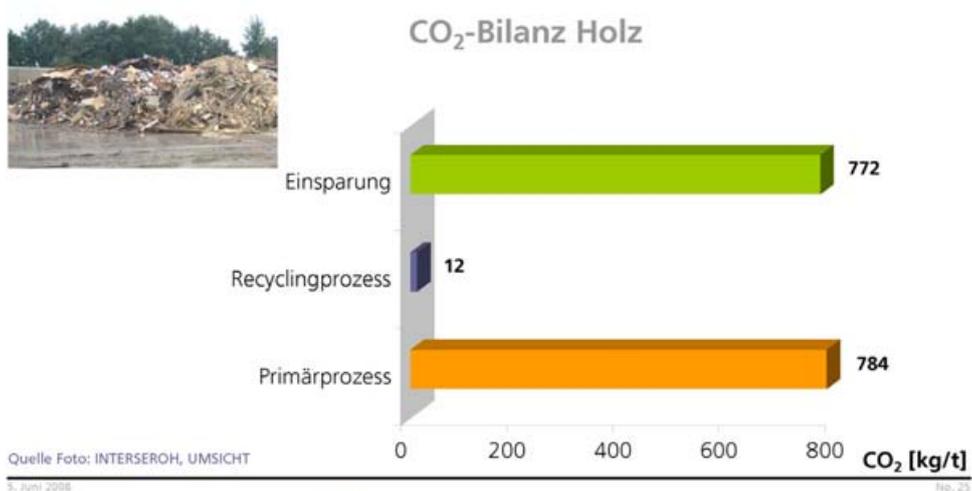


Fraunhofer IUSE  
 Institut Umwelt, Sicherheits-,  
 Energietechnik UMSICHT

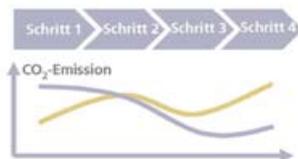
Recycling für den Klimaschutz



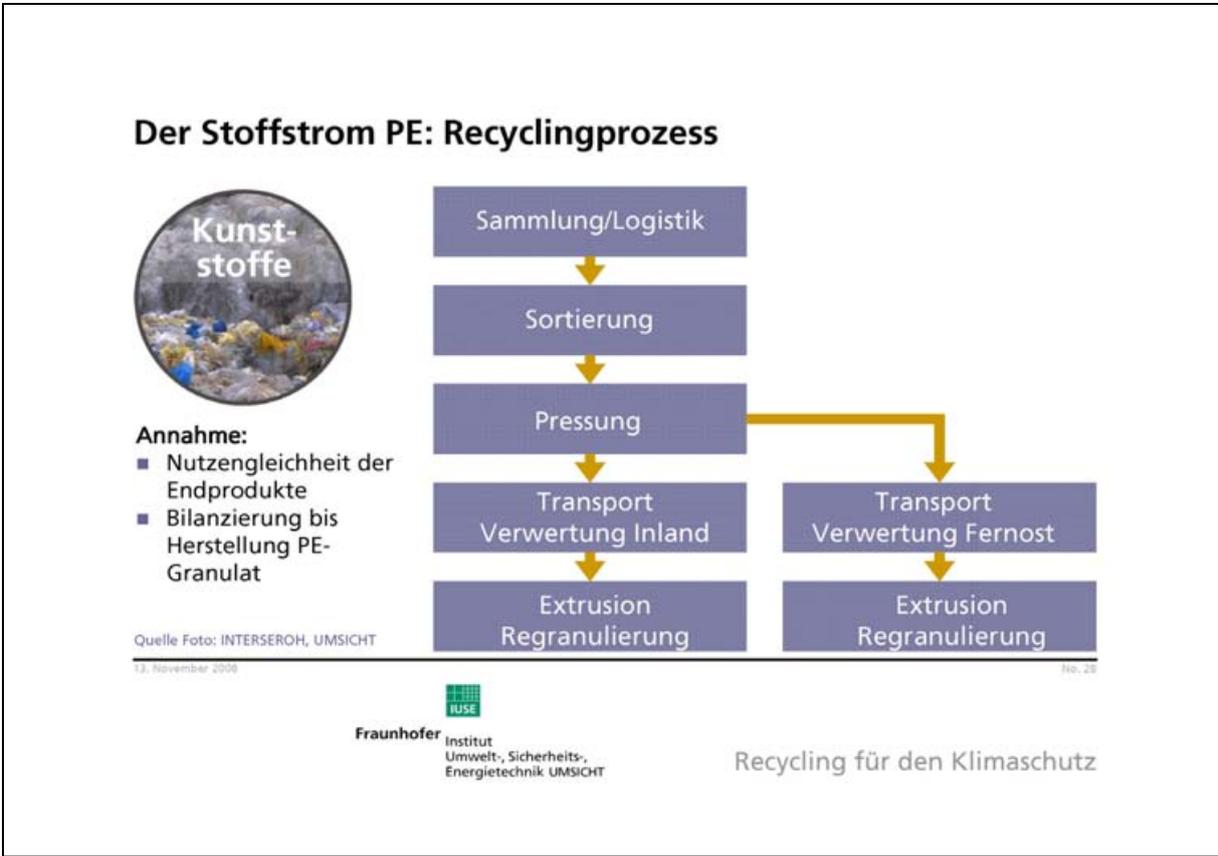
## Die CO<sub>2</sub>-Bilanz für den Stoffstrom Holz



## Die Verteilung der CO<sub>2</sub>-Quellen beim Recycling



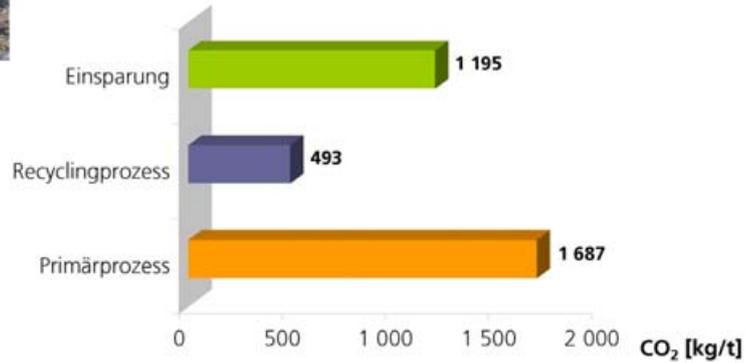
- Haupt-CO<sub>2</sub>-Quellen sind Transportprozesse
- Wichtigster Einflussfaktor ist die Wahl des Verwertungsverfahrens (BHKW sehr gut)
- Metalle sollten auf jeden Fall recycelt werden (hoher Einspareffekt für den Aufbereitungsprozess)
- Die stoffliche Verwertung erhöht die Gütschrift für die Verwertung von Altholz weiter (hier wurde ein konservativer Wert angesetzt)



## Die CO<sub>2</sub>-Bilanz für den Stoffstrom PE



CO<sub>2</sub>-Bilanz Polyethylen (PE)



Quelle Foto: INTERSEROH

13. November 2008

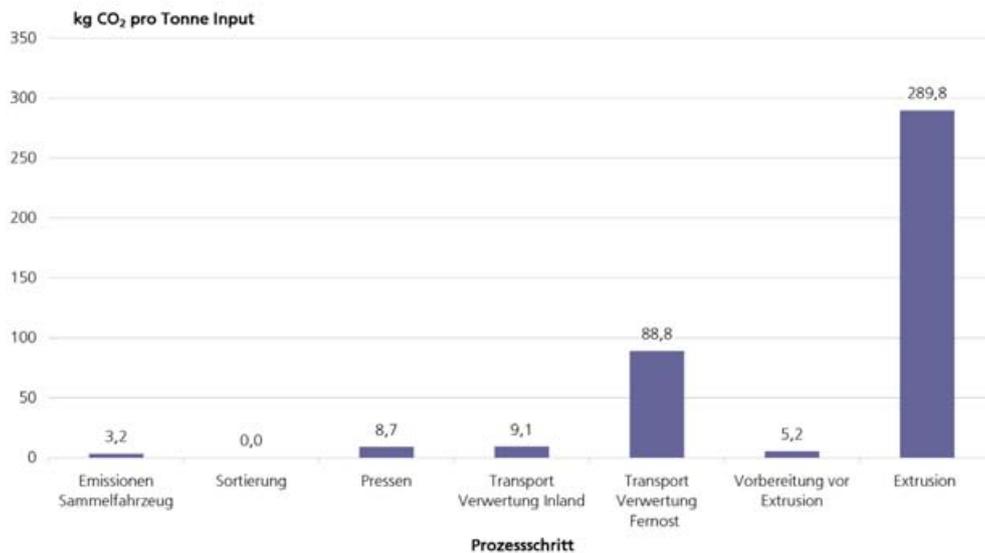
160\_29

**Fraunhofer**  Institut  
 Umwelt-, Sicherheits-,  
 Energietechnik UMSICHT

Recycling für den Klimaschutz

## Die Verteilung der CO<sub>2</sub>-Quellen beim Recycling

Lastschriften Recyclingprozess PE (Um- und Transportverpackung)



## Der Stoffstrom »Polyethylenterephthalat (PET)« Kunststoff

### Der Stoffstrom PET: Recyclingprozess



**Annahme:**

- Nutzengleichheit der Endprodukte
- Prozesse mit und ohne Erfassungsautomat
- Bilanzierung bis PET-Granulat

Quelle Foto: INTERSEROH, UMSICHT

13. November 2008

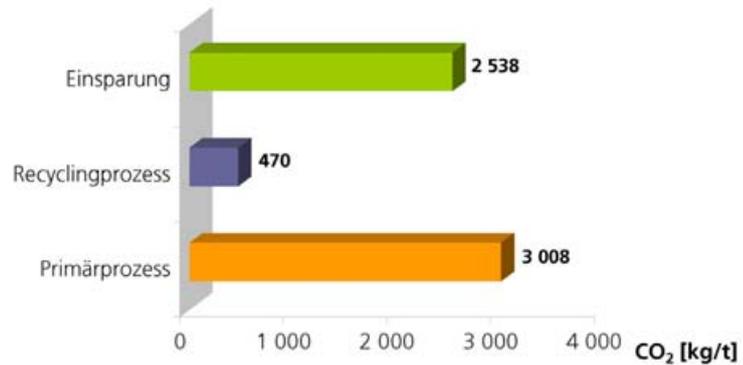


**Beispiel:**  
Recycling mit  
Zählzentrum (ohne  
Erfassungsautomat)

## Die CO<sub>2</sub>-Bilanz für den Stoffstrom PET



### CO<sub>2</sub>-Bilanz Polyethylenterephthalat (PET)



Quelle Foto: INTERSEROH

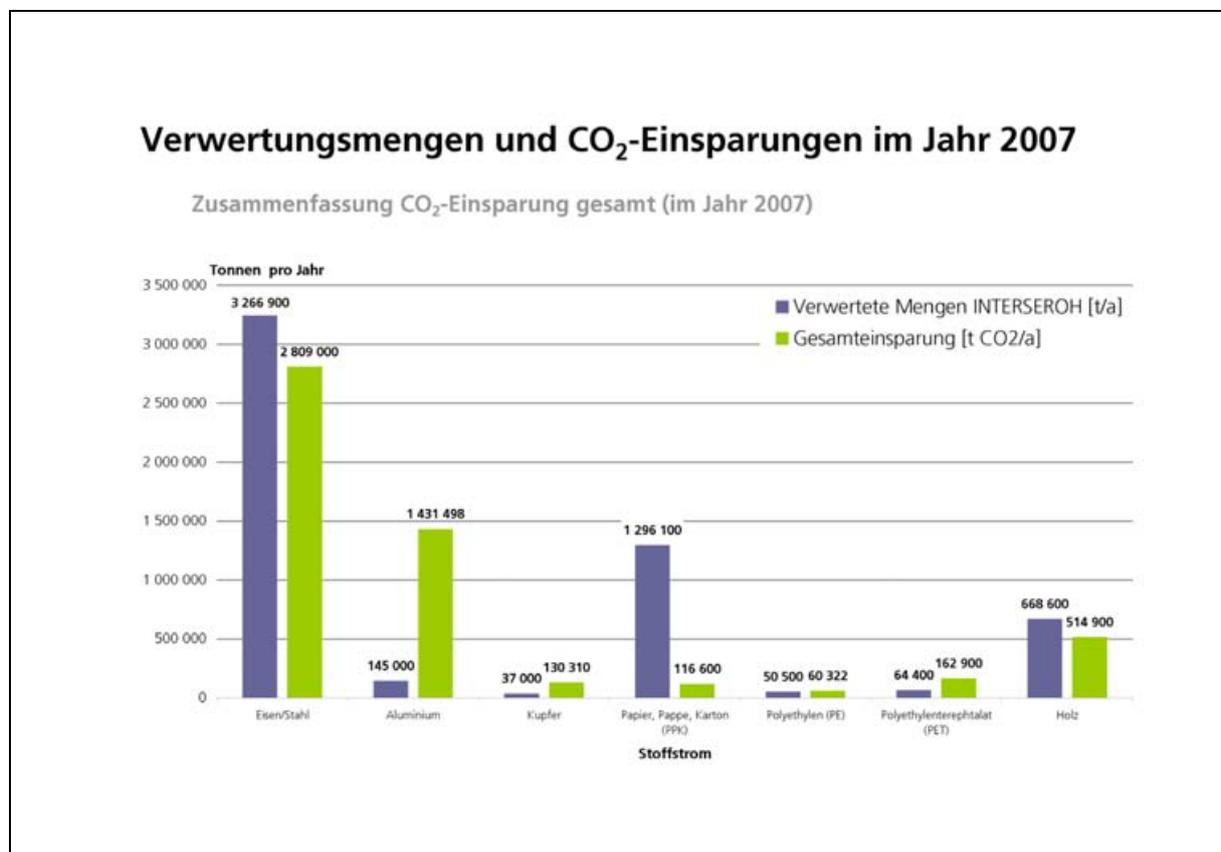
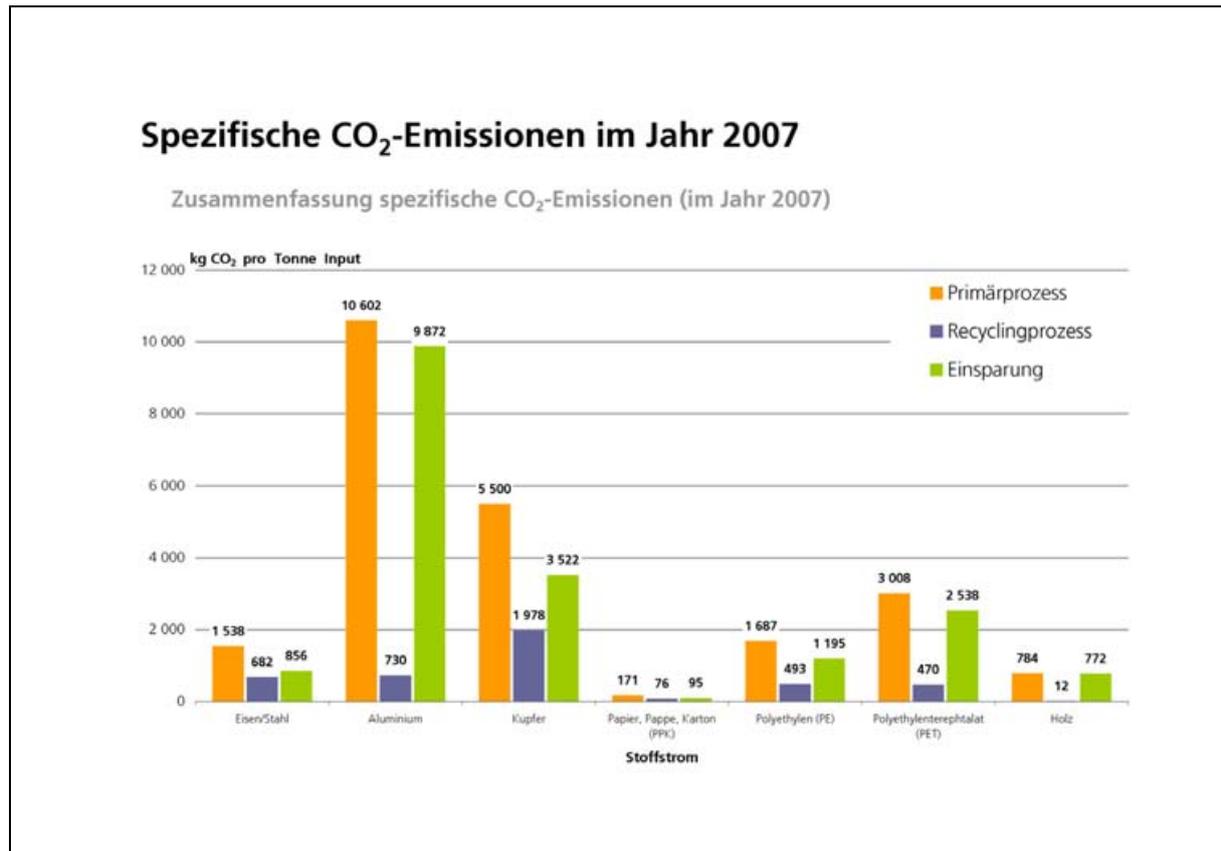
13. November 2008

100\_22

  
**Fraunhofer** Institut  
Umwelt, Sicherheits-,  
Energietechnik UMSICHT

Recycling für den Klimaschutz

Zusammenfassung der Ergebnisse



## CO<sub>2</sub>-Vergleich auf Basis von Einwohnern

Stoffstrom	Gesamteinsparung [t CO <sub>2</sub> /a]	Stadt	Einwohner*	CO <sub>2</sub> -Emission EW** [t CO <sub>2</sub> /a]
Eisen/Stahl	2 809 000	Gelsenkirchen	267 000	2 831 868
Aluminium	1 431 498	Würzburg	135 000	1 432 138
Kupfer	130 310	Wolgast (Mecklenburg-Vorpommern)	12 000	131 194
Papier, Pappe, Karton (PPK)	116 600	Bad Sassendorf (Westfalen)	11 000	123 424
Polyethylen (PE)	60 322	Marienmünster (Ostwestfalen)	5 500	58 384
Polyethylenterephthalat (PET)	162 900	Hoppegarten (Brandenburg)	15 000	161 097
Holz	514 900	Cuxhaven	52 000	550 816
<b>Summe</b>	<b>5 225 530</b>	<b>Duisburg</b>	<b>500 000</b>	<b>5 298 199</b>

\* gerundete Werte

\*\* berechnet mit mittlerer pro-Kopf-Emission von 10,6 t CO<sub>2</sub>/a

13. November 2008

No. 37

## CO<sub>2</sub>-Vergleich auf Basis von Flächen

Stoffstrom	Gesamteinsparung [t CO <sub>2</sub> /a]	CO <sub>2</sub> -Bindung Mischwald* pro Jahr auf Fläche von [km <sup>2</sup> ]	Stadt/Region	Fläche** [km <sup>2</sup> ]
Eisen/Stahl	2 809 000	2 809	Saarland	2 600
Aluminium	1 431 498	1 431	Berlin + Hamburg	1 600
Kupfer	130 310	130	Ingolstadt	130
Papier, Pappe, Karton (PPK)	116 600	117	Bocholt	120
Polyethylen (PE)	60 322	60	Nordkirchen (NRW)	55
Polyethylenterephthalat (PET)	162 900	163	Hagen	160
Holz	514 900	515	Köln + Lev. + Troisdorf	560
<b>Summe</b>	<b>5 225 530</b>	<b>5 226</b>	<b>Ruhrgebiet + Hamburg</b>	<b>5 190</b>

\* CO<sub>2</sub>-Bindung Mischwald konservativ in [t/(km<sup>2</sup> a)]: 1 000

\*\* gerundete Werte

13. November 2008

No. 38

## Recycling für den Klimaschutz – Slogan oder Leitbild?

### Vorfahrt für Recycling



13. November 2008

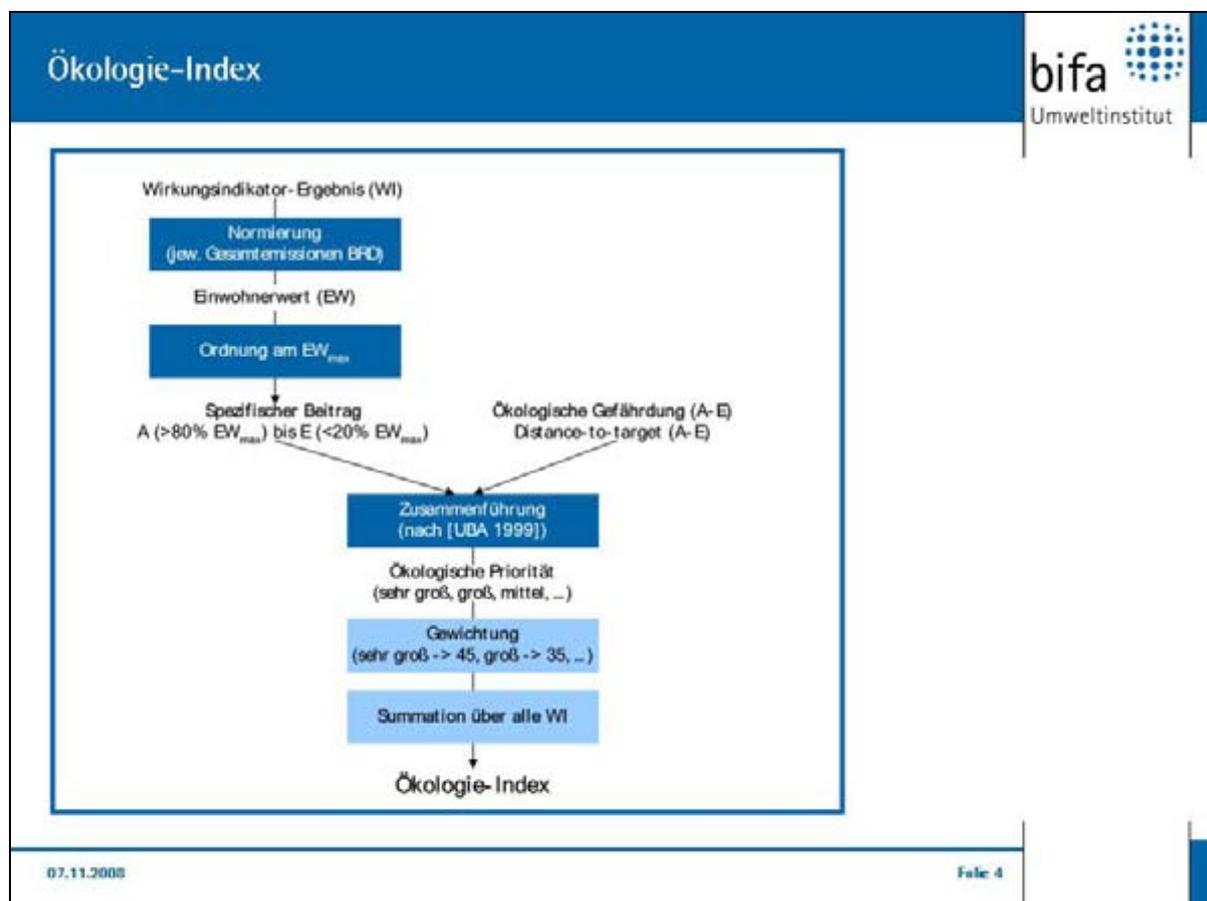
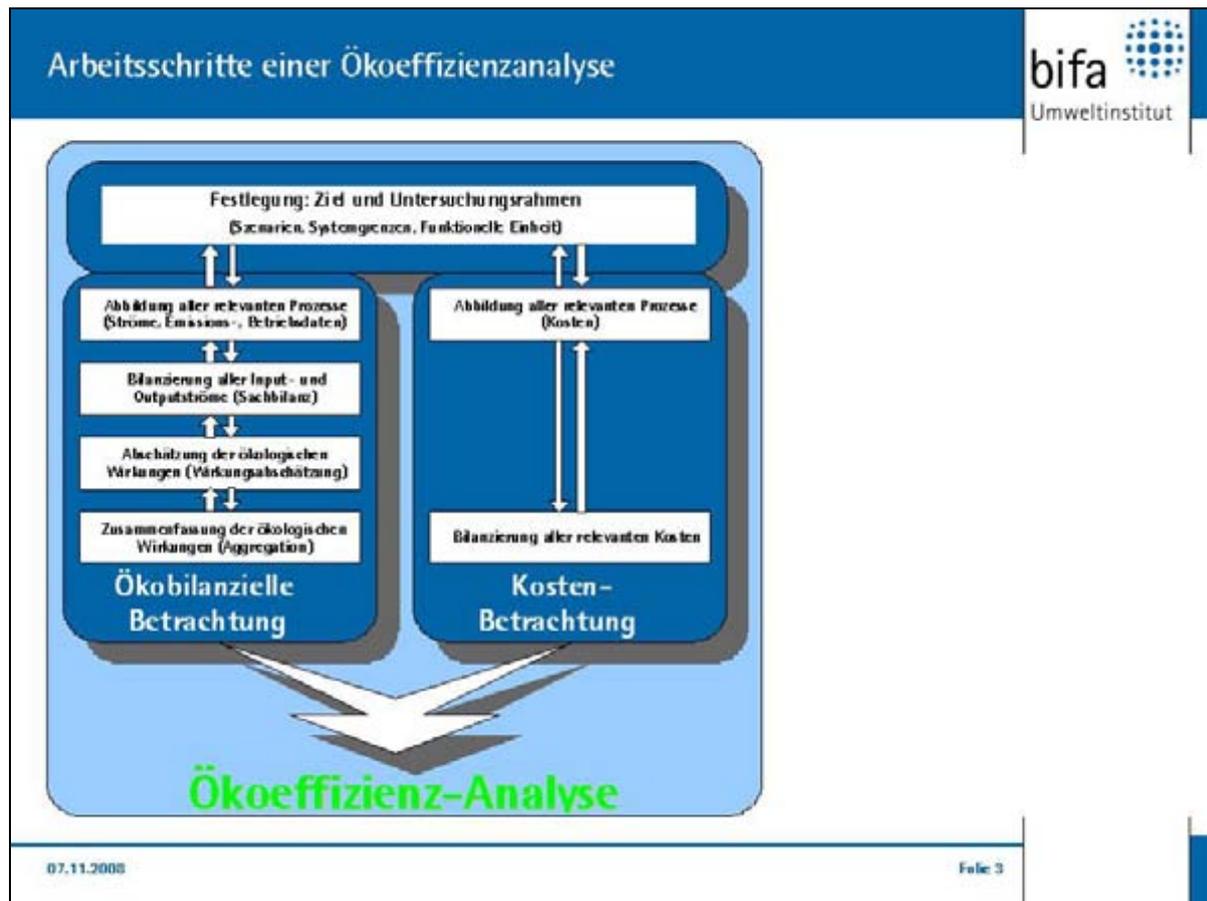
100\_40

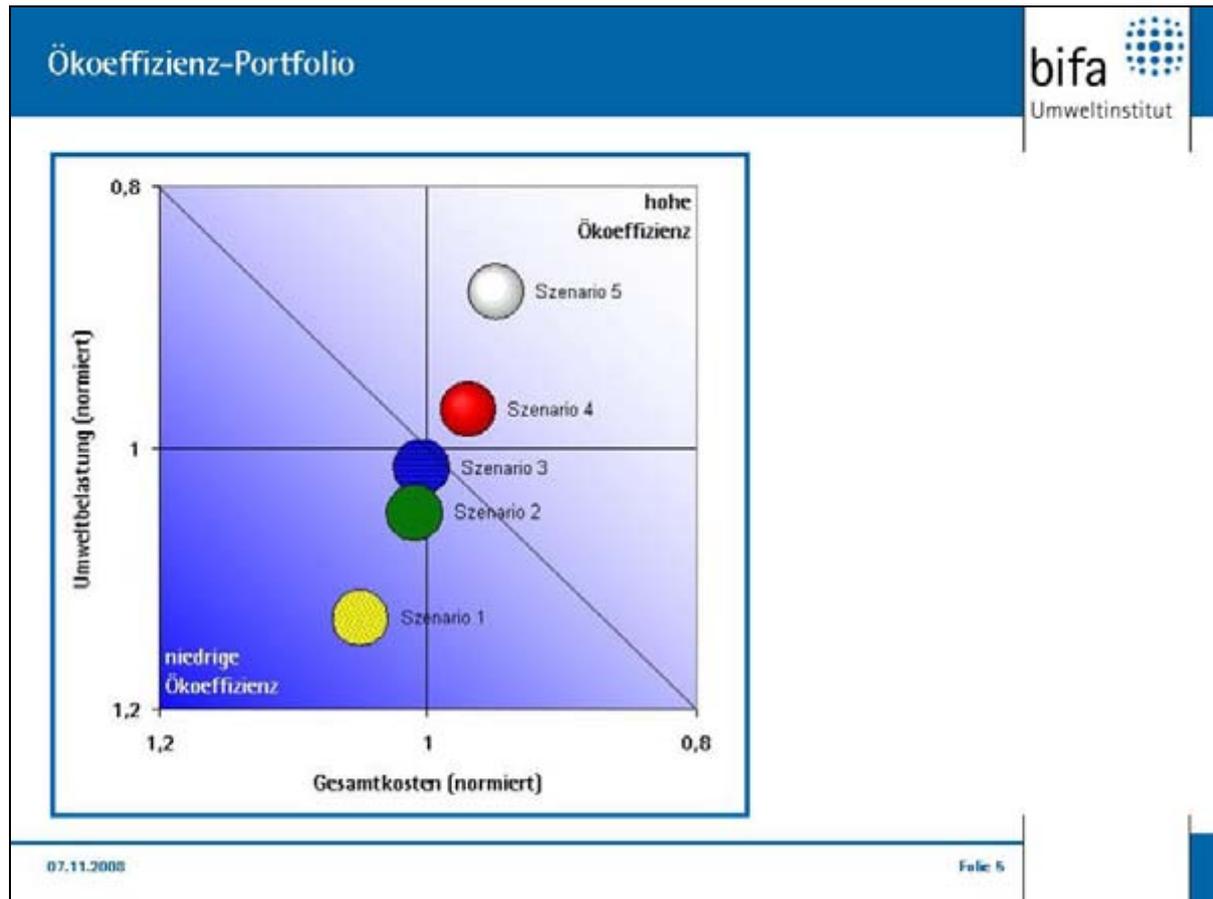
- Von globalen Konzepten zu lokalem Handeln: Operationalisierung von Nachhaltigkeit
- Recycling spart Ressourcen und CO<sub>2</sub>-Emissionen | schafft Wirtschaftskraft und Arbeitsplätze | ist Innovationsprozess
- Geschäftstätigkeit von INTERSEROH hat 2007 **5,2 Millionen Tonnen** CO<sub>2</sub> gespart (≈ **0,6 %** der CO<sub>2</sub>-Emissionen Deutschlands)
- Recycling ist konkretes Handeln zur Operationalisierung von Nachhaltigkeit

# Materialeffizienz – Ökobilanzielle Betrachtungen

Prof. Dr. Wolfgang Rommel, bifa Umweltinstitut GmbH

Definition	
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Materialeffizienz</b> = Mengemässiger Ertrag / Mengemässiger Aufwand</li><li>• <b>Ökobilanz</b> = Bilanzierung der potenziellen ökologischen Auswirkungen eines Produktes, Verfahrens oder einer Dienstleistung während des gesamten Lebensweges. Dabei auftretende Umweltbelastungen werden quantifiziert und beurteilt.</li><li>• <b>Ökoeffizienz</b> = Wirtschaftlicher Wert eines Produktes / Auswirkungen auf die Umwelt</li></ul>	
07.11.2008	Folie 2





## Nutzen

Vorteile einer ökobilanziellen Betrachtung von Materialeffizienz:

- Aufzeigen von Möglichkeiten zur Einsparung und effizienteren Nutzung von Rohstoffen, Energie und Wasser
- Aufzeigen von Möglichkeiten zur Verringerung, Wieder- oder Weiterverwendung von unerwünschten Outputs

➔ **Ökologische + ökonomische Vorteile**

The date '07.11.2008' and 'Folie 6' are visible at the bottom.

