



## **Stoffliche oder energetische Verwertung – die Wahl der Verwertungsart als Schlüssel zur Energieeffizienz**

Klaus Fricke und Tobias Bahr

# Art der Verwertung

## **Stoffliche Verwertung (PPK, Kunststoffe, Metalle Bioabfall)**

- Werkstoffliche und rohstoffliche Verwertung
- biologische Verwertung (Kompostierung, Vergärung)

## **Energetische Verwertung:**

- thermische Verwertung wird unter energetische Verwertung subsumiert
  - Brennstoffnutzungsgrade **21%**
  - Brennstoffnutzungsgrade **45%**
  - Brennstoffnutzungsgrade **76%**

# Papier, Pappe, Kartonagen (PPK)

Frischfaserpapier (nördl. Herkunft)

35 MJ/kg Energieaufwand<sub>kum</sub>

Recyclingpapier (D)

15 MJ/kg Energieaufwand<sub>kum</sub>

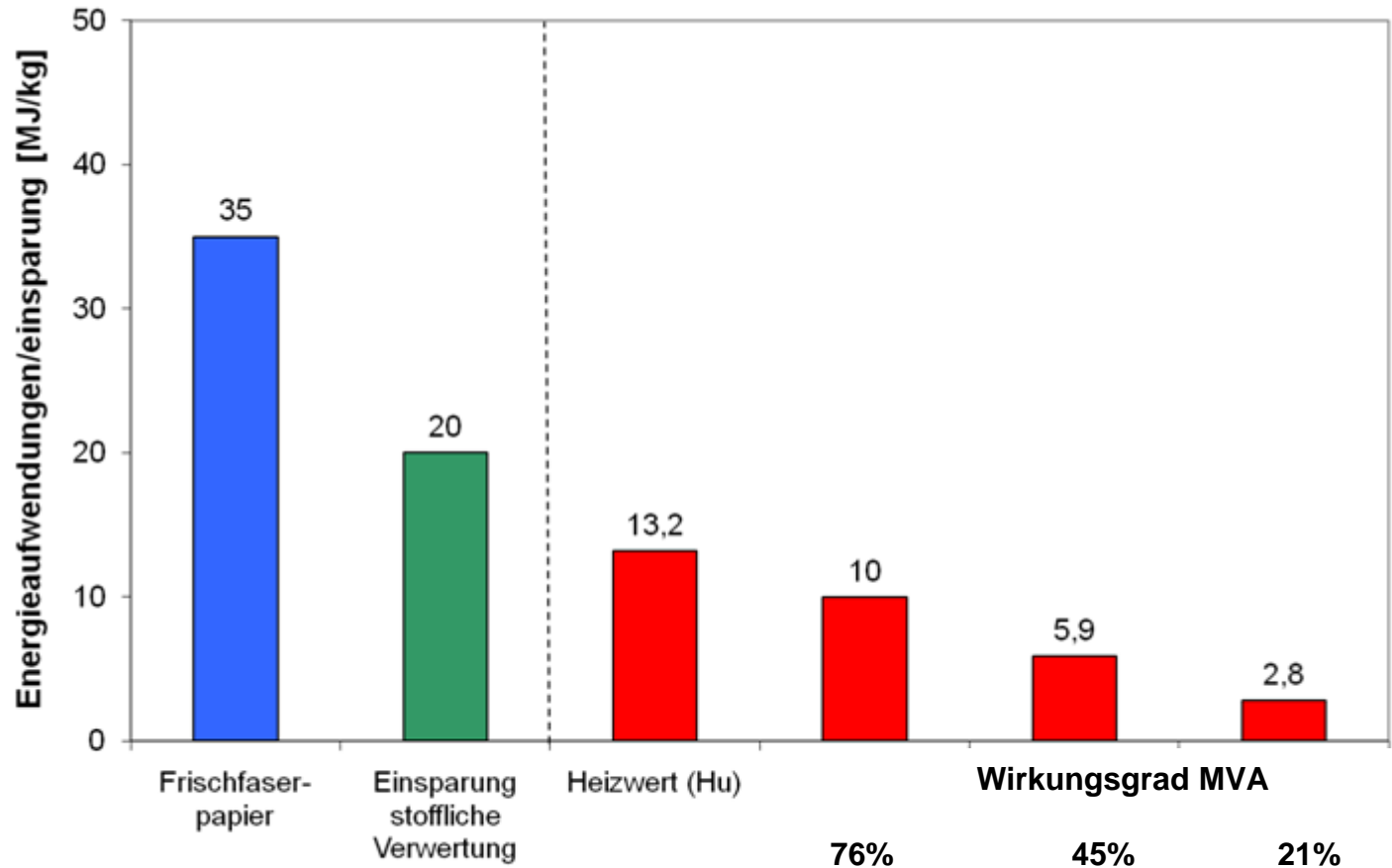
Einsparung gegenüber Frischfaser:

20 MJ/kg

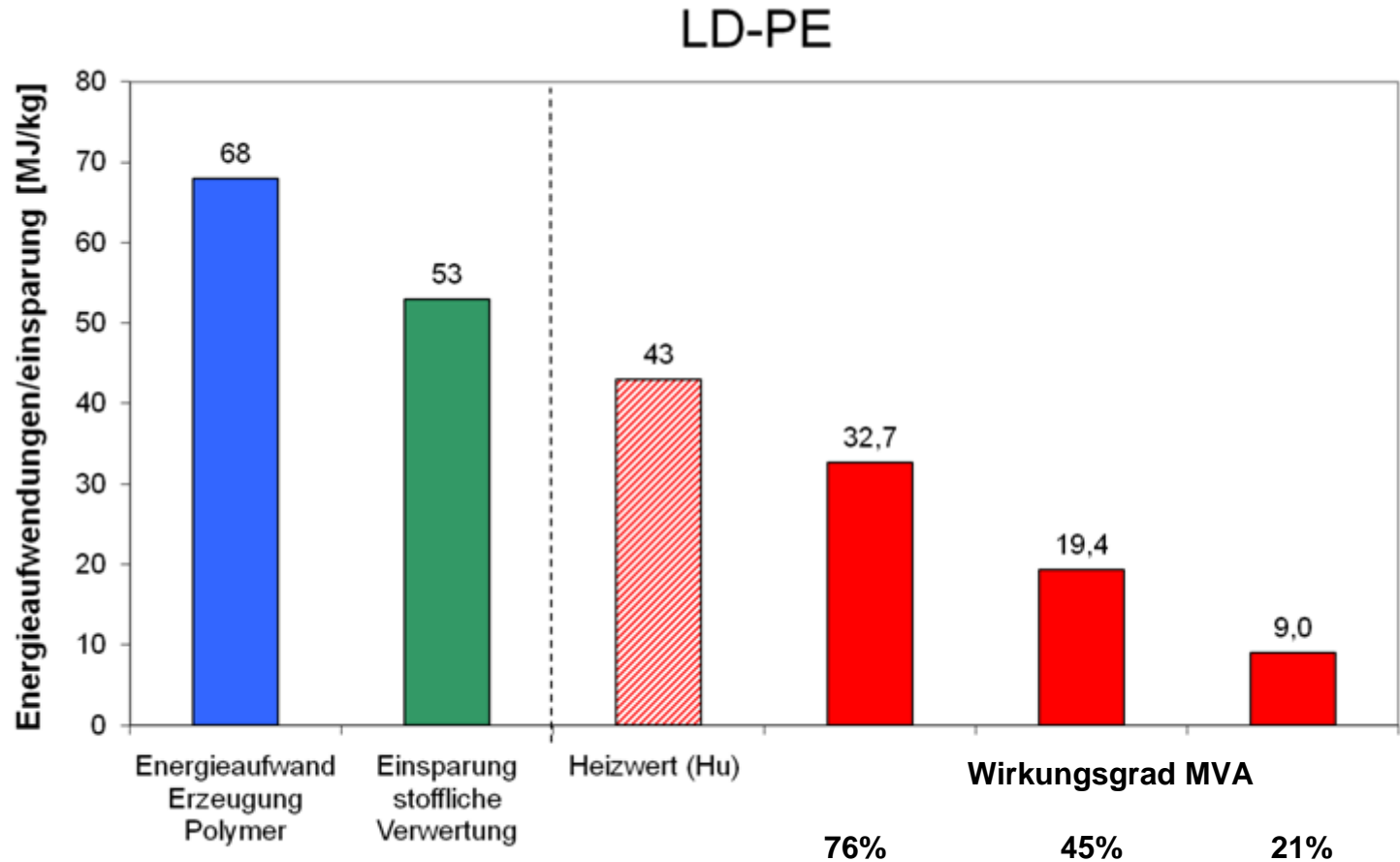
**Heizwert Altpapier**

**13,2 MJ/kg**

# Energieeinsparung stoffliche Verwertung versus energetische Verwertung – PPK



# Energieeinsparung stoffliche Verwertung versus energetische Verwertung – LD-PE



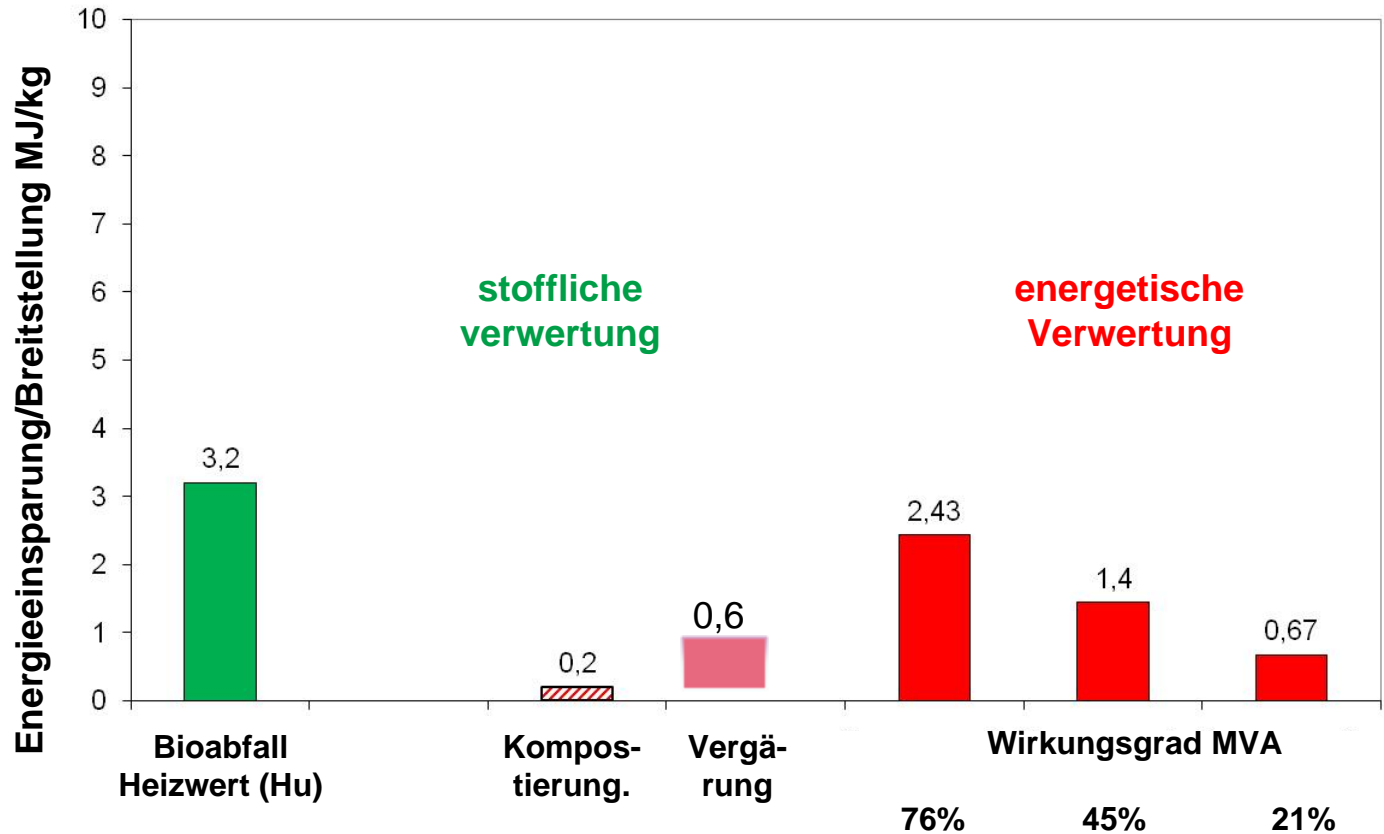
# Kunststoffe

Polymerart	Energieaufwand Polymererzeugung ohne Verarbeitungsaufwand	Verbrennungsenthalpie
LD-PE	68 MJ/kg	43 MJ/kg
Polystyrol	79 MJ/kg	40 MJ/kg
Polyamid-6	166 MJ/kg	28 MJ/kg
PP	72 MJ/kg	43 MJ/kg
PVC	51 MJ/kg	18 MJ/kg

**Recyclingkunststoffe (D) (hier PE-Granulat) 15 MJ/kg Energieaufwand<sub>kum</sub>**

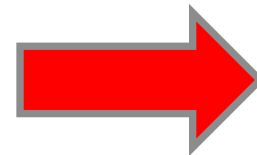
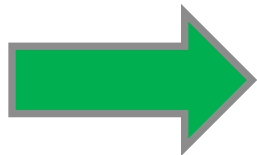
(Quellen: Kindler und Nikles, 1979 HTP und IFEU, 2001, IFEU, 2004, eigene Daten)

# Energieeinsparung stoffliche Verwertung versus energetische Verwertung – Bioabfall



# Bioabfallkompost als Strohsubstitut

Stroh bildet in Deutschland den wichtigsten Stoff zum Ausgleich der Humusbilanz...