## Fragen

### Mögliche Fragestellungen beim Einsatz von ökobilanziellen Betrachtungen zur Materialeffizienz:

- Inwiefern kann die Reduktion von eingesetzten Ressourcen zur Entlastung der Umwelt beitragen?
- In welchem Maß trägt der vermehrte Einsatz von Recyclingware anstelle von Neuware zu einer Entlastung der Umwelt bei?
- Welche Entlastung kann durch die Substitution von Ressourcen durch andere Ressourcen erreicht werden?

07.11.2008

Folie 7

## Szenario „Materialeffizienz durch Abfallvermeidung“ (1)

### Die Ausgangssituation:

- Es gibt verschiedenste Ansatzpunkte zur Steigerung der Materialeffizienz in der Industrie.

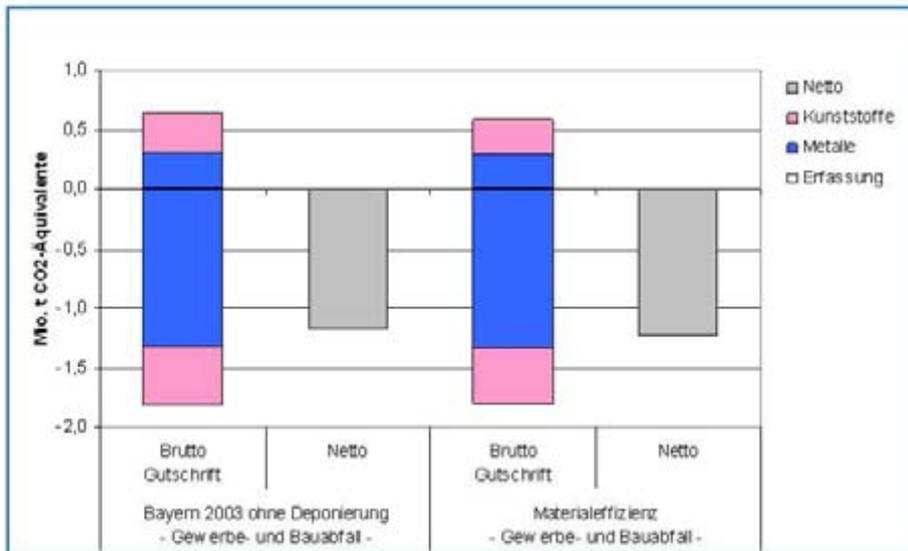
### Das Szenario:

- Steigerung der Materialeffizienz in der metall- und kunststoffverarbeitenden Industrie durch Vermeidung von Abfällen.
- Das gewählte Einsparpotenzial für die Metallindustrie beträgt 6 % und für die Kunststoffindustrie 10 %.

07.11.2008

Folie 8

## Szenario „Materialeffizienz durch Abfallvermeidung“ (2)

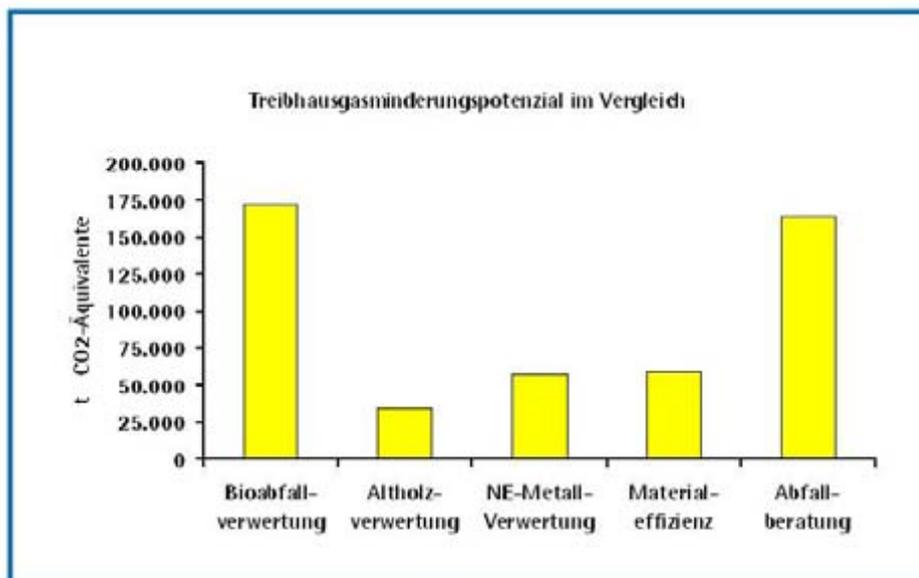


Netto-Effekt: 0,059 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente  
(Weitere Reduzierung um 1,6 % bezogen auf 2003 ohne Deponie)

07.11.2008

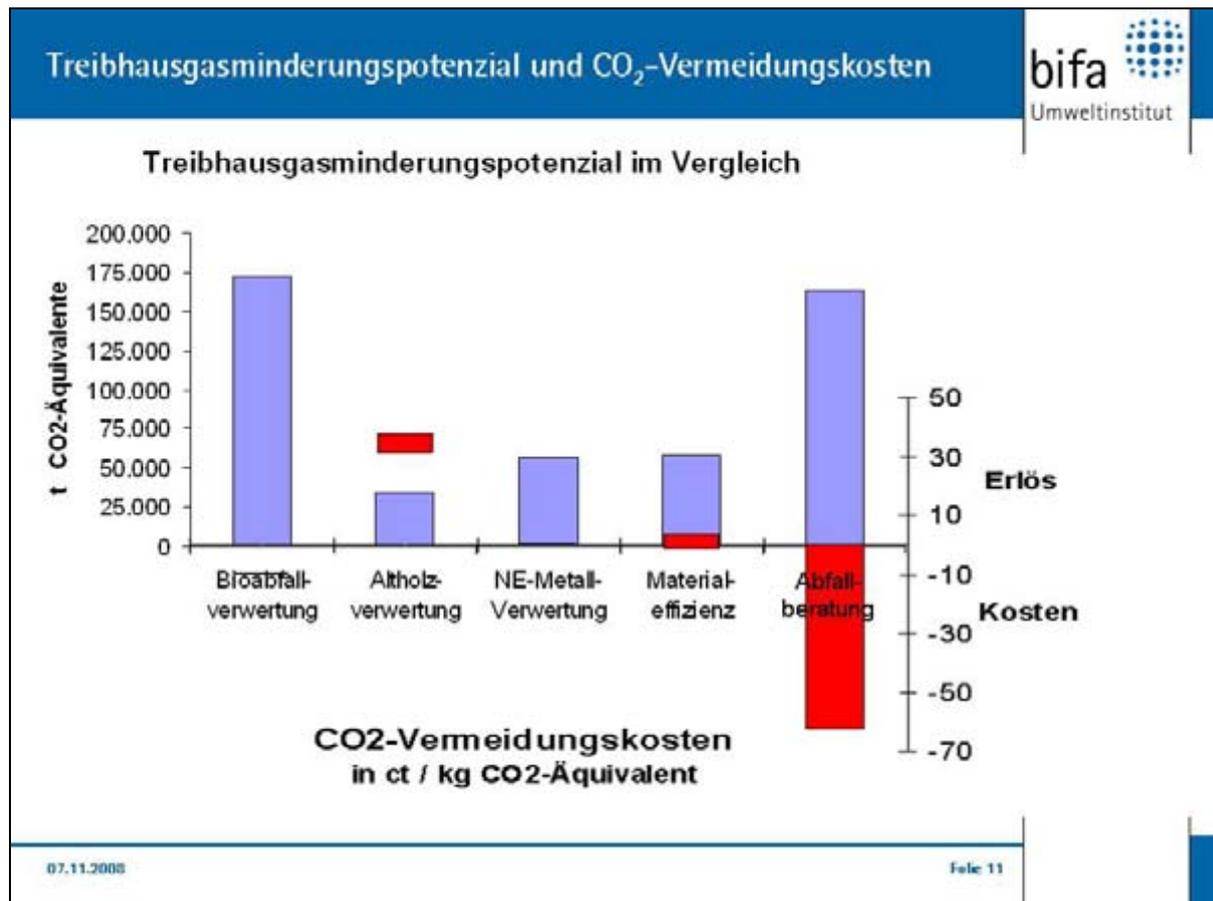
Folie 9

## Treibhausgasminderungspotenzial im Vergleich



07.11.2008

Folie 10



**Szenario „Substitution von Kupferdraht durch Aluminiumdraht“ (1)**

bifa  
Umweltinstitut

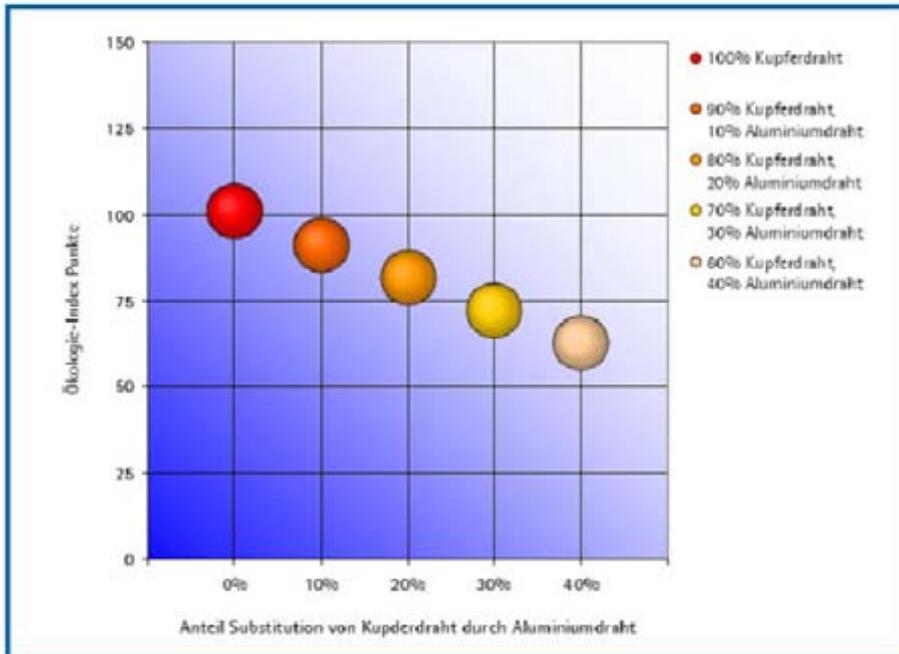
**Die Ausgangssituation:**

- 2005: Verarbeitung von 287.916 t Kupfer und Kupferlegierungen in Bayern
- 98.000 t Kupferdraht werden jährlich in Bayern hergestellt
- In der Praxis wird Kupferdraht verstärkt durch Aluminiumdraht ersetzt
- Problem: Aluminiumkabel haben einen niedrigeren Leitwert  
-> ein 60% größerer Querschnitt ist nötig
- Trotzdem: Gewichtsreduktion von ca. 50%

07.11.2008

Folie 12

Szenario „Substitution von Kupferdraht durch Aluminiumdraht“ (2)



07.11.2008

Folie 13

Szenario „Substitution von Kupferdraht durch Aluminiumdraht“ (3)

Parameter	aktueller Aluminium-Mix	Sekundäranteil +20 %	Beitrag zur Umweltentlastung durch die Steigerung der Recyclingquote
<b>Aggregierte Werte</b>			
KEA fossil	1.151 GWh	1.156 GWh	Belastung um 0,49 GWh
Treibhauspotenzial [CO <sub>2</sub> -Äqu.]	413.200 t	414.300 t	Belastung um 1.100 t
Fotooxidantienbildung [Ethen-Äqu.]	68.800 kg	62.100 kg	Entlastung um 6.700 kg
Versauerungspotenzial [SO <sub>2</sub> -Äqu.]	3,34 Mio. kg	2,86 Mio. kg	Entlastung um 485.500kg
Eutrophierungspotenzial, terrestrisch [PO <sub>4</sub> -Äqu.]	122.000 kg	110.600 kg	Entlastung um 11.400 kg
<b>Nicht aggregierte Werte</b>			
Cadmium	453 kg	363 kg	Entlastung um 90 kg
Schwefeldioxid	2,67 Mio. kg	2,24 Mio. kg	Entlastung um 426.700 kg
Ammoniak	40.200 kg	32.300 kg	Entlastung um 7.900 kg
Stickoxide	831.700 kg	765.100 kg	Entlastung um 66.600 kg

07.11.2008

Folie 14

## Szenario „Verringerung des Kobaltanteils in einem Metallpulver für Schneidsegmente“ (1)

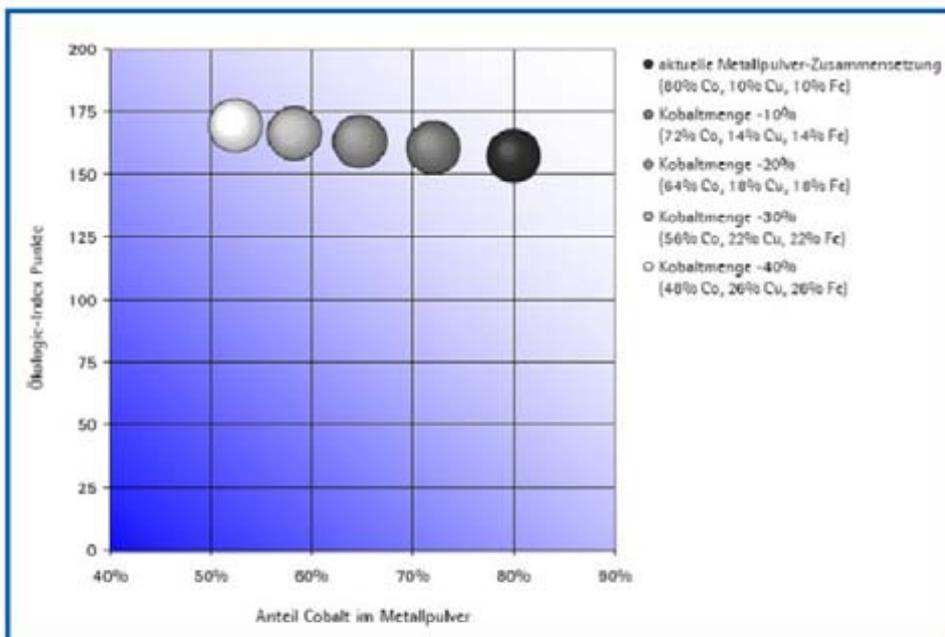
### Die Ausgangssituation:

- In einem mittelständischem Unternehmen wird jährlich 1 Tonne eines Metallpulvers hergestellt. Dieses wird zu Schneidsegmenten gesintert.
- Das Metallpulver besteht zu 80% aus Kobalt und zu jeweils 10% aus Eisen und Kupfer.
- Da der Preis für Kobalt kontinuierlich steigt, bemüht sich die Firma die Zusammensetzung des Pulvers zugunsten der beiden anderen Metallen zu verändern.

07.11.2008

Folie 15

## Szenario „Verringerung des Kobaltanteils in einem Metallpulver für Schneidsegmente“ (2)



07.11.2008

Folie 16

## Szenario „Verringerung des Kobaltanteils in einem Metallpulver für Schneidsegmente“ (3)

Parameter	aktuelle Zusammensetzung	Kobaltmenge – 40 %	Beitrag zur Umweltentlastung durch die Substitution
<b>Aggregierte Werte</b>			
KEA fossil	16,5 MWh	12,1 MWh	Entlastung um 4,38 MWh
Treibhauspotenzial [CO <sub>2</sub> -Äqu.]	6.800 kg	4.750 kg	Entlastung um 2.050 kg
Fotooxidantienbildung [Ethen-Äqu.]	4,25 kg	2,64 kg	Entlastung um 1,62 kg
Versauerungspotenzial [SO <sub>2</sub> -Äqu.]	67,9 kg	47,6 kg	Entlastung um 20,4 kg
Eutrophierungspotenzial, terrestrisch [PO <sub>4</sub> -Äqu.]	11,2 kg	6,94 kg	Entlastung um 4,23 kg
<b>Nicht aggregierte Werte</b>			
Cadmium	0,5 g	1,19 g	Belastung um 0,69 g
Schwefeldioxid	7,49 kg	9,98 kg	Belastung um 2,48 kg
Ammoniak	8,1 kg	4,94 kg	Entlastung um 3,16 kg
Stickoxide	64,4 kg	40,2 kg	Entlastung um 24,1 kg

07.11.2008

Folie 17

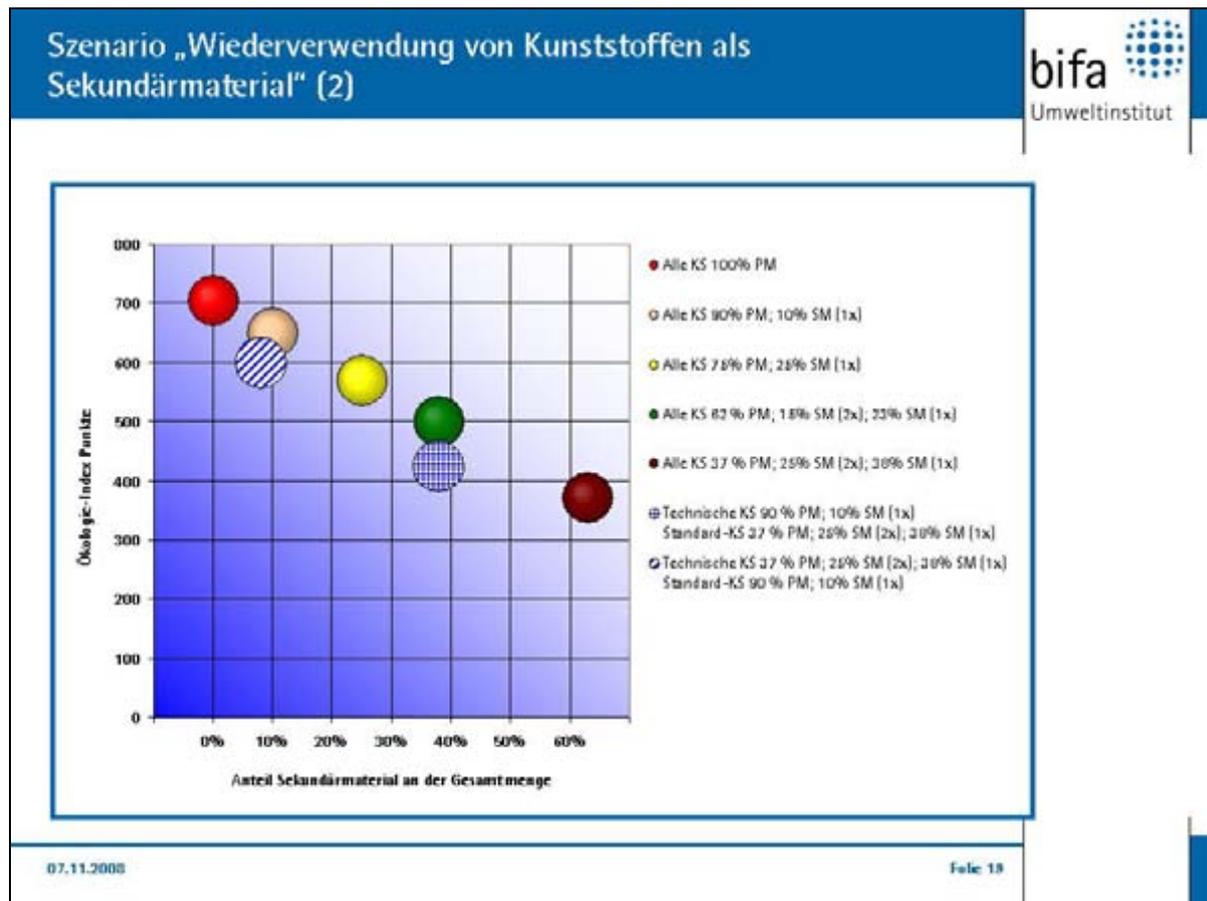
## Szenario „Wiederverwendung von Kunststoffen als Sekundärmaterial“ (1)

### Ausgangssituation:

- 2005: Verarbeitung von 2,3 Mio. t Kunststoff in Bayern
  - ca. 5 % technische Kunststoffe, wie Nylon 6, PMMA, PC und ABS
  - ca. 71 % Standardkunststoffe (PUR, EPS, PET, PE und PP)
  - ca. 24 % sonstige Kunststoffe
- Annahmen:
  - Primärmaterial wird 1:1 durch Sekundärmaterial ersetzt
  - Aufwendungen für die Verarbeitung und Emissionen aus der Verarbeitung von Primär- und Sekundärkunststoffen sind identisch
  - Alle Kunststoffabfälle werden verbrannt, es gibt keine Unterschiede in der thermischen Verwertung von Primär- und Sekundärkunststoffen

07.11.2008

Folie 18



### Szenario „Wiederverwendung von Kunststoffen als Sekundärmaterial“ (3)



Parameter	Alle KS: 100% PM	Alle KS: 75% PM; 25% SM (1x)	Beitrag zur Umweltentlastung durch den Einsatz von 25% Sekundärmaterial
Aggregierte Werte			
KEA Fossil	25.252 GWh	20.711 GWh	Entlastung um 4.540 GWh
Treibhauspotenzial [CO <sub>2</sub> -Äqu.]	6,02 Mio. t	5,05 Mio. t	Entlastung um 1,17 Mio. t
Fotooxidantienbildung [Ethen-Äqu.]	3,49 Mio. kg	2,66 Mio. kg	Entlastung um 825.245 kg
Versauerungspotenzial [SO <sub>2</sub> -Äqu.]	16,22 Mio. kg	12,99 Mio. kg	Entlastung um 3,23 Mio. kg
Eutrophierungspotenzial, terrestrisch [P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Äqu.]	1,44 Mio. kg	1,19 Mio. kg	Entlastung um 253.567 kg
Nicht aggregierte Werte			
Cadmium	38,8 kg	29,6 kg	Entlastung um 9,2 kg
Schwefeldioxid	8,13 Mio. kg	6,33 Mio. kg	Entlastung um 1,8 Mio. kg
Ammoniak	115.925 kg	87.114 kg	Entlastung um 28.811 kg
Stickoxide	10,81 Mio. kg	8,93 Mio. kg	Entlastung um 1,87 Mio. kg

## Fazit



### Fazit:

- Materialeffizienz weist in den allermeisten Fällen ökologische und ökonomische Vorteile auf!
- Ökobilanzielle Betrachtung von Materialeffizienz:
  - vermeidet eindimensionale Betrachtung (Verlagerung von Umwelteinflüssen)
  - hilft Schwachpunkte in Prozessketten bzw. Lebenswegen zu identifizieren
  - Ermöglicht Szenarienbetrachtungen und Vergleiche
- Ökoeffizienzbetrachtung
  - bezieht wirtschaftliche Dimension in die Betrachtung ein

# Materialeffizienz beim Einsatz von Kunststoffen und Metallen – Fallstudien

Bernhard Hartleitner, bifa Umweltinstitut GmbH

Übersicht



- Das Projekt
- Stellenwert der Materialeffizienz
- Barrieren
- Materialeffiziente Produktion: Fallstudien
- Fazit

---

10.11.2008 Folie 2



Das Projekt



## Ziel der Untersuchung

**Ermittlung ungenutzter Potenziale eines effizienten Einsatzes von Kunststoffen und Metallen, um**

- a) Ressourcen zu schonen,
- b) die Umwelt zu entlasten und
- c) Kosten zu senken

10.11.2008
Folie 3

Stellenwert der Materialeffizienz



Hoher Stellenwert

Anlagenbauer:  
„ist nur sekundär oder tertiär relevant“

Fensterprofilhersteller:  
„geringer Stellenwert, da vom Lieferanten bereits Profilstärke, etc. vorgegeben“

Metallhalbzeughersteller:  
„großer Stellenwert, aber der Kunde muss erst von neuen Produktionsverfahren überzeugt werden“

Folienhersteller:  
„Stellenwert bislang weniger hoch; Fokus mehr auf Sicherheit und Qualität.“

Etikettenhersteller:  
„hat sehr hohen Stellenwert. Abfall soll von 18% auf 12-15% reduziert werden!“

Werkzeughersteller:  
„hatte und hat TOP-Priorität. Barrieren werden hinweggefegt!“

Geringer Stellenwert

10.11.2008
Folie 4

**Barrieren**



- **Externe Barrieren:**
  - Marktbezogene Barrieren (Angebot, Nachfrage, Konkurrenz, Kunden, Preise...)
  - Politik und rechtliche Barrieren
- **Interne Barrieren:**
  - Personaler Art (fehlende Motivation, Know-how...)
  - Struktureller Art (fehlende Ressourcen, mangelnde Anreize, keine internen Systeme zur Umsetzung, Innovationskultur...)
  - Strategischer Art (mangelnde Planung, ungünstige Ressourcenpolitik, schwache Netzwerke, Geheimhaltung...)

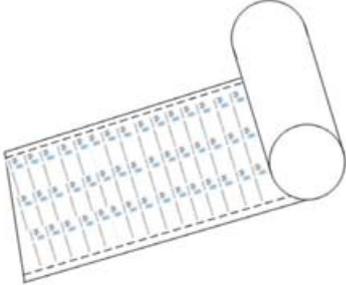
10.11.2008
Folie 5

**Fallstudie: Technische Innovation**



**Folienherstellung, 180 MA,  
10.000 t/a Materialeinsatz**

- **Ausgangslage**
  - Kostenanteil Rohstoffe am Umsatz bei 60 – 80 %
  - Produktionsabfall ca. 10 %
  - Kunden setzen nicht immer optimale Folien ein
- **Lösungsstrategien**
  - Reduzierung Randabschnitte
  - Potenzial durch Reduzierung Folienstärke: 10 – 15 % in den nächsten Jahren
  - Intensivere Beratung und Abstimmung mit Kunden über technische Möglichkeiten

10.11.2008
Folie 6

Fallstudie: Schließung von Stoffkreisläufen / Netzwerke



**Spritzguß, 40 MA, 10 Mio. Umsatz,  
Verarbeitung von 800 t/a tech. KST**

**- Ausgangslage**

- Nicht recyclebare Abfälle (10 %)
- Materialverlust durch Angussteile



**- Lösungsstrategien**

- sortenreine Trennung der Kunststoffabfälle
- Identifizierung von geeigneten Einsatzmöglichkeiten für Mahlgut und Rezyklate
- Minimierung der Angüsse durch Heißkanalwerkzeug



10.11.2008

Folie 7

Fallstudie: Kooperation/Kommunikation/Produktionsverfahren



**Veredelung Stabstahl, 75 MA,  
40 Mio. Umsatz, 40.000 t/a Materialeinsatz**

**- Ausgangslage**

- Schwierige Beschaffung ausreichender Materialqualitäten
- Hoher Materialabtrag (10 %)
- Geringer Werterhalt der Schrotte



**- Lösungsstrategien**

- Langfristige Beschaffung von Rohmaterial
- Reduzierung der Abschälung, dadurch höhere Abfallvermeidung (um 2 – 3 %)
- Getrennte Erfassung hochlegierter Späne (5 % des Abfalls)
- Anwendungsberatung als Kundenservice



10.11.2008

Folie 8

## Fallstudie: Organisation/Design/konstruktive Optimierung



### KMU: Behälterbau, 70 MA, 1.300 t/a Edelstahl

**- Ausgangslage**

- Hohe Preise für Edelstahl
- Kunden wechseln Material u. Anbieter
- Größere Mengen an Blechverschnitt

**- Lösungsstrategien**

- Optimierung der Wiederverwendung Verschnitt
- Reduktion der Wandstärke der Behälter durch Einsatz von Versteifungsringen,
- Ausarbeitung Systematik für die Konstruktion
- Reduktion des Werkstoffeinsatzes um bis zu 30 %

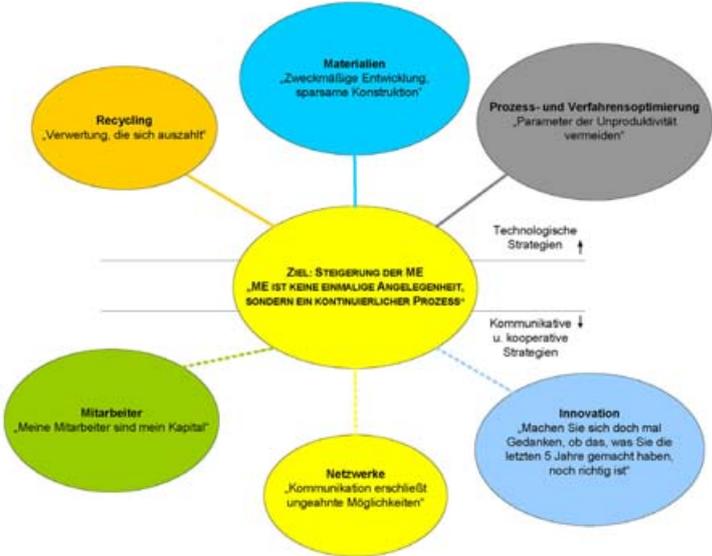


10.11.2008
Folie 9

## Strategien zur Steigerung der Materialeffizienz





10.11.2008
Folie 10

## Fazit



- Für Materialeffizienz gibt es keine pauschalisierte Vorgehensweise
- Kompetenzen im Bereich der Ressourcen- u. Materialeffizienz gilt es auszubauen
- Kompetenzen in der Produkthanwendung und im Kundenkontakt einsetzen
- Strukturelle und strategische Barrieren abbauen (u. a. IPP günstiger Ansatz, Vernetzungen, interne Verbesserungen..)
- Motivation zu Innovationen stärken
- Intensivere Erforschung von Effizienzpotenzialen bei der Materialnutzung
- Ressourcen- und Materialeffizienz muss immer auch die Frage nach der Zweckmäßigkeit stellen

10.11.2008

Folie 11

## Komplettlösungen für Ihren Ertrag.



BIFA GmbH  
Am Mittleren Moos 46  
D-86167 Augsburg  
Tel.: +49 821/7000-0  
Fax: +49 821/7000-100  
marketing@bifa.de



<http://www.bifa.de>

10.11.2008

Folie 12

## Altreifenrecycling – neue Kapazitäten für die stoffliche Verwertung

Michael Hvam, Genan GmbH

  
genan  
Waste Management Recycling Group

---

### Wer wir sind



Genan ist das weltgrößte Recyclingunternehmen für Altreifen. Drei große Werke in Deutschland (zwei bereits in Betrieb, eins im Bau) deren Kapazität ausreicht, um 30% aller in Deutschland anfallenden Altreifen zu recyceln. Ein Werk in Dänemark, das 90 % aller dänischen Altreifen recycelt.