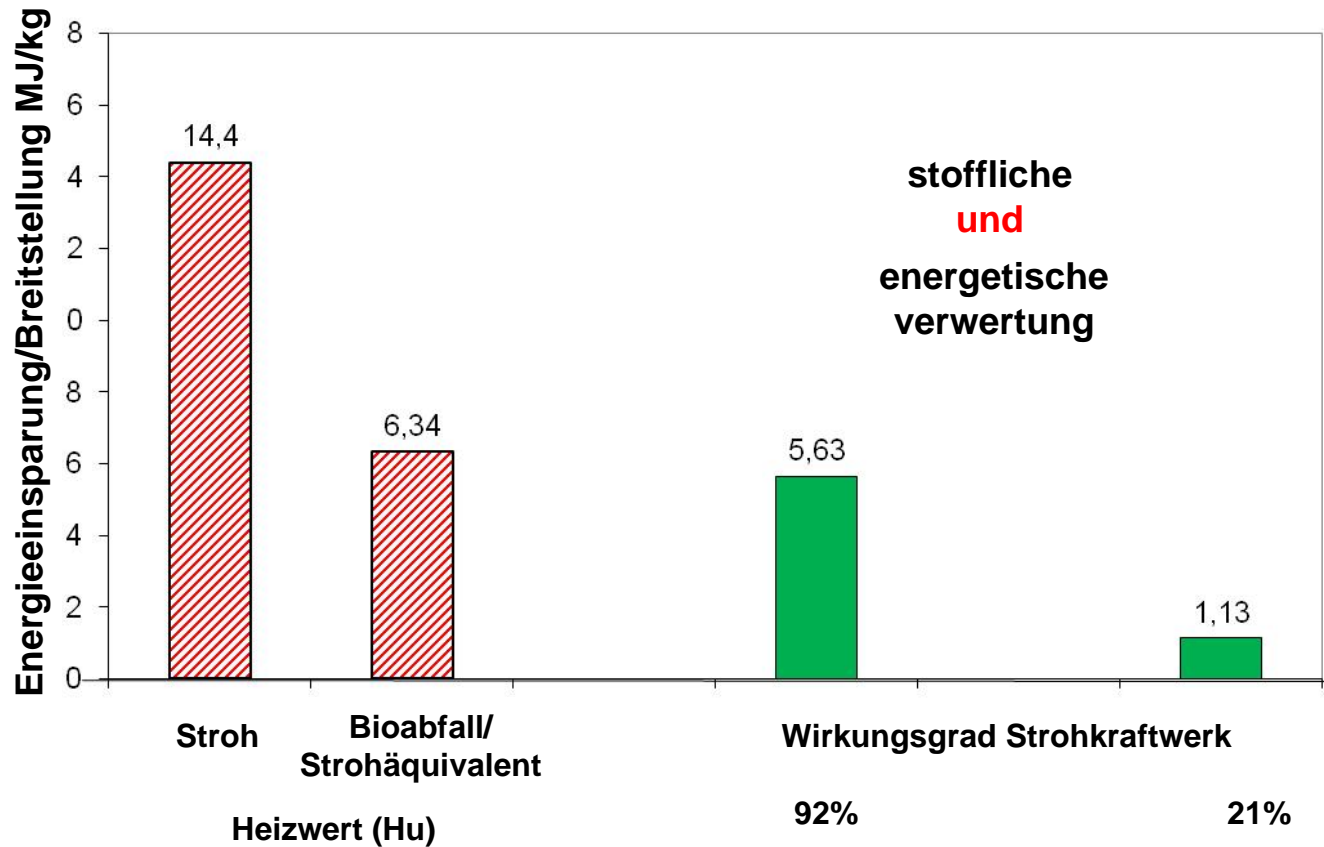


...Kompost kann zur Substitution von Stroh zur Humusreproduktion verwendet werden

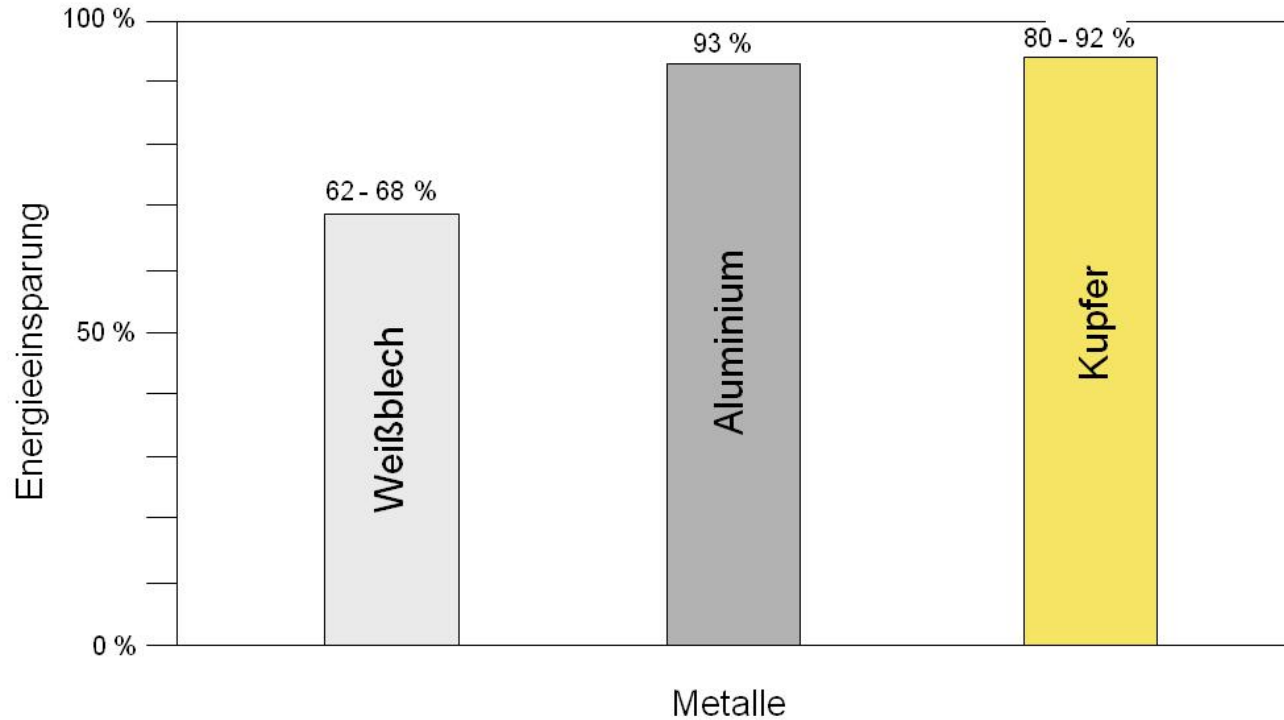
....Stroh wird in Biomassekraftwerken energetisch verwertet



# Energieeinsparung - Bioabfallkompost als Strohsubstitut



# Energieeinsparungen Verwendung von Sekundär- gegenüber Primärrohstoffen - **Metalle**

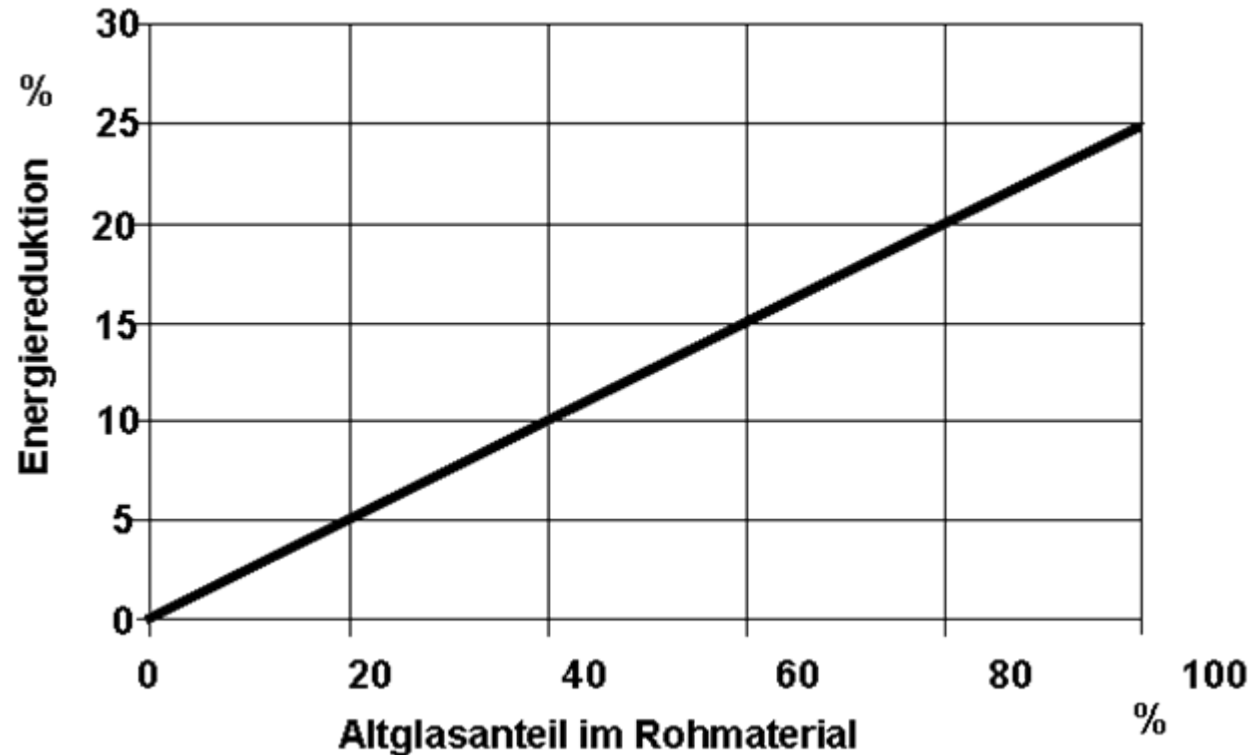


- Höhere Abschöpfraten bei Getrenntsammlung/ Sortierung aus Rohabfallstoffströmen erzielbar als bei Schlackeaufbereitung
- Scheideleistungen bei Fe-Metallen und insbesondere bei Ne-Metallen weist hohes Optimierungspotenzial auf

# Energieeinsparung stoffliche Verwertung versus energetische - Glas

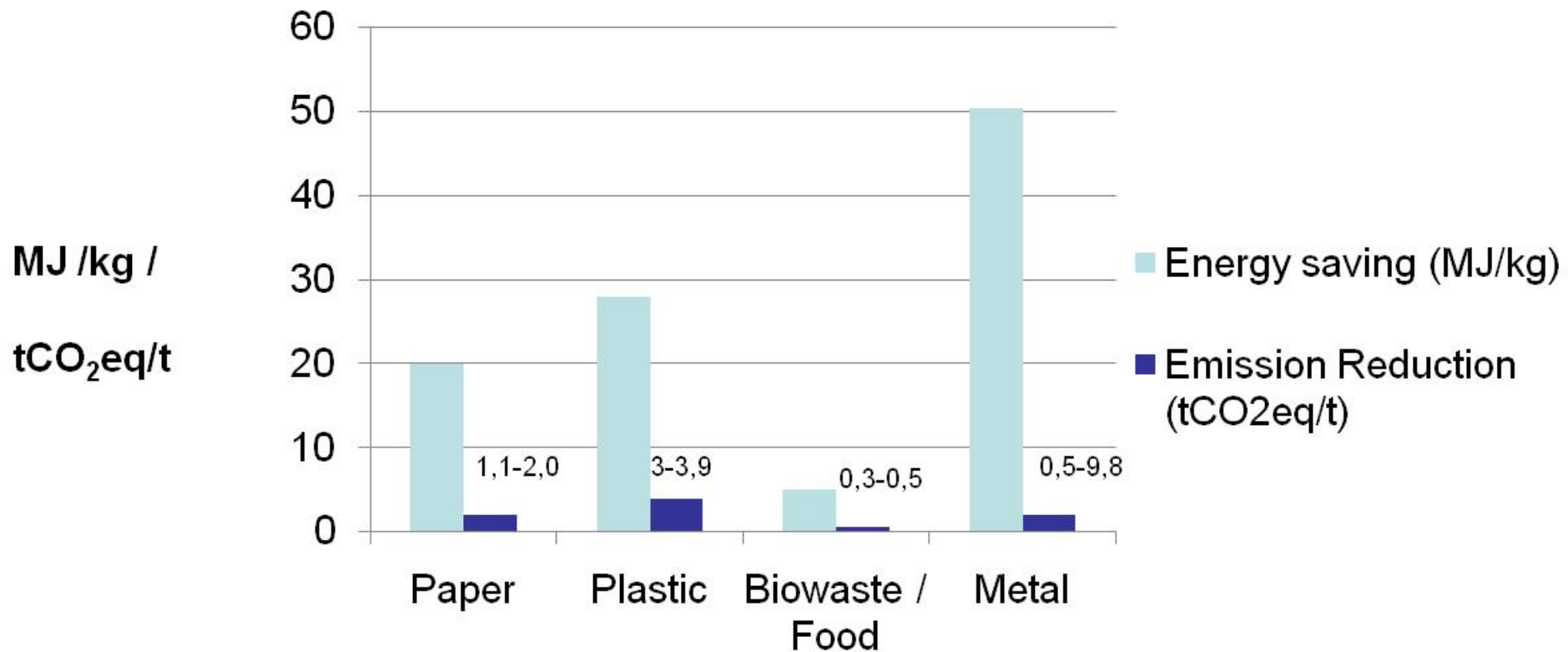


## Energiereduktion für Altglaseinsatz



Pro 10% Scherbeneinsatz wird die Schmelzenergie in der Glashütte um ca. 3% reduziert