Seite 2



### Unsere Vision:

- **Recycling aller Altreifen weltweit in einer Weise, die für Umwelt und Wirtschaft gesamtgesellschaftlich den größten Nutzen bringt.**

### Unser Ziel:

- **Gemäß der Vision hat Genan sich zum Ziel gesetzt, vor Jahresende 2018 weltweit 10 % aller Altreifen zu verarbeiten.**

### Unser Programm:

- **Bau von 15 großen Recyclinganlagen mit einem Investitionsvolumen von 53 Mio. Euro pro Anlage.**



## Die Genan-Gruppe strebt beim Recyceln von Reifen einen Marktanteil von zehn Prozent weltweit an

*Die schnell ansteigende weltweite Nachfrage nach dem Recycling von Reifen und der stofflichen Wiederverwertung ihrer Bestandteile hat nun für die Genan-Gruppe zu einer neuen und engagierten Wachstumsstrategie geführt. In den nächsten acht Jahren werden mindestens 15 große Recyclingwerke gebaut.*

Die Genan-Gruppe gehört zu 52 % dem Gründer und Hauptgeschäftsführer des Unternehmens Bent A. Nielsen und zu 48 % PKA (eine Gruppe von dänischen Rentenfonds mit einer Bilanz von 15,7 Mrd. Euro) und Koebstaedernes Forsikring. Alle Anteilnehmer haben nun ausreichend Kapital einfließen lassen, um die Vision eines Marktanteils von weltweit zehn Prozent im Bereich Reifenrecycling zu verwirklichen. Es ist geplant, dass zehn Werke auf vollständiger Eigentumsbasis betrieben werden sollen, in erster Linie in Europa und den USA. Der Rest dagegen, der erforderlich ist, um den Marktanteil von zehn Prozent zu sichern, soll auf Joint-Venture-Basis zusammen mit lokalen Partnern betrieben werden. Die Kosten eines Recyclingwerkes mit einer Kapazität von 65.000 Tonnen pro Jahr belaufen sich in der Regel auf etwa 53 Mio. Euro.

#### Intensive Produktentwicklung

Die einzigartige Homogenität und Reinheit der Erzeugnisse aus dem Genan-Verfahren ermöglicht die Herstellung hochqualitativer Produkte. Eine der sehr viel versprechenden Anwendungen des aus den Altreifen gewonnenen Gummigranulats ist Road+, ein Asphalt- und Bitumenmodifikator, welcher zusammen mit der Degussa AG entwickelt wurde. Road+ verringert den Straßenlärm ebenso wie die Spurrillen- und Rissbildung der Straßen und verlängert so deren Haltbarkeit.

Andere wichtige Anwendungsmöglichkeiten sind Einstreumaterial und Unterbau für Kunstrasen auf Fußballplätzen, Fallschutzunterlagen für z. B. Kinderspielflächen und thermische wie auch akustische Isolationsmaterialien für die Baubranche. Die Genan-Gruppe führt zusammen mit innovativen weltweiten Partnern intensive Forschungsarbeiten durch, um neue, Mehrwert bietende Anwendungsmöglichkeiten für ihre Endprodukte zu schaffen.

#### Erprobte Technologie

Die Genan-Gruppe ist das weltweit größte Recyclingunternehmen für Altreifen mit Werken in Deutschland und Dänemark und hat ihre Technologie seit Anfang der 90er Jahre entwickelt und erprobt. Dies hat dazu geführt, dass die Genan-Gruppe bei der Recyclingtechnologie für Reifen weltweit die führende Position einnimmt.

*Jedes Jahr fallen weltweit 12,5 Mio. Tonnen Altreifen an. Diese enorm große Menge an gebrauchten Reifen wird ein bedeutendes Umweltproblem schaffen, wenn kein ordnungsgemäßes Entsorgen und Wiederverwerten stattfindet. Die EU beschloss 2006 ein vollständiges Verbot für die Entsorgung von Altreifen auf Deponien. Ähnliche Gesetze sind in den meisten Teilen der Welt bereits eingeführt oder geplant. Gleichzeitig ist die weit verbreitete Praktik der Verbrennung von Reifen z. B. in Zementbrennöfen umstritten, da dies als Verschwendung einer wertvollen Ressource angesehen wird. Ohne Zweifel ist die beste Lösung für die Umwelt das Recycling des Reifenmaterials in seine Grundbestandteile Gummi, Stahl und Textil.*



## Erprobte Technologie

Mehr als 20 Jahre Erfahrung

*Das Genan-Konzept beruht auf:*

- - Erprobte Technologie einer jungen Industrie
- - Einzigartiges Niveau von fachspezifischem Know-how
- - Starke Konzentration auf Rentabilität

### Die Entwicklung von Genan



Entwicklung weiterer Anlagen

Quelle: Genan

Seite 5



## Das weltgrößte Recyclingunternehmen für Altreifen



65.000-Tonnen-Anlage  
Dorsten, NRW, in Betrieb seit Mai 2008



35.000-Tonnen-Anlage  
Viborg, Dänemark, in Betrieb seit 1990



65.000-Tonnen-Anlage  
Mindelheim, Bayern, Produktionsbeginn 2010



65.000-Tonnen-Anlage  
Oranienburg bei Berlin, in Betrieb seit 2003

Seite 6



## Werk in Mindelheim vollendet unsere Strategie für Deutschland und die Beneluxländer



Seite 7



## Kunstrasen

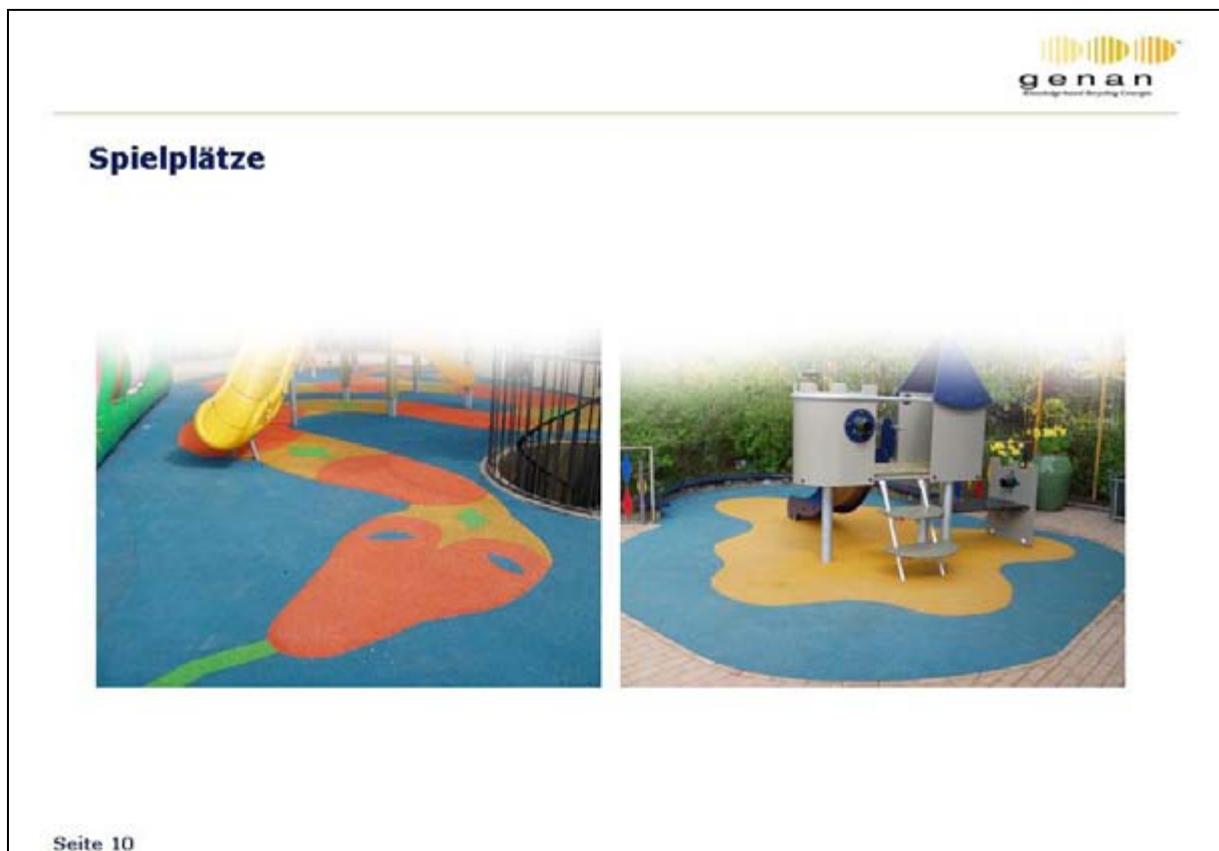
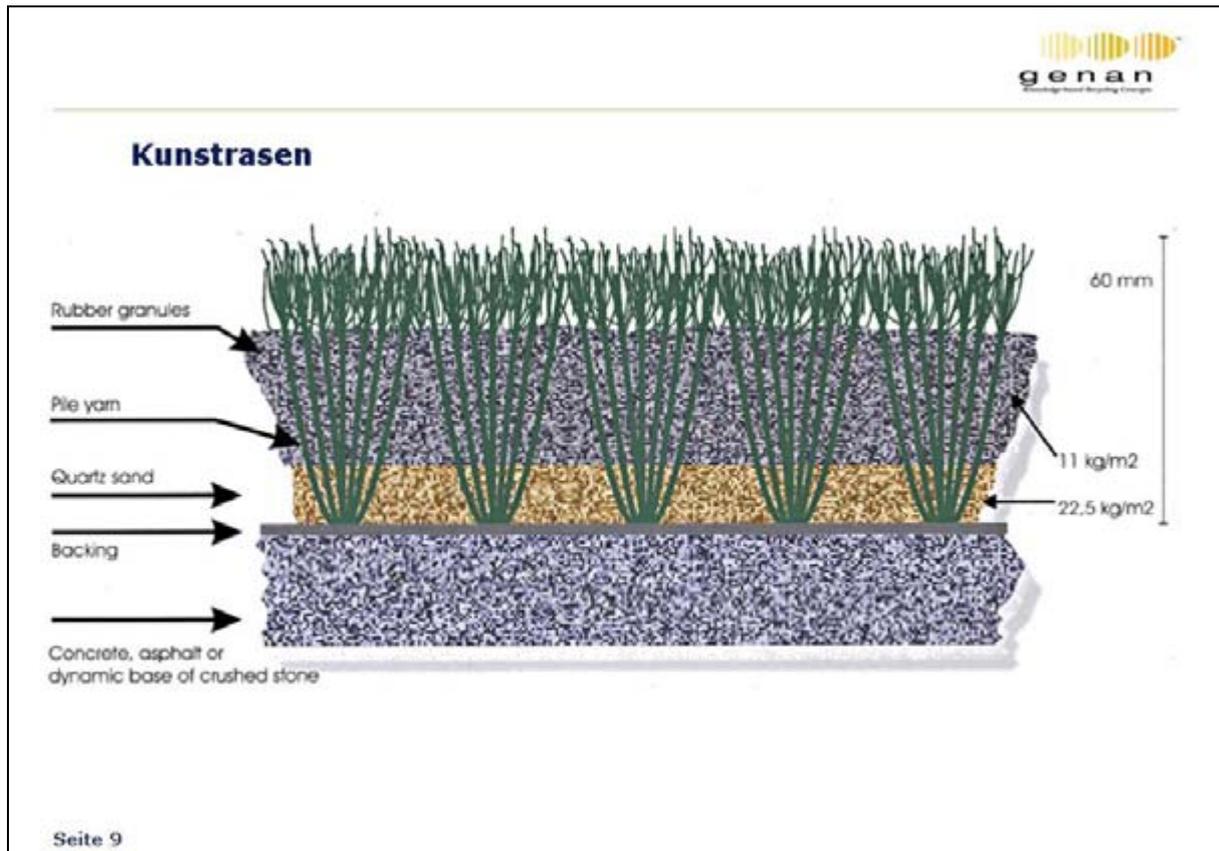


Von FIFA und UEFA für alle Turniere genehmigt.

Europäische jährliche Wachstumsrate in Einheiten 2005-2007 = 38 %

Quelle: Applied Market Information Ltd.

Seite 8





## Vielfältige Verwendungsmöglichkeiten für Gummipulver

- Sportplätze
- Bodenbeläge
- Thermische Isolierung
- Akustische Isolierung
- Farben
- Technische Gummimischungen



Seite 11



## Bitumenmodifizierung

100 Teile  
Gummipulver  
von Genan



4,5 Teile  
Vestemamer® von  
Evonik



Road+



Seite 12

## Zunahme des Transports in Europa

### Zunehmende Verkehrslasten lenken den Fokus auf:

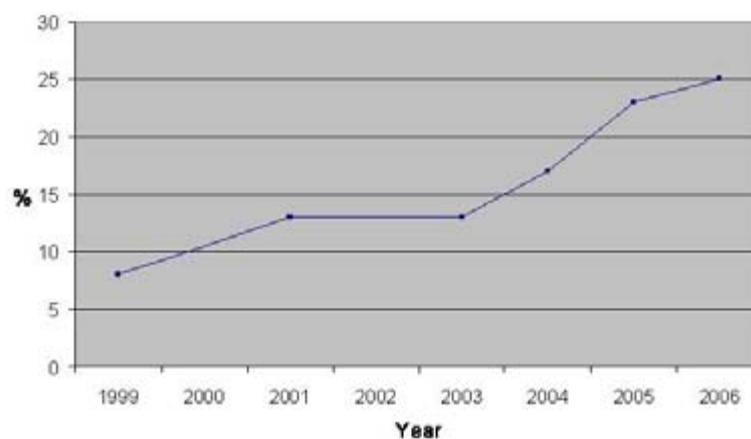
- Qualität
- Haltbarkeit
- Instandhaltungskosten

➔ Starke Zunahme von Polymermodifizierung bei Bitumen und Asphalt



Seite 13

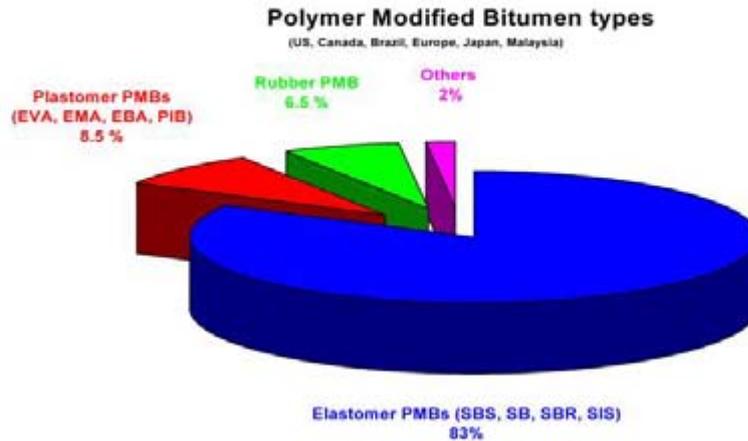
## Polymermodifizierung von Bitumen in Deutschland



Quelle: European Asphalt Pavement Association 2007

Seite 14

## Polymermodifizierte Bitumenarten



Seite 15

## Vergleich zwischen Road+ und SBS im Verhältnis 2,5 zu 1

### Nachweislich bessere Leistung hinsichtlich:

- Spurrillenbildung
- Rissbildung
- Besondere Mischungen und Verfahren für Lärmreduzierung
- Beständigkeit bei hohen und niedrigen Temperaturen
- Bessere Leistung bei hohen und niedrigen Belastungen



Seite 16

## Road+ am Markt: eingesetzt z. B. von Shell

**Allgemeine Bitumenmodifizierung, z. B. für Stadt- und Landstraßen**

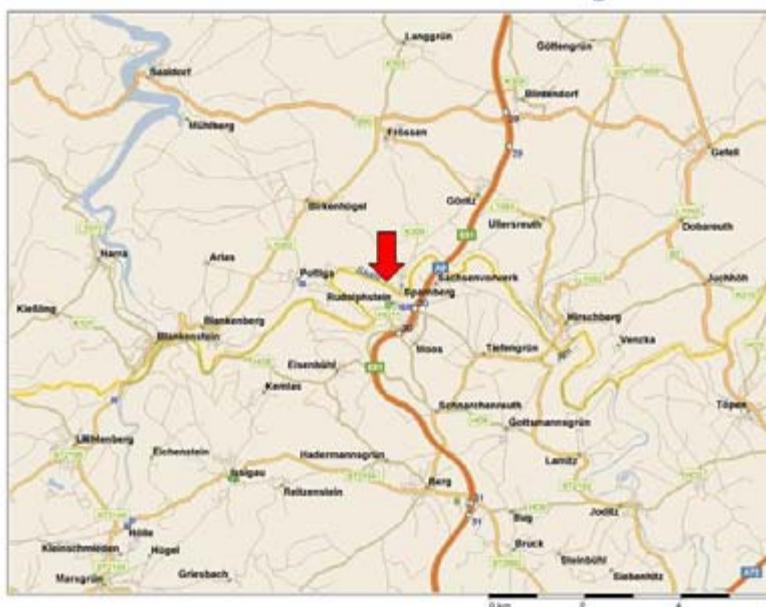
- Mexphalte 45 RM : Gehalt von 10 % Road+

**Stark beanspruchte Asphalte, z. B. für Autobahnen, Industrie- und Hafengelände**

- Mexphalte 45 RM+: Gehalt von 15 % Road+



**Bereits viele Straßenabschnitte in Deutschland tragen einen mit Road+ modifizierten Bitumenbelag**



## Projekt Rudolphstein



Seite 19

## Ökobilanzieller Vergleich zweier Verwertungsalternativen für Altreifen: stoffliche Verwertung in Asphalt und Mitverbrennung im Zementofen



Page 20

## Die Autoren:



Jürgen Giegrich und Regine Vogt  
*IFEU*  
*Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH*



Alejandro Villanueva, Nanja Hedal und Rikke Carlsen  
*Danish Topic Centre on Waste*  
*European Topic Centre on Resource and Waste Management*

## Qualitätsstandard



International  
Organization for  
Standardization

**ISO 14040**  
**ISO 14044**

Alle durch die oben genannte ISO-Norm als  
zwingend erforderlich vorgeschriebenen Elemente  
sind vorhanden.

## Kritische Bewertung durch das Peer Review Team



Oscar Salas, GAIKER, Spanien (Präsident)  
Edorta Laurrauri, GAIKER, Spanien  
Leire Barruetabeña, GAIKER, Spanien

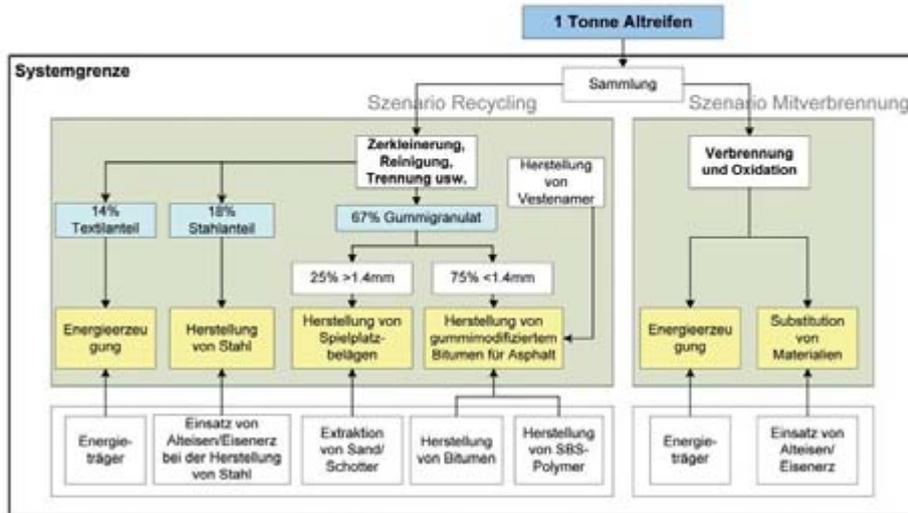


Simon Aumonier, ERM (Environmental Resource Management), Vereinigtes Königreich

Dr. Hans Theodor Grunder, Ökologische Bewertung von Bauprodukten, Germany

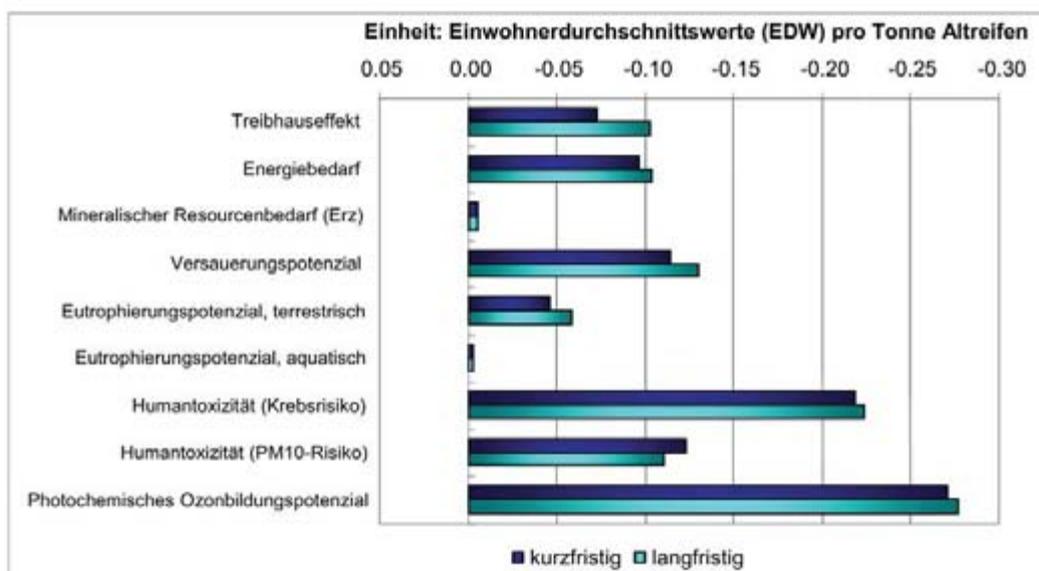
## Analyse der Wahlmöglichkeiten

### Recycling oder Verbrennung



Page 23

## Nettoauswirkungen auf die Umwelt



Page 24

### Auswirkungen auf das deutsche Potential für die globale Erwärmung:

**Altreifen werden nicht mehr zur Verbrennung zugelassen, sondern stattdessen stofflich wiederverwertet**

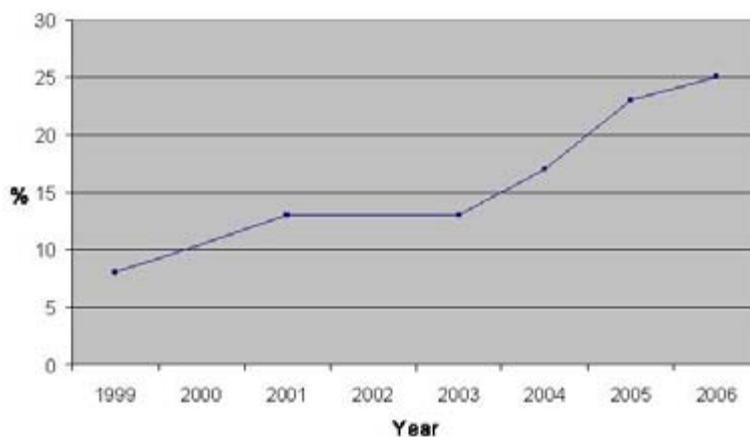
**Reifen als Brennstoff werden in den Zementbrennöfen durch Plastikabfall und Tiermehl ersetzt. Dadurch können gemäß der deutschen Zementindustrie 288.000 Tonnen Reifen ersetzt werden**

**Einsparungen bei CO<sub>2</sub>-Äquivalenten:  $288.000 \times 2,7 = 777.000$  t CO<sub>2</sub>-Äquivalente jährlich  
777.000 Tonnen entsprechen den CO<sub>2</sub>-Emissionen von 64.000 Einwohnern**



Seite 25

### Polymermodifizierung von Bitumen in Deutschland



Quelle: European Asphalt Pavement Association 2007

Seite 26

## Bitumenmodifizierung

- **2,4 Mio. Tonnen Bitumen wird jedes Jahr in Deutschland für den Straßenbau verwendet**
- **25 % (600.000 Tonnen) davon sind modifiziert, in der Regel mit SBS. Wenn SBS durch Road+ ersetzt wird, sind  $600.000 \times 0,125$  Tonnen Road+ erforderlich. Das sind insgesamt 75.000 Tonnen**
- **Wenn die Bitumenmodifizierung von 25 % auf 50 % des Gesamtbitumens zunimmt, sind weitere 75.000 Tonnen Road+ erforderlich**
- **Wenn die Reifenverbrennung verboten wird, werden stattdessen 288.000 Tonnen wiederverwertet. Dies ergibt  $288.000 \times 0,67 = 193.000$  Tonnen Gummigranulat**
- **Für die Bitumenmodifizierung allein können dann 144.000 Tonnen von den 193.000 Tonnen zusätzlich recycelter Granulate verbraucht werden, wobei 49.000 zusätzliche Tonnen für andere Verwendungen wie Kunstrasen, Spielplätze, Isolierungen und den Export von Road+ etc. verbleiben**

Seite 27

## Aktionsplan für bessere Straßen und niedrigere CO<sub>2</sub>-Emissionen

- **Verbot der Reifenverbrennung, stattdessen Wiederverwertung**
- **Anheben der Bitumenmodifizierung von 25 % auf 50 %**
- **Einsparen von Instandhaltungskosten im Straßenbudget**
- **Einsparen einer beträchtlichen Menge von CO<sub>2</sub>-Emissionen und zusätzliche Umweltvorteile ohne Mehrkosten**



Seite 28



**Ihre Altreifen sind ein wertvoller Rohstoff, der nicht  
deponiert oder verbrannt werden sollte.**



***Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit***

# Rohstoff- und Energieeffizienz in der Papierindustrie

Dr. Wilhelm Demharter, UPM-Kymmene Papier GmbH & Co. KG



## Inhalt

- Kurzvorstellung UPM
- Ressourceneffizienz in der Papierindustrie: Verzahnung von Rohstoff + Energie + Produktion + Recycling
- Daten rund um den Rohstoff Altpapier
- Die Selbstverpflichtungen der Papierindustrie (D/EU)

UPM 2

## UPM

UPM ist eines der weltweit führenden Forst-  
industriunternehmen und Marktführer im  
Bereich Druckpapiere.

Zu den wichtigsten Geschäftsfeldern von UPM  
gehören Magazinpapiere, Zeitungspapiere, Fein-  
und Spezialpapiere, Etikettenmaterialien und  
Holzprodukte.

**In den vergangenen Jahren hat UPM neue Geschäfts-  
möglichkeiten stark weiterentwickelt, so zum Beispiel  
auf dem Gebiet von RFID-Etiketten und -Inlays, Holz-  
Kunststoff-Verbundmaterialien und Biokraftstoffen.**




UPM
3

## UPM – Umsatzerlöse nach Geschäftsbereichen 2007



Geschäftsbereich	Anteil (%)
Magazinpapiere	31 %
Fein- und Spezialpapiere	26 %
Zeitungspapiere	14 %
Holzprodukte	11 %
Etikettenmaterialien	10 %
Andere	8 %



**Mitarbeiter**  
26.000

**Gesamtumsatz:**  
10.035 Millionen  
Euro

**Papier 71 %**

UPM
4

## Umweltaspekte der Forstindustrie



Rohstoffbeschaffung

Produktion

Auslieferung der  
Produkte

Energie

UPM

5



### UPM und Nachhaltigkeit:

### Zusammenwirken von Rohstoff- und Energieeffizienz



## Ressourcen unterstützen den Geschäftsbetrieb



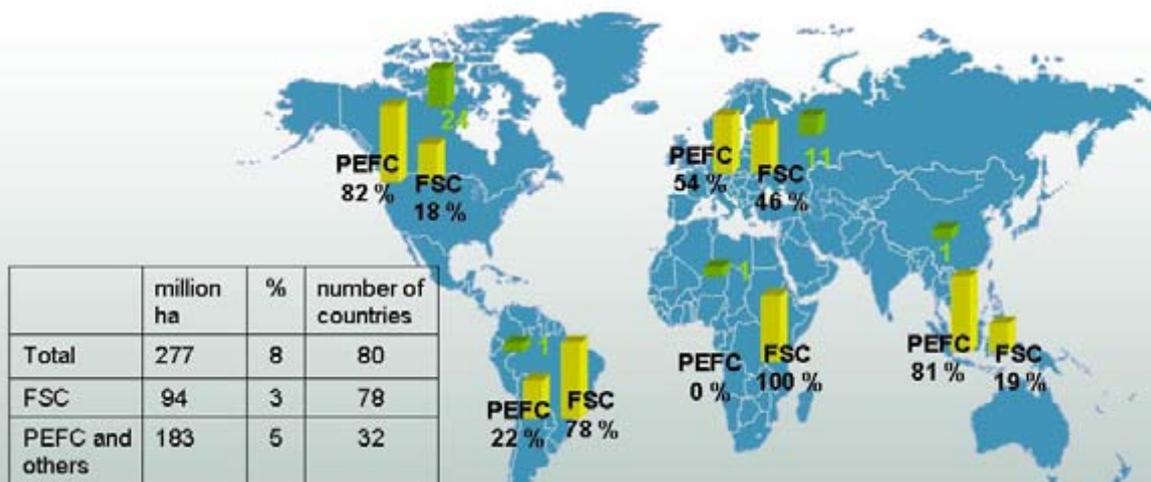
- Die Geschäftstätigkeit basiert auf der engen Integration von Rohstoffen, Energie, Produktion und Recycling:
- Die Verfügbarkeit des Rohstoffs Holz wird zum Teil durch eigene Wälder sichergestellt.
- Der Selbstversorgungsgrad bei Zellstoff beträgt 100 %.
- Der Selbstversorgungsgrad bei Strom liegt bei 70 %, in Finnland bei 100 %.