# Energieeinsparung und Treibhausgasemissionen



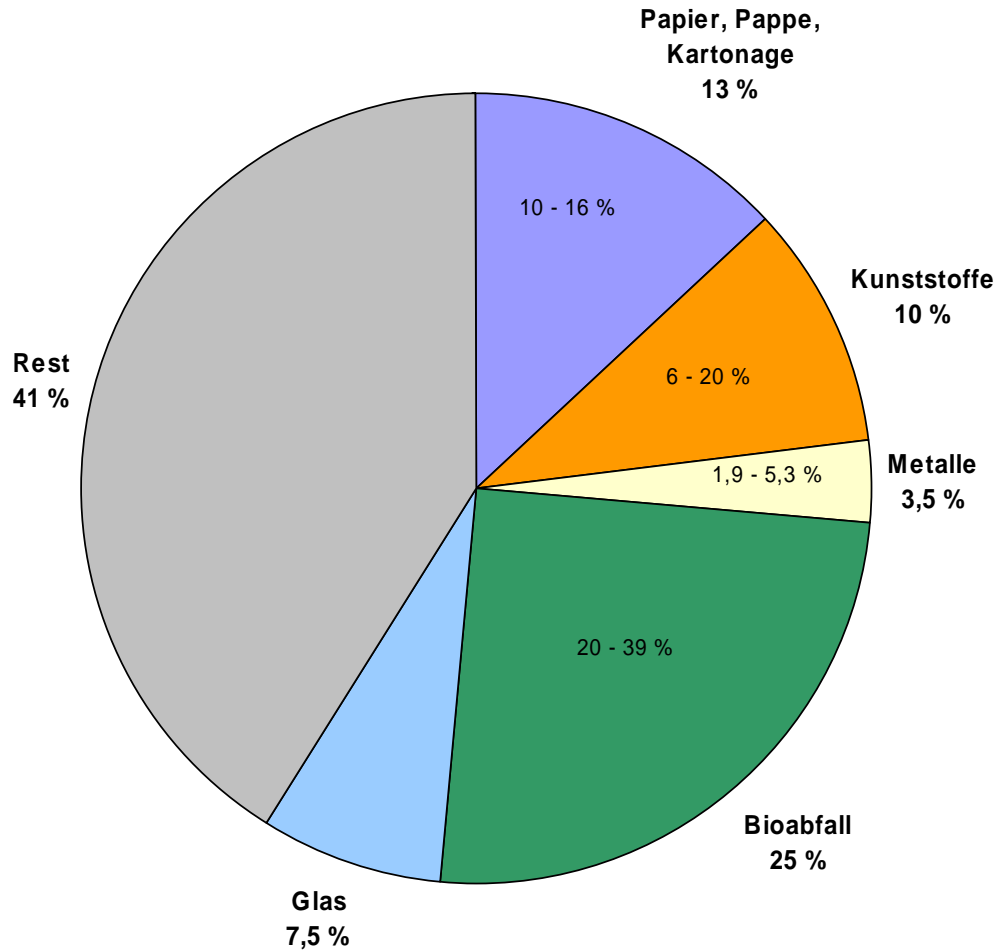
Technische  
Universität  
Braunschweig



# Potenzial stoffliche Verwertung

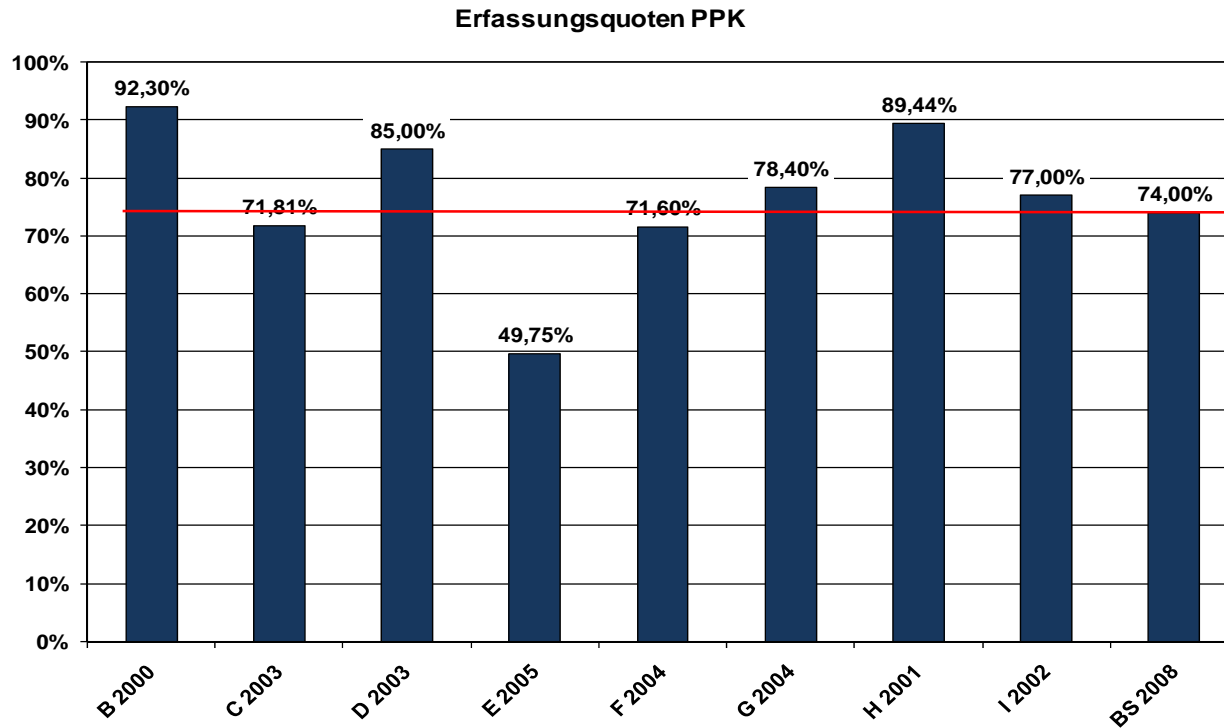


# Zusammensetzung Resthausmüll und Geschäftsmüll - PPK



**13% PPK = ca. 1,8 Mio. Mg Mg**

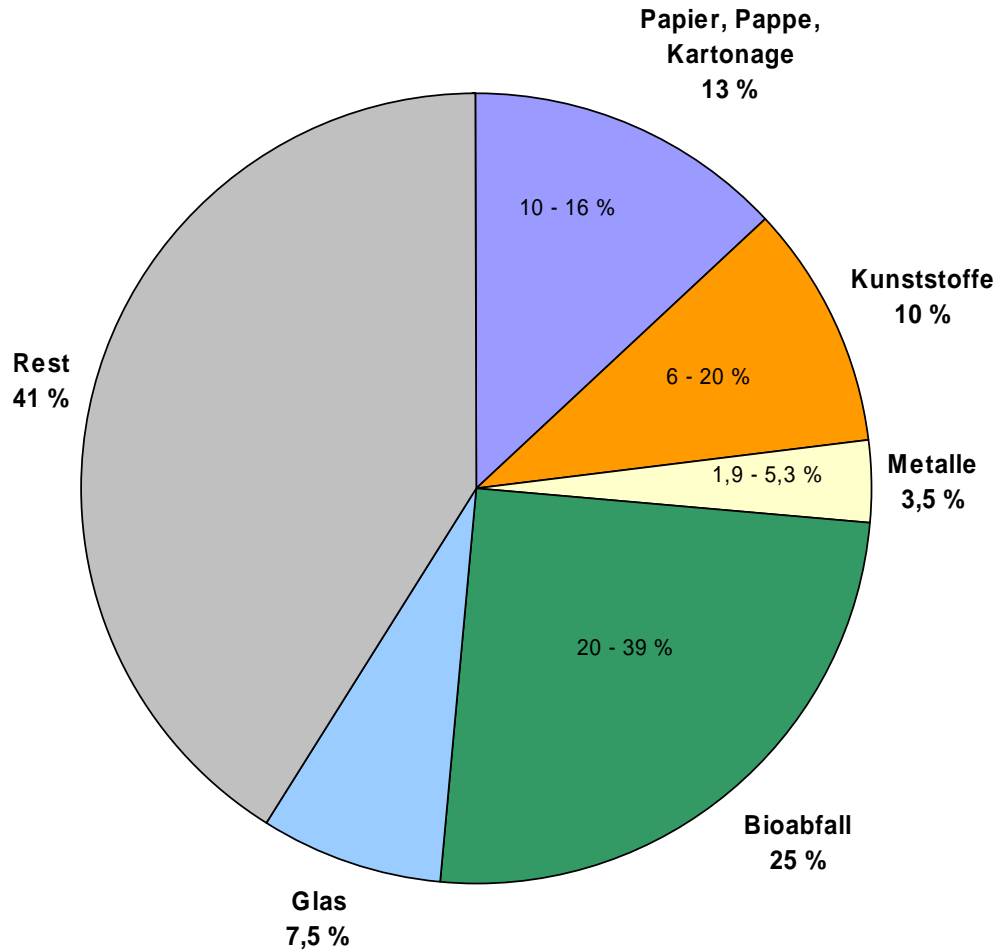
# Erzielte Erfassungsquoten ausgewählter deutscher Großstädte für die Fraktionen - Papier/Pappe



PPK-  
Erfassungsquoten:  
49 bis 92%

.....zus. Abschöpfung PPK ca. 1,1 Mio. Mg

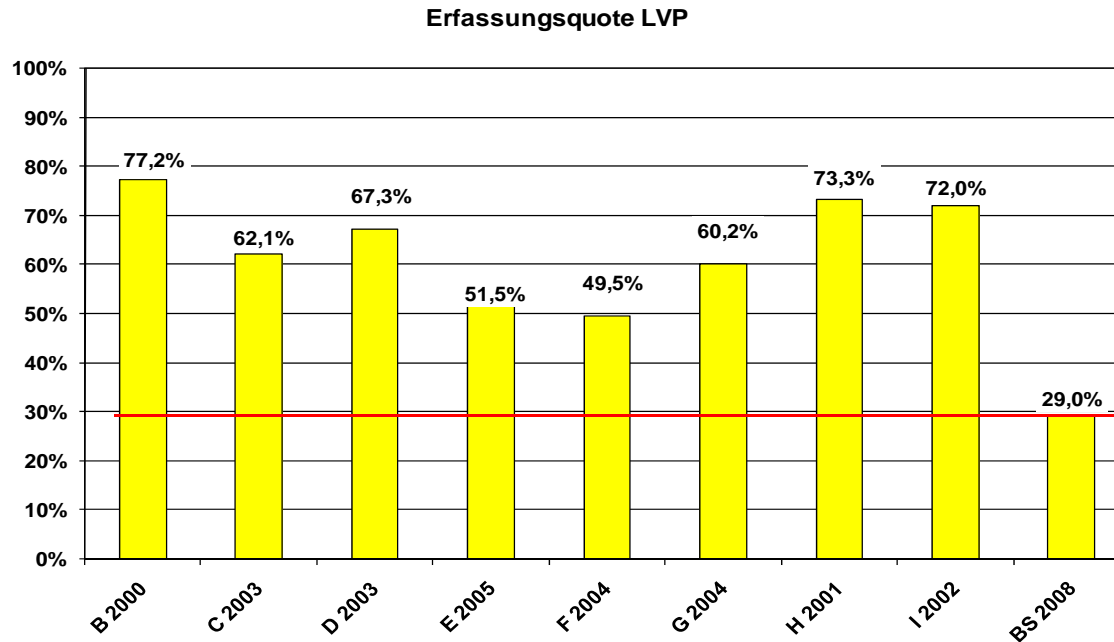
# Zusammensetzung Resthausmüll und Geschäftsmüll - Kunststoffe



**10% Kunststoffe = ca. 1,4 Mio. Mg**



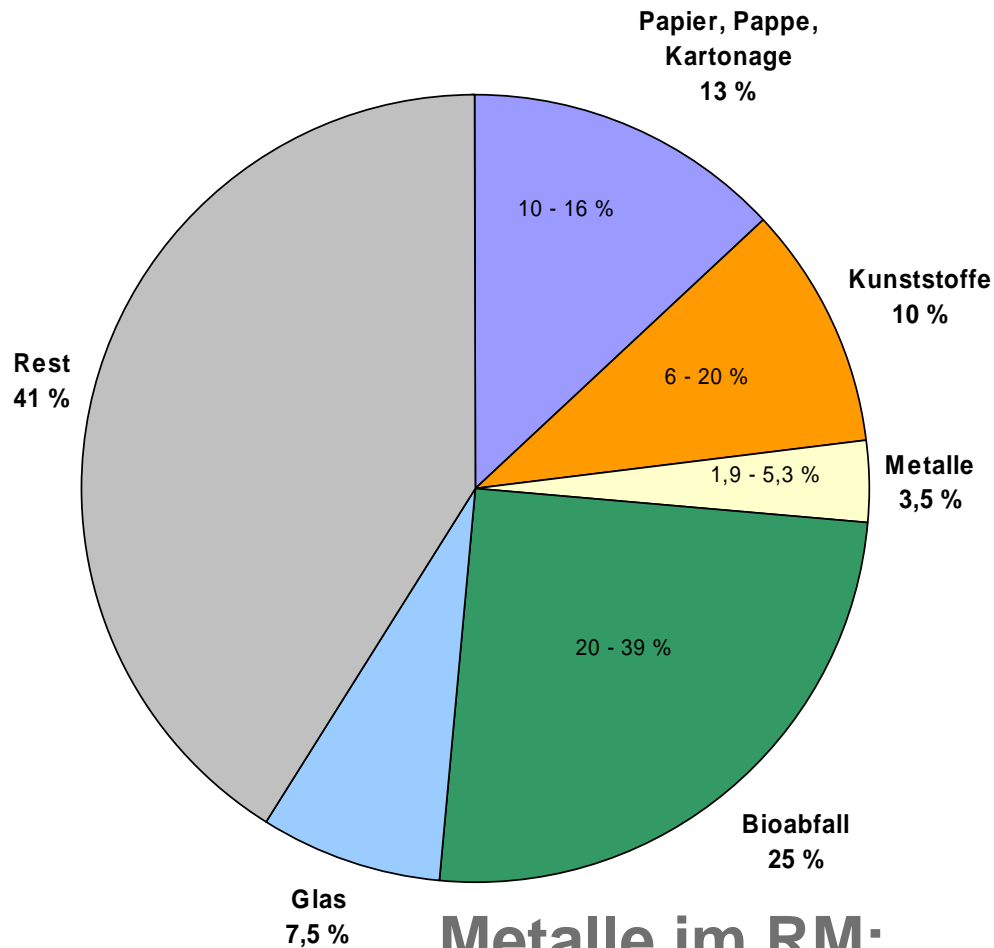
# Erzielte Erfassungsquoten ausgewählter deutscher Großstädte für die Fraktionen - LVP



LVP-  
Erfassungsquoten:  
29 bis 76%

.....zus. Abschöpfung Kunststoffe ca. 0,5 – 1,0 Mio. Mg

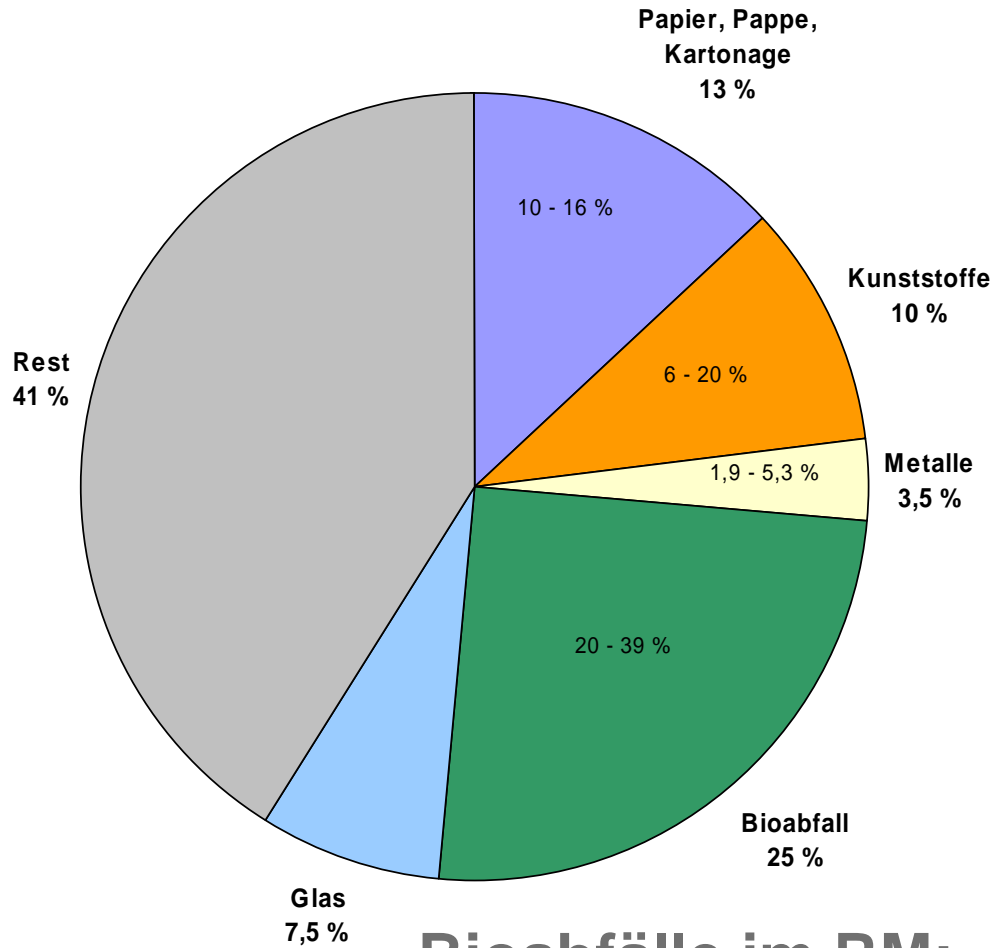
# Zusammensetzung Resthausmüll und Geschäftsmüll - **Metalle**



**Metalle im RM:  
zus. Abschöpfung**

**ca. 0,5 Mio. Mg  
ca. 0,3 Mio. Mg**

# Zusammensetzung Resthausmüll und Geschäftsmüll - Bioabfälle



Erfassungsquote für Bioabfall:  
52 bis 58 %

**Bioabfälle im RM:  
Zusätzliche Abschöpfung**

**ca. 3,5 Mio. Mg  
ca. 2,1 Mio. Mg**

bei 70% Abschöpfung

# Abschöpfbare Wertstoffmengen im Restmüll (Mg)

Abfallart	Wertstoffmengen Restmüll (Mg)		Abschöpfbare Menge (Mg)
Haus- und Geschäftsabfall		13.900.000	
PPK	13 %	1.800.000	1.100.000
Kunststoffe	10 %	1.390.000	500.400
Metalle	3,5 %	487.000	292.000
<b>Bioabfälle</b>	<b>25 %<sup>1)</sup></b>	<b>3.475.000</b>	<b>2.100.000<sup>2)</sup></b>
Glas	7,5 %	1.043.000	521.000
<b>Summe</b>		<b>8.195.000</b>	<b>4.513.400</b>