UPM

7

## Certified forest area



- 92 % not covered by any certification scheme

share (%) of certified forest of the total forest area by region

sources:

<http://register.pefc.cz/statistics.asp>

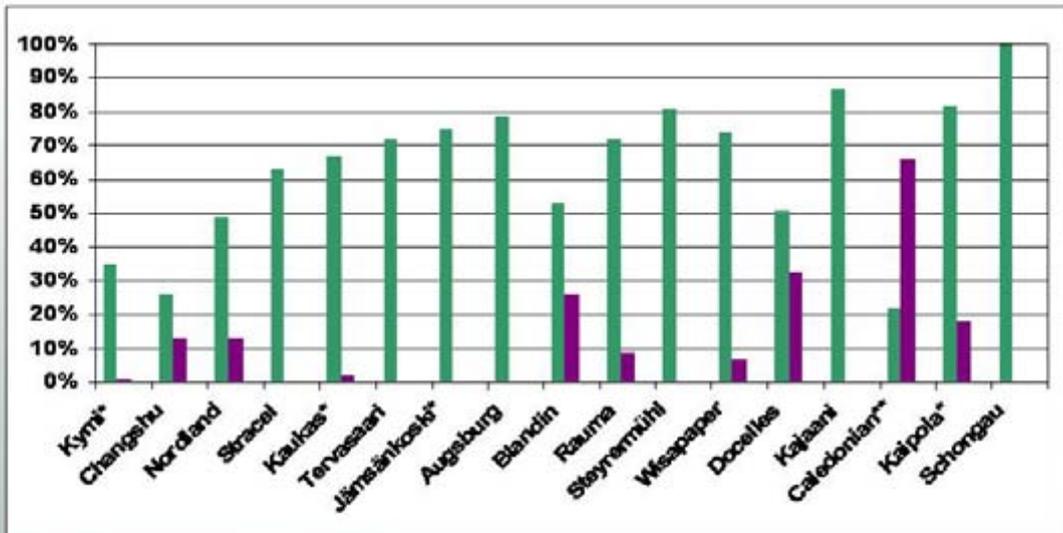
[www.fsc.org](http://www.fsc.org)

FAO publication: State of the World's forests (2007)

UPM

8

## Durchschnittlicher Einsatz zertifizierter Faser in den UPM-Werken 2007 (PEFC und FSC C-o-C)



Miramichi not included due to mill closure in 2007

\* FSC figures calculated from the audit onwards, not the whole year reported in here (Kaipola FSC based on rcf)

\*\* UKWAS marked as FSC only

AUG, CHA, SDT, SOG and STE FSC CoC audited at the end of 2007, thus no figures shown for 2007

UPM

9

## UPM praktiziert effizientes Recycling



- **Altpapier in der Papierproduktion**
  - Führender Verarbeiter von Altpapier (ca. 3 Mio t/a) zu neuen Druckpapieren
  - 25 % der UPM-weit eingesetzten Fasern stammen aus Altpapier
  
- **Innovationen im Recycling**
  - Nebenprodukte aus dem Etikettengeschäft und Holzfasern werden als Holz-Kunststoff-Verbund zu einem neuen Produkt verarbeitet



UPM

10

## Altpapierstoff-Anteil (ca. % am Fasermix)



	<b>News</b> UPM News UPM Color	<b>MFS</b> UPM Opalite UPM Britte	<b>SC</b> UPM Eco UPM Max	<b>LWC</b> UPM Cote
<b>Augsburg</b>	-	-	<b>60</b> (Max)	<b>30</b> (Cote)
<b>Chapelle-Darblay</b>	<b>100</b> (News, Color)	<b>100</b> (Britte)	-	-
<b>Kaipola</b>	<b>60</b> (News)	<b>60</b> (Opalite)	-	-
<b>Schongau</b>	<b>70</b> (News)	<b>80</b> (Britte)	<b>100</b> (Eco)	-
<b>Schwedt</b>	<b>100</b> (News)	-	-	-
<b>Shotton</b>	<b>100</b> (News)	-	-	-
<b>Steyrer- mühl</b>	<b>70</b> (News)	-	<b>80</b> (Eco)	-

UPM

11

## Rohstoff Altpapier



- Rohstoffbasis: sortiertes grafisches Altpapier aus haushaltsnaher Erfassung (Deinkingware) sowie Druckereiabfälle
- Altpapier wird in zwei Stufen, der Erstflotation und der Nachflotation, aufbereitet, um die Druckfarben von den Fasern abzulösen und abzutrennen
- Die Rückstände werden in UPM-eigenen Heizkraftwerken energetisch genutzt
- Zurück bleiben rund 400.000 t Asche zum weiteren Einsatz v.a. in der Baustoffindustrie



UPM

12

## Was wird aus dem Altpapier?



72% Altpapierstoff	→ Neues Druckpapier
17% Deinking-Rückstände (Fasern, Mineralstoffe, Druckfarben)	→ Energie/Asche
9% Feuchtigkeit im Altpapier	→ Wasser
1% Rückstände aus der Altpapieraufbereitung (z.B. Kunststoffe, Metalle)	→ Energie/Recycling
1% Lösliche Stoffe	→ Kläranlage/Energie

*Beispiel aus dem UPM Werk Schwedt (Standardzeitungsdruckpapier);  
Daten vergleichbar mit anderen Werken.*

UPM 13

## Vielfältiges und wettbewerbsfähiges Energieportfolio



### Hauptenergiequellen

- Wasserkraft
- Kernkraft
- Energieerzeugung in werkseigenen Biomassekraftwerken
  - Schwarzlauge aus Zellstofffabriken, Rinde, Waldbiomasse (Ernterückstände, Schwachholz, Baumstümpfe), Klärschlamm aus biologischen Kläranlagen und Altpapier verarbeitenden Fabriken

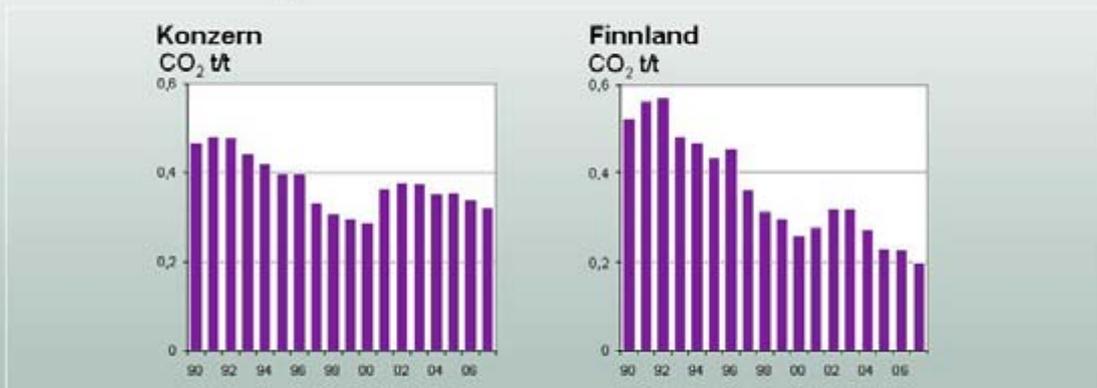


UPM 14

## CO<sub>2</sub>-neutrale Energiequellen dominieren UPMs Energieportfolio



- Weltweit sind fast 60 % und in Finnland über 75 % der vor Ort genutzten Brennstoffe Biobrennstoffe.
- Die fossilen Kohlendioxidemissionen je Tonne Papier sind seit 1990 um über 30 % gesunken.



UPM

15

## Der Stromverbrauch je Tonne Papier ist spürbar gesunken

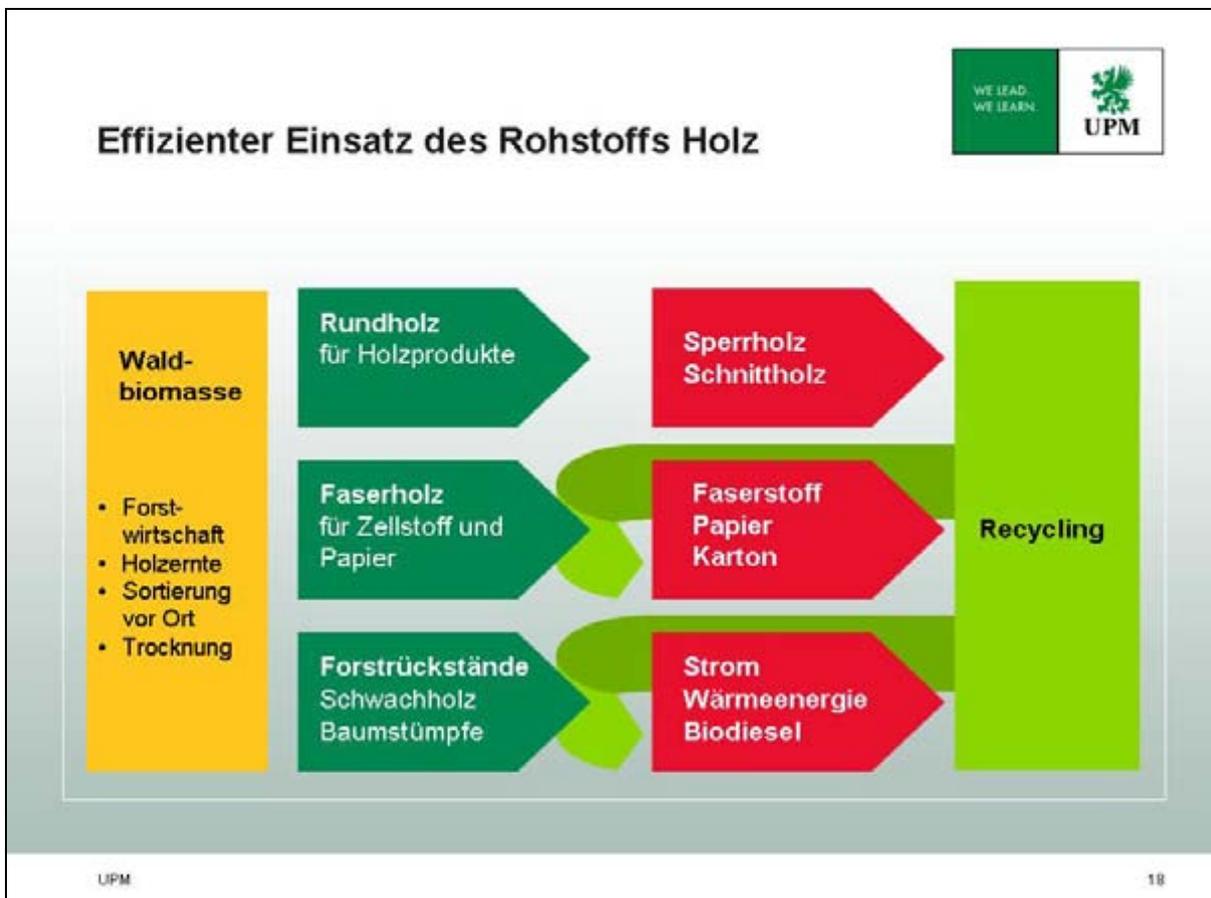
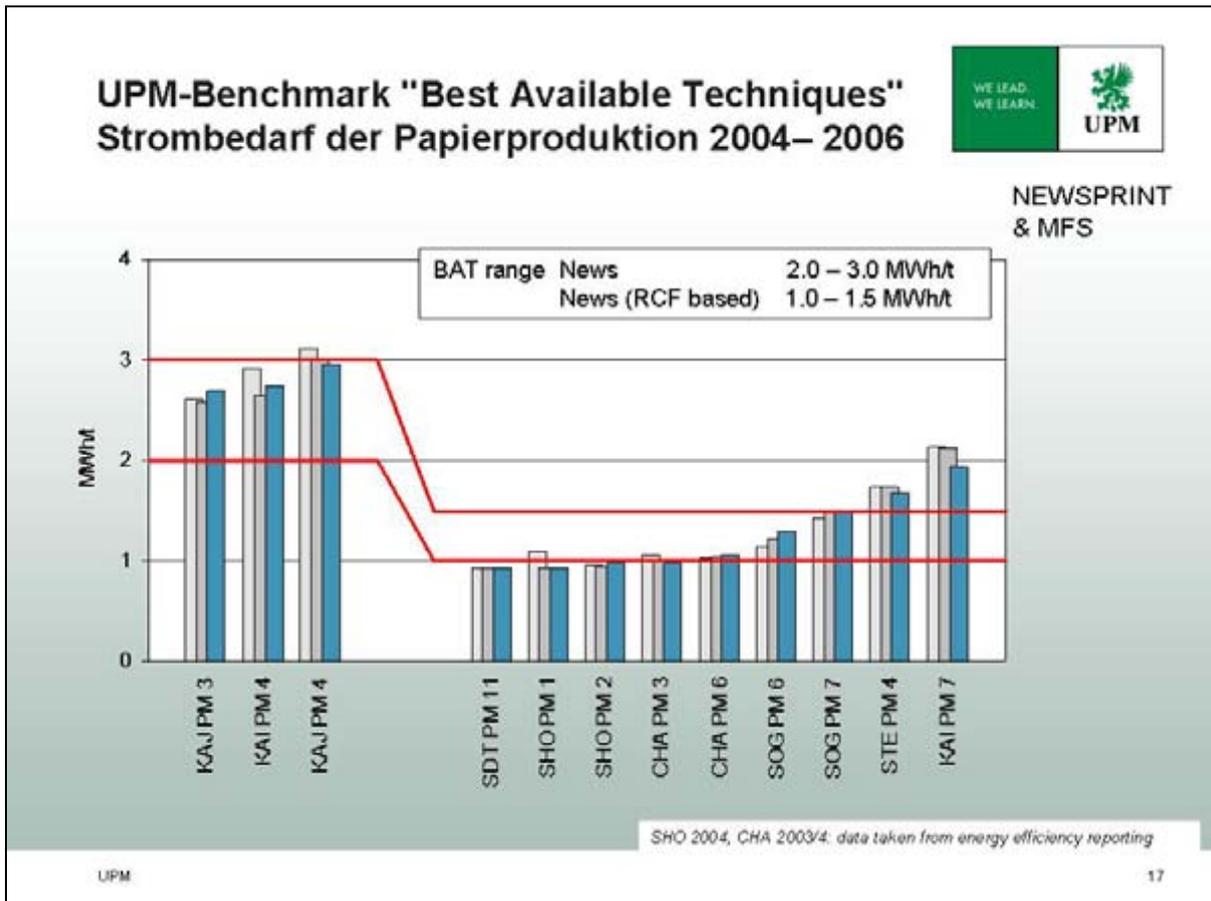


Durch den Transfer von Best Practices zwischen den Unternehmenseinheiten verbessert UPM seine Energieeffizienz kontinuierlich.



UPM

16



## Umwentlastung in einer regionalen Logistikkette – Die Projektpartner

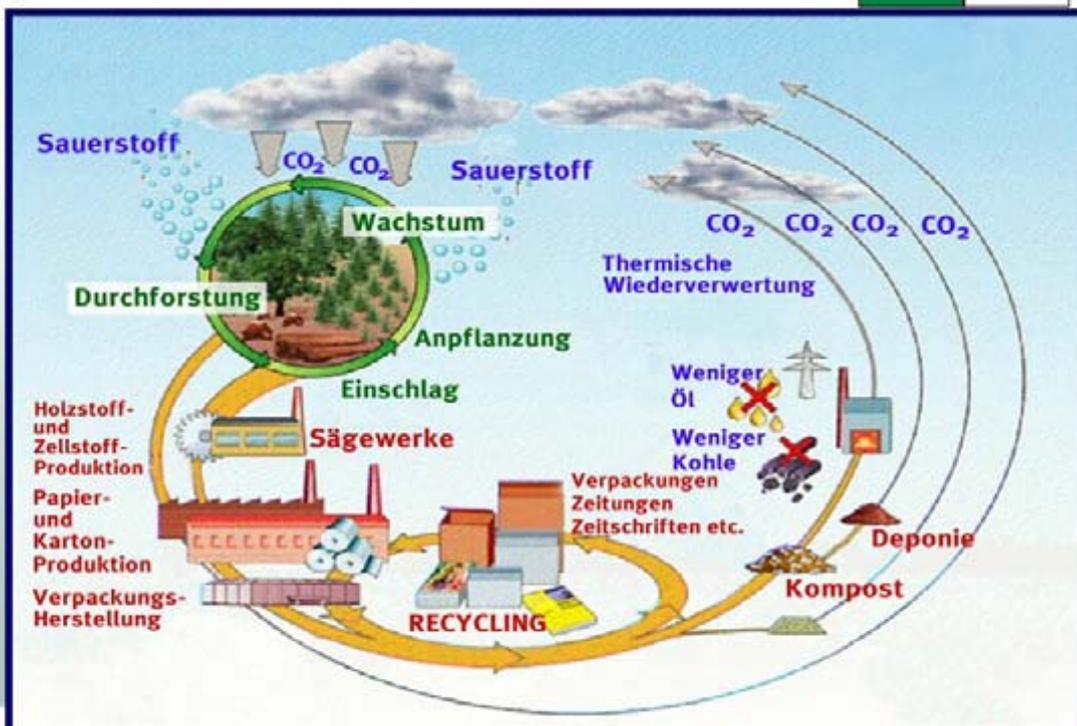


- UPM-Kymmene Papier GmbH & Co. KG, Augsburg/Werk Schongau
- Augsburger Localbahn GmbH, Augsburg
- Spedition Nuber GmbH, Augsburg
- Presse-Druck- und Verlags-GmbH, Augsburg

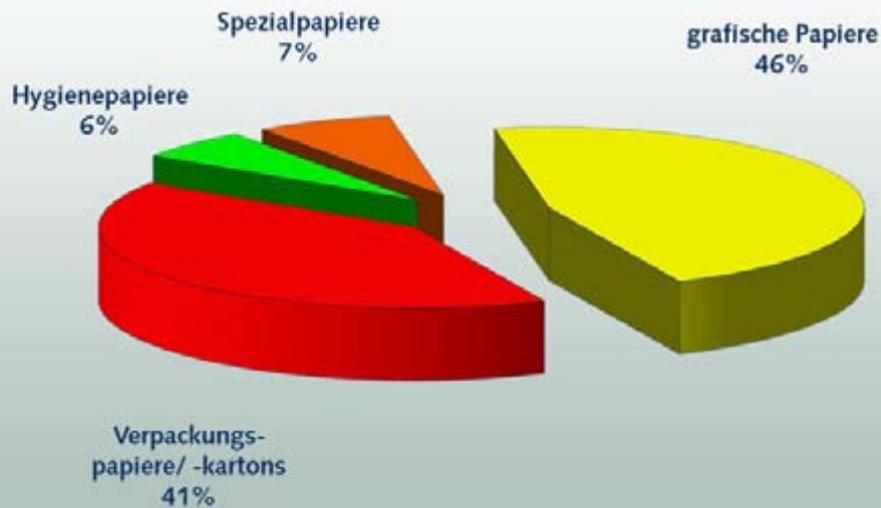
UPM

19

## Kreislaufwirtschaft in der Wertschöpfungskette Holz



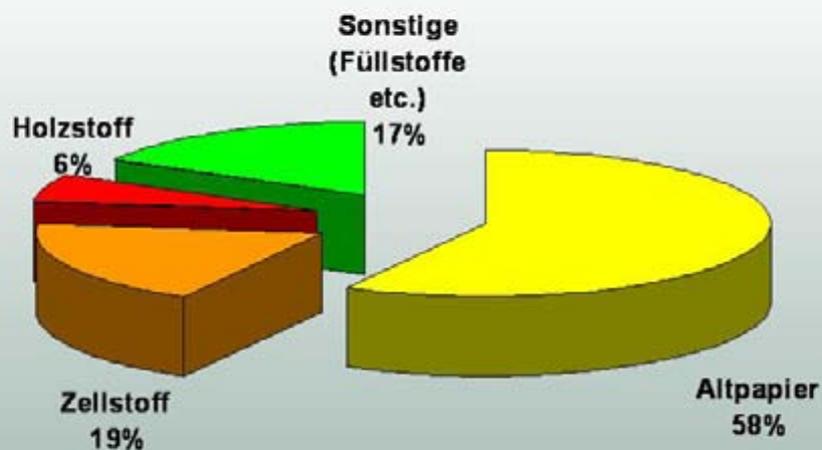
**Papierindustrie in Deutschland 2007  
Produktion nach Sortengruppen (23,2 Mio. t )**



UPM

21

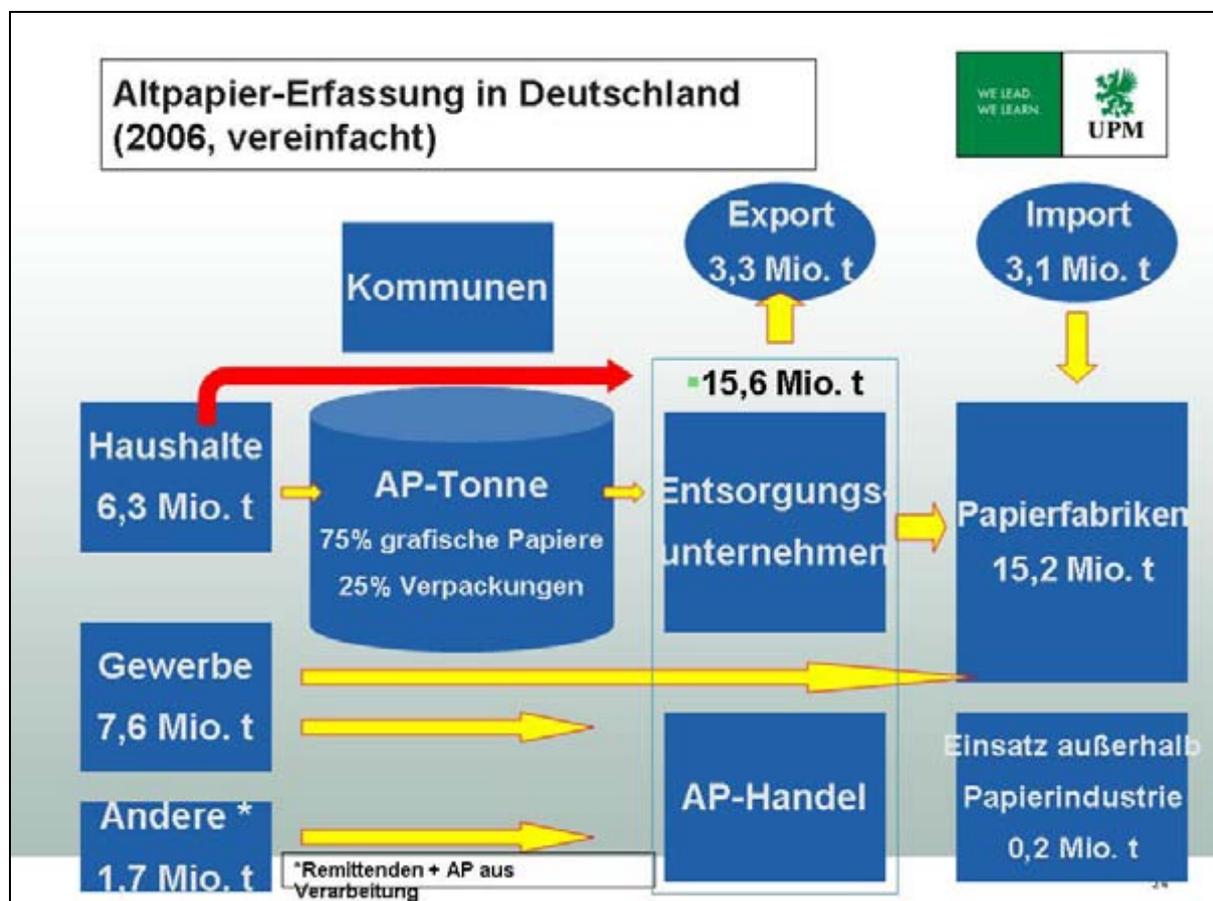
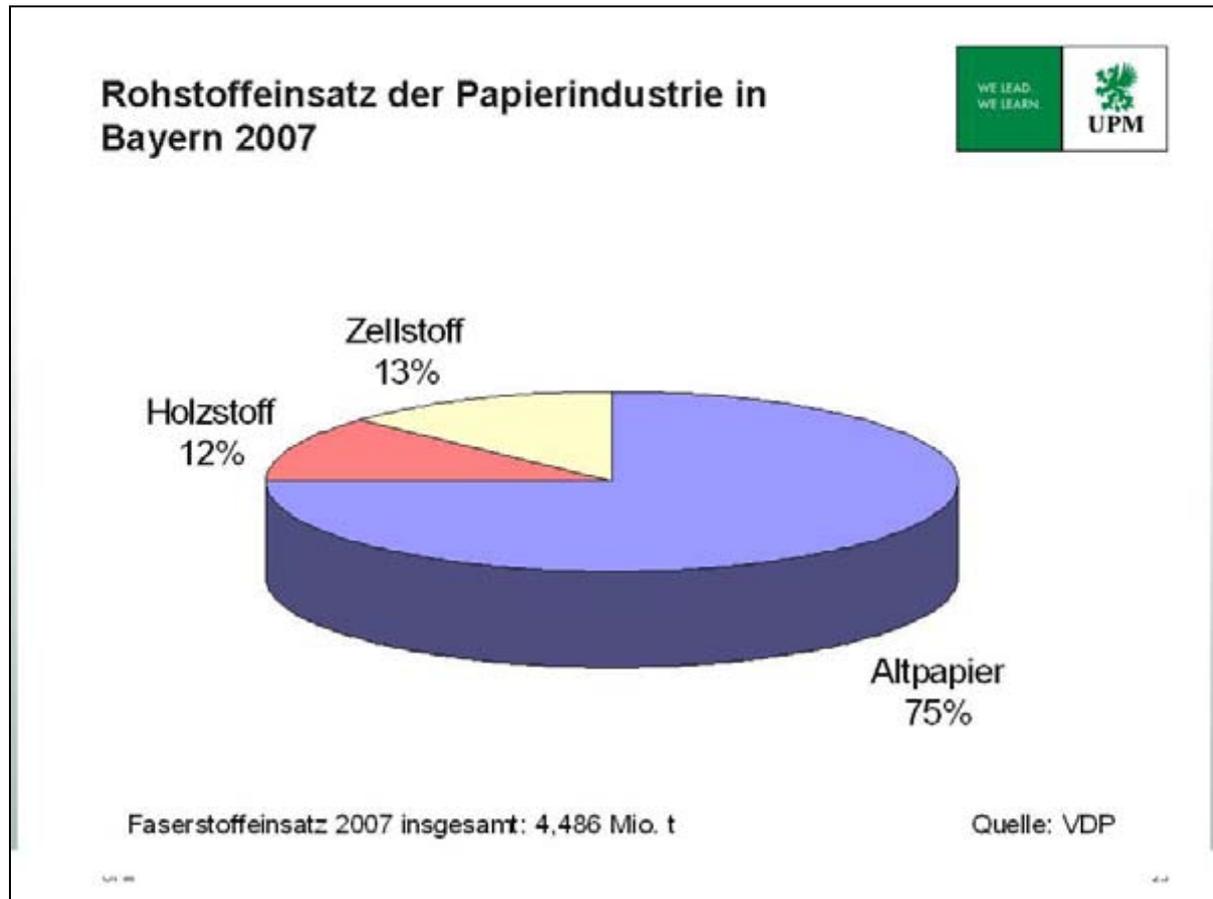
**Altpapier: mengenmäßig wichtigster Rohstoff für die Papierindustrie in Deutschland!**



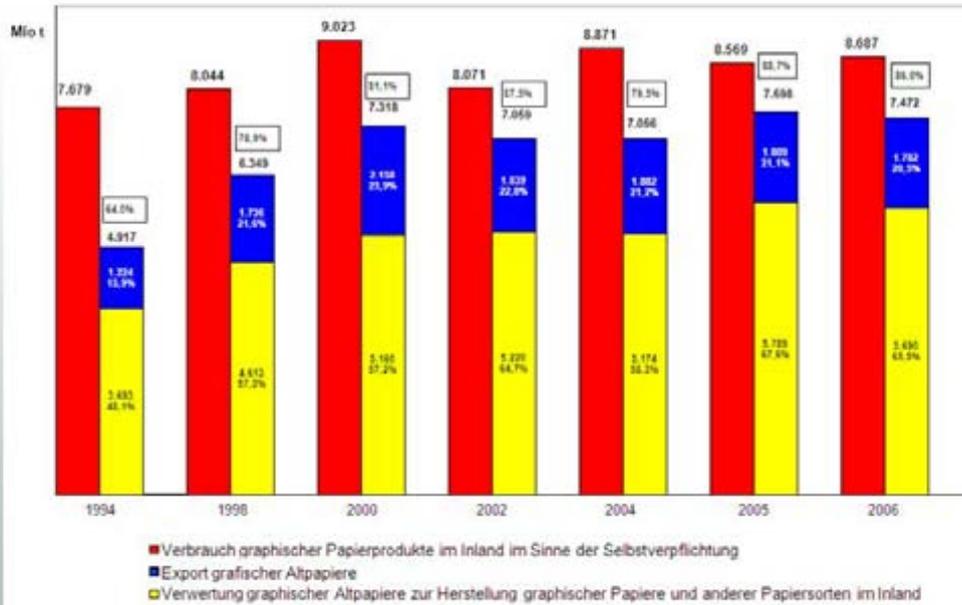
Rohstoffeinsatz Papierindustrie D 2007 –in %

UPM

22



## Entwicklung der AGRAPA - Verwertungsquote



UPM

25

## Kennzahlen Altpapier Deutschland



	2006	2007	Veränderung
Altpapierverbrauch	15,2 Mio. t	15,8 Mio. t	+3,7 %
Altpapier-Aufkommen	15,5 Mio. t	15,4 Mio. t	- 0,6 %
Außenhandel Altpapier	0,3 Mio t (Export)	0,4 Mio. t (Import)	- 0,7 Mio. t
AP-Einsatzquote	67 %	68 %	+ 1 %-Punkt
AP-Rücklaufquote	75 %	73 %	- 2 % -Punkte

UPM

26

### Altpapierverbrauch D in 1.000 t Endgültige Jahresdaten 2007



	01-12/07	01-12/06	Änd. in %
<b>Untere Sorten</b>	<b>12.272</b>	<b>11.870</b>	<b>3,4</b>
davon 1.01/1.02	3.750	3.682	1,9
davon 1.04/1.05	3.822	3.545	7,8
davon 1.11	3.786	3.716	1,9
<b>Mittlere Sorten</b>	<b>1.108</b>	<b>1.021</b>	<b>8,5</b>
<b>Bessere Sorten</b>	<b>934</b>	<b>893</b>	<b>4,6</b>
<b>Krafthaltige Sorten</b>	<b>1.394</b>	<b>1.361</b>	<b>2,4</b>
<b>Sondersorten</b>	<b>113</b>	<b>108</b>	<b>5,0</b>
	<b>15.822</b>	<b>15.254</b>	<b>3,7</b>

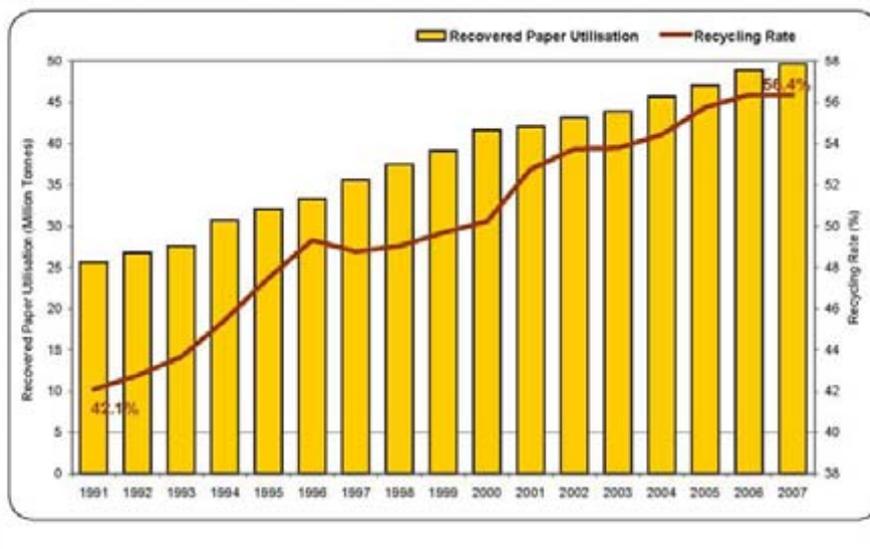
UPM

-Stand: 07.03.2008  
27

### Entwicklung des Altpapiereinsatzes in Europa 2007: 49,6 Mio. t (+ 1,4%), Recycling Rate: 56,4%



Evolution of the Recovered Paper Utilisation and the Recycling Rate in CEPI Countries 1991 - 2007