1) bis 39% trotz Biotonne

Quelle: Fricke ANS 2008

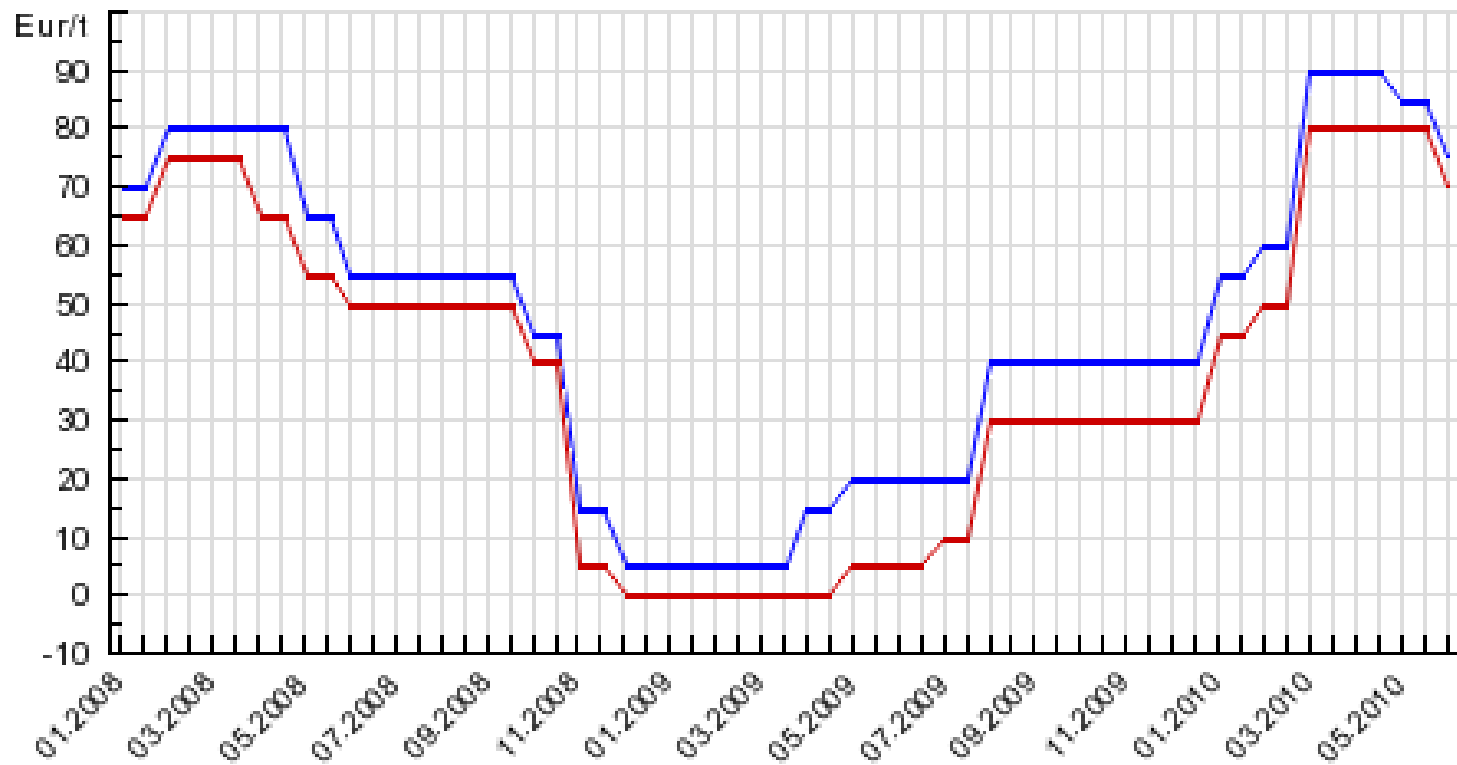
2) Bei 70% Abschöpfung, bei 80% 3,15 Mio Mg/a

# ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK I

- Die stoffliche Verwertung weist bei den betrachteten Stoffgruppen bezgl. Ressourceneffizienz **deutliche Vorteile** gegenüber thermischen Verwertungsverfahren auf.
- Gekoppelt hieran ist auch die **Klimawirksamkeit** als günstiger einzustufen.
- Die stoffliche Verwertung muss daher intensiviert werden:
  - Intensivierung und Flexibilisierung der **Getrenntsammlungssysteme**
  - Intensivere Einsatzes von **Sortiertechnologien**

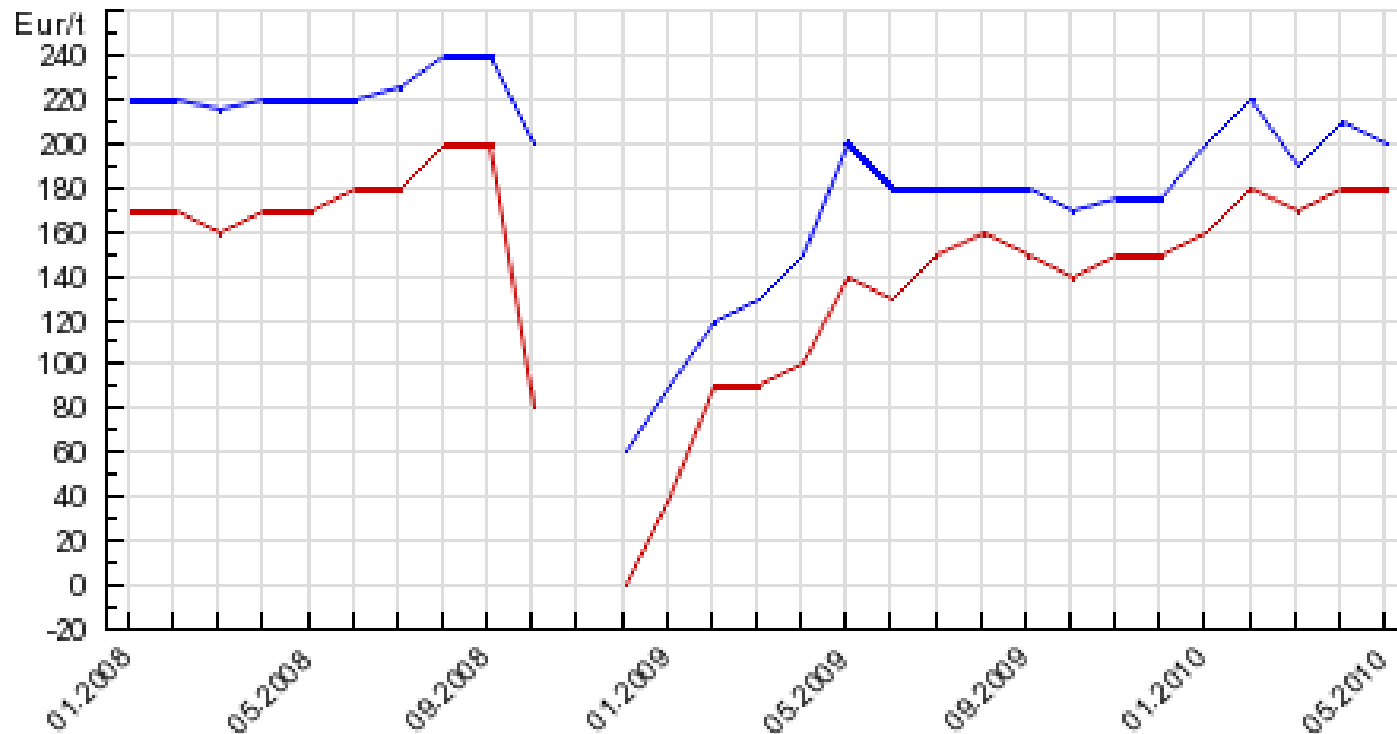
# Marktentwicklung Altpapier (Quelle: EUWID: 06.2010)

Gemischte Ballen (1.02)



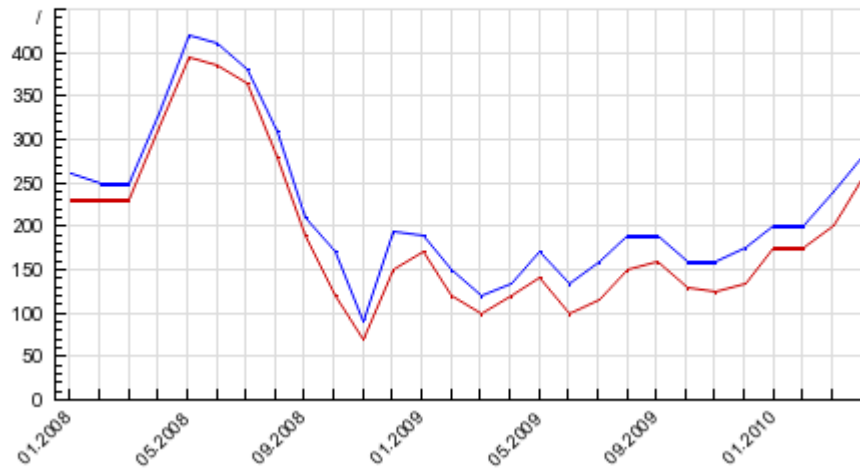
# Marktentwicklung Kunststoffe (Quelle: EUWID: 06.2010)