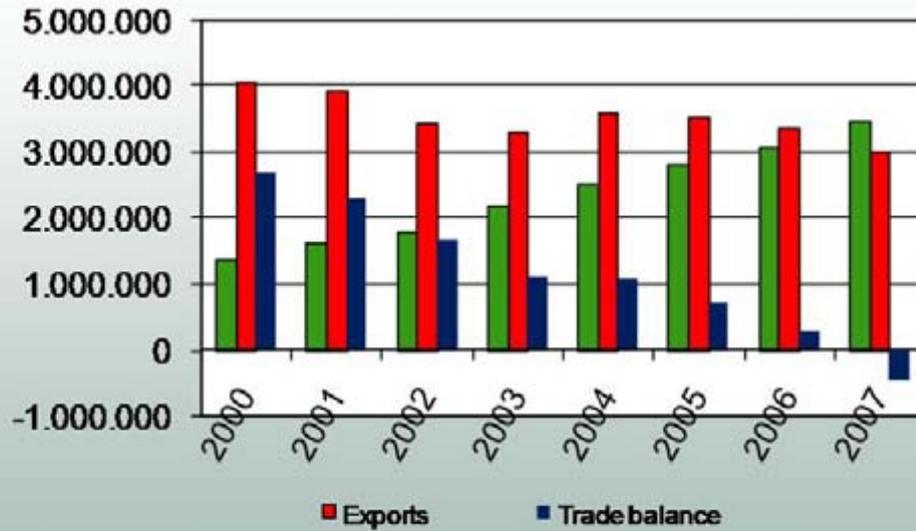
UPM

28

### Deutschland ist im Jahr 2007 zum Nettoimporteur von Altpapier geworden!



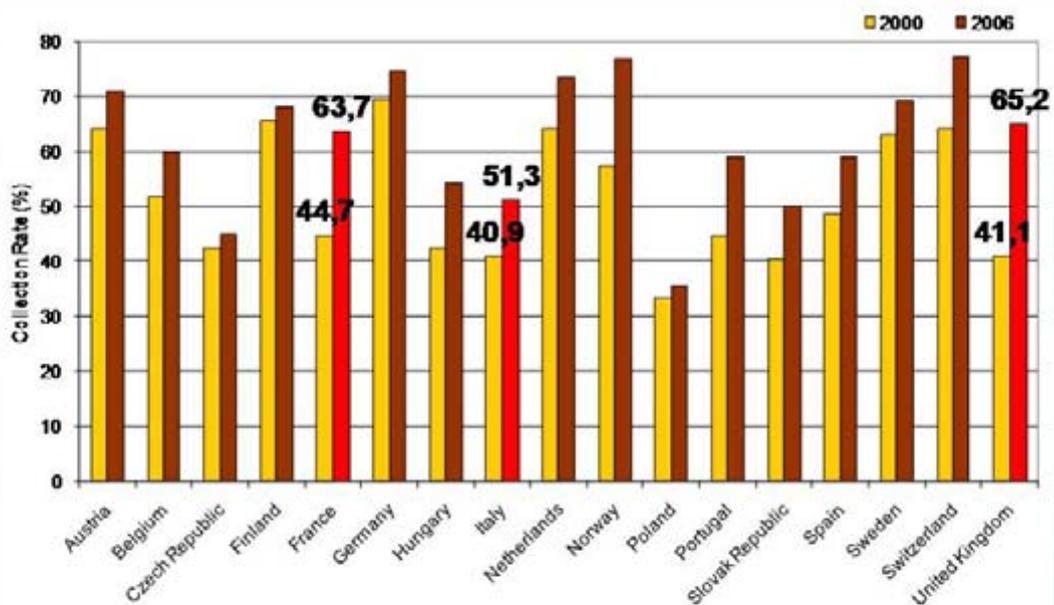
in t



UPM

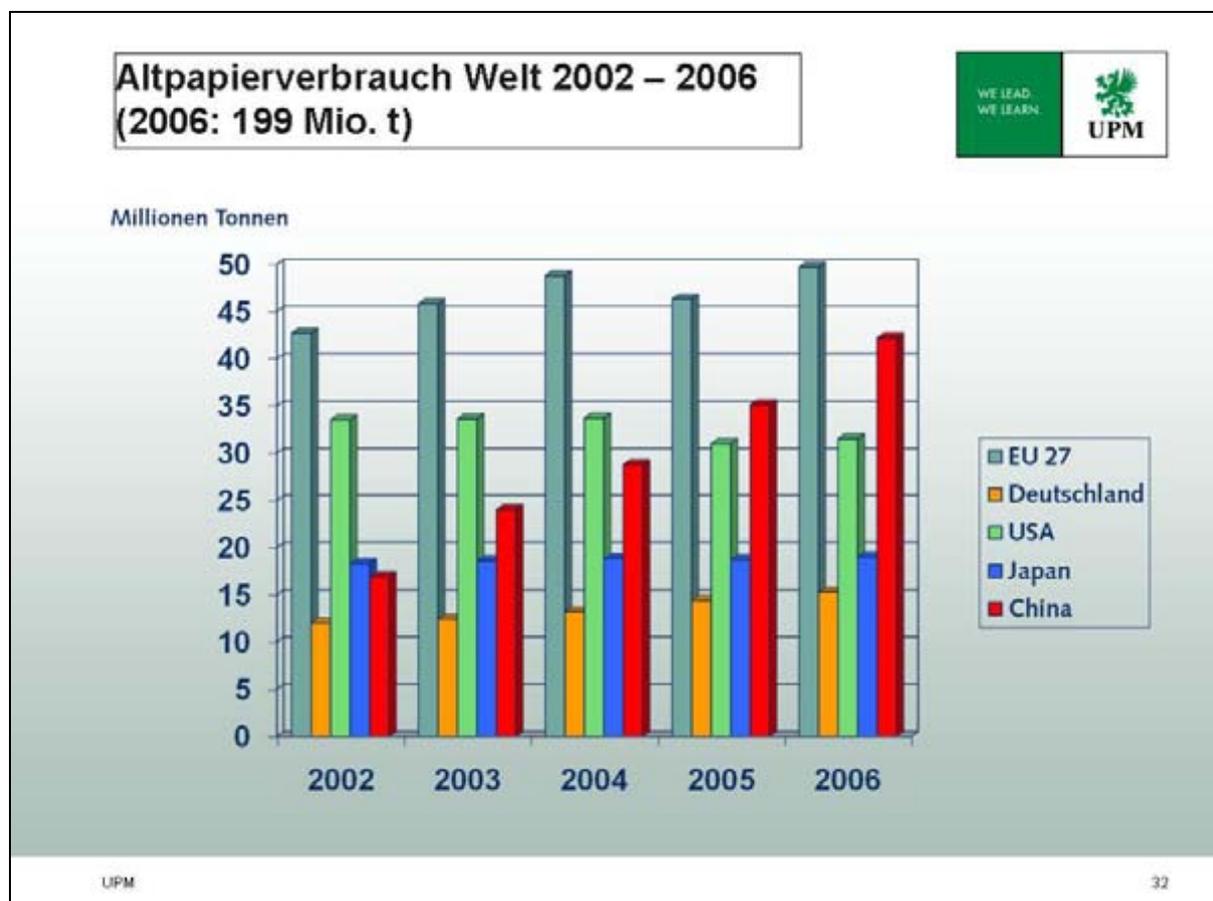
29

### Rücklaufquoten in Europa 2000 - 2006 (CEPI-Länder)



UPM

30



## Altpapier - Welt



1.

Wachstum des weltweiten Altpapierverbrauchs  
(+ 4% p.a., 2011: 245 Mio. t)

2.

Wachstum des Altpapierhandels

3.

Entwicklung der Altpapiererfassung in Asien (China)?

UPM

33

## Qualitätsmanagement Altpapier



- Neuauflage des GesPaRec Handbuchs
  - *Kennzahlen Altpapier*
  - *EN 643*
  - *Guidelines zum AP-Qualitätsmanagement (quality control, responsible sourcing)*
  - *AGRAPA + European Declaration*
  - *AP-Qualitätskontrolle*
  - [www.gesparec.de](http://www.gesparec.de)

UPM

34

## Qualitätsmanagement Altpapier (2)



- Kennzeichnung von Altpapierballen
  - *CEPI/FEAD/ERPA – Dokument*
  - *Kennzeichnung von AP-Sorte und Lieferant auf dem Ballen*
  - *Umsetzung Rückverfolgbarkeit*
- 6. Workshop 8./9. Mai 2008, Smurfit Kappa Zülpich Papier GmbH / Schloss Gracht

UPM

35

## ARBEITSGEMEINSCHAFT GRAPHISCHE PAPIERE A G R A P A (1)



- **AGRAPA Verwertungsquote auch im Jahr 2006 deutlich über 80%**
- Die Rücknahme und Verwertung grafischer Papiere in Deutschland lag auch im Jahr 2006 mit 86% deutlich über der im Rahmen der AGRAPA-Selbstverpflichtung zugesagten Verwertungsquote. Die Arbeitsgemeinschaft Grafische Papiere (AGRAPA) hat gegenüber der Bundesregierung zugesagt, die Verwertungsquote grafischer Papiere in Deutschland, die sich als Quotient des Einsatzes grafischer Altpapiere in der Papierindustrie und des Verbrauchs grafischer Papiere errechnet, dauerhaft über 80 % (+/- 3%) zu halten. Insgesamt wurden rund 7,5 Mio. Tonnen grafischer Altpapiere zur Erzeugung von Papier, Karton und Pappe eingesetzt.

UPM

36

## ARBEITSGEMEINSCHAFT GRAPHISCHE PAPIERE A G R A P A (2)



- Die AGRAPA hat in ihrer Sitzung am 9. Juli 2008 in Berlin die Ergebnisse des vom Bundesumweltministerium bestätigten Prüfberichtes diskutiert. Übereinstimmend wurde betont, dass die bereits im Jahr 1994 beschlossene AGRAPA-Erklärung eine Vorbildfunktion im Hinblick auf den Ersatz ordnungsrechtlicher Vorschriften durch freiwillige Selbstverpflichtungserklärungen der Wirtschaft erfüllt. Durch die AGRAPA-Erklärung ist die ursprünglich geplante Altpapierverordnung überflüssig geworden. Die Unternehmen der Wertschöpfungskette grafischer Papiere erfüllen damit die Vorgaben der Produktverantwortung auf freiwilliger Basis.
- Im Rahmen der Sitzung in Berlin wurde auch der Vorsitzende des AGRAPA-Altpapierrates, Herbert Woodtli, Axel-Springer, in seinem Amt bestätigt.

UPM

37

## Kernbotschaften Papierrecycling



1. Freiwillige Vereinbarungen sollten beim Papierrecycling Vorrang vor ordnungsrechtlichen Vorschriften haben!
2. Altpapier ist werthaltiger (Sekundär-)Rohstoff!
3. Altpapier ist getrennt von anderen Materialströmen zu erfassen!
4. Altpapier ist vorrangig stofflich zu nutzen, die energetische Verwertung kommt nur für nicht mehr rezyklierbare Fasern in Betracht!
5. Die Sicherung der Altpapierqualität beginnt bei der Altpapiererfassung!

UPM

38

## Ende der Abfalleigenschaft von Altpapier



1. Altpapier, das nach Abschluss des Sortiervorganges für den Einsatz in der Papierindustrie unmittelbar zur Verfügung steht, ist kein Abfall (mehr).
2. Nicht sortierbedürftiges Altpapier ist von vornherein kein Abfall, sondern hat Rohstoff- und Produktqualität
3. Unterstützung dieser Position durch 7 bilaterale Vereinbarungen auf Länderebene

UPM

39

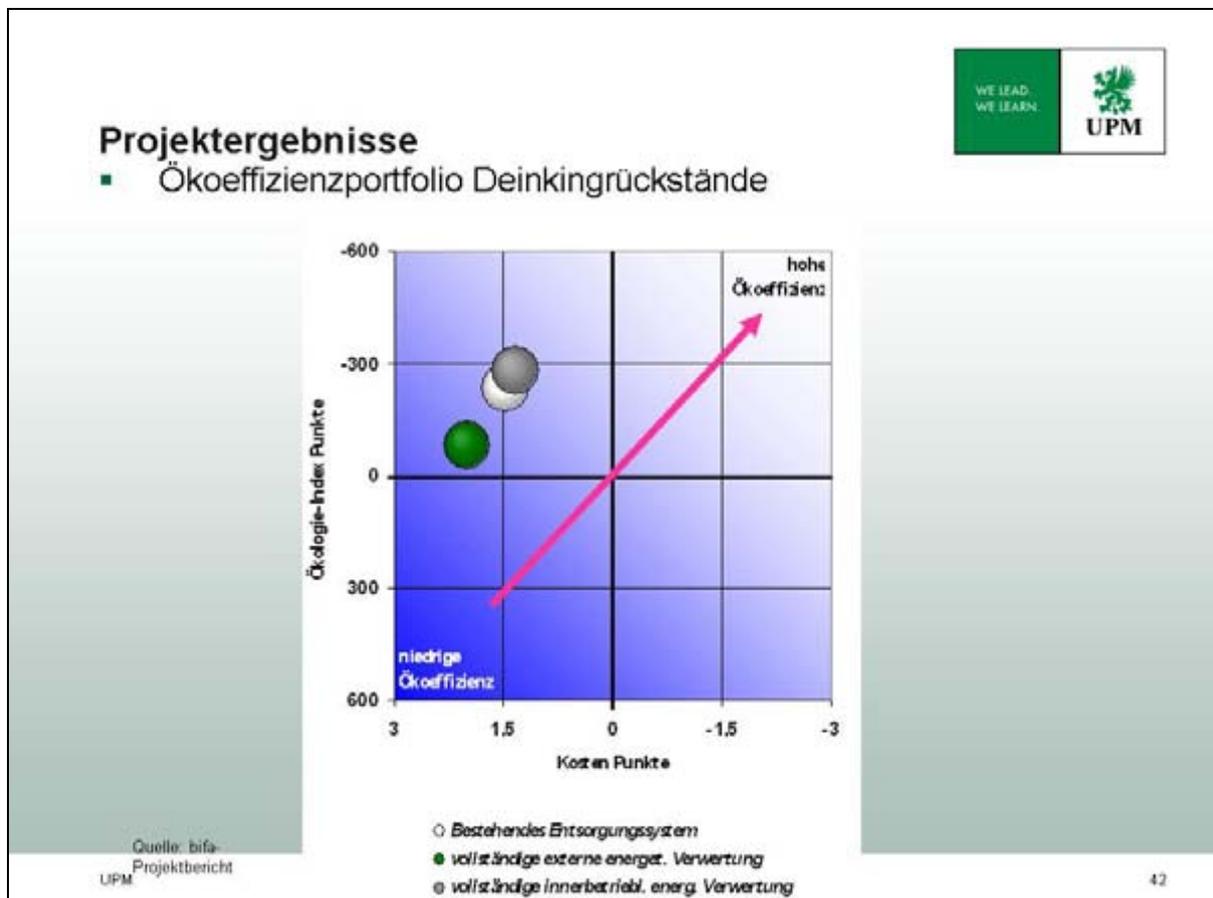
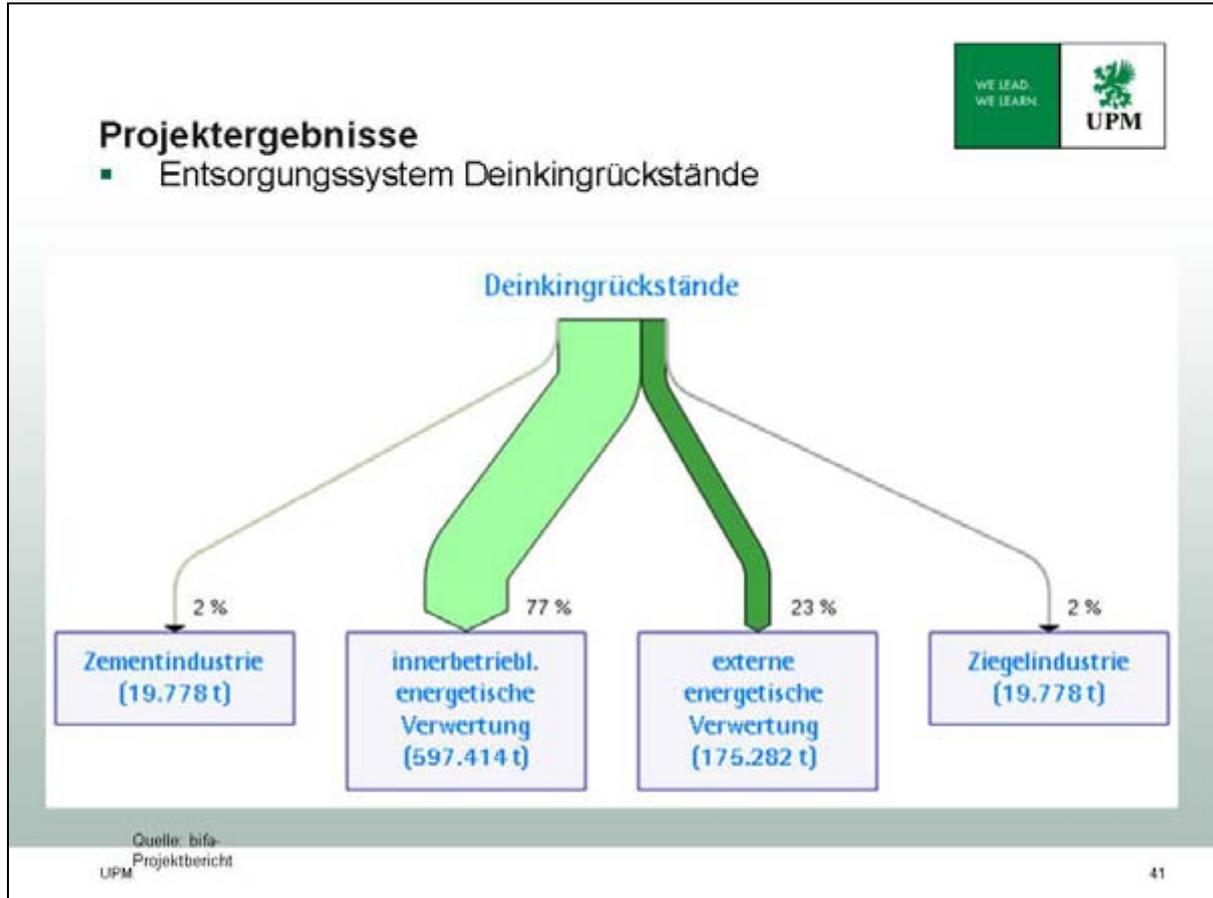


## Ökoeffizienz-Projekt von Papierindustrie und Umweltministerium im Rahmen des Umweltpakt Bayern

Reststoffströme in der Papierindustrie:  
Ist-Zustand und Optimierung

Arbeitsforum Integrierte Produktpolitik  
30. Juli 2008

Dr. Wilhelm Demharter  
Umweltausschuß im Verband der Bayerischen Papierindustrie



## Projektergebnisse



- Schlussfolgerungen (1)
  - Bereits eine Verschiebung von Stoffströmen zwischen bestehenden Verwertungswegen bringt erhebliches Potential, insbesondere durch energetische Verwertung von Holz/Rinde, Deinkung- und Sortierrückständen
  - Energetische Verwertung an Standorten mit hohem ganzjährigem Wärmebedarf bringt erhebliche Steigerung der Energieeffizienz. Papierfabriken mit hohem Reststoffaufkommen sind ideale Standorte.

UPM

43

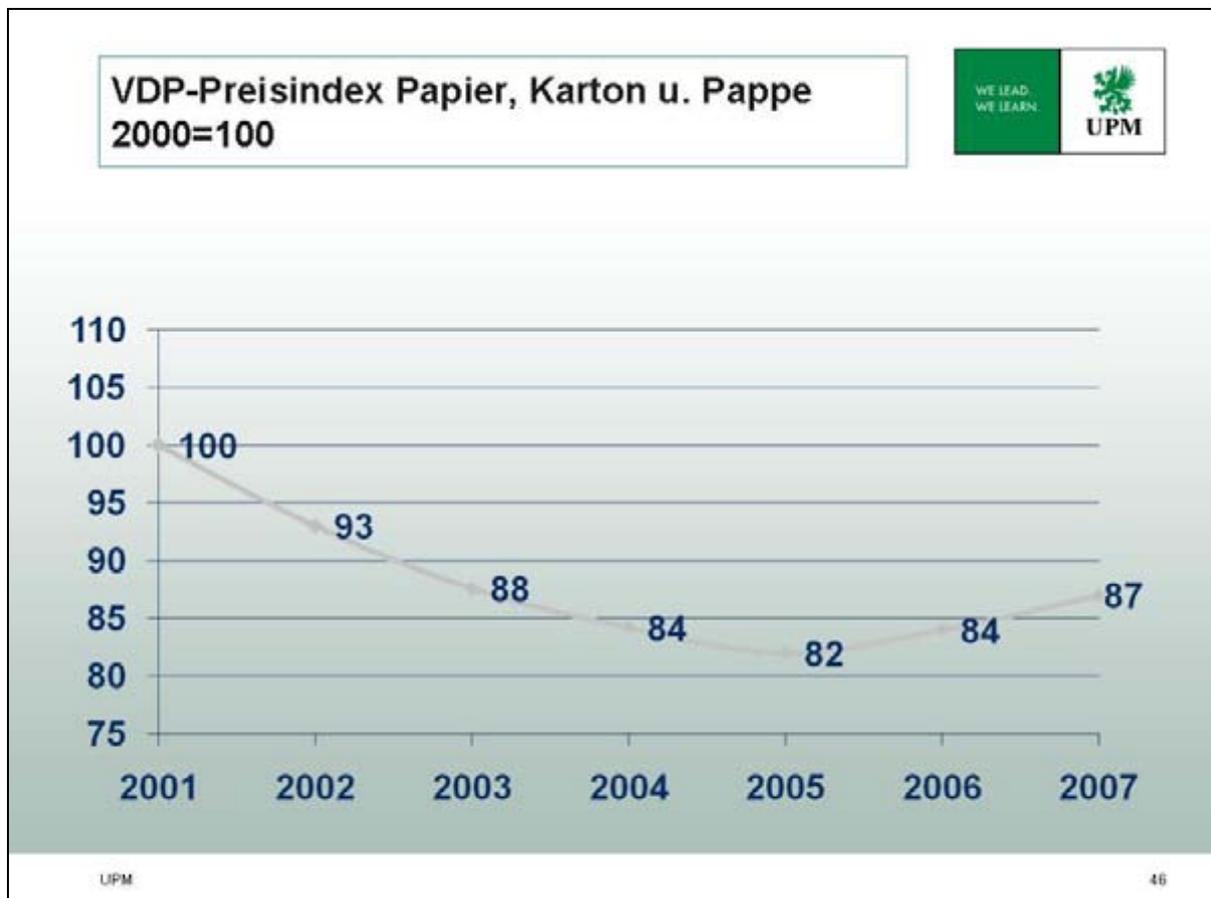
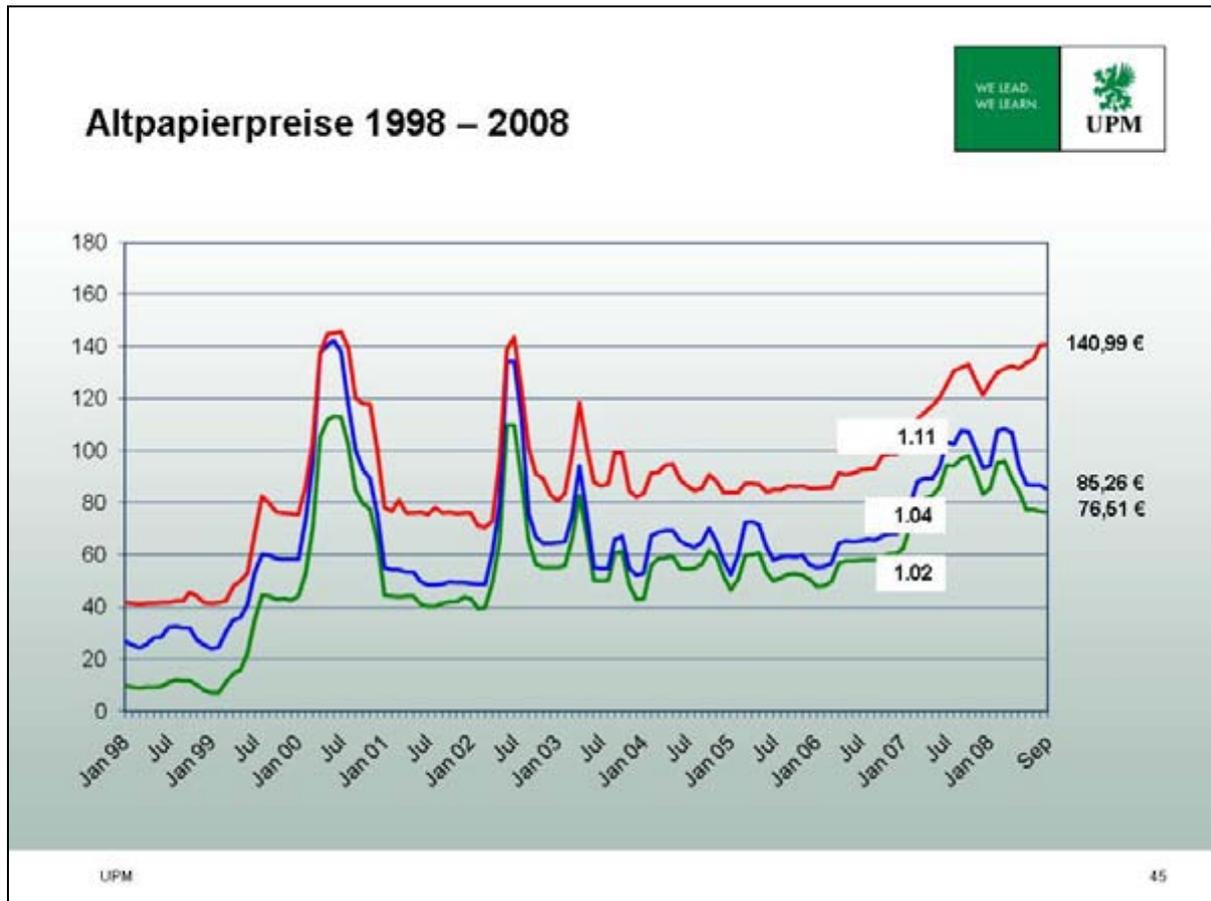
## Projektergebnisse

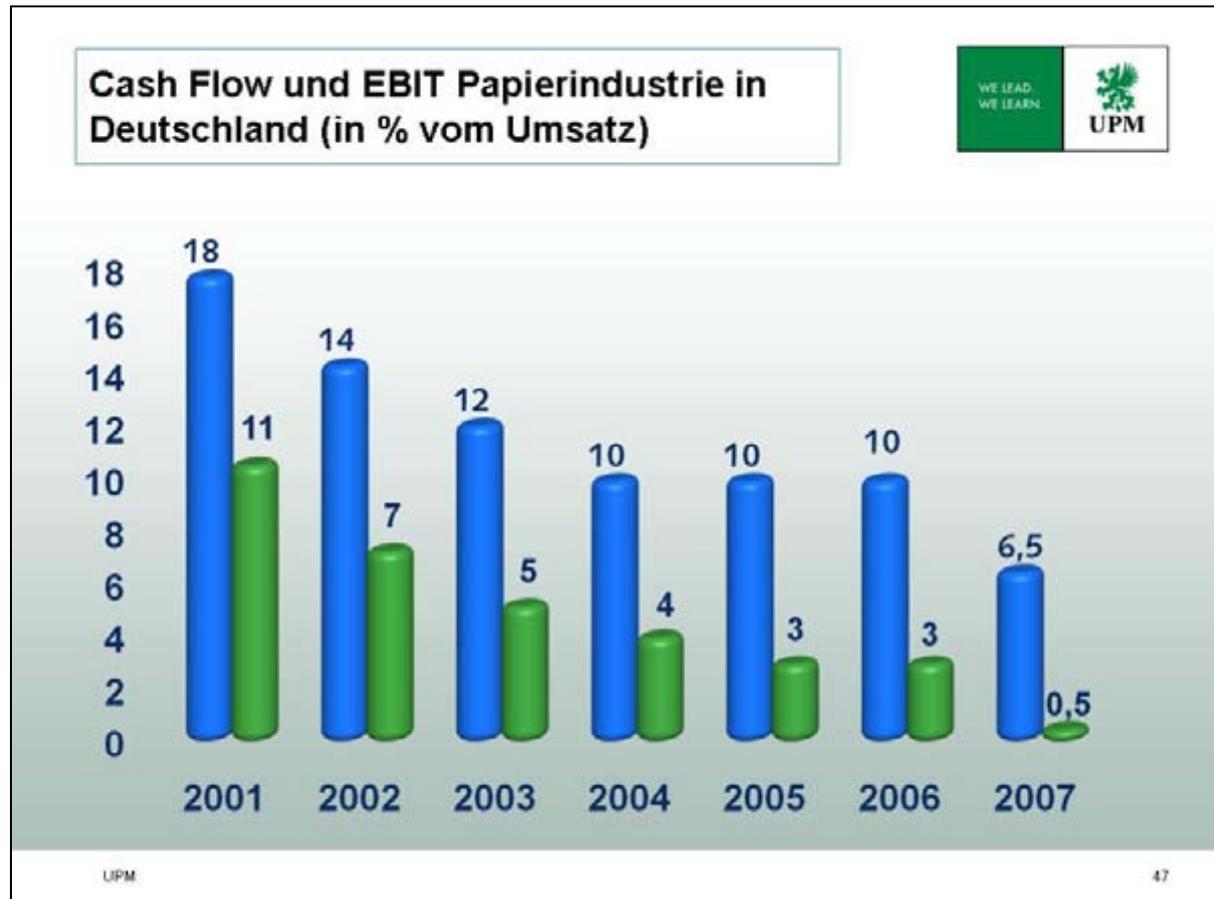


- Schlussfolgerungen (2)
  - Zusammenführung von Reststoffen aus mehreren Papierfabriken bietet zusätzliche Steigerung der Ökoeffizienz, da große Verbrennungsanlagen eine höhere Energieausbeute und niedrigere spezifische Kosten aufweisen

UPM

44





**ARBEITSGEMEINSCHAFT GRAPHISCHE PAPIERE  
A G R A P A**

FORTSCHREIBUNG DER  
SELBSTVERPFLICHTUNG  
VOM 26. SEPTEMBER 1994  
FÜR EINE RÜCKNAHME UND VERWERTUNG  
GEBRAUCHTER GRAPHISCHER PAPIERE

ERKLÄRUNG AN DAS  
BUNDESUMWELTMINISTERIUM

vom 14. September 2001

**p. A. Gesellschaft für Papier-Recycling (GesPaRec) mbH**  
53113 Bonn • Schaumburg-Lippe-Str. 5 • ☎ 02 28 - 9 15 27 - 0 • Fax: 02 28 - 9 15 27 99

**ARBEITSGEMEINSCHAFT GRAPHISCHE PAPIERE  
AGRAPA**

**Fortschreibung der  
Selbstverpflichtung  
vom 26. September 1994  
für eine Rücknahme und Verwertung gebrauchter graphischer Papiere**

Die in der Arbeitsgemeinschaft Graphische Papiere / AGRAPA vertretenen Organisationen und Verbände

- \* Verband Deutscher Papierfabriken (VDP) /  
Gesellschaft für Papier-Recycling mbH (GesPaRec)
- \* Verein der Deutschen Papierimporteure (VDPI) / P.R.INT. GmbH
- \* Bundesverband des Deutschen Papiergroßhandels
- \* Bundesverband Druck und Medien
- \* Bundesverband Deutscher Zeitungsverleger (BDZV)
- \* Bundesverband Deutscher Anzeigenblätter (BVDA)
- \* Verband Deutscher Zeitschriftenverleger (VDZ)
- \* Bundesverband Deutscher Buch-, Zeitungs- und Zeitschriften-Grossisten  
(Presse-Grosso)
- \* Bundesverband des Deutschen Versandhandels
- \* Börsenverein des Deutschen Buchhandels

bekräftigen ihre Erklärung vom 26. September 1994.