PE-Gewerbemischfolie (80/20)  
PE post userBallen



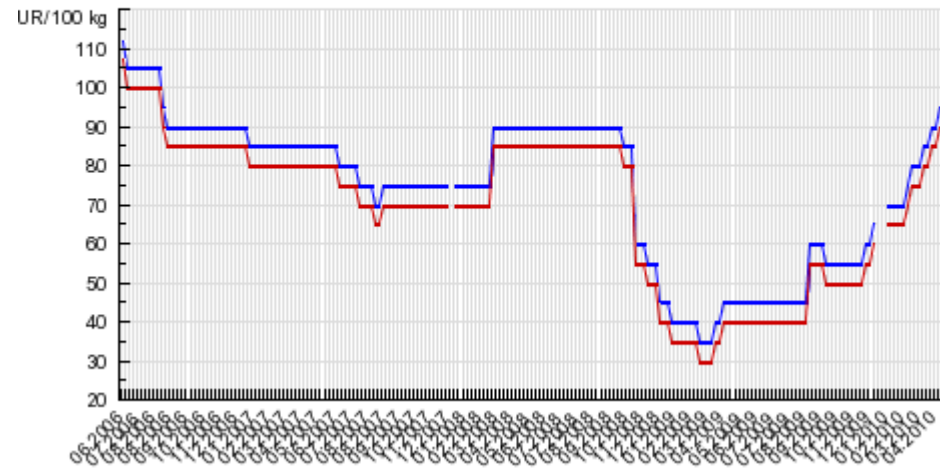
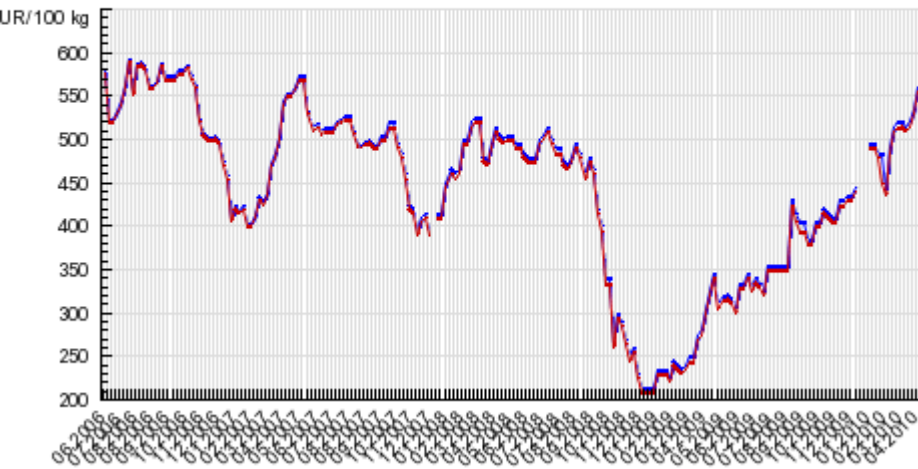
# Marktentwicklung Almetalle (Quelle: EUWID: 06.2010)

Sorte 1 Stahltschrott Stahlschrottpreise  
Deutchl. in Eur/t frei Stahlwerk



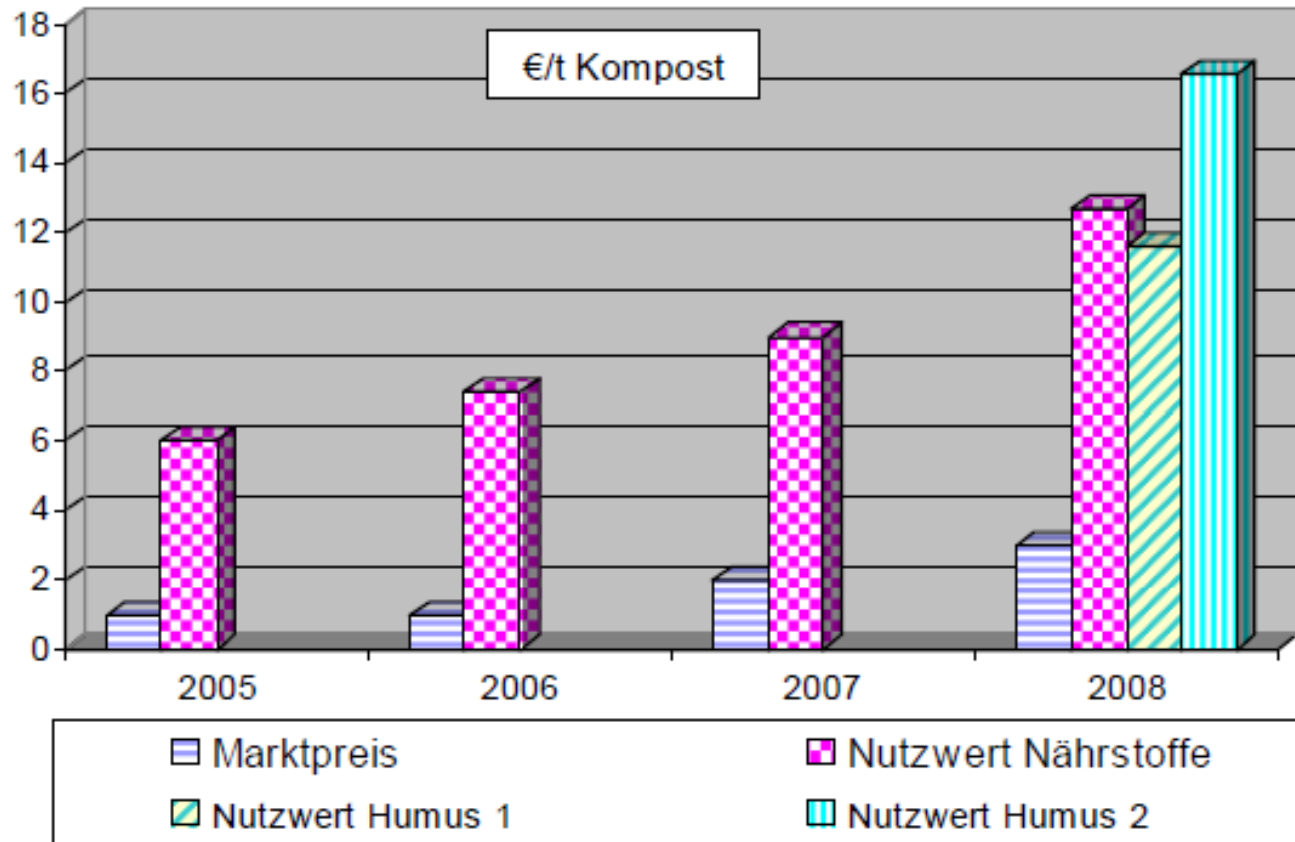
Blanker Kupferschrott (Kabul)

Alu-Blechabfälle max. 2 %





# Entwicklung des Nutzwertes und Marktpreise von Kompost



Keine Vermarktungsprobleme,

mittlerer Komposterlös € 5.-/Mg...entspr. € 1.80 /Mg Bioabfall

# ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK II

- Mittelfristig ist mit weiter steigenden Aufwendungen für Primärrohstoffe zu rechnen
- Bei Nutzung des aufgezeigten Erweiterungspotenzials zur stofflichen Verwertung, sinkt die Restmüllmengen mittelfristig bis zu 4,5 Mio. Mg/a
- Recyclingrate steigt von 59 % (DESTATIS, 2009) auf 69 %
- Verschärfung Brisanz Überkapazitäten durch Ausbau der MVA- und EBS-Kapazitäten
- Da zunächst vornehmlich heizwertreiche Fraktionen dem Restmüll entzogen werden, sinkt dessen Heizwert  $\ll 7.000$  kJ/kg
- Lösungsansätze:
  - ineffizienter MVA vom Netz nehmen
  - Trocknen und Verbrennen von stabilisiertem MBA Output statt Deponieren (ca. 1.3 Mio. Mg/a)
  - Deponierückbau

# Selbsttragenden Abfallwirtschaft – versuch einer Prognose

Holz

Heizwertr. Grünabfälle

Metalle

Co-Fermentate

Glas

PPK

Kunststoffe

HWR/SBS

Bioabfälle



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Klaus Fricke

[klaus.fricke@tu-bs.de](mailto:klaus.fricke@tu-bs.de)

Tobias Bahr

[t.bahr@tu-bs.de](mailto:t.bahr@tu-bs.de)

TU Braunschweig

Abt. Abfall- und Ressourcenwirtschaft

Beethovenstraße 51a

38106 Braunschweig



Technische  
Universität  
Braunschweig