Vor diesem Hintergrund und in gemeinsamer Verantwortung verpflichten sich die Unterzeichner, für Erzeugnisse aus Papier, Karton und Pappe durch geeignete Maßnahmen auch zukünftig sicherzustellen, daß das hohe Maß an Kreislaufschließung bei Papier, Karton und Pappe und den daraus hergestellten Produkten sowohl quantitativ als auch qualitativ fortgeschrieben und, wo technisch und wirtschaftlich möglich, noch verbessert werden kann.

**Die Hersteller graphischer Papiere in Deutschland verpflichten sich**, unter Berücksichtigung der mit dem BMU in der Vergangenheit vereinbarten Berechnungsgrundlagen und der Produktions- und Marktstrukturen in Deutschland, soweit technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar,

- a) die Quote für die stoffliche Verwertung graphischer Altpapiere, bezogen auf den Gesamtverbrauch graphischer Papiere, dauerhaft auf einem Niveau von 80 %  $\pm$  3 % zu halten;
- b) recyclingfreundliche Faserstoffe, Papierhilfsmittel und Füllstoffe einzusetzen, die eine ordnungsgemäße, schadlose und verarbeitungstechnisch möglichst optimale Verwertung graphischer Papiere nicht behindern;

- c) Forschung und Entwicklung von Maßnahmen zur Verbesserung der Qualität graphischer Altpapiere, sowohl bei der Papiererzeugung, der Erfassung und Sortierung als auch bei deren Aufbereitung und Verwertung, zu fördern.

**Verleger und Druckindustrie bekräftigen ihre Verpflichtung**, auch weiterhin, soweit technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar,

- a) altpapierhaltige Papiere einzusetzen und diesbezüglich auf ihre jeweiligen Auftraggeber einzuwirken;
- b) Fertigungsmaterialien und -hilfsmittel (insbesondere Druckfarben und Kleber) und Drucktechniken einzusetzen, die eine ordnungsgemäße, schadlose und verarbeitungstechnisch möglichst optimale Verwertung graphischer Papiere nicht behindern;
- c) Forschung und Entwicklung recyclingfreundlicher Drucktechniken, Materialkombinationen, Produktionsabläufe und Endprodukte zu unterstützen.

**Importeure von Papier und Papierprodukten und der Papiergroßhandel verpflichten sich**, auf ihre Lieferanten einzuwirken,

- a) soweit technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar, mehr Altpapier einzusetzen;
- b) soweit möglich, recyclingfreundliche Faserstoffe, Papierhilfsmittel und Füllstoffe einzusetzen, die eine ordnungsgemäße, schadlose und verarbeitungstechnisch möglichst optimale Verwertung nicht behindern;
- c) Forschung und Entwicklung von Maßnahmen zur Steigerung der Verwertung graphischer Altpapiere zu fördern.

**Der Papiergroßhandel verpflichtet sich**, auch weiterhin den Vertrieb altpapierhaltiger Papiere durch eine Ausweitung bzw. Diversifizierung des Angebotes zu fördern.

Die **gesamte graphische Papierkette** steht den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern oder deren beauftragten Dritten beratend zur Verfügung, um in der jeweiligen Region eine kostengünstige und qualitätssichernde Altpapiererfassung zu fördern. Die AGRAPA wird zu diesem Zweck insbesondere für eine Publikation der Ergebnisse der Modellversuchsreihe zur getrennten Erfassung graphischer Papiere aus Haushaltungen Sorge tragen und die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger bei der Errichtung und dem Betrieb von Altpapier-Erfassungssystemen, auf Wunsch auch individuell, beraten. Das gleiche gilt für die Vermarktung der erfaßten Altpapiere im In- und Ausland sowie, falls erforderlich, für eine umweltverträgliche energetische Verwertung von Altpapierübermengen und Reststoffen.

Im Anschluß an die Modellversuchsreihe zur getrennten Erfassung graphischer Papiere aus Haushalten werden die Hersteller altpapierhaltiger graphischer Papiere im Dialog mit ihren Lieferanten und -gegebenenfalls- den Anfallstellen auf den Bedarf der Industrie angepaßte Erfassungsstrukturen vereinbaren, um ein wirtschaftlich sinnvolles und abfallwirtschaftlich optimales und sachgerechtes Recycling graphischer Altpapiere zu ermöglichen.

Der im Jahre 1994 gegründete Altpapier-Rat der AGRAPA soll auch weiterhin für einen vertiefenden Dialog mit

dem Bundesumweltministerium,  
dem Bundeswirtschaftsministerium,  
dem Umweltbundesamt,  
sowie den Ländern und kommunalen Spitzenverbänden

in allen die Verwertung graphischer Papiere und die Umsetzung dieser Selbstverpflichtung betreffenden Fragen offenstehen. Dabei wird es auch zukünftig seine Aufgabe sein,

- \* über die Erfüllung der Verpflichtungen Rechenschaft abzulegen,
- \* die Dokumentation der im Rahmen der Selbstverpflichtungserklärung übernommenen Verpflichtungen zu garantieren und dem Bundesumweltministerium kalenderjährlich prüffähige Unterlagen zur Verfügung zu stellen,
- \* zur Erörterung aufkommender Probleme eine geeignete Plattform zu bilden,
- \* Berichte über wissenschaftliche, abfallwirtschaftliche (altpapierbezogene) und papierwirtschaftliche Forschungen und Sachverhalte entgegenzunehmen und zu erörtern.

Den Unterzeichnern ist die „Europäische Erklärung zur Wiederverwertung von Papier“ vom 9. November 2000, herausgegeben von CEPI und ERPA, bekannt. Sie stellt eine im Anwendungsbereich auf Europa erweiterte Fortsetzung der erfolgreichen AGRAPA Selbstverpflichtung aus dem Jahre 1994 dar.

Die Unterzeichner werden sich bemühen, dafür Sorge zu tragen, daß auch alle ihre europäischen Verbände sich an dieser europäischen freiwilligen Umweltvereinbarung beteiligen, um damit die Geschlossenheit des globalen europäischen Papierkreislaufes zu unterstützen und ihre Produktverantwortung zu manifestieren.

- - -

Mit Schreiben vom 15. Oktober 2001 hat  
Bundesumweltminister Jürgen Trittin  
dieser Erklärung zugestimmt.

Bonn, den 6. November 2001

# **PV CYCLE: Making the photovoltaic industry DoubleGreen**

## **Das freiwillige europäische Rücknahme- und Recyclingsystem für PV-Module**

**Dr. Sylke Schlenker, Deutsche Solar AG**

### **1 Kurzprofil PV CYCLE**

PV CYCLE wurde im Juli 2007 von Unternehmen der Fotovoltaikindustrie gegründet, um ein freiwilliges Rücknahme- und Recycling-Programm für Altmodule in Europa einzurichten und auf diese Weise die Selbstverpflichtung der Branche umzusetzen. Damit übernimmt die Industrie Verantwortung für PV-Module entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

PV-Module werden entwickelt, um – mindestens – 25 Jahre lang saubere und erneuerbare Energie zu erzeugen. Da die ersten größeren Anlagen in den frühen neunziger Jahren erstellt wurden, ist mit erheblichen Mengen an Altmodulen und dem entsprechenden Recyclingbedarf erst in 10 bis 15 Jahren zu rechnen.

Trotzdem arbeitet die PV-Branche daran, wirklich nachhaltige Energielösungen zu schaffen, die die Einflüsse auf die Umwelt in allen Stadien des Produktlebenszyklus berücksichtigen – von der Rohstoffbeschaffung bis zur Rücknahme und zum Recycling. Obwohl eine junge Branche, setzen führende Hersteller auf das Konzept der Herstellerverantwortung und haben sich zusammengeschlossen, um ein freiwilliges, branchen- und europaweites Rücknahme- und Recycling-Programm aufzubauen.

### **2 Hintergrund: Nachhaltigkeit und das Recycling von Fotovoltaikmodulen**

PV-Module enthalten Materialien, die sich wiederverwerten und in neuen PV-Modulen oder anderen Produkten erneut verwenden lassen, was die bereits existierenden industriellen Recycling-Prozesse für Dünnschicht- und Siliziummodule zeigen. Die wieder gewonnenen Stoffe wie z.B. Glas, Aluminium und Halbleitermaterialien sind wertvoll und knapp.

Recycling nützt nicht nur der Umwelt, indem es Müll vermeidet, sondern trägt auch dazu bei, die erforderliche Energiemenge zur Bereitstellung von Rohmaterialien zu reduzieren, und verringert so die Auswirkungen auf die Umwelt und trägt zur Kostenreduzierung bei.

Durch das Recycling wird PV-Technologie auch in Bezug auf die Behandlung der Altmodule nachhaltig. Auf diese Weise trägt PV CYCLE dazu bei, die Energieanforderungen zu erfüllen und gleichzeitig die Umwelt zu entlasten

### **3 Ziel: Aufbau eines freiwilligen Rücknahme- und Recycling-Programms für Altmodule**

Die Aufgabe von PV CYCLE besteht darin, in Europa ein freiwilliges branchen-weites Rücknahme- und Recycling-Programm für Altmodule zu schaffen. Wir wollen bis 2015, wenn eine beträchtliche Anzahl von PV-Modulen das Ende ihres Lebenszyklus erreicht, über ein funktionierendes Programm verfügen, das die Rücknahme und das Recycling von Altmodulen ermöglicht und die Finanzierung durch

die PV-Hersteller sicherstellt. Das entspricht auch den seit langem geltenden EU-Zielen zum Umgang mit Abfall unter der Verantwortung der Hersteller.

Zusätzlich unterstützt PV CYCLE Forschungen zur Weiterentwicklung von Recycling-Technologien und Entsorgungsmethoden, um die Beeinträchtigung der Umwelt und die damit zusammenhängenden Kosten zu minimieren und die Wiederverwertung von Materialien zu maximieren.

Die Aufgabe von PV CYCLE ist es auch Eigentümer, Installateure und Vertreiber von PV-Modulen über den verfügbaren Rücknahme- und Recycling-Prozess zu informieren und so die Rücknahme von Altmodulen zu fördern.

## 4 Zeitplan

Das freiwillige Rücknahme- und Recycling-Programm unterteilt sich in zwei Phasen:

- Phase I: Gewinnung weiterer Unternehmen als Mitglieder, Entwicklung des Rahmens und der Zielsetzung für das Programm.
- Phase II: Umsetzung des Programms in Europa, überwacht durch jährliche Audits, um den Fortschritt und die Zielerreichung zu gewährleisten und zu kommunizieren.



Abb. 1: Zwei-Phasen-Ansatz

## 5 Wie weit sind wir heute?

**PV CYCLE repräsentiert circa 70 % des europäischen PV-Marktes.**

Seit der Gründung im letzten Jahr haben sich bereits viele Modulhersteller angeschlossen – heute repräsentiert PV CYCLE circa 70 % des europäischen PV-Marktes. Zusammen arbeiten wir daran, ein freiwilliges, branchenweites Rücknahme- und Recycling-Programm zu entwickeln und zu implementieren.

### Fertigstellung von Phase I des Programms:

Wir stellen eine unabhängige Übersicht zur Menge und Zusammensetzung der 2007 in Europa installierten PV-Module zusammen. Die Erkenntnisse werden im Herbst 2008 zusammengefasst und als Grundlage für unsere künftigen Recycling-Ziele dienen. Wir werden ähnliche Audits jedes Jahr durchführen, um zuverlässige und aktuelle Daten für die Erstellung und Überwachung unseres Programms bereitzustellen.

Wir haben die grundlegenden Anforderungen und den notwendigen Umfang unseres Programms identifiziert. Die PV CYCLE-Arbeitsgruppe gestaltet zurzeit die Umsetzung.

Auf der Grundlage dieser Arbeit und weiterer Forschungen sowie der Kenntnisse und Erfahrungen unserer Mitglieder definieren wir gegenwärtig die spezifischen Ziele einer freiwilligen Verpflichtung einschließlich der Recycling-Ziele. Wir setzen uns dafür ein, strenge und anspruchsvolle Ziele umzusetzen, um die Nachhaltigkeit unseres Programms zu gewährleisten.

Wir wollen bis zum Frühjahr 2009 das detaillierte PV CYCLE-Recycling-Modell fertig stellen und durch eine freiwillige Vereinbarung der PV-Hersteller dokumentieren. Danach sind wir Mitte 2009 bereit, Phase II einzuleiten.

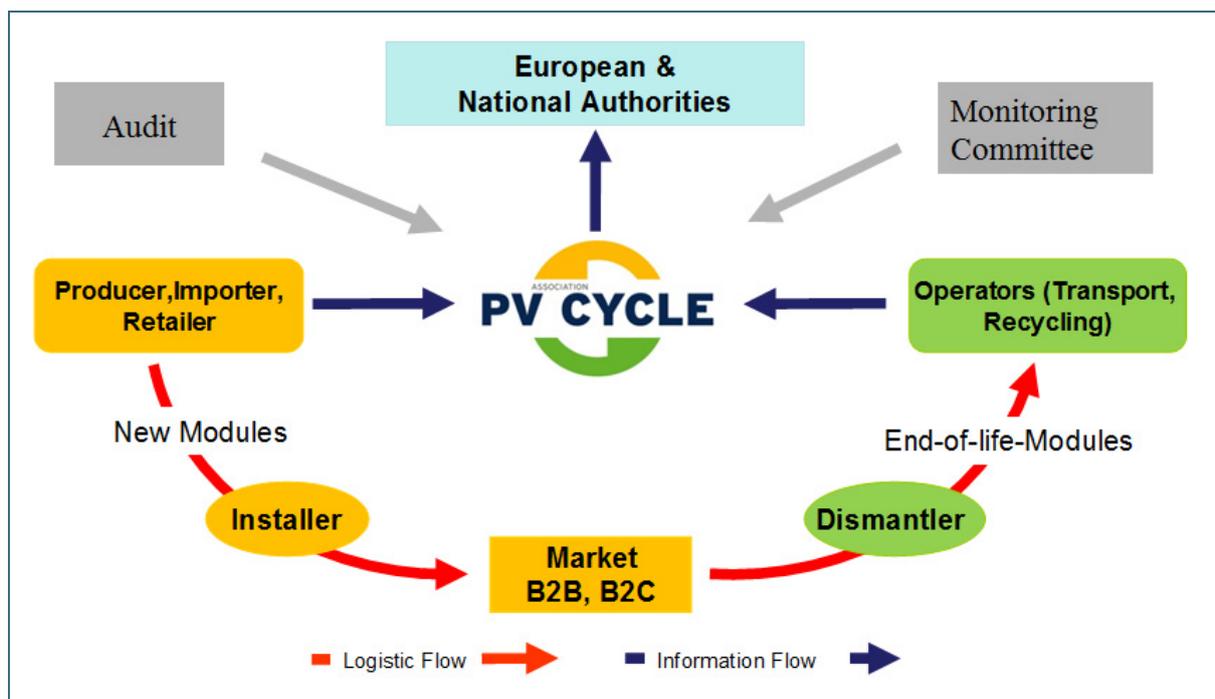


Abb. 2: PV CYCLE-Netzwerk

## Recycling von Energiesparlampen (Entladungslampen allgemein)

Christian Merz, Osram GmbH

### OSRAM auf einen Blick

- OSRAM: einer der beiden weltweit führenden Lichthersteller (Sitz: München)
- Markeneintragung: am 17.04.1906 beim damaligen Kaiserlichen Patentamt in Berlin
- Gründung: am 1.07.1919 durch die Zusammenlegung der Glühlampenproduktion von AEG, Siemens & Halske AG und Deutsche Gasglühlicht-Anstalt (Auer-Gesellschaft)
- 100% SIEMENS Tochter



*Dass die Marke OSRAM 101 Jahre jung ist, beweist das anlässlich des Markenjubiläums am OSRAM Haus in München installierte Kunstprojekt SEVEN SCREENS – ein Projekt in Zusammenarbeit mit OSRAM Light Consulting. 700 000 RGB Hochleistungs-LED werden über einen Lichtwellenleiter von einem zentralen Rechner gesteuert – jeder einzelne Bildpunkt kann dabei 16 Mio. unterschiedliche Farben darstellen.*

• Mitarbeiter: über 41 000	• Werke: 48 Werke in 17 Ländern	• Umsatz: 4,7 Mrd. EUR	• Bereichs- ergebnis: 492 Mio. EUR	• FuE: 5% vom Umsatz
-------------------------------	---------------------------------------	---------------------------	--	----------------------------

 **Langfristige Geschäftsstrategie:  
Innovationen, weltweite Präsenz, Kostenführerschaft**

Recycling von Energiesparlampen  
Christian Merz | Seite 2



## Global Care – Das OSRAM Nachhaltigkeits-Programm



"Global Care" steht für unser Bekenntnis, weltweit sozial und umweltverträglich zu handeln. Als einer der führenden Hersteller innovativer Lichtlösungen leisten wir mit nachhaltigen Produkten und Prozessen einen Beitrag zur Bewältigung globaler Herausforderungen. Damit schützen wir die Umwelt auch für künftige Generationen und machen sowohl das Geschäft unserer Kunden als auch unser eigenes ökonomisch zukunftsfähig.

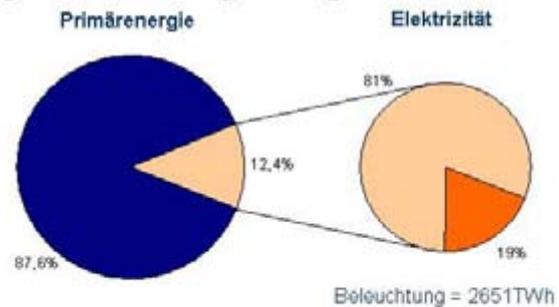
## Agenda

1. Warum gewinnt das Recycling von Energiesparlampen an Aktualität?
2. Organisatorische Aspekte
3. Technische Aspekte

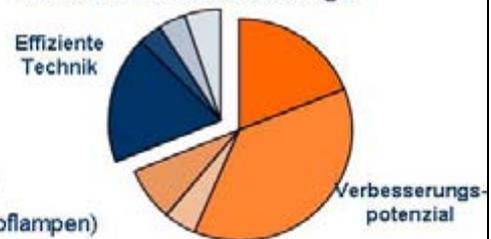
## Der globale Stellenwert von Beleuchtung

### Künstliche Beleuchtung verbraucht signifikante Energiemengen

- Beleuchtung verbraucht 19% des weltweit erzeugten Stroms → 2.4% des weltweiten Primärenergieverbrauchs
- In 2005 wurden 2 651 TWh für Beleuchtung verwendet ~ das fünffache des Stromverbrauchs von Deutschland
- Fast 70% dieses Stroms wird von Lampentechnologien verbraucht, wo es schon heute eine bessere Alternative gibt (Orange: z.B. T12, Standardglühlampen, Quecksilberdampf lampen)



### Stromverbrauch nach Technologie



Recycling von Energiesparlampen  
Christian Merz | Seite 5



## Der globale Stellenwert von Beleuchtung

### Das Einsparpotenzial mit energiesparender Beleuchtung ist erheblich

- *Technisch* betrachtet könnten ca. 50% des Stroms für Beleuchtung eingespart werden.
- *Realistisch* kann mehr als 1/3 des weltweiten Beleuchtungsstromverbrauchs eingespart werden – fast 900 Mrd. kWh
- Dies würde CO<sub>2</sub>-Einsparungen von über 450 Millionen Tonnen\* nach sich ziehen – ein ähnlicher Effekt wie das Aufforsten eines Waldes der Größe Schwedens.



Recycling von Energiesparlampen \* Energy-Mix: 0,5 kg CO<sub>2</sub>/kWh  
Christian Merz | Seite 6



Technologien und Einsparpotentiale			
Anwendung in der Allgemeinbeleuchtung	Energiesparen durch innovative Lampen		ca. Einsparung / Lampe / Jahr*
Straßenbeleuchtung	 Quecksilberdampflampe	~40%	Natriumdampf-Hochdrucklampe NAV-T  220 kWh / 110 kg CO <sub>2</sub>
Büro- und Industriebeleuchtung	 Leuchtstoffl. m. Halophosphat-Leuchtstoff	~65%	LUMILUX T5 m. EVG + Steuerung  180 kWh / 90 kg CO <sub>2</sub>
Beleuchtung von Geschäften	 3 x Standard Halogen	~80%	Halogen-Metall-dampf m. Keramikbrenner HCI-T  500 kWh / 250 kg CO <sub>2</sub>
Gast-Gewerbe Akzentbeleuchtung	 KLR-Reflektor-Lampe	~30%	KLR Energy-Saver IRC-Technologie DECOSTAR ES  60 kWh / 30 kg CO <sub>2</sub>
Beleuchtung im privaten Bereich	 Glühlampe	~80%	DULUX Kompakt-Leuchtstofflampe  50 kWh / 25 kg CO <sub>2</sub>
		~30%	Halogen Energy-Saver (ES)  18 kWh / 9 kg CO <sub>2</sub>
Licht-Design	 KLR-Reflektor-Lampe	~50%	COINlight OSTAR  45 kWh / 22 kg CO <sub>2</sub>

Recycling von Energiesparlampen  
Christian Merz | Seite 7

für gebräuchliche Anwendungen / Energie-Mix 0,5 kg CO<sub>2</sub> / kWh

**OSRAM** 

## Warum Energiesparlampen – Recycling ?

Schließung von Stoffkreisläufen

- Glas
- Metall
- Leuchtstoffe (in Vorbereitung)

Besondere Umweltaspekte

- Quecksilber

Gesetzliche Vorschriften: ElektroG



Recycling von Energiesparlampen  
Christian Merz | Seite 8

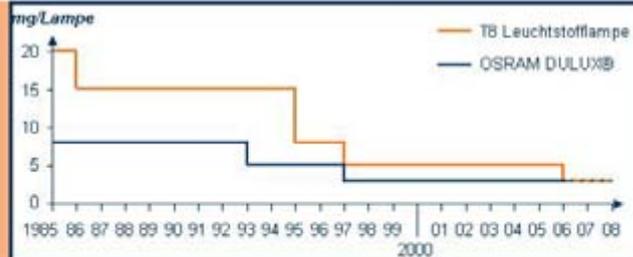
**OSRAM** 

## Quecksilber

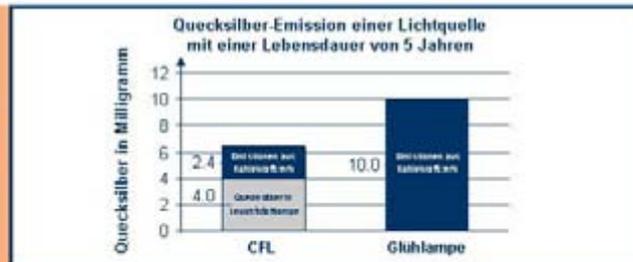
### Proaktive Strategie zur Vermeidung von Quecksilber

#### Kernpunkte

Quecksilbergehalt innovativer OSRAM Lampen



Quecksilber-Paradoxon: Verbrennung von Kohle um Strom für weitere Glühlampen mit kürzerer Lebensdauer zu erzeugen, setzt mehr Quecksilber in der Atmosphäre frei als in einer Leuchtstofflampe (CFL) enthalten.



Recycling von Energiesparlampen  
Christian Merz | Seite 9



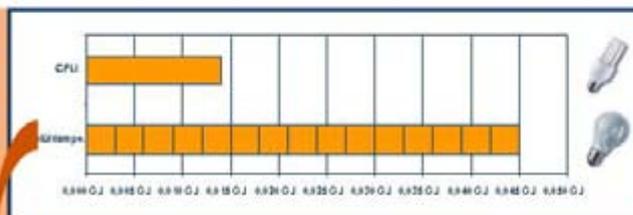
## Der Lebenszyklus der Lampen in Zahlen

Der Energieverbrauch einer Lampe bestimmt ihre ökologischen Charakteristika

Zwei Lampen wurden bezüglich ihres kumulierten Energieaufwandes verglichen – eine herkömmliche 100W Glühlampe (GLS) und eine 20 W OSRAM DULUX EL LongLife (CFLi):

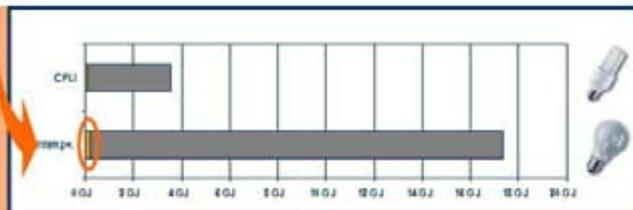
#### Herstellung

Die Energiesparlampe (CFLi) benötigt für ihre Herstellung circa 5 mal mehr Energie als eine Glühlampe  
Um eine Brennzeit von 15 000 Stunden zu erreichen benötigt man 15 Glühlampen, aber nur eine Leuchtstofflampe



#### Herstellung und Nutzung

Der kumulierte Energieaufwand der Nutzungsphase der Lampen ist mit 99% - bei beiden Typen - beträchtlich größer als die Herstellungsphase



Recycling von Energiesparlampen  
Christian Merz | Seite 10

Quelle: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. FFE



## Agenda

1. Warum gewinnt das Recycling von Energiesparlampen an Aktualität?
2. Organisatorische Aspekte
3. Technische Aspekte

## Gesetzlicher Hintergrund – WEEE Richtlinie

Die Richtlinie 2002/96/EG WEEE - Waste of Electrical and Electronic Equipment

- am 13. Februar 2003 in Kraft getreten
- In Deutschland durch das ElektroG implementiert
- Hauptziel: Die Vermeidung von Abfällen von Elektro- und Elektronikgeräten und darüber hinaus die Wiederverwendung, die stoffliche Verwertung und andere Formen der Verwertung solcher Abfälle, um die Menge des Abfalls zu verringern sowie die Ressourcen, insbesondere durch Wiederverwendung und Recycling, zu schonen.

## Regelungen der WEEE-Richtlinie

- Hersteller/Importeure haben die Verpflichtung, die Entsorgung ihrer Produkte zu organisieren und zu finanzieren.
- Für so genannte „Alt-Altgeräte“= historische Altgeräte“ bis 2011 nach jeweils aktuellem Marktanteil des Herstellers/Importeurs
- Getrennter Ausweis dieser Kosten als Visible Fee bis 2011 möglich.
- Kennzeichnung des Produktes gemäß DIN EN 50419. Nur in begründeten Ausnahmefällen Kennzeichnung auf der Verpackung möglich. Mindestgröße muss eingehalten werden (5x7 mm)



Recycling von Energiesparlampen  
Christian Merz | Seite 13



## WEEE-Richtlinie

### Die betroffenen Produktkategorien

1. Haushaltskleingeräte
2. Haushaltsgroßgeräte
3. IT und Telekommunikationsgeräte
4. Geräte der Unterhaltungselektronik
5. **Beleuchtungskörper**
6. Elektrische und elektronische Werkzeuge
7. Spielzeug sowie Sport- und Freizeitgeräte
8. Medizinische Geräte
9. Überwachungs- und Kontrollinstrumente
10. Automatische Ausgabegeräte

#### •Lampen (Ausnahmen: Glüh-/Halogenlampen)

- Leuchten (Ausnahme: Leuchten in Haushalten)
- Geräte für die Steuerung von Licht

Recycling von Energiesparlampen  
Christian Merz | Seite 14



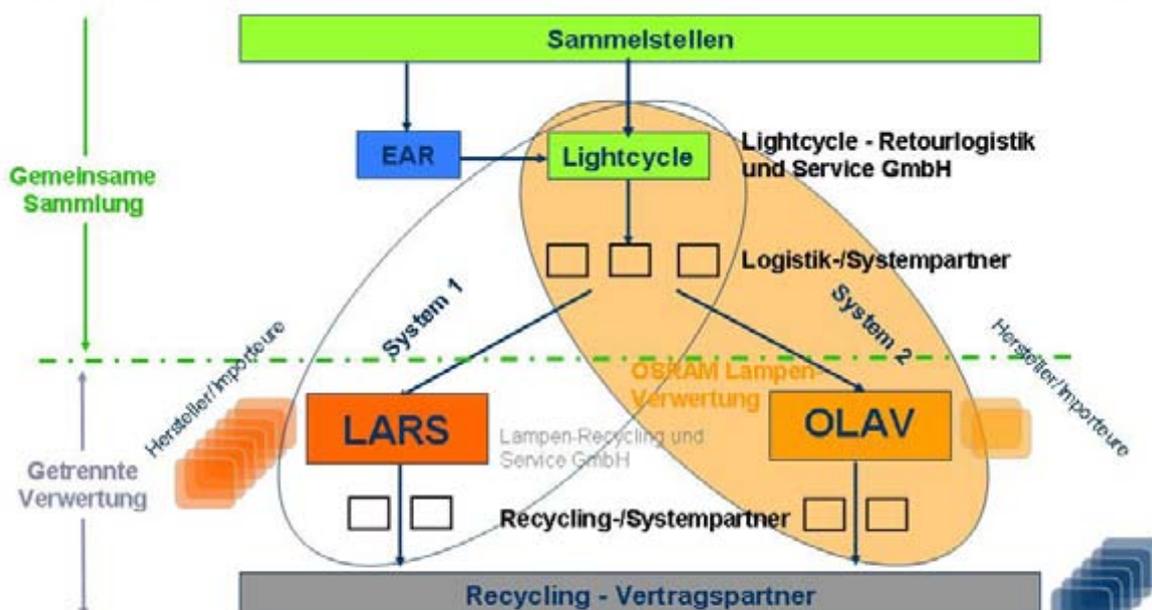
## Betroffene Entladungslampen

Lampenart	Beschreibung		Lampentypen	Bauformen/ Lampenart
	Technik	Form		
Leuchtstofflampen	Niederdruck-Entladungslampen (einige mbar), enthalten Edelgas und Quecksilber; Leuchtstoffe wandeln Strahlung in sichtbares Licht um	stabförmig		> 15
Leuchtstofflampen, nicht stabförmig		diverse Formen		> 5
Kompakt-Leuchtstofflampen (CFL-NI)		diverse, mit Steck-Steckel		> 25
Energiesparlampen (CFL-I)		diverse, m. Schraubsockel		> 25
HID-Lampen (High Intensity Discharge)		Hochdruck-Entladungslampen (>1 bar), enthalten Edelgas, Quecksilber, Natrium, seltene Erden		> 50
	Niederdruck-Entladungslampen (einige mbar), enthalten Edelgas und Natrium		> 5	

Recycling von Energiesparlampen  
Christian Merz | Seite 15



## Logistik- und Verwertungssysteme



Recycling von Energiesparlampen  
Christian Merz | Seite 16



## Die Herausforderung – Rücklaufquote erhöhen

Großflächige Kampagnen für Endverbraucher

Recycling von Energiesparlampen  
Christian Merz | Seite 17



## Die Herausforderung – Rücklaufquote erhöhen

Auch der Fachhandel wird aktiv angesprochen

Recycling von Energiesparlampen  
Christian Merz | Seite 18

POS - Material



## Transportsysteme

Transportbehälter gewährleisten sichere Sammlung und Transport



Recycling von Energiesparlampen  
Christian Merz | Seite 19



## Agenda

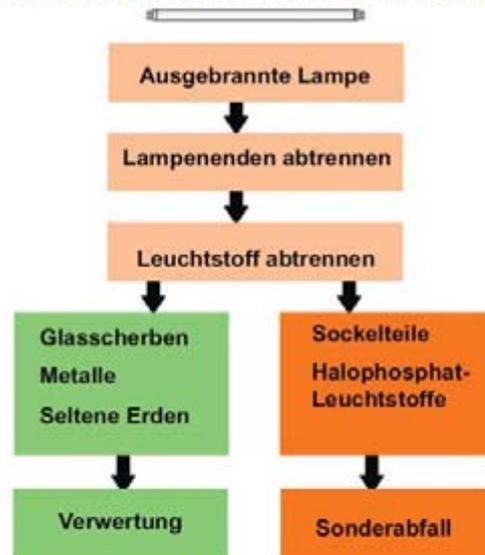
1. Warum gewinnt das Recycling von Energiesparlampen an Aktualität?
2. Organisatorische Aspekte
3. Technische Aspekte

Recycling von Energiesparlampen  
Christian Merz | Seite 20



## Kapp-Trenn-Verfahren bei Leuchtstofflampen

Das Kapp-Trenn-Verfahren erlaubt bei sortenreinen, stabförmigen Leuchtstofflampen einen hohen Anteil der stofflichen Verwertung



Recycling von Energiesparlampen  
Christian Merz | Seite 21



## Kapp-Trenn-Anlage in Augsburg

OSRAM betreibt aus Eigeninitiative seit Jahren eine Kapp-Trenn-Anlage

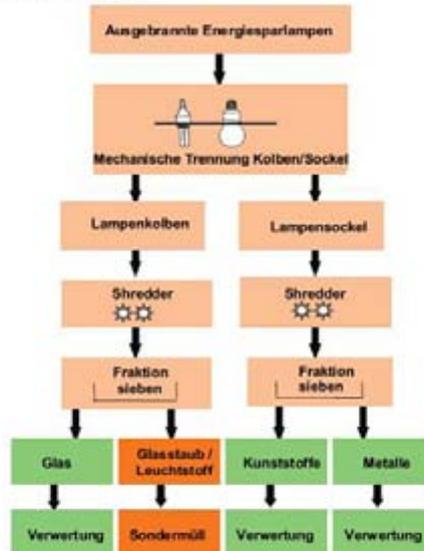


Recycling von Energiesparlampen  
Christian Merz | Seite 22



## Produktspezifische Trennverfahren

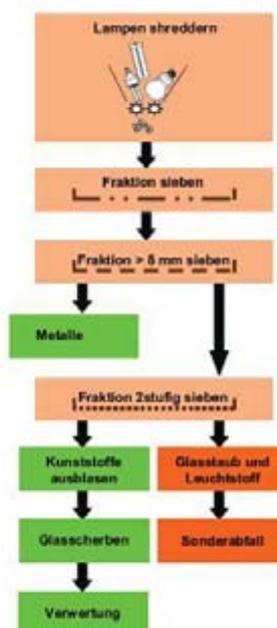
Produktspezifische Trennverfahren erlauben hohe Recyclingquoten, werden aber durch die Lampenvielfalt erschwert



Recycling von Energiesparlampen  
Christian Merz | Seite 23



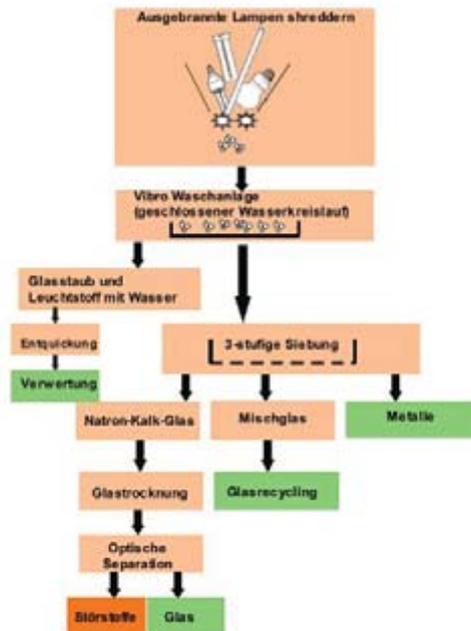
## Shredder-Verfahren - Trocken



Recycling von Energiesparlampen  
Christian Merz | Seite 24



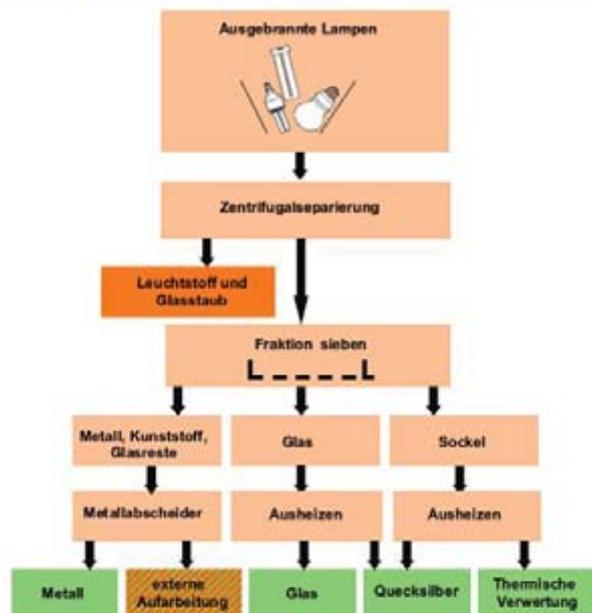
## Glasbruchwaschverfahren



Recycling von Energiesparlampen  
Christian Merz | Seite 25



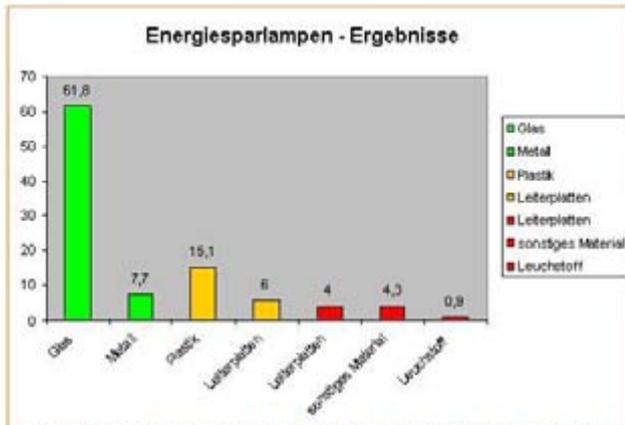
## Zentrifugal-Separations-Verfahren



Recycling von Energiesparlampen  
Christian Merz | Seite 26



## Ergebnisse des Recycling Prozesses



Stoffliche Verwertung

Thermische Verwertung

Entsorgung

Die vom Gesetzgeber geforderte Quote von 80% stofflicher Verwertung wird im Durchschnitt über alle Lampentypen (einschl. stabförmige Leuchtstofflampen) erfüllt.

## Zum Nachlesen

An dieser Stelle sei auf die Broschüre:  
**"Sammlung und Recycling von Energiesparlampen"** des ZVEI hingewiesen, die unter maßgeblicher Mitwirkung von OSRAM entstanden ist.



Download:

[WWW.ZVEI.DE](http://WWW.ZVEI.DE) / PUBLIKATIONEN & VERANSTALTUNGEN / PUBLIKATIONEN & DOWNLOADS / PUBLIKATIONEN DER FACHVERBÄNDE / ELEKTRISCHE LAMPEN

## Weiteres Energiesparpotenzial



Auch bei Einsatz der effizientesten Beleuchtung  
gibt es weiteres Energiesparpotenzial:

Schalten Sie das Licht aus,  
wenn Sie es nicht brauchen!

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

Recycling von Energiesparlampen  
Christian Merz | Seite 29

**OSRAM** 

# Vollständige Verwertung in Müllverbrennungsanlagen

**Dipl.-Ing. Regine Vogt, Dipl.-Biol. Horst Fehrenbach, IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH**

## 1 Einführung

Das Leitbild einer nachhaltigen, also dauerhaft umweltgerechten Abfall- und Ressourcenwirtschaft umfasst die vollständige, möglichst hochwertige Verwertung von Siedlungsabfällen und die mittelfristige Schließung von oberirdischen Deponien. Diese umweltpolitische Vorgabe wurde bereits 1999 durch ein Eckpunktepapier des Bundesumweltministeriums skizziert und als „Ziel 2020“ formuliert [BMU 1999]. Ein wesentlicher Eckpfeiler dieser Strategie ist die thermische Abfallbehandlung in fortschrittlichen Müllverbrennungsanlagen (MVAn), denen mit dem 1. Juni 2005 die maßgebliche Rolle in der Siedlungsabfallwirtschaft zugefallen ist.

Der Einsatz optimierter Techniken zur Abfallverbrennung und zur Aufbereitung der MVA-Rückstände ist damit ein zentrales Element zur Erfüllung einer sowohl vollständigen als auch hochwertigen Verwertung einzuschätzen. Das Umweltbundesamt hatte in diesem Zusammenhang ein Forschungsvorhaben vergeben, um den Stand, die möglichen Ansätze und Potenziale, die Müllverbrennungsanlagen in Deutschland im Hinblick auf dieses Ziel aufweisen, darzustellen und zu bewerten. Dieses Vorhaben wurde durch das IFEU, Heidelberg, durchgeführt [FEHRENBACH ET AL. 2008].

Der Trend zur Verwertung von Reststoffen aus MVAn zeichnete sich schon seit längerer Zeit ab. Das Ziel der „hochwertigen“ Verwertung stand dabei weniger im Mittelpunkt, als die Vermeidung einer Deponierung, die zunehmend als kostenintensiv beurteilt wurde. Zu beobachten ist, dass die Schlacke – der Hauptanteil der mineralischen Rückstände aus der Verbrennung (insbesondere nach Aufbereitung) – zunehmend in bauliche Verwertungswege geführt wird. Auch die aufkonzentrierten, vom Massenanteil her kleineren Stoffströme wie Filterstäube oder Mischsalze aus der Abgasreinigung werden kaum mehr auf oberirdische Deponien verbracht, sondern werden hauptsächlich im – als Verwertung anerkannten – Versatz eingesetzt.

Im Verlauf der 90er Jahre wurden mit der Einführung der 17. BImSchV die Abgasreinigungstechniken in erheblichem Umfang optimiert. Erstmals wurden MVAn nicht nur als Anlagen zur Abfallbeseitigung betrachtet. Vereinzelt wurden bereits Konzepte entwickelt und z. T. auch umgesetzt, Stoffströme aus der thermischen Abfallbehandlung zu erzielen, die für ein hochwertiges Recycling in den Stoffkreislauf geeignet sein sollen. Beispielgebend wurden technisch hochwertige Gipse, Salze oder auch Salzsäure. Neben der Vermeidung teurerer Deponien sollten zusätzliche Erlöse die Verbrennungskosten senken helfen.

Solche Ansätze sind mit Blick auf das Ziels 2020 grundsätzlich begrüßenswert. Tatsächlich sehen sich heute Anlagen mit der Kritik konfrontiert, zu teuer in Betrieb und Investition zu sein, zumal sich die Erlöse für die erzeugten Stoffe oft nicht in dem erhofften Maße realisieren ließen.

In ähnlicher Weise zeichnet sich auch diese Problematik der Energienutzung bei MVAn ab. Eine hocheffiziente Nutzung wird in der Regel zwar stets angestrebt. Höhere Investitionen in diesem Bereich waren jedoch angesichts der Energiepreise in der Vergangenheit wenig attraktiv. Energie wurde und wird daher dort effizient genutzt, wo die Randbedingungen entsprechend günstig dafür sind.

Der aktuelle Anlagenbestand rund 70 MVAn<sup>1</sup> stellt mit ca. 17 Mio. t Behandlungskapazität (Stand Mitte 2006) und seiner sehr unterschiedlichen Alterstruktur damit eine sehr heterogene Realität dar. Angesichts der seit Juni 2005 benötigten Entsorgungsleistungen ist kaum eine der Anlagen entbehrlich. Umso bedeutsamer ist es, die Potenziale technischer Optimierung gerade auch für den Bestand zu analysieren und anhand möglichst präziser Kriterien zu bewerten.

Kriterien sind dabei – grob ausgedrückt – die Gewährleistung eines Stands der Technik, die einen medienübergreifenden Umweltschutz und ebenso eine hochwertige Verwertung der energetischen und stofflichen Potenziale der behandelten Abfälle zum Ziel haben.

Mit der Diskussion zum Klimawandel und den verknüpften politischen Zielen ist auch die Entsorgungswirtschaft über kurz oder lang gefragt, ihre wesentlichen Beiträge zum Klimaschutz zu leisten. Mit der Arbeit zur Nachhaltigkeit in der Abfallwirtschaft, die das IFEU im Auftrag von BMU/UBA durchgeführt hat, wurden bereits die positiven Entwicklungen von 1990 bis 2000 herausgestellt. Diese beruhen sowohl auf der grundsätzlichen Zunahme der Abfallverbrennung gegenüber der Deponierung wie auch auf der höheren Effizienz der neueren Anlagen.

Die Kernfragen des hier vorgestellten Vorhabens formulieren sich wie folgt:

- Nach welchen Kriterien wird die Erfüllung einer vollständigen Verwertung bewertet?
- In welchem Umfang sind diese Kriterien bereits erfüllt?
- Wäre eine flächendeckende Umsetzung dieser Kriterien erreichbar?
- Wie hoch wäre der ökologische Nutzen, wie hoch die ökonomischen Kosten einzuschätzen?

## 2 Screening der Anlagen in Deutschland

Für das Screening der Anlagen wurden folgende Kriterien zu Grunde gelegt:

- 1) stofflicher Aspekt: in welchem mengenanteiligen Umfang und welcher Qualität werden Schlacke, Metalle und andere Materialströme verwertet?
- 2) energetischer Aspekt: mit welcher Effizienz wird der Energieinhalt des Abfalls genutzt?
- 3) umweltbezogene Aspekte:
  - a. in welchem Umfang wird zu Klimaschutz beigetragen (hauptsächlich eine Funktion aus den beiden oberen Aspekten)?
  - b. inwieweit ist die Minimierung der Schadstofffreisetzung in die Umweltmedien erfüllt (oder durch die anderen Kriterien beeinträchtigt)?

In Form eines Screenings wurden die „Erfüllungsgrade“ des Anlagenparks in Deutschland mit seinen ca. 70 MVAn analysiert. Das Ergebnis ist insgesamt sehr positiv zu werten. Die Verwertung von Stoffströmen reicht danach bereits nahe an die Vollständigkeit. Nur geringe Massenströme werden aktuell noch explizit deponiert. Allerdings muss eingeräumt werden, dass der gesetzlich als Verwertung anerkannte Versatz eine bedeutende Rolle dabei einnimmt. Für manche Stoffströme, z.B. Filterstäube oder Stoffgemische und Senken der Abgasreinigung, zeichnen sich auf der Ebene der Verwertung hier keine ökonomisch gangbaren Alternativen ab.

---

<sup>1</sup> Von einer exakten Festlegung auf eine Anzahl wird in dieser Studie abgesehen, da im Bearbeitungszeitraum verschiedene Anlagenprojekte in Planung oder Bau befanden.

Für den Hauptmassenstrom, der Schlacke, wird bereits heute mindestens die Hälfte als Baumaterial eingesetzt (siehe Abb. 1). Das wesentliche Verfahren zur Gewährleistung der einschlägigen (aber nicht mehr gültigen) LAGA-Kriterien (Z2) ist dabei die dreimonatige trockene Zwischenlagerung.

Wenige Betreiber setzen zusätzlich die Schlackenwäsche an, um weitergehende Kriterien zu erfüllen. Darüber hinausgehende Maßnahmen, z.B. Verglasung oder Sinterung der Schlacke, werden nicht (mehr) praktiziert.

Etwas mehr als die Hälfte der Anlagen ist mit nassen Abgasreinigungsverfahren ausgestattet und ist daher im Stande, hier die Stoffströme differenziert zu gestalten. Zahlreiche Anlagen erzeugen Gips, einige Salzsäure oder industriell nutzbares Salz. Dieses Vorgehen ist prinzipiell unter dem Aspekt einer höherwertigen Verwertung positiv zu beurteilen. Andererseits ist festzustellen, dass hier im Vergleich sehr geringe Massenströme auftreten.

Im Hinblick auf Energienutzung weist die Gesamtheit der MVAn eine weite Bandbreite auf, über die hinweg sie sich ohne erkennbare Häufungen in gleichmäßiger Reihung verteilen (siehe Abb. 2). Zahlreiche Faktoren sind dabei Ursache für die Effizienz im Einzelnen. Besonders entscheidend sind die Standortgegebenheiten. Nähe zu Siedlungsräumen und Industrie bieten die Option einer umfassenden Wärmenutzung. Auch das Alter der Anlage ist ein wichtiger Faktor, da erst im Verlaufe der 90er Jahre der „Nebenzweck“ der Energienutzung deutlich stärker in den Vordergrund trat.

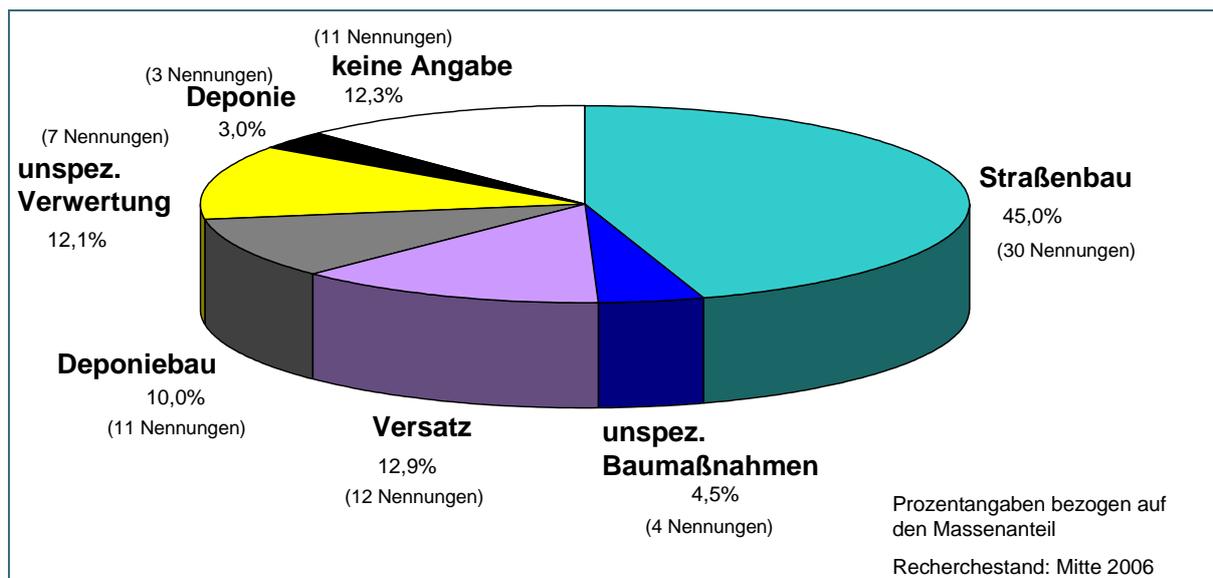


Abb. 1: Auswertung des Kriteriums der Schlackeverwertung für 65 MVAn in Deutschland; Prozentangaben nach Masse gewichtet; Anzahl Nennungen inklusive Mehrfachnennung pro Anlage; Datenquelle: öffentlich zugängliche Angaben der Betreiber und Annahmen des IFEU.

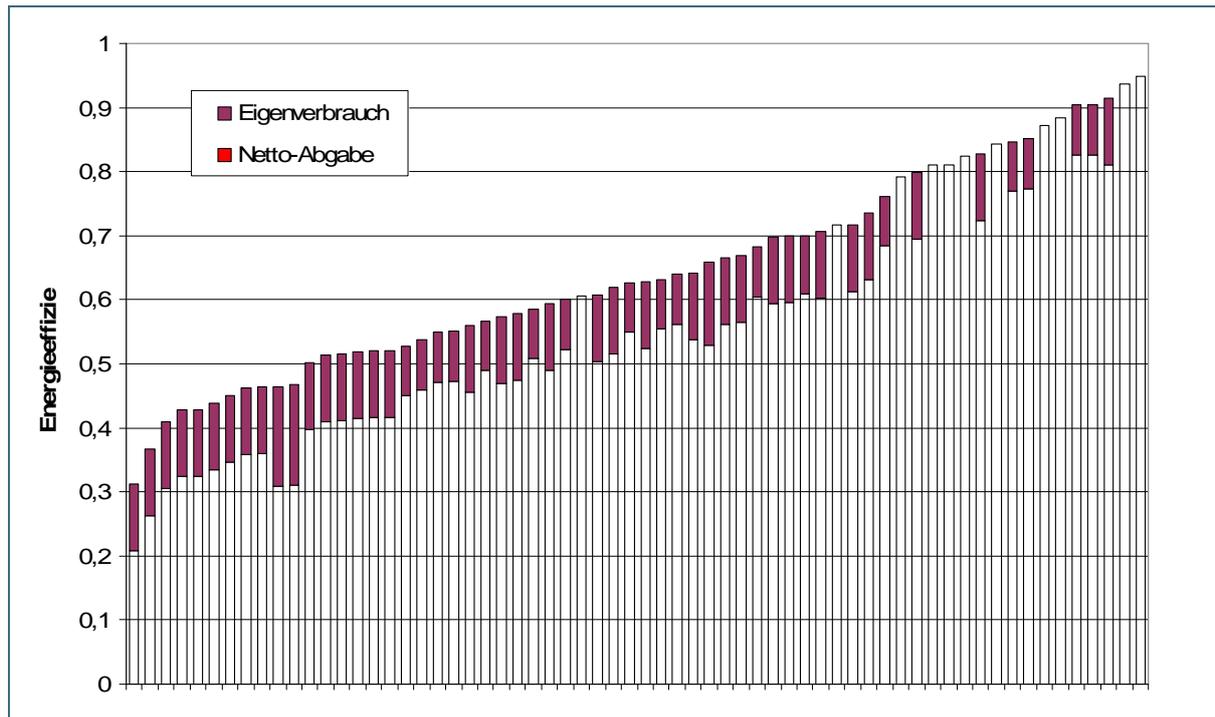


Abb. 2: Auswertung des Kriteriums der Schlackeverwertung für 65 MVAn in Deutschland; Prozentangaben nach Masse gewichtet; Anzahl Nennungen inklusive Mehrfachnennung pro Anlage; Datenquelle: öffentlich zugängliche Angaben der Betreiber und Annahmen des IFEU.

Aufgrund der Umsetzung der Grenzwerte der 17. BImSchV ist erfreulicherweise nahezu durchgängig ein sehr niedriges Emissionsniveau gegeben. Wiederum zumeist altersbedingt ist bei einer meist kleineren Anzahl an Anlagen fallweise eine deutlich überdurchschnittliche Emissionsrate zu erkennen. So bei  $\text{SO}_2$ , den Schwermetallen und auch den Dioxinen/Furanen. Die Grenzwerte sind dabei jedoch stets sicher unterschritten. Relativ hohe Ausschöpfungsraten sind bei  $\text{NO}_2$  z. T. gegeben. Dies ist insofern nachvollziehbar, als die  $\text{NO}_x$ -Minderung spezifischer energie- und/oder betriebsmittelintensiver Anstrengungen bedarf, während Staub, saure Gase und Metalle zumeist, dank der Kombination verschiedener Stufen (Filter, Absorption, Koksadsorption), fast zwangsläufig abgemindert werden.

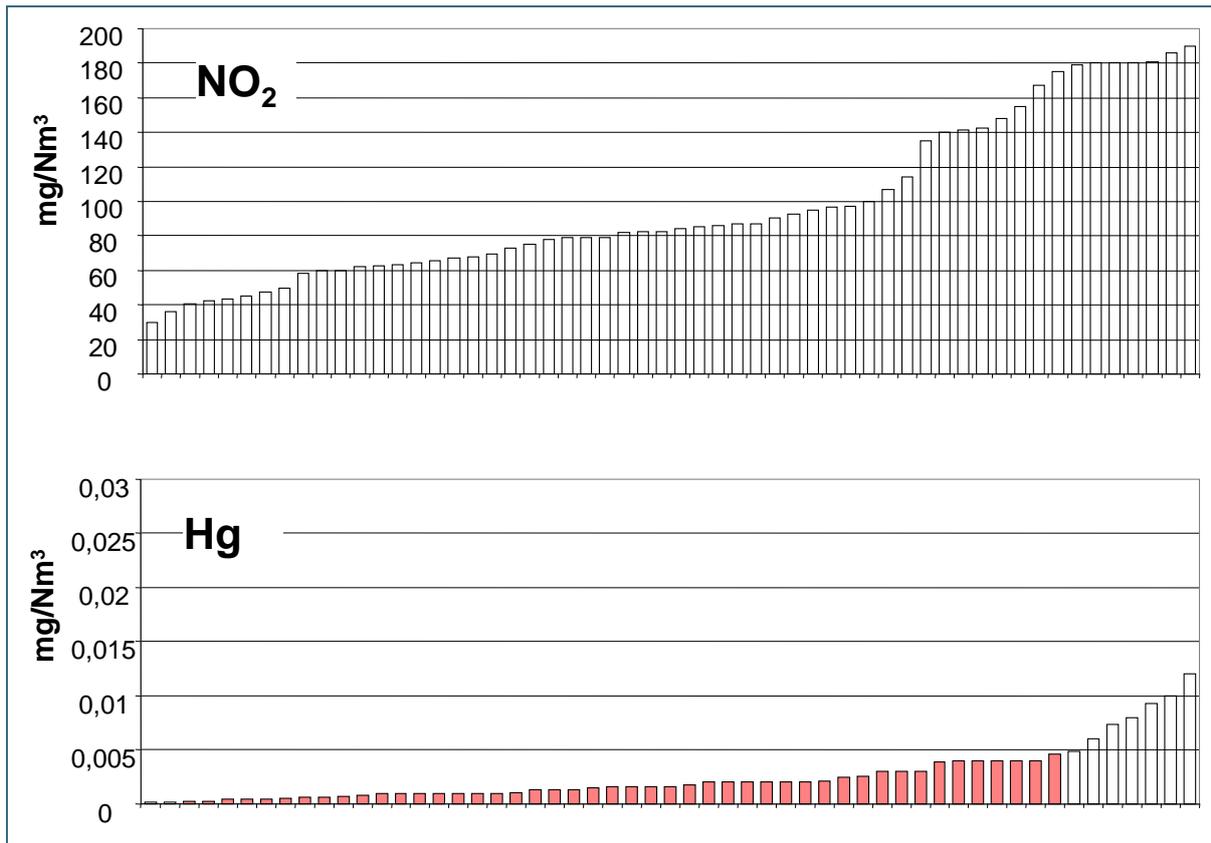


Abb. 3: Emissionen von NO<sub>x</sub> (als NO<sub>2</sub>) und Quecksilber, Spannweite der deutschen MVAn in den Emissionskonzentrationen; Datenquelle: öffentlich zugängliche Angaben der Betreiber und Annahmen des IFEU.

Der Versuch, Zusammenhänge zwischen Reinigungstechniken und Abgaswerten oder Abgaswerten und Energieeffizienz herauszuarbeiten, führte zu keinem Ergebnis. Die Zusammenhänge innerhalb einer MVA sind zu komplex, um mit einfachen Kategorien (z.B. nasse Wäsche/quasitrockenes Verfahren, Festbettfilter/Flugstromverfahren) Leistungsmerkmale verbinden zu können. Selbst die Höhe des Eigenenergieverbrauchs konnte anhand der empirischen Werte nicht systematisch mit Verfahrensarten in Korrelation gebracht werden.

### 3 Falluntersuchungen

Aufschlussreich ist daher die detaillierte Analyse von vier Beispiel-MVAn, der dritte Schritt. Die dafür entwickelten Rechenmodelle wurden dabei dankenswerterweise von den entsprechenden Betreibern auf Stimmigkeit und Kongruenz mit den realen Betriebswerten überprüft. Ziel dieses Arbeitsschritts war, die Stoffströme von konkreten Anlagen insgesamt nachzuvollziehen, und die Aspekte der stofflichen und energetischen Verwertung im Zusammenhang mit den anlageneigenen Emissionen zu bewerten. Als Leitindikatoren wurden dabei CO<sub>2</sub> (fossil), NO<sub>x</sub> und Quecksilber gewählt. Betriebsmittel- und externe Energieverbräuche wurden dabei genauso berücksichtigt wie die eingesparten Emissionen durch die Substitution von primären Rohstoffen und Energieträgern.

Die vier Anlagen wurden ausgewählt mit Blick auf hohe Erfüllung eines der Kernaspekte

1. stoffliche Nutzung,
2. energetische Nutzung,
3. Emissionsminimierung,

sowie in einem Fall auf mäßige Erfüllung all dieser Aspekte, sozusagen als Vergleichsanlage. Abbildung 4 zeigt das Stoffstromschema einer der Beispiel-Anlagen.

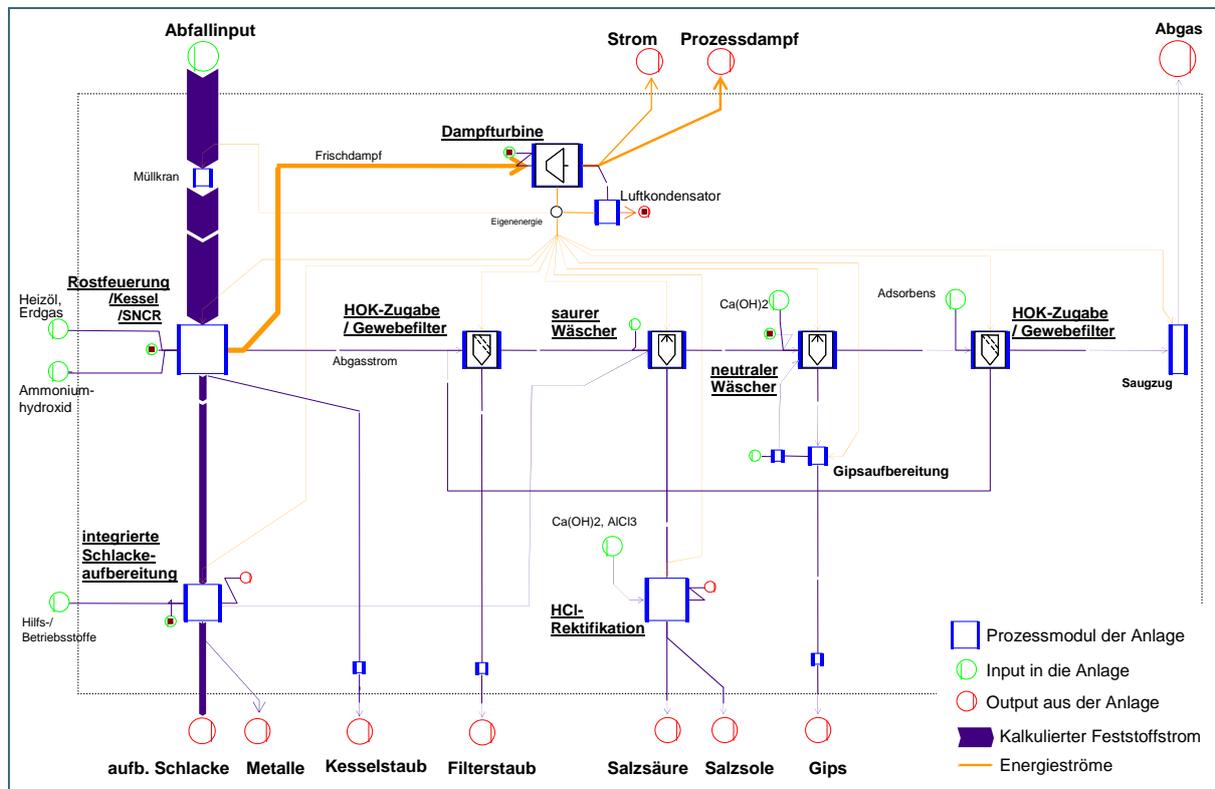


Abb. 4: Stoff- und Energiestromschema für Beispiel-MVA 1

Im Ergebnis zeigen die drei fortschrittlichen Anlagen über die gesamte Breite der Indikatoren eine insgesamt die Umwelt entlastende Bilanz (siehe dazu in den Abb. 5 bis 7). Die vermiedenen Emissionen sind stets höher als die selbst verursachten. Ganz herausragende Bedeutung hat dabei die Energienutzung. Sie stellt sich in dieser Analyse als der umweltseitige Dreh- und Angelpunkt dar. Eine günstige Energiebilanz verweist dabei jeden weiteren technischen Abschlag als zweitrangig. Einzige Ausnahme dabei bildet die Quecksilberemission (Abb. 7). Hier spielt im Rahmen der dokumentierten Bandbreite die direkte Emission der Anlage – wenn in der oberen Bandbreite – die entscheidende Rolle. Emissionen im Bereich der unteren Bandbreite werden dagegen ebenso leicht von den Emissionsgutschriften für Energie überkompensiert.

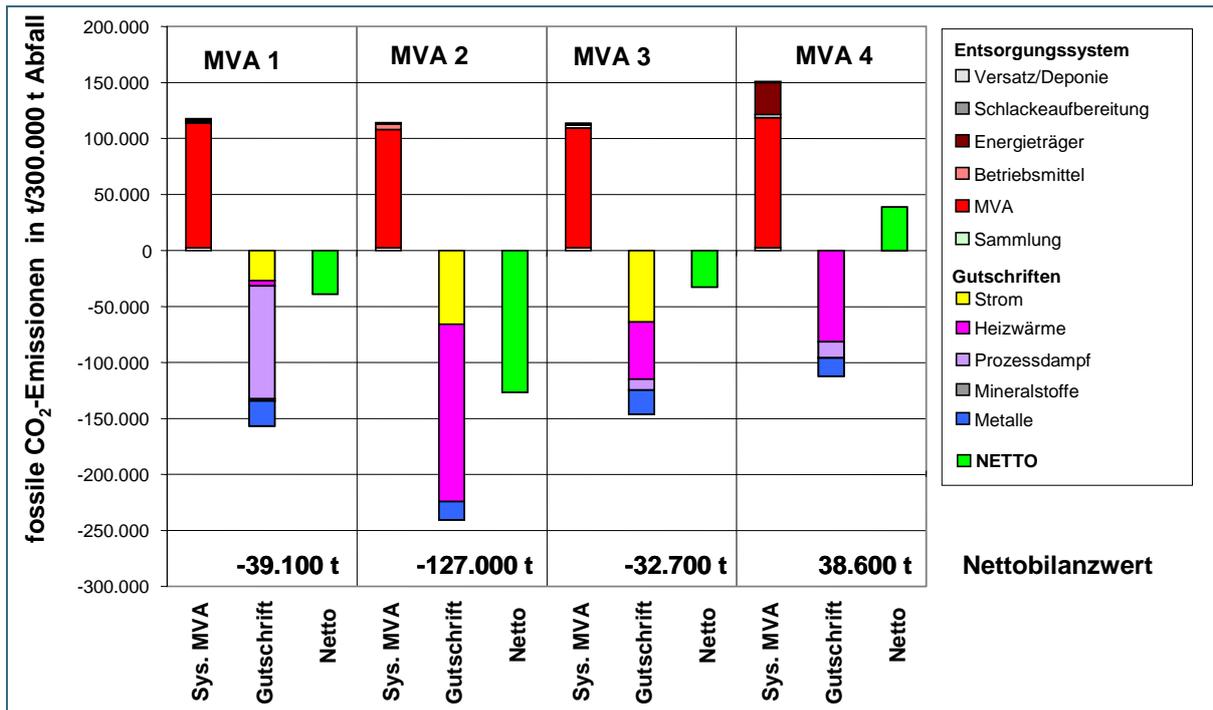


Abb. 5: Analyse der CO<sub>2</sub>-Gesamtbilanz der vier Beispiel-MVAn, unter Berücksichtigung von Nebenprozessen und Gutschriften aus substituierten Primärprozessen; Netto =  $\Sigma$  System MVA –  $\Sigma$  Gutschrift

Nach der Energieeffizienz ist die Rückgewinnung der Metalle aus der Schlacke der wichtigste Faktor. Aus Sicht der Klimarelevanz, aber auch der anderen Emissionsparameter, ist die Frage der Verwertung von Schlacke und Stoffströmen der Abgasreinigung deutlich nachrangig. Hier stellen sich andere Kriterien in den Vordergrund wie: sichere dauerhafte Einbindung der Spurenmetalle in die Schlacke, um eine Verwertung möglichst uneingeschränkt möglich zu machen.

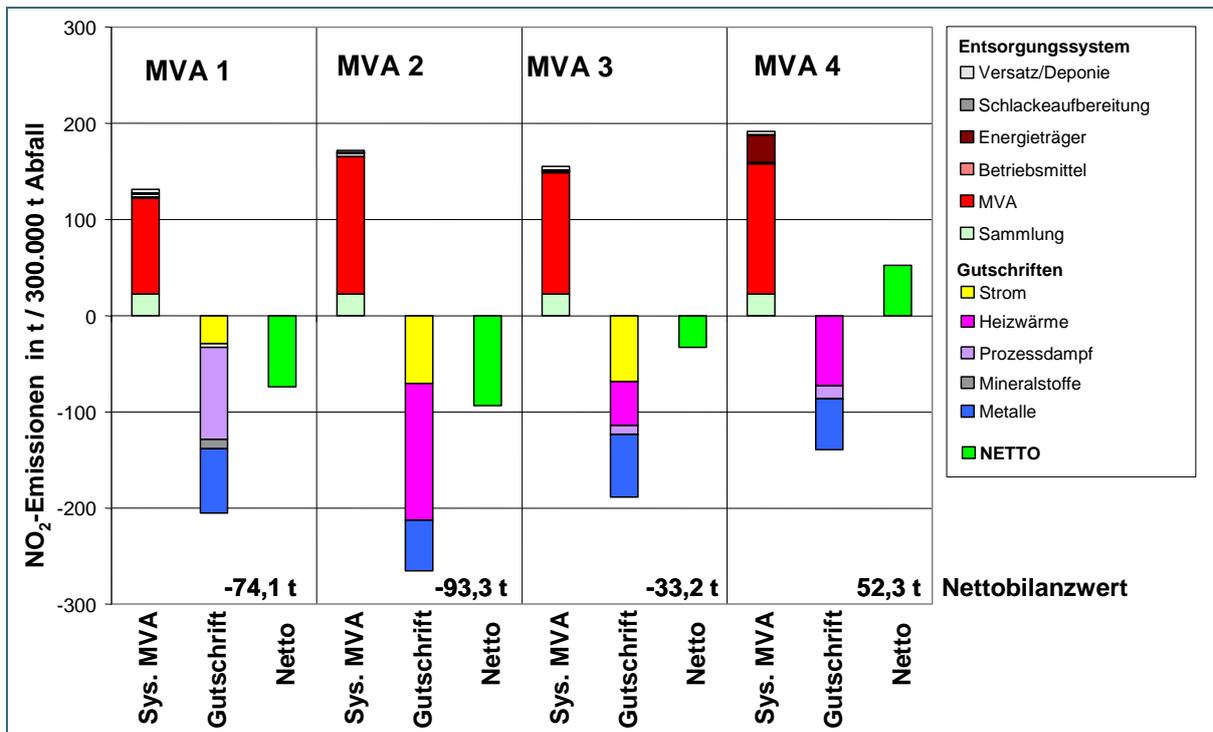


Abb. 6: Analyse der NO<sub>2</sub>-Gesamtbilanz der vier Beispiel-MVAn, unter Berücksichtigung von Nebenprozessen und Gutschriften aus substituierten Primärprozessen; Netto =  $\Sigma$  System MVA –  $\Sigma$  Gutschrift

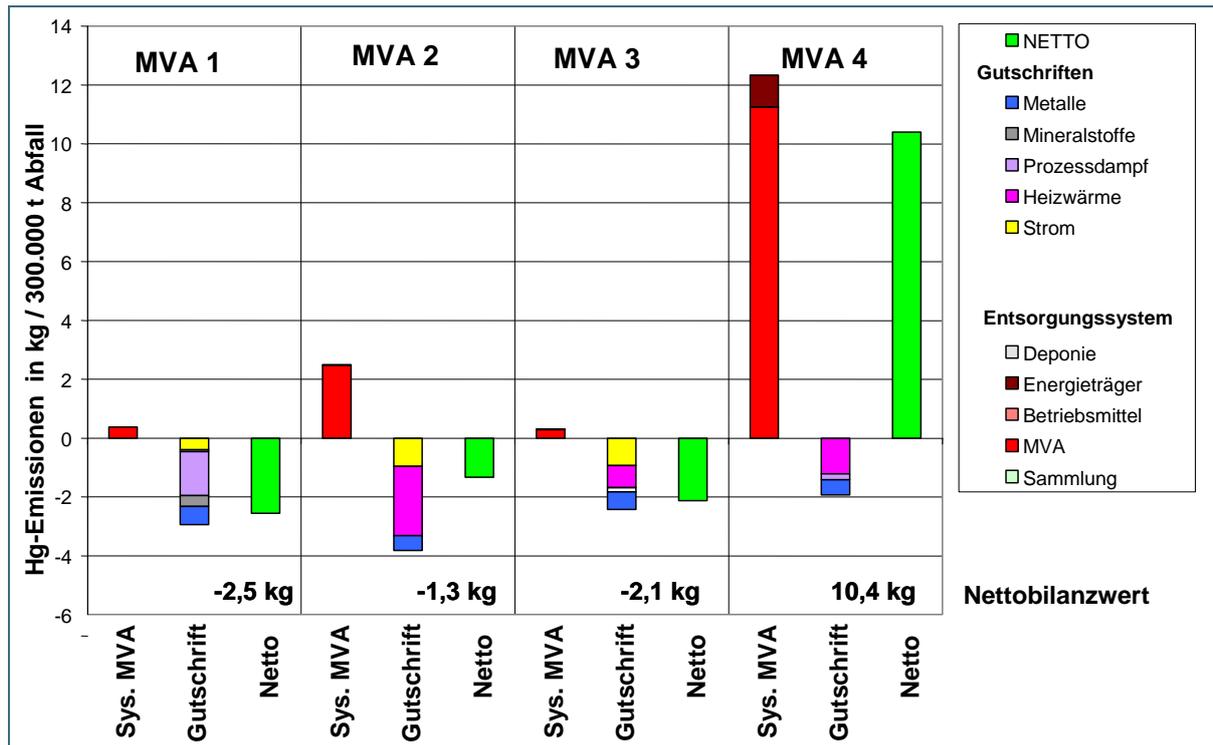


Abb. 7: Analyse der Quecksilber-Gesamtbilanz der vier Beispiel-MVAn, unter Berücksichtigung von Nebenprozessen und Gutschriften aus substituierten Primärprozessen; Netto =  $\sum$  System MVA –  $\sum$  Gutschrift

Schließlich wurden die relevanten Maßnahmen zur Erfüllung der Vorgaben für eine vollständige Verwertung identifiziert. Hierbei wurde erkannt, dass auf der Ebene der Emissionsminderung kein vorrangiger Handlungsbedarf besteht. Die maßgeblichen Potenziale bestehen dagegen auf Seiten der Energienutzung. An zweiter Stelle steht die möglichst umfassende Verwertung der Metalle.

Abbildung 8 fasst die Nettobilanzen (Belastung durch die MVA minus stoffliche und energetische Gutschriften) nochmals zusammen. Zur einheitlichen Darstellung werden die Werte normiert und in Einwohnerdurchschnittswerten (EDW) dargestellt. 1 EDW beschreibt dabei die mittlere pro-Kopf-Last eines Einwohners in Deutschland. Die entsprechenden Basiswerte sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Aus der Darstellung in Abbildung 8 wird deutlich, dass eine MVA der Größenordnung 300.000 t/a (entspricht dem Restabfallaufkommen von ca. 1,5 Mio. Einwohnern) fossile Primärenergie (KEA) in der Größenordnung des Verbrauchs von bis zu 20.000 Einwohner einsparen kann. Das ist mehr als 1 %.

Für CO<sub>2</sub> liegt dieser Effekt etwas niedriger. Hier kann die Einsparung bis zu 12.000 EDW erreichen - damit etwas weniger als 1 % der Gesamtlast. Bei NO<sub>x</sub> liegen die spezifischen Belastungen und Einsparungen nochmals etwas niedriger. Bei Cadmium dagegen zeigt sich eine hohe spezifische Bedeutung des Beitrags der MVAn. Mit niedriger Eigenemission und hoher Substitutionsleistung sind bis über 85.000 EDW Entlastung der Umwelt möglich. Das sind über 5 % der Gesamtlast.

Tab. 1: Gesamtemissionen in der Bundesrepublik Deutschland umgelegt auf einen Einwohner (Einwohnerdurchschnittswert, EDW)

Leitindikator				Quelle:
KEA (fossil)	12.010.000 TJ/a	145.500	MJ / (EW · a)	(a)
CO <sub>2</sub> (fossil)	871.000.000 t / a	10.553	kg / (EW · a)	(a)
NO <sub>x</sub> als NO <sub>2</sub>	1.592.000 t / a	19,3	kg / (EW · a)	(a)
Quecksilber (Hg)	31 t / a	0,38	g / (EW · a)	(b)
Cadmium (Cd)	11 t / a	0,13	g / (EW · a)	(b)

Quelle: a) Umweltbundesamt - Umweltdaten online; Zahlen für 2001 (Tab.: Emissionen nach Emittentengruppen in Deutschland 1990-2001, Stand April 2003)  
b) UBA: Daten zur Umwelt 1996 für das Jahr 1995

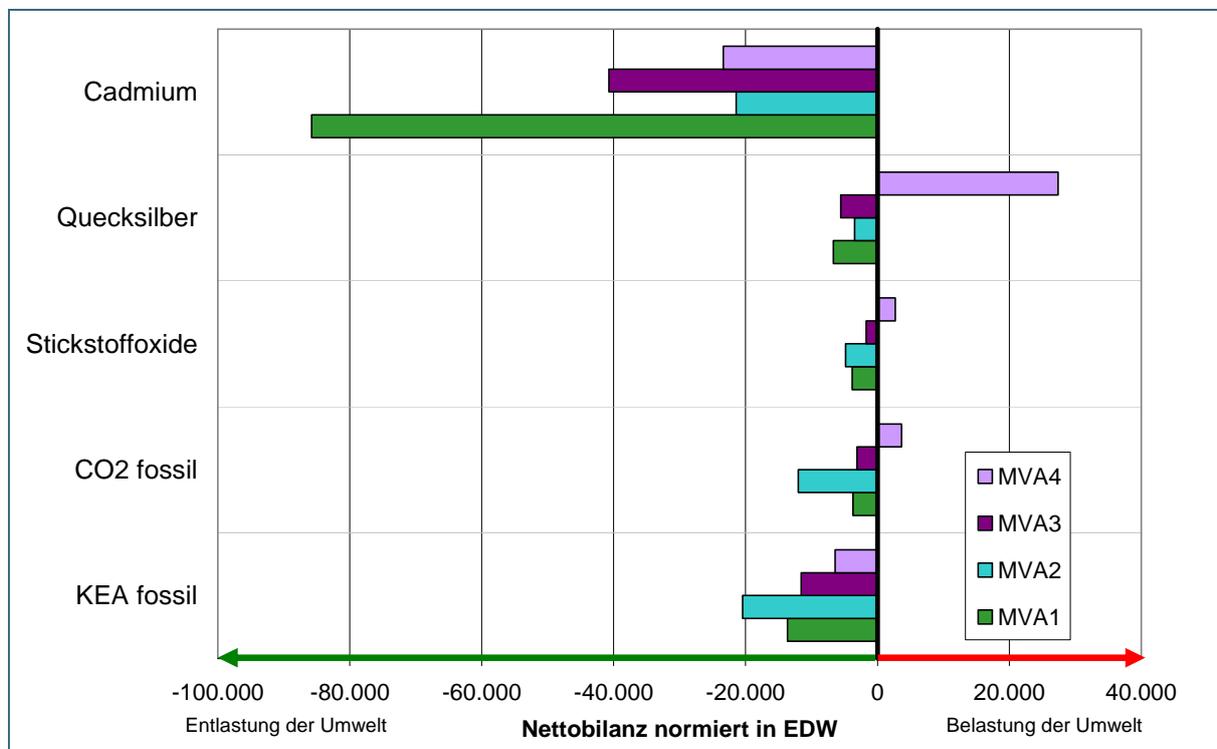


Abb. 8: Normierung der Nettobilanzen anhand von Einwohnerdurchschnittswerten (EDW)

#### 4 Zusammenführung der Potenziale

Im letzten Schritt wurden Ist- und Optimierungsszenarien anhand von CO<sub>2</sub> und Umweltfaktoren sowie der Kostenanalyse zusammengefasst. Hierzu wurde eine Abschätzung der Potenziale für eine möglichst realitätsnahe Optimierung getroffen und Szenarien dem Ist-Zustand gegenüber gestellt. Dabei zeigte sich, dass auf einer im Mittel bereits aus Umweltseite positiv zu wertenden Ausgangslage,

- eine maßvolle Optimierung der Energieeffizienz (von im Mittel 10 % Netto-Stromwirkungsgrad auf 14 %, sowie von 30 % Wärmenutzung auf 45 %),

- und eine umfassende Verwertung der Metalle
- sowie eine teilweise Umsetzung einer weitergehenden Schlackebehandlung

CO<sub>2</sub>-Minderungen im Bereich von rund 3 Mio. t/a erwirken kann. Dies zeigt Abbildung 9: ausgehend von der aktuellen Situation (Basis 16 Mio. t Abfall in MVAn) ist eine Steigerung der Gesamt-CO<sub>2</sub>-Minderung von aktuell rund 2,2 Mio. t/a um rund 3 Mio. t/a auf 5,2 Mio. t/a möglich.

Bei den hier vorgestellten Zahlenergebnissen ist zu beachten, dass die Resultate in ihrer absoluten Höhe sehr stark von den Modellannahmen abhängen und somit bei veränderten Annahmen z. T. deutlich variieren können. Vergleicht man die CO<sub>2</sub>-Bilanz hier z.B. mit den Berechnungen aus der Studie von BILITEWSKI ET AL. [2005] im Auftrag der EdDE, so werden dort für eine etwas höhere Abfallmenge (17,8 Mio. t/a) für den nicht optimierten Fall Nettoeinsparungen von 3,54 Mio. t/a CO<sub>2</sub> errechnet, für den optimierten Fall (Erhöhung des Stromwirkungsgrads um 3 % und der Wärmenutzung um 8 %) sogar auf ca. 6 Mio t/a. berechnet. Diese erheblich erscheinenden Unterschiede sind neben der aus den größeren Abfallmengen (ca. 10 %) resultierenden größeren Energiebereitstellung vorrangig darauf zurückzuführen, dass BILITEWSKI ET AL. [2005] die gesamte erzeugte Energie – also auch den Eigenverbrauch an Energie – gutschreiben. Der Eigenverbrauch macht durchschnittlich 20 bis 25 % der insgesamt in der Anlage erzeugten Energie aus. Dagegen erhält in der hier vorliegenden Berechnung nur die exportierte Energiemenge eine Gutschrift, was nach Ansicht der Autoren konsistent mit der für Ökobilanzen üblichen Methodik ist. Der Berechnungsweg in der EdDe-Studie orientiert sich dagegen an der Interpretation der R1-Formel des Entwurfs der Abfall-Rahmenrichtlinie, wonach die erzeugte, nicht die exportierte Energie den Kennwert der Effizienzberechnung bildet.

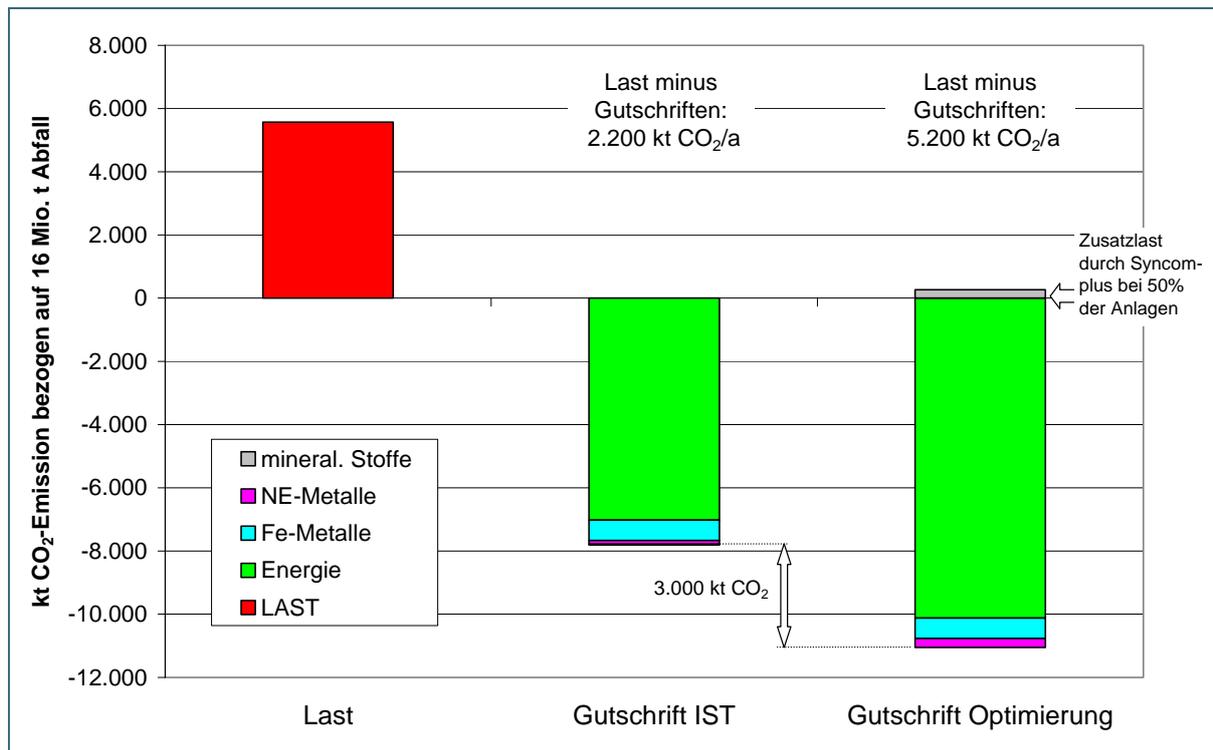


Abb. 9: Gesamtbilanz CO<sub>2</sub> für den Ist-Stand und die „Optimierungsszenarien Energie und NE-Metalle“ bezogen auf 16 Mio. t Abfall/a

## 5 Handlungsempfehlungen

Als erste Empfehlung liegt die Auslotung und Realisierung der energetischen Optimierungspotenziale auf der Hand. Hierbei ist jede einzelne Anlage für sich zu betrachten. Eine Reihe von MVAn kann bereits als optimal beurteilt werden. Bei anderen werden die Potenziale anlagen- und standortspezifisch gelagert sein.

Von hoher Wichtigkeit ist dabei die Auseinandersetzung mit den räumlich gegebenen Versorgungsstrukturen. Kooperation, so MVA und z.B. Stadtwerke nicht bereits in einer Hand liegen, ist hier dringlich geboten, um strukturelle Hemmnisse einer intensivierten Energienutzung auszuräumen.

Im Falle von Anlagenneuplanungen sollten von vorneherein Maßstäbe für eine optimale Energienutzung angesetzt werden. Hier können u. U. indirekte Mehrkosten auftreten, wenn ein kostengünstiger Standort (weit außerhalb) eben wegen monetären Gründen von Bauherrenseite unbedingt angestrebt wird.

Zu empfehlen sind auf jeden Fall auch neue Wege der thermischen Nutzung. Fernwärme-Kälte kann u. U. einen beträchtlichen Beitrag zur Erhöhung des Nutzungsgrades leisten. Dieser innovative Ansatz erfordert entsprechendes Engagement von Betreiberseite, vor allem auch von der Politik.

Die Politik kann an verschiedenen Stellen unterstützende Funktion für eine umfassende Energieoptimierung einnehmen. Die Anerkennung des Verwerterstatus für energieeffiziente Anlagen gemäß des ersten Entwurfs der Abfallrahmenrichtlinie ist ein solcher Schritt. Des Weiteren böten auch Fördermaßnahmen im Rahmen z.B. des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) oder des KWK-Gesetzes denkbare Anreizmöglichkeiten.

Mit Blick auf die stoffliche Verwertung ist der Schlacke als massenrelevanter Stoffstrom auch in Zukunft Aufmerksamkeit zu schenken. Das Ziel in Richtung uneingeschränktem Einsatz ist schon unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit in gewisser Hinsicht vorgezeichnet. Aktuell sind Wege wie der Versatz sicher opportun und vom Prinzip auch zu begrüßen, insofern der Versatz angeordnet ist. Langfristig sollten die technischen Möglichkeiten weiter ausgeschöpft werden, eine möglichst hohe und langfristig sichere Einbindung potenziell umweltschädlicher Spurenstoffe zu erreichen.

Die Erzeugung von differenzierten und spezifizierten Stoffströmen mit grundsätzlich hochwertigem Verwertungspotenzial (Gips, Salzsäure etc.) ist prinzipiell positiv zu bewerten. Im Kern liegt hierin der Ansatz einer nachhaltigen Stoffwirtschaft mit dem Ziel, primäre Ressourcen zu schonen und endliche Ablagerungsräume (auch Versatzbergwerke) adäquateren Materialströmen zu überlassen. Angesichts der eher geringen Massenströmen und der kaum gegebenen Klimarelevanz ist diesem Punkt jedoch keine Priorität einzuräumen.

## 6 Literaturquellen

FEHRENBACH, H., GIEGRICH, J., MAHMOOD, S. (2008): Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz. Forschungsvorhaben FKZ 205 33 311 des Umweltbundesamtes. Heidelberg 2008.

BILITEWSKI, B., SCHIRMER, M., NIESTROJ, J., WAGNER, J. (2005): Ökologische Effekte der Müllverbrennung durch Energienutzung. Studie im Auftrag der Entsorgungsgemeinschaft der Deutschen Entsorgungswirtschaft e.V. EdDE. Pirna 2005.

BMU – BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (1999): Siedlungsabfallentsorgung in Deutschland – Ein Jahr TASi – ab 1. Juni 2005 keine Deponierung unvorbehandelter Abfälle mehr. Bonn 1999.



## Tagungsleitung / Referenten

Dr. Richard Fackler  
Vizepräsident des LfU  
Bayer. Landesamt für Umwelt  
Dienststelle Hof  
Hans-Högn-Str. 12  
95030 Hof  
Tel.: (0 92 81) 18 00–45 00  
E-Mail: [Richard.Fackler@lfu.bayern.de](mailto:Richard.Fackler@lfu.bayern.de)

Christian Daehn  
Bayer. Landesamt für Umwelt  
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160  
86179 Augsburg  
Tel.: (08 21) 90 71–53 21  
E-Mail: [Christian.Daehn@lfu.bayern.de](mailto:Christian.Daehn@lfu.bayern.de)

Franz Reitberger  
Bayer. Landesamt für Umwelt  
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160  
86179 Augsburg  
Tel.: (08 21) 90 71–53 76  
E-Mail: [Franz.Reitberger@lfu.bayern.de](mailto:Franz.Reitberger@lfu.bayern.de)

---

Wilhelm Demharter  
UPM-Kymmene Papier GmbH & Co. KG  
Georg-Haendl-Straße 5  
86153 Augsburg  
Tel.: (0821) 31 09–611  
E-Mail: [environment@upm-kymmene.com](mailto:environment@upm-kymmene.com)

Dipl.-Biol. Horst Fehrenbach  
IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung  
Heidelberg GmbH  
Wilckensstraße 3  
69120 Heidelberg  
Tel.: (0 62 21) 47 67–16  
E-Mail: [Horst.Fehrenbach@ifeu.de](mailto:Horst.Fehrenbach@ifeu.de)

Bernhard Hartleitner  
bifa Umweltinstitut GmbH  
Am Mittleren Moos 46  
86167 Augsburg  
Tel.: (0821) 7000–126  
E-Mail: [BHartleitner@bifa.de](mailto:BHartleitner@bifa.de)

Michael Hvam  
Genan GmbH  
Birkenallee 80  
16515 Oranienburg  
Tel.: (0 33 01) 5 78–0  
E-Mail: [genan@genan.de](mailto:genan@genan.de)

Christian Merz  
Osram GmbH  
Hellabrunner Straße 1  
81543 München  
Tel.: (0 89) 62 13–32 11  
E-Mail: [C.Merz@osram.de](mailto:C.Merz@osram.de)

Dr. Hartmut Pflaum  
Fraunhofer-UMSICHT  
Osterfelder Straße 3  
46047 Oberhausen  
Tel.: (02 08) 85 98–11 71  
E-Mail: [Hartmut.Pflaum@umsicht.fraunhofer.de](mailto:Hartmut.Pflaum@umsicht.fraunhofer.de)

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rommel  
bifa Umweltinstitut GmbH  
Am Mittleren Moos 46  
86167 Augsburg  
Tel.: (08 21) 70 00–1 11  
E-Mail: [WRommel@bifa.de](mailto:WRommel@bifa.de)

Dr. Sylke Schlenker  
Deutsche Solar AG  
Alfred-Lange-Str. 18  
09599 Freiberg  
Tel.: (0 37 31) 3 01–39 72  
E-Mail: [Sylke.Schlenker@deutschesolar.de](mailto:Sylke.Schlenker@deutschesolar.de)

Dipl.-Ing. Regine Vogt  
IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung  
Heidelberg GmbH  
Wilckensstraße 3  
69120 Heidelberg  
Tel.: (0 62 21) 47 67–22  
E-Mail: [Regine.Vogt@ifeu.de](mailto:Regine.Vogt@ifeu.de)